

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Международный государственный экологический
институт имени А. Д. Сахарова»
Белорусского государственного университета



САХАРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ 2024 ГОДА: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ XXI ВЕКА

SAKHAROV READINGS 2024: ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF THE XXI CENTURY

Материалы 24-й международной научной конференции

23–24 мая 2024 г.
г. Минск, Республика Беларусь

В двух частях
Часть 2

Минск
«ИВЦ Минфина»
2024

УДК 504.75(043)
ББК 20.18
С22

Материалы конференции изданы при поддержке
Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований
и Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

Редколлегия:

Батян А. Н., доктор медицинских наук, профессор, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ;
Головатый С. Е., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ;
Довгулевич Н. Н., кандидат филологических наук, доцент, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ;
Зафранская М. М., доктор медицинских наук, профессор, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ;
Пашинский В. А., кандидат технических наук, доцент, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ;
Пупликов С. И., кандидат экономических наук, доцент МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ;
Пухтеева И. В., МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ;
Тушин Н. Н., кандидат технических наук, доцент МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ;
Шалькевич П. К., кандидат технических наук, доцент, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ;
Шахаб С. Н., кандидат химических наук, доцент, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ

Под общей редакцией:

доктора биологических наук, доцента *О. И. Родькина*,
кандидата технических наук, доцента *М. Г. Герменчук*

Сахаровские чтения 2024 года: экологические проблемы XXI века = Sakharov readings 2024 : environmental problems of the XXI century : материалы 24-й международной научной конференции, 23–24 мая 2024 г., г. Минск, Республика Беларусь : в 2 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Бел. гос. ун-та; редкол. : А. Н. Батян [и др.] ; под ред. д-ра б. н., доцента О. И. Родькина, к. т. н., доцента М. Г. Герменчук. – Минск : ИВЦ Минфина, 2024. – Ч. 2. – 392 с.
ISBN 978-985-880-458-9.

В сборник включены материалы докладов по вопросам социально-экономических проблем современности, по медицинской экологии и биоэкологии, экологической химии и биохимии, биофизики и молекулярной биологии. Рассматриваются актуальные аспекты радиобиологии, радиоэкологии и радиационной безопасности, информационных систем и технологий в экологии и здравоохранении, философских и социально-экологических проблем современности; подготовки специалистов экологического профиля к профессиональной и межкультурной коммуникации. Особое внимание уделено экологическому мониторингу и менеджменту.

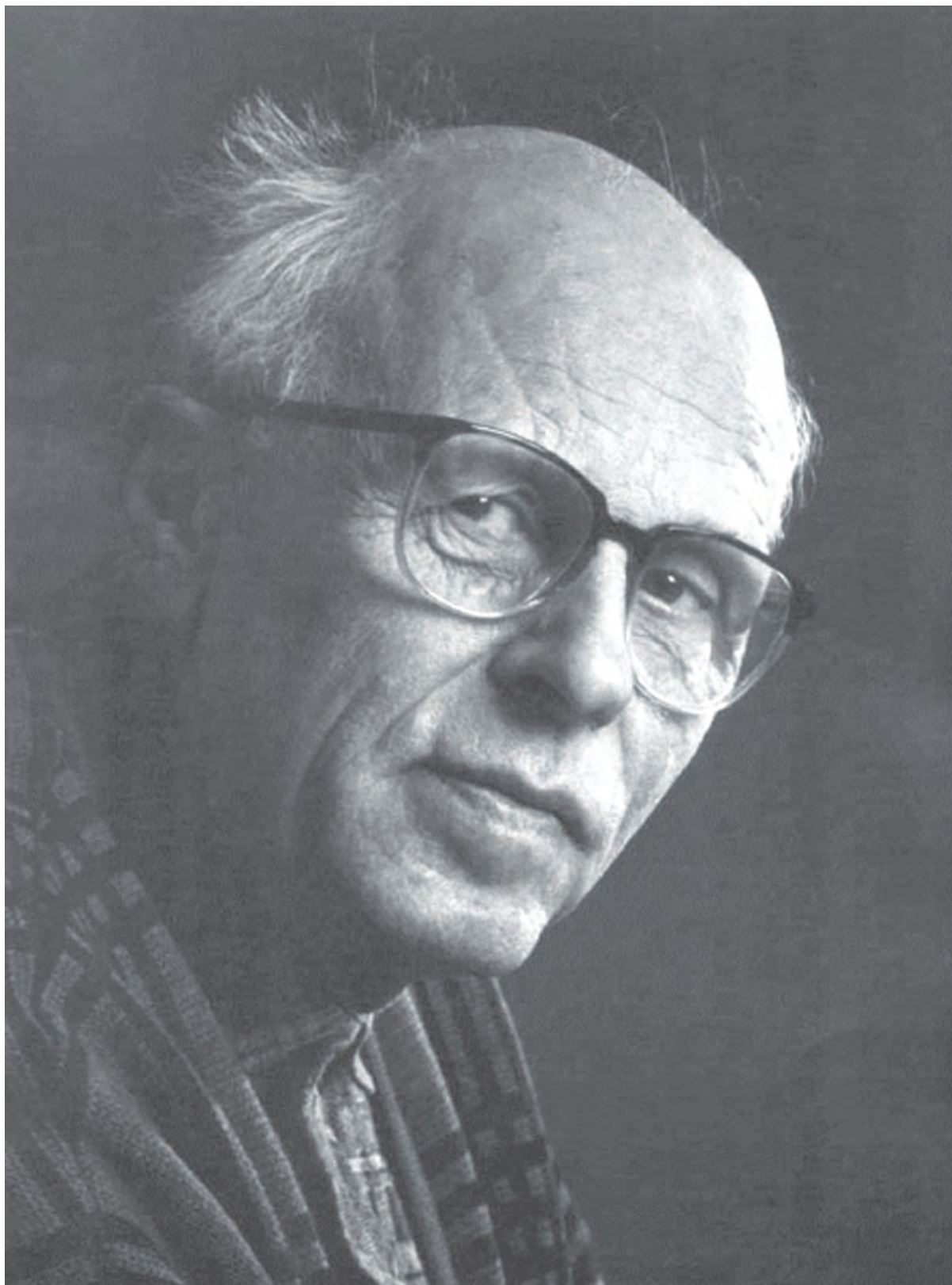
Сборник индексируется в библиографической базе данных научных публикаций – РИНЦ. Представленные в нем материалы имеют цифровой идентификатор – DOI.

Публикации рассчитаны на широкий круг специалистов в области экологии и смежных наук, преподавателей, аспирантов и студентов высших и средних учреждений образования.

УДК: 504.75(043)
ББК 20.18

ISBN 978-985-880-458-9 (ч. 2)
ISBN 978-985-880-456-5 (общ.)

© МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, 2024



АНДРЕЙ ДМИТРИЕВИЧ САХАРОВ
(21 мая 1921–14 декабря 1989 г.)



Уважаемые читатели!

Настоящий сборник содержит материалы докладов участников 24-ой Международной научной конференции «Сахаровские чтения 2024 года: экологические проблемы XXI века». Каждый год учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета в 3-й декаде мая проводит эту конференцию, которая является национальным и интернациональным экологическим форумом для обсуждения наиболее важных проблем не только Республики Беларусь, но и стран как ближнего, так и дальнего зарубежья. Для противодействия глобальным экологическим угрозам необходима кооперация всех ученых и экспертов. В конференции 2024 года приняли участие, кроме отечественных авторов, докладчики из России, Казахстана, Сербии, Узбекистана, Таджикистана, Турции.

Как и в прошлые годы, программа конференции включает обширный спектр актуальных экологических проблем в областях радиационной биологии и радиоэкологии, медицинской экологии и эпидемиологии, медицинской физики, экологической химии и биохимии, биофизики и молекулярная биологии, реабилитации экосистем и экологического мониторинга, промышленной и аграрной экологии, мониторинга, управления отходами, ядерных технологий и радиационной безопасности и защиты, энергоэффективных технологий и энергетического менеджмента, информационных систем и технологий в оценке и управлении качеством окружающей среды, философских и социально-экологических проблем современности, подготовки специалистов экологического профиля к профессиональной и межкультурной коммуникации.

Организаторы конференции выражают признательность Белорусскому государственному университету, Министерству образования Республики Беларусь, Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Департаменту по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, Национальной академии наук Беларуси, унитарному предприятию «Кока-Кола Бевриджиз Белоруссия», ОАО «Белагропромбанк», ОАО «Кондитерская фабрика «Слодыч» за моральную и материальную поддержку, без которой невозможно проведение международной научной конференции «Сахаровские чтения: экологические проблемы XXI века».

Хочу пригласить всех, кто заинтересован в решении проблем экологической безопасности как важнейшего фактора, определяющего устойчивое развитие человеческого сообщества в XXI веке, участвовать в будущем в международной научной конференции «Сахаровские чтения: экологические проблемы XXI века».

Директор учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, доктор биологических наук

О.И. Родкин

**ПРОМЫШЛЕННАЯ И АГРАРНАЯ
ЭКОЛОГИЯ, МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ И УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ**

**МОНИТОРИНГ ГЕЛЬМИНТОФАУНЫ МЕЛКИХ ГРЫЗУНОВ,
НАСЕЛЯЮЩИХ БЕРЕГА МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ,
ПРОХОДЯЩИХ ВДОЛЬ ДОРОГ В БЕЛОРУССКОМ ПОЛЕСЬЕ**
**MONITORING OF THE HELMINTH FAUNA OF SMALL RODENTS
LIVING ON THE BANKS OF DRAINAGE CHANNELS LOCATED
ALONG ROADS IN BELORUSSIAN POLESIE**

В. В. Шумалов
V. V. Shimalov

*Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина,
г. Брест, Республика Беларусь
shimalov@rambler.ru*

Brest State University named after A.S. Pushkin, Brest, Republic of Belarus

Приводятся данные мониторинга гельминтофауны мелких грызунов, обитающих на берегах мелиоративных каналов, проходящих вдоль дорог, проведенного в 2019 г. в Брестском Полесье. Отработано 1000 ловушко-суток, поймано 106 зверьков 7 видов. Доминировала по численности полевая мышь. 49,1 % животных были заражены 22 видами гельминтов. Обыкновенные полевки и полевки-экономки чаще заражались нематодой *Syphacia nigeriana* Baylis, 1928, рыжие полевки – нематодой *Heligmosomum mixtum* Schulz, 1954, полевые мыши – нематодой *Heligmosomoides polygyrus* (Dujardin, 1845), желтогорлые мыши – цестодой *Skrjabinotaenia lobata* (Baer, 1925), лесные мыши – нематодой *S. stroma* (Linstow, 1884). У 9,4 % зверьков найдено 6 видов гельминтов, имеющих медико-ветеринарное значение. Полевая мышь установлена новым для Беларуси дефинитивным хозяином трематоды *Echinostoma revolutum* (Fröhlich, 1802), а полевка-экономка – трематоды *Plagiorchis arvicolae* Schulz et Skvorzov, 1931.

Monitoring data for the helminth fauna of small rodents living on drainage channel banks located along roads carried out in 2019 in Brest Polesie are given. 1000 trap-days were worked, 106 animals of 7 species were caught. The striped field mouse dominated in numbers. 49.1 % of small rodents were infected with 22 species of helminths. Common voles and root voles were more often infected with the nematode *Syphacia nigeriana* Baylis, 1928, red-backed voles with the nematode *Heligmosomum mixtum* Schulz, 1954, striped field mice with the nematode *Heligmosomoides polygyrus* (Dujardin, 1845), yellow-necked mice with the cestode *Skrjabinotaenia lobata* (Baer, 1925), wood mice with the nematode *S. stroma* (Linstow, 1884). Six species of helminths of medical and veterinary significance were found in 9.4 % of animals. The striped field mouse was established as a new definitive host for the trematode *Echinostoma revolutum* (Fröhlich, 1802), and the root vole for the trematode *Plagiorchis arvicolae* Schulz et Skvorzov, 1931 in Belarus.

Ключевые слова: мониторинг, гельминты, мелкие грызуны, мелиоративные каналы, грунтовые и асфальтированные дороги, Брестское Полесье, Беларусь.

Keywords: monitoring, helminths, small rodents, drainage channels, dirt and asphalt roads, Brest Polesie, Belarus.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-6-9>

Обширная система открытых каналов появилась на территории Белорусского Полесья после проведения в 60–80-х годах XX века крупномасштабной осушительной мелиорации, изменившей ландшафт этого региона Беларуси. Появившиеся экологические ниши начали занимать различные живые организмы, включая мелких грызунов со своим комплексом гельминтов.

Нами в 1996–1999 гг. были проведены фундаментальные гельминтологические исследования мелких грызунов, населяющих берега мелиоративных каналов в западной части Белорусского Полесья (Брестское Полесье) [1]. Они позволили установить видовой состав, численность мелких грызунов и их гельминтов, а также зараженность гельминтами этих зверьков. В XXI веке на тех же модельных мелиоративных системах проводились мониторинговые работы. Опубликованы результаты исследований за период 2005–2010 гг. [2] и 2015–2018 гг. отдельно по прохождению каналов в смешанных лесах [3], на пахотных землях [4] и выгонах [5].

В настоящем сообщении приводится информация о проведенном в 2019 году мониторинге видового состава и численности гельминтов и их хозяев среди мелких грызунов, зараженности гельминтами этих зверьков, обитающих на берегах каналов, проходящих вдоль грунтовых и асфальтированных дорог модельных мелиоративных систем в Брестском и Малоритском районах Брестской области (Брестское Полесье, юго-западная часть Беларуси). Берега и склоны каналов периодически выкашивались специальной техникой. Зверьков отлавливали давилками «Геро», выставленными в линию по 25 штук через 1,5–2 м друг от друга, приманкой были кусочки ржаного

хлеба, порезанного кубиками и слегка обжаренные на подсолнечном масле. Было отработано 1000 ловушко-суток (л-с) и отловлено 106 мелких грызунов 7-ми видов. Численность зверьков определялась с помощью л-с. Гельминтологическое исследование проводилось методом полного гельминтологического вскрытия с компрессированием тканей и органов. При обработке собранного материала применялись показатели: экстенсивность инвазии (ЭИ), интенсивность инвазии (ИИ), индекс обилия (ИО).

Информация о видовом составе грызунов, отловленных на берегах мелиоративных каналов, проходящих вдоль дорог, их численности на 100 л-с, количестве исследованных и зараженных гельминтами находится в таблице 1.

Таблица 1

Видовой состав, численность, количество исследованных и зараженных гельминтами мелких грызунов, пойманных на берегах мелиоративных каналов, проходящих вдоль дорог

Вид животного	Количество											
	исследованных				на 100 л-с	зараженных						
	♂♂	♀♀	П	НП		♂♂	♀♀	П	НП	Т	Ц	Н
Cricetidae												
Полевка обыкновенная – <i>Microtus arvalis</i> Pallas, 1778	8	8	9	7	1,6	7	7	9	5	–	8	12
Полевка-экономка – <i>M. oeconomus</i> Pallas, 1776	6	12	5	13	1,8	2	5	3	4	1	1	6
Полевка рыжая – <i>Myodes glareolus</i> (Schreber, 1780)	3	4	4	3	0,7	3	1	4	–	2	–	4
Muridae												
Мышь полевая – <i>Apodemus agrarius</i> Pallas, 1771	24	18	37	5	4,2	12	5	17	–	1	5	15
Мышь желтогорлая – <i>Apodemus flavicollis</i> Melchior, 1884	7	6	10	3	1,3	4	3	6	1	–	4	4
Мышь лесная – <i>A. sylvaticus</i> Linnaeus, 1758	5	3	4	4	0,8	1	2	2	1	–	1	2
Мышь домовая – <i>Mus musculus</i> Linnaeus, 1758	2	–	1	1	0,2	–	–	–	–	–	–	–

Примечание. ♂♂ – самцы, ♀♀ – самки, П – половозрелые особи, НП – неполовозрелые особи, л-с – ловушко-сутки, Т – трематоды, Ц – цестоды, Н – нематоды.

В результате проведенного исследования было установлено, что численность мелких грызунов, обитающих на берегах каналов, проходящих вдоль дорог, составила 10,6 особей на 100 л-с. Она оказалась меньше, чем на берегах каналов в смешанных лесах (11,7 особей на 100 л-с) [3] и на пахотных землях (19 особей на 100 л-с) [4], но чуть больше, чем на выгонах (9,7 особей на 100 л-с) [5]. Обыкновенная полевка утратила здесь свое господствующее положение, доминируя в периоды 1996–1999 гг. [1] и 2005–2010 гг. [2], уступив место полевой мышши (4,2 особи на 100 л-с). Ее субдоминантами стали полевка-экономка и обыкновенная полевка (соответственно 1,8 и 1,6 особей на 100 л-с).

Гельминты были выявлены у 49,1 % исследованных мелких грызунов. Этот показатель зараженности самый низкий по сравнению со зверьками, обитающими на берегах каналов на выгонах (61,9 %) [5], в смешанных лесах (66,7 %) [3] и на пахотных землях (76,8 %) [4]. Наиболее заражены гельминтами обыкновенные полевки (на 87,5 %). Желтогорлые мыши инвазированы на 53,9 %, полевые мыши – на 40,5 %, полевки-экономки – на 38,9 %. Из 8 исследованных лесных мышшей зараженными оказалось 3, из 7 рыжих полевок – 4, а у 2 домовых мышшей гельминты не найдены.

Зараженность самцов мелких грызунов, отловленных на берегах каналов, проходящих вдоль дорог, выше, чем самок (52,7 % против 45,1 %), а половозрелых особей, чем неполовозрелых (на 58,6 % и 30,6 %, соответственно). В заражении доминируют нематоды (40,6 %). Цестодами инвазировано 17,9 % зверьков, а трематодами – 3,8 %. Из шести зараженных гельминтами видов грызунов, нематоды найдены у 6-ти, цестоды – у 5-ти (исключение рыжая полевка), а трематоды – у 3-х (таблица 1).

Чаще мелкие грызуны заражены одним видом гельминтов (на 29,3 %). Инвазированными 2-мя и 3-мя видами оказалось 19,8 % исследованных зверьков.

У мелких грызунов, населяющих берега мелиоративных каналов, проходящих вдоль дорог, обнаружено 22 вида гельминтов: 3 вида трематод, 8 видов цестод и 11 видов нематод (таблица 2). Большинство их локализовалось в пищеварительном тракте (кишечник, слепая кишка), а личинки (мезоцеркарии) трематоды *Alaria alata* (Goeze, 1782) – в легких и жировых отложениях на спинной стороне тела, личинки цестод *Cladotaenia globifera* (Batsch, 1786) и *Taenia taeniaeformis* (Batsch, 1786) – в печени, личинки цестоды *Mesocostoides lineatus* (Goeze, 1782) – в брюшной полости.

По количеству видов гельминтов доминировала полевая мышшь – 8 видов, а трематода *Echinostoma revolutum* (Frölich, 1802) ранее у грызунов на берегах мелиоративных каналов не отмечалась [1–5], что может быть связано

с увеличением на каналах диких водоплавающих птиц, особенно утиных, являющихся облигатными дефинитивными хозяевами этого гельминта. У обыкновенных полевков было найдено 5 видов гельминтов, у рыжих полевков, полевков-экономов и желтогорлых мышей – по 4, у лесной мыши – 2.

Таблица 2

Зараженность гельминтами мелких грызунов, пойманных на берегах мелиоративных каналов, проходящих вдоль дорог

Виды гельминтов	Хозяин	ЭИ	ИИ	ИО
Трематоды				
Echinostomatidae				
<i>Echinostoma revolutum</i> (Frölich, 1802) ^{1, 2, 3}	Мышь полевая	2,4	1	0,02
Plagiorchiidae				
<i>Plagiorchis arvicolae</i> Schulz et Skvorzov, 1931	Полевка-экономка	5,6	1	0,06
Diplostomidae				
<i>Alaria alata</i> (Goeze, 1782), larvae ^{1, 2, 4}	Полевка рыжая	у 2	1–2	0,43
Цестоды				
Anoplocephalidae				
<i>Anoplocephaloides dentata</i> (Galli-Valerio, 1905)	Полевка обыкновенная	6,3	1	0,06
<i>Paranoplocephala omphalodes</i> (Hermann, 1783)	Полевка обыкновенная	43,8	1–32	0,06
	Полевка-экономка	5,6	1	0,10
Catenotaeniidae				
<i>Skryabinotaenia lobata</i> (Baer, 1925)	Мышь желтогорлая	30,8	1–8	1,15
Hymenolepididae				
<i>Hymenolepis diminuta</i> (Rudolphi, 1819) ¹	Мышь полевая	2,4	1	0,02
	Мышь лесная	у 1	3	0,38
<i>Rodentolepis fraterna</i> (Stiles, 1906) ¹	Мышь полевая	4,8	2–4	0,14
Mesocestoididae				
<i>Mesocestoides lineatus</i> (Goeze, 1782), larvae ^{1, 2, 4}	Мышь полевая	2,4	98	2,33
	Мышь желтогорлая	7,7	112	8,62
Paruterinidae				
<i>Cladotaenia globifera</i> (Batsch, 1786), larvae ³	Мышь полевая	2,4	72	1,71
Taeniidae				
<i>Taenia taeniaeformis</i> (Batsch, 1786), larvae ^{1, 2, 4}	Полевка обыкновенная	6,3	1	0,06
Нематоды				
Capillariidae				
<i>Pterothominx sadowskoi</i> (Morosov, 1956)	Полевка рыжая	у 1	6	0,86
Heterakidae				
<i>Heterakis spumosa</i> Schneider, 1866	Мышь полевая	4,8	1–14	0,36
Oxyuridae				
<i>Syphacia agraria</i> Sharpilo, 1973	Мышь полевая	11,9	1–18	1,05
<i>S. frederici</i> Roman, 1945	Мышь желтогорлая	15,4	4–12	1,23
<i>S. nigeriana</i> Baylis, 1928	Полевка обыкновенная	56,3	1–30	4,56
	Полевка-экономка	27,8	4–10	1,44
<i>S. petruszewiczi</i> Bernard, 1966	Полевка рыжая	у 2	2–96	14,0
<i>S. stroma</i> (Linstow, 1884)	Мышь лесная	у 2	3–16	2,38
Heligmosomidae				
<i>Heligmosomoides laevis</i> (Dujardin, 1845)	Полевка-экономка	5,6	3	0,17
<i>H. polygyrus</i> (Dujardin, 1845)	Мышь полевая	33,3	1–22	1,91
	Мышь желтогорлая	15,4	6–32	2,92
<i>Heligmosomum costellatum</i> (Dujardin, 1845)	Полевка обыкновенная	31,3	1–24	2,31
<i>H. mixtum</i> Schulz, 1954	Полевка рыжая	у 3	2–4	1,29

Примечание. Индексом ¹ обозначены гельминты, известные в мире как паразиты человека; индексом ² – имеющие ветеринарное значение; индексом ³ – облигатными дефинитивными хозяевами которых являются птицы; индексом ⁴ – дефинитивными хозяевами которых являются хищные млекопитающие.

В заражении каждого хозяина доминировал свой специфический вид гельминтов. Так, у обыкновенной полевки и полевки-экономки – нематода *Syphacia nigeriana* Baylis, 1928 (ЭИ 56,3 и 27,8 соответственно), у рыжей полевки – нематода *Heligmosomum mixtum* Schulz, 1954 (инзализовано 3 особи из 7 исследованных), у полевой мыши – нематода *Heligmosomoides polygyrus* (Dujardin, 1845) (ЭИ 33,3), у желтогорлой мыши – цестода

Skrjabinotaenia lobata (Baer, 1925) (ЭИ 30,8), у лесной мыши – нематода *Syphacia stroma* (Linstow, 1884) (инвазировано 2 особи из 8 исследованных). А вот по численности гельминтов выделялись нематода *Syphacia petruszewiczi* Bernard, 1966 у рыжей полевки (ИИ 2–96; ИО 14,0), личинки цестоды *M. lineatus* у желтогорлой мыши (ИИ 112; ИО 8,62) и нематода *S. nigeriana* у обыкновенной полевки (ИИ 1–30; ИО 4,56).

Обыкновенная и рыжая полевки, полевая и желтогорлая мыши вовлекаются в жизненные циклы гельминтов, облигатными дефинитивными хозяевами которых являются птицы (трематода *E. revolutum*, цестода *C. globifera*) и хищные млекопитающие семейства Canidae (трематода *A. alata*, цестоды *M. lineatus* и *T. taeniaeformis*).

Из обнаруженных у мелких грызунов гельминтов, 6 видов имеют медико-ветеринарное значение (таблица 2), на различной стадии развития известны в мире в качестве паразитов человека (все 6 видов), домашних гусей и уток (трематода *E. revolutum*), кроликов (цестода *M. lineatus*), свиней (трематода *A. alata*), кошек и собак (трематода *A. alata*, цестоды *M. lineatus* и *T. taeniaeformis*). Ими заражено 9,4 % исследованных зверьков. Среди грызунов хозяевами их являются полевая мышь (4 вида гельминтов), обыкновенная и рыжая полевки, желтогорлая и лесная мыши (по 1 виду гельминтов). В данном случае полевая мышь может быть основным индикатором неблагополучия мелиорированных территорий по гельминтам, имеющим медико-ветеринарное значение.

Проведенный в 2019 г. мониторинг позволил установить новых для Беларуси дефинитивных хозяев трематод *E. revolutum* и *Plagiorchis arvicolae* Schulz et Skvorzov, 1931 – полевую мышь (первый вид) и полевку-экономку (второй вид). Ранее в Беларуси эти 2 вида гельминтов были найдены у других хозяев (см. информацию на с. 183–184 и 211–212 в пятом источнике литературы нашей публикации [5]).

ЛИТЕРАТУРА

1. Шималов, В.В. Гельминтофауна мелких грызунов (Mammalia: Rodentia) берегов каналов на мелиорированных территориях / В.В. Шималов // Паразитология. – 2002. – Вып. 3. – С. 247–252.
2. Шималов, В.В. Мониторинг гельминтофауны мелких грызунов берегов мелиоративных каналов Белорусского Полесья / В.В. Шималов // Паразитология. – 2013. – Вып. 1. – С. 38–46.
3. Шималов В.В. Мониторинг гельминтофауны мелких грызунов, населяющих берега мелиоративных каналов в смешанных лесах Белорусского Полесья / В.В. Шималов // Сахаровские чтения 2021 года: экологические проблемы XXI века: материалы 21-й междунар. науч. конф., 20–21 мая 2021 г., г. Минск, Республика Беларусь: в 2 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Бел. гос. ун-та; редкол.: А.Н. Батян [и др.]; под ред. д-ра ф.-м. н., проф. С.А. Маскевича, к.т.н., доцента М.Г. Герменчук. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – Ч. 2. – С. 226–230.
4. Шималов В.В. Мониторинг гельминтофауны мелких грызунов, населяющих берега мелиоративных каналов пахотных землях Белорусского Полесья / В.В. Шималов // Сахаровские чтения 2022 года: экологические проблемы XXI века: материалы 22-й междунар. науч. конф., 19–20 мая 2022 г., г. Минск, Республика Беларусь: в 2 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Бел. гос. ун-та; редкол.: А.Н. Батян [и др.]; под ред. д-ра ф.-м. н., проф. С.А. Маскевича, к.т.н., доцента М.Г. Герменчук. – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – Ч. 2. – С. 137–140.
5. Шималов, В.В. Мониторинг гельминтофауны мелких грызунов, населяющих берега мелиоративных каналов на выгонах в Белорусском Полесье / В.В. Шималов // Сахаровские чтения 2023 года: экологические проблемы XXI века: материалы 23-й междунар. науч. конф., 18–19 мая 2023 г., г. Минск, Республика Беларусь: в 2 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Бел. гос. ун-та; редкол.: А.Н. Батян [и др.]; под ред. д-ра б. н., доцента О.И. Родькина, к.т.н., доцента М.Г. Герменчук. – Минск: ИВЦ Минфина, 2023. – Ч. 2. – С. 14–17.

АНАЛИЗ ФЛОРЫ ШАНХАЯ: РАЗНООБРАЗИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВ В ЛАНДШАФТНЫХ ЗОНАХ

ANALYZING THE FLORA OF SHANGHAI: DIVERSITY AND DISTRIBUTION OF SPECIES IN LANDSCAPE ZONES

А. Г. Чернецкая, И. Э. Бученков, Н. П. Стригельская, Чжан Иян
A. G. Chernetskaya, I. E. Buchenkov, N. P. Strigelskaya, Zhang Yiyan

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь, nadya.strigelskaya@mail.ru

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus,
nadya.strigelskaya@mail.ru

Шанхай – один из городов с самыми быстрыми темпами урбанизации в Китае и даже в мире. Согласно соответствующим исследованиям, городская среда Шанхая сильно изменилась за последние 30 лет в связи с быстрой урбанизацией. Китай уделяет больше внимания экологическим и природоохранным вопросам,

ожидается, что данное исследование внесет вклад в обогащение исследований городской растительности и озеленения Шанхая. В статье дается анализ состояния и видового состава флоры Шанхая, а также изучение основных проблем городских зеленых насаждений в этом районе. Авторы проанализировали какие особенности зонального распределения растительности отражены в городских зеленых насаждениях Шанхая, определили состояние и систематизировали видовой состав флоры Шанхая.

Shanghai is one of the cities with the fastest urbanization rate in China and even in the world. According to relevant studies, Shanghai's urban environment has changed greatly in the past 30 years due to rapid urbanization. China pays more attention to ecological and environmental protection issues; this study is expected to contribute to enrich the research on urban vegetation and greening of Shanghai. The paper analyzes the status and species composition of Shanghai's flora, and studies the main problems of urban green spaces in the area. The authors analyzed which features of zonal distribution of vegetation are reflected in the urban green spaces of Shanghai, and determined the status and systematized the species composition of the flora of Shanghai.

Ключевые слова: Урбанизация, озеленение, зональная растительность, видовой состав, гомогенизация видов, Шанхай.

Keywords: Urbanization, greening, zonal vegetation, species composition, species homogenization, Shanghai.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-9-13>

Зональная растительность Шанхая представляет собой вечнозеленый широколиственный лес с лиственными компонентами, но из-за экономического развития и урбанизации в течение многих лет зональная естественная растительность в значительной степени подверглась долгосрочному влиянию человеческой деятельности, и ее площадь значительно сократилась, а оставшаяся растительность также распределена в форме изолированных островов, существующих только на холмах, таких как Шешань, и на прибрежных островах, таких как остров Дацзиншань, и сильно зависит от человеческой деятельности [1]. Согласно соответствующей литературе, подавляющее большинство зеленых насаждений в городской зоне Шанхая представляют собой искусственные типы растительности, за исключением сорняков, которые являются особым типом естественной растительности [2]. Можно сказать, что на растительность Шанхая сильно влияет деятельность человека.

В городских зеленых насаждениях Шанхая преобладают семейства *Rosaceae*, *Germinaeae*, *Liliaceae*, *Compositae*, *Leguminosae*, *Oleaceae*, *Aceraceae*, *Magnoliaceae*, *Caprifoliaceae*, *Ericaceae* и другие.

Зеленые насаждения городских парков являются важной частью системы городских зеленых насаждений и могут наилучшим образом отражать уровень озеленения города. Поэтому, согласно статистическому анализу парков центра Шанхая, для исследования были выбраны восемь репрезентативных парков Шанхая (рисунок 1), а именно: Народный парк, парк Луксун, парк Чанфэн, парк Чжуншань, Шанхайский зоопарк, Шанхайский ботанический сад, Парк столетия и Гунцинский лесопарк.

В садовых растительных сообществах сохранились характерные растения зональной растительности, такие как *Cinnamomum*, *Eurya*, *Celtis* и *Ulmus*, которые занимали большую долю в садовых растительных сообществах. Что касается типов древостоя, то в них также присутствовала высокая доля сообществ с зональными характеристиками растительности.

Учитывая водные условия и искусственное культивирование, городская флора Шанхая богата характеристиками лесного типа. Наибольший процент вечнозеленых широколиственных деревьев приходится на пробную площадку – 24,03 %. Лиственные широколиственные и смешанные вечнозеленые и лиственные широколиственные породы также составили большую долю – 17,53 % и 14,29 % соответственно. Виды с менее выраженной зональностью встречались реже, например, вечнозеленые хвойные, лиственно-хвойные и смешанные лиственно-хвойные – 6,49 %, 5,84 % и 2,60 %, соответственно (Рисунок 1).

Из приведенных выше данных (рисунок 1) следует, что растительное сообщество в центральной части города Шанхая в основном широколиственное вечнозеленое, что соответствует естественным характеристикам растительности Шанхая и имеет сильную зональность. Другие типы растительности с меньшей зональностью занимают меньшую долю, но они играют определенную роль в создании парковых зеленых пространств и обогащают типы растительных сообществ (рисунок 2). Это говорит о том, что характеристики близкие к естественным растительным сообществам также учитываются в процессе озеленения города Шанхая.

Видовой состав растений среди деревьев и кустарников относительно однообразен (таблица 1, рисунок 3). К распространенным деревьям относятся *Cinnamomum*, *Magnolia denudate*, *Platanaceae* и др. Культурные кустарники, которые используются чаще, это *Buxus sinica*, *Fatsia japonica* и *Aucuba japonica* и т.д. Большинство трав представляют собой искусственно высаженные одновидовые газоны, которые не так богаты по видам растений, как естественные растительные сообщества, хотя по видовому составу соответствуют естественным растительным сообществам.

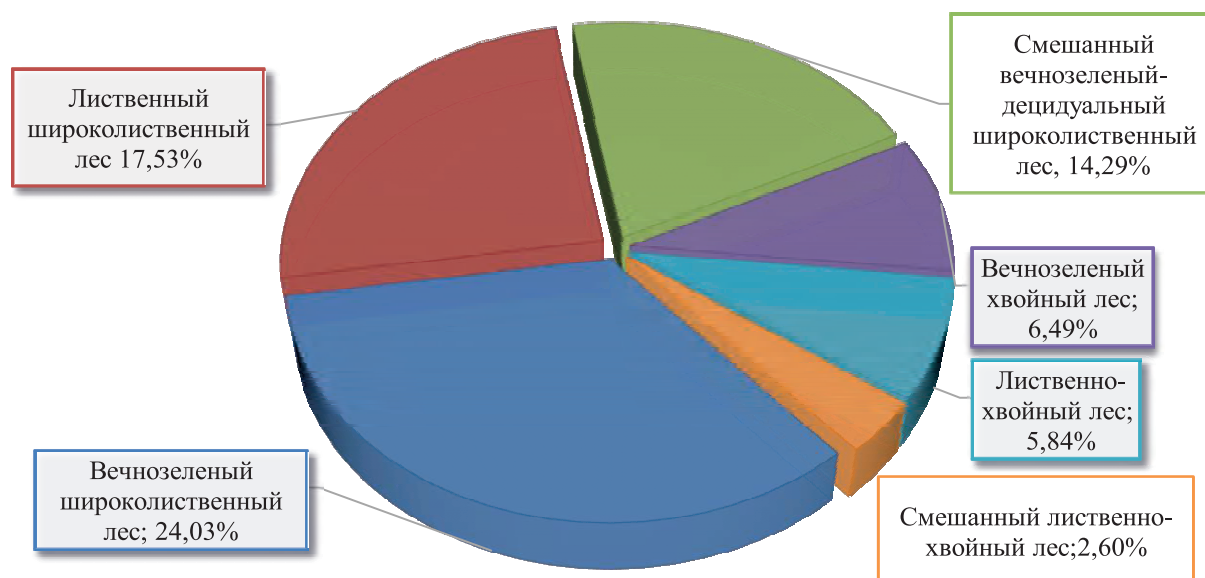


Рисунок 1 – Типы городской флоры Шанхая

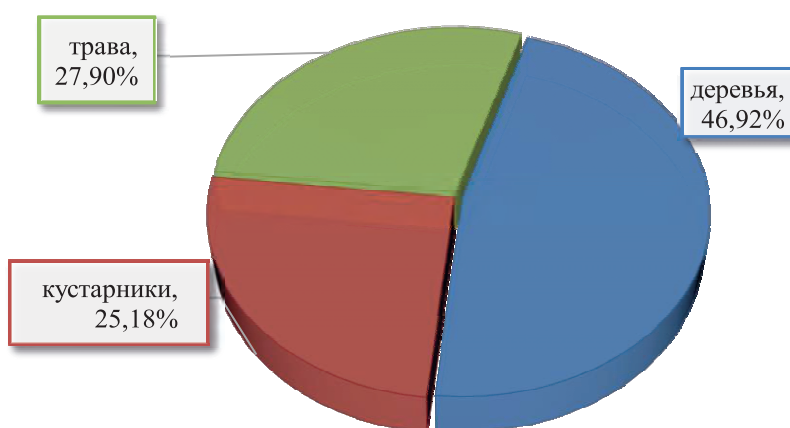


Рисунок 2 – Типы растительности (жизненные формы), используемые при озеленении Шанхая

Таблица 1

Список распространенных видов растений в центральной части Шанхая

Название вида растений	Семейство растений	Количество, %
Cinnamomum	Lauraceae	21,91
Cedrus	Pinaceae	7,23
Magnolia denudate	Magnoliaceae	11,47
Acer palmatum	Sapindaceae	2,09
Platanus acerifolia	Platanaceae	3,04
Sabina chinensis	Cupressaceae	5,19
Lagerstroemia indica	Lythraceae	1,72
Gardenia jasminoides	Rubiaceae	2,07
Michelia figo	Magnoliaceae	1,11
Jasminum nudiflorum	Oleaceae	1,13
Ginkgo biloba	Ginkgoaceae	3,19
Phoenix canariensis	Arecaceae	3,13
Sapindus	Sapindaceae	1,34
Albizia julibrissin	Fabaceae	2,26
Koeleruteria paniculata	Sapindaceae	2,14
Liriodendron chinensis	Magnoliaceae	1,17
Fatsia japonica	Araliaceae	3,49
Aucuba japonica var. variegata	Cornaceae	1,13

Название вида растений	Семейство растений	Количество, %
<i>Buxus Sinica</i>	Buxaceae	8,02
<i>Eriobotrya japonica</i>	Rosaceae	1,33
<i>Metasequoia glyptostroboide</i>	Taxodiaceae	7,24
<i>Ulmus pumila</i>	Ulmaceae	3,04
<i>Liquidambar formosana hance</i>	Hamamelidaceae	2,17
<i>Salix babylonica</i>	Salicaceae	1,15
<i>Prunus cerasifer</i>	Prunoideae	2,21
<i>Chimonanthus praecox</i>	Calycanthaceae	1,13
<i>Camellia japonica</i>	Theaceae	1,14
<i>Photinia serrulate</i>	Rosaceae	0,23
<i>Tagetes erecta</i>	Asteraceae	1,02

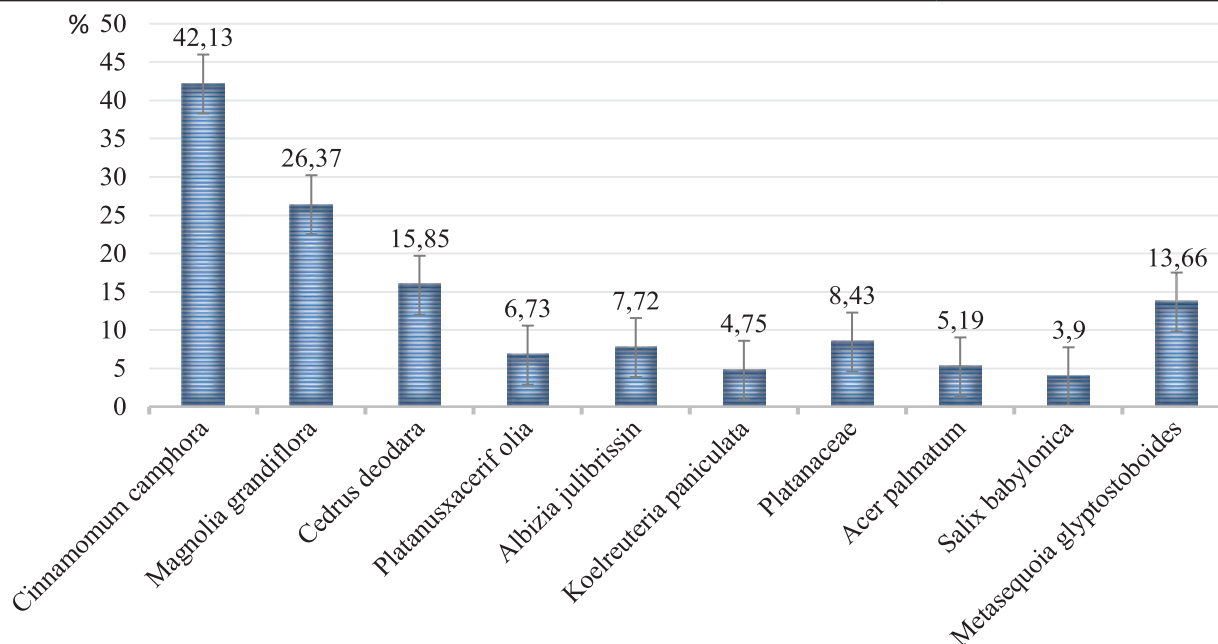


Рисунок 3 – Основные виды растений, используемые для озеленения в Шанхае, %

В городских районах обычно используются *Cinnamomum*, *Salix babylonica*, *Albizzia julibrissin*, *Platanaceae* и др. *Platanaceae* входит в пятерку ведущих придорожных деревьев мира, его продолжительность жизни составляет 800–1000 лет, что делает его самым старым из деревьев. Светолюбивое, глубоко укореняющееся и хорошо адаптирующееся к климату и почве дерево *Platanaceae* идеально подходит для озеленения. *Cinnamomum camphora* отлично подходит для озеленения городов и придорожных деревьев. *Platanus xacerifolia* – высокое листопадное дерево, используемое для озеленения городов и придорожных полос. *Celtis sinensis* устойчивый к токсичным газам, таким как диоксид серы и хлор, может быть использован в качестве придорожного дерева. *Eriobotrya japonica* широко используется в озеленении дорог и экологическом строительстве *Liquidambar formosana hance*, *Magnolia*, *Metasequoia glyptostroboide* – лиственные деревья, используются в ландшафтном лесоводстве. Сабина китайская – красивое дерево с зеленой листвой, используется для озеленения.

Раньше использовались быстрорастущие виды, такие как *Populus*, но постепенно от них отказались из-за проблемы флуктуиции. Серьезные повреждения насекомыми от *Populus*, *Metasequoia glyptostroboide* влияют на качество зеленых насаждений. Инвазивные экзотические растения также являются серьезным явлением в городских зеленых насаждениях, например, находящийся на международном карантине красно-коричневый долгоносик, обнаруженный на *Phoenix canariensis*. Он представляет угрозу для экосистем и ресурсов биоразнообразия в Шанхае.

Ценные виды деревьев – это виды, дающие отличную древесину и побочную продукцию высокой экономической ценности, а также выполняющие определенные экологические и ландшафтные функции; это собирательный термин для обозначения редких или исчезающих в Китае видов, а также отличных видов деревьев, которые в настоящее время доступны в определенных количествах, но при этом постепенно сокращаются. Ценные виды деревьев в Шанхае в основном делятся на хвойные, широколиственные вечнозеленые и листопадные широколиственные виды, такие как *Platanaceae*, *Ormosia hosiei*, *Castanopsis sclerophylla*, *Machilus thunbergii*, *Photinia bodinieri*, *Celtis sinensis*, *Quercus variabilis*, *Sassafras tzumu*, *Zelkova serrata*, *Catalpa bungee*, *Quercus fabri* и др. *Quercus variabilis* имеет хорошо развитую корневую систему, хорошо приспосабливается и отличается характерными сезонными изменениями цвета листьев, что делает его хорошим декоративным деревом для

озеленения. Зельковая серрата с осенней окраской листьев – распространенный ландшафтный вид в Шанхае. *Catalpa bungei* выращивается как декоративное и придорожное дерево. *Quercus fabri* отличается высокой адаптивностью, засухоустойчивостью, а также эффективностью в улучшении почвы и предотвращении ее эрозии. Осенью его листья сезонно меняются, имеют высокую декоративную ценность и могут быть использованы в качестве лесных пород деревьев.

Стремительная урбанизация, большинство исследований показали, что видовое богатство растений в основном зависит от изменений в землепользовании, таких как урбанизация, развитие сельского хозяйства. Урбанизация способствует гомогенизации видов, а высокая интенсивность урбанизации может вызвать экстремальную гомогенизацию видов. Культивируемые кустарники, которые используются чаще всего, сосредоточены в *Vixis sinica*, *Fatsia japonica* и *Aucuba japonica*. Большинство трав представляют собой искусственно высаженные одно-видовые газоны. Разнообразие местных растений уменьшается по мере урбанизации. Также можно сказать, что Шанхай, являясь крупнейшим городом и экономическим центром Китая, благодаря развитой транспортной сети и широкому международному обмену, а также торговой деятельности, служит воротами для проникновения космополитических видов.

Выбор древесных пород предполагает развитие и использование зональных и местных видов, а также контролируемое внедрение видов для расширения биоразнообразия. При выборе видов деревьев необходимо придерживаться шести принципов: подходящие деревья для правильного места, экологический приоритет, многоцелевой баланс, биоразнообразие, преимущественно деревья и акцент на местных видах деревьев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Da, L.J. Diversity diagnosis and coordination evaluation of greenland plant communities in Central Shanghai / Da Liangjun, Fang Hejun, Li Yanyan // Chinese Garden. – 2008. – Vol. 3. – P. 87–90.
2. Da, L.J. Diversity of natural plant communities in Dashan Island, Shanghai / Da Liangjun, Yang Yongchuan, Chen Yanping // China Urban Forestry. – 2004. – Vol. 2, No. 3. – P. 22–25.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРЕССА В ОБЛАСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВЕРМИКОМПОСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НАВОЗА ДОМАШНЕГО СКОТА: ОБЗОР

STUDY ON PROGRESS IN VERMICOMPOSTING TECHNOLOGY FOR LIVESTOCK MANURE TREATMENT: A REVIEW

Я. Лу¹, В.О. Лемешевский^{1,2}, С. Л. Максимова³

Yan Li¹, V. Lemiasheuski^{1,2}, S. Maksimova³

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, Минск, Республика Беларусь
ly15993087502@163.com

²Всероссийский НИИ физиологии, биохимии и питания животных – филиал ФИЦ животноводства – ВИЖ им. ак. Л. К. Эрнста, Боровск, Российская Федерация

³Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, Минск, Республика Беларусь

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Belarus

²All-Russian research Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of animals – branch of the Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst, Borovsk, Russian Federation

³Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources, Minsk, Republic of Belarus

В связи с быстрым развитием отрасли животноводства, образование отходов вызвало большую степень воздействия на окружающую среду. Поэтому неизбежной тенденцией к повышению эффективности использования отходов окружающей среды в настоящее время является необходимость рационального повторного использования ресурсов навоза. Земляные черви могут эффективно решать проблему утилизации органических отходов в почве. Использование дождевых червей для улучшения состояния окружающей среды является биотехнологическим подходом, что способствует переработке отходов путем растворения примесей экскрементов животных с последующим синтезированием белков, а также различных видов питательных веществ. Проведено обобщение результатов исследований в области технологии вермикомпостирования для переработки навоза домашнего скота и птицы, а также представлены теоретические рекомендации по

снижению загрязнения окружающей среды, эксплуатации ресурсов и устойчивому развитию выращивания домашнего скота и птицы.

Due to the rapid development of the livestock industry, the waste generation has caused a large degree of environmental impact. Therefore, the inevitable trend towards increasing the efficiency of use of environmental waste is currently the need for rational reuse of manure resources. Earthworms can effectively solve the problem of organic waste utilization in the soil. The use of earthworms for environmental improvement is a biotechnological approach, which promotes waste recycling by dissolving the impurities of animal excreta, followed by the synthesis of proteins as well as various kinds of nutrients. The results of research in the field of vermicomposting technology for processing livestock and poultry manure are summarized, and theoretical recommendations for reducing environmental pollution, resource exploitation and sustainable development of livestock and poultry farming are presented.

Ключевые слова: вермикомпостирование, органические отходы, навоз домашнего скота, экология.

Keywords: vermicomposting, organic waste, livestock manure, ecology.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-13-16>

Введение. С развитием экономики и ростом населения скорость образования органических твердых отходов становится все выше, в то время как мощности по переработке твердых отходов не увеличиваются, что приводит к неконтролируемому накоплению большого количества органических отходов. Это не только приводит к растра- тате ресурсов органического вещества, но и серьезно загрязняет окружающую среду. Среди отходов на первом месте стоят сельскохозяйственные органические отходы, которые обозначают общим термином и подразумева- ют отходы органического типа, образующиеся в результате сельскохозяйственного производства, переработки сельскохозяйственной продукции, животноводства и птицеводства и могут быть разделены на четыре основные категории в зависимости от их источника. К ним относят: 1) растительные отходы (в основном остатки, образу- ющиеся в процессе сельскохозяйственного и лесного производства); 2) животные отходы (в основном остатки, образующиеся в процессе животноводства и рыбоводства); 3) отходы переработки сельскохозяйственного про- изводства (в основном остатки, образующиеся в процессе сельскохозяйственного, лесного и рыбного производ- ства); и 4) отходы хозяйствования (в основном остатки, образующиеся в процессе сельской городской жизни, включая отходы повседневной жизни). В настоящее время методы утилизации таких органических отходов в ос- новном включают захоронение и сжигание, которые не только приводят к вторичному загрязнению, наносящему вред окружающей среде, но и растрачивают ресурсы, содержащиеся в органических отходах, что не соответству- ет требованиям развития по экологизации и обеспечению ресурсами.

Цель исследования – изучить принципы, преимущества, факторы влияния и эффекты применения техноло- гии вермикомпостирования при переработке помета скота и птицы; предложить рекомендации по продвижению и применению технологии вермикомпостирования, снижению загрязнения и использованию помета скота и пти- цы для освоения ресурсов и устойчивого развития.

Методы и методы исследования. Проведен библиографический анализ и сравнительные исследования, до- ступной литературы баз данных Google Academy, SCOPUS и CNKI. Была собрана и проанализирована литература о технологии земляных червей для обработки навоза животных и птиц за последние 20 лет. Изучено влияние ти- пов материалов, плотности поголовья, температуры, влажности, соотношения углерода и азота на эффективность их обработки. Обобщены преимущества и недостатки технологии земляных червей в снижении загрязнения на- возом, повышении качества удобрений и увеличении продуктивности земляных червей.

Результаты исследования

Научно-исследовательский прогресс технологии вермикомпостирования. Земляной червь относится к фи- луму *Annelida*, его тело имеет симметрию с сегментацией. Это моллюск, поверхность которого покрыта пигмен- тированной тонкой кутикулой. Тело дождевого червя содержит большое количество белка, достигающее почти 70 %, кальция, фосфора, железа, калия и других полезных микроэлементов. Обладает гермафродитизмом. Репро- дуктивные органы находятся в передней части сегментов тела [1].

Eisenia foetida – вид дождевых червей, относящийся к категории фекальных дождевых червей. Кишечная целлюлоза дождевых червей характеризуется большой ферментативной активностью, и способностью к разло- жению. В то же время рацион дождевого червя разнообразен и он способен потреблять и перерабатывать фекалии по массе равные собственному весу. Так, 100 миллионов дождевых червей могут переработать 40–50 тонн орга- нических отходов за 1 минуту и произвести при этом 20 тонн органического удобрения вермикомпост [2].

Земляные черви питаются органическими отходами и образуют вермикомпост. Органические отходы прохо- дят в организме земляных червей ряд сложных реакций биологического окисления, в которых участвует большое количество микроорганизмов. В процессе вермикомпостирования макромолекулярные органические вещества разлагаются на простые органические соединения, а простые неорганические малые молекулы и органические мономеры полимеризуются в гумус; Потребление органического углерода происходит в основном за счет дыха- ния, осуществляемого дождевыми червями и микроорганизмами, при котором выделяются углекислый газ, вода и тепло. В ходе этих процессов наблюдается тенденция к увеличению накопления азота, и его преобразование

происходит в основном за счет минерализации и биологической фиксации азота микроорганизмами [3]. Компостируемый продукт постепенно превращается в вермикомпост с хорошей водоустойчивостью благодаря परिवариванию в кишечнике дождевых червей и их собственному физическому перемешиванию, что способствует удержанию питательных веществ.

Кроме того, технология вермикомпостирования имеет улучшенные физические, питательные и биохимические эффекты по сравнению с традиционным компостированием. Вермикомпостирование может увеличить скорость разложения и степень разложения органических веществ. Кроме того, по сравнению с аэробным компостированием, вермикомпостирование органических отходов дает два полезных продукта, а именно дождевых червей и вермикомпостирование. Кроме того, сочетание аэробного компостирования и вермикомпостирования может образовать интегрированный процесс биоразложения твердых отходов. Обычно эта интегрированная система используется для усиления контроля над патогенами и производства органических удобрений быстрее, чем только аэробное компостирование или вермикомпостирование. Процесс компостирования в этой интегрированной системе гарантирует, что производимое удобрение соответствует температурным требованиям Агентства по охране окружающей среды для уничтожения болезнетворных микроорганизмов на высокотемпературной стадии. В то же время из-за присутствия дождевых червей размер частиц кучи уменьшается, снижается во время последующего процесса вермикомпостирования и увеличивает скорость фиксации питательных веществ.

Факторы, влияющие на процесс вермикомпостирования

Сырье для компостирования. Во-первых, дождевые черви рассматривают кучу как пищу, но было обнаружено, что отходы, как правило, не подходят для прямой инокуляции дождевыми червями для компостирования, поэтому обычно необходимо предварительно компостировать их, чтобы удалить токсичные и вредные вещества; во-вторых, гранулометрический состав сырья кучи оказывает большое влияние на процесс компостирования. Это связано с тем, что он определяет газо- и водообмен, особенно водоудерживающую способность. Размер частиц оказывает большое влияние на пористость кучи. Размер частиц компостируемых материалов не должен быть слишком большим, поскольку они разлагаются медленнее. Однако частицы не должны быть слишком мелкими, так как они могут образовывать плотный материал и уменьшать пористость компостного сырья; наконец, основные свойства, такие как pH, C/N и содержание воды, варьируются от одного компостного сырья к другому и также оказывают влияние на процесс компостирования. Что касается pH, то он влияет на микробную активность в процессе компостирования, в то время как различные микроорганизмы и виды дождевых червей адаптируются к различным диапазонам, обычно нейтральным, но некоторые исследования показали благоприятный диапазон 4,5-9,0; поскольку компостирование действует на снижение содержания углерода, что в основном приводит к повышению содержания азота, а низкое отношение углерода к азоту (C/N) приводит к более быстрому разложению углерода и возможным опасным анаэробным зонам, которые губительны для дождевых червей». Аэробный рост микроорганизмов является неблагоприятным.

Факторы, связанные с дождевыми червями. Дождевые черви в целом делятся на три категории: поверхностный тип, эндодермальный тип и глубокий тип. Различные типы дождевых червей имеют свои собственные характеристики, но существует очень мало разновидностей, которые могут быть использованы для обработки органических отходов. Среди них основными распространенными видами являются дождевые черви поверхностного типа, красные дождевые черви; плотность инокуляции дождевых червей в куче также влияет на процесс компостирования, например, частота спаривания дождевых червей очень высока при низкой плотности населения, а когда плотность близка к несущей способности субстрата, она снижается; иногда сырье в куче содержит мало питательных веществ, что не может удовлетворить потребности роста дождевых червей, поэтому в кучу необходимо добавить некоторые аминокислоты, микроорганизмы и антибиотики. Поэтому необходимо добавлять некоторые аминокислоты, микроорганизмы и антибиотики, а также другие микроэлементы для достижения цели, чтобы дождевые черви находились в наилучшем состоянии роста.

Факторы, влияющие на эффективность вермикомпостирования

Температура. Земляные черви относятся к метатермофилам, и температура окружающей среды и компостируемых отходов оказывает значительное влияние на рост и размножение земляных червей. Контроль температуры навоза очень важен для процесса вермикомпостирования. Высокая температура сопровождается выделением сероводорода и аммиака, что снижает содержание азота в навозе, а также влияет на рост и размножение дождевых червей, уменьшая эффективность процесса. Оптимальная температура для жизнедеятельности дождевых червей составляет 15–25 °C. При температуре ниже 5 °C они переходят в состояние покоя, ниже 0 °C и выше 40 °C – обычно происходит гибель дождевых червей [4].

Содержание воды (влажность). Дождевые черви осуществляют дыхание, растворяя кислород через эпидермис, а влажность является основой для процесса их дыхания. Влажность субстрата имеет решающее значение для физиологической активности червей. Диапазон влажности, к которому приспосабливаются дождевые черви, составляет от 30 до 80 %, а оптимальный диапазон влажности – от 60 до 80 %. Гунади и др. [5] обнаружили, что дождевые черви имеют высокую скорость роста когда влажность коровьего навоза составляет 90 %, и высокую скорость размножения когда влажность коровьего навоза соответствует 75 %. В свином навозе дождевые черви имеют более высокую скорость роста и размножения при влажности 75 % и 70 %, соответственно.

C/N. В процессе предварительного компостирования органических отходов, таких как навоз домашнего скота, углерод обеспечивает энергию для микроорганизмов компоста, участвует в выделении CO₂ и тепла. Азот частично усваивается микроорганизмами и образуется в результате нитрификации с накоплением нитратов или

улетучивается в виде аммиака. C/N является одним из наиболее широко признанных и часто используемых показателей степени разложения.

Заключение. Технология вермикомпостирования может поглотить большую часть навоза, производимого животноводческими фермами в окрестностях, но некоторые фермы имеют отсталый процесс очистки навоза и высокое содержание влаги в навозе, которое необходимо регулировать путем добавления большого количества вспомогательных материалов, таких как древесная щепа и солома во время предварительного компостирования. С одной стороны, это увеличивает стоимость, с другой стороны, большое количество добавляемых вспомогательных материалов влияет на регулирование C/N. Органические отходы, такие как навоз домашнего скота, рекомендуется обрабатывать отдельно в соответствии с различными факторами, такими как тип и содержание влаги. Постройте пруд для выщелачивания и сначала сваливайте и выщелачивайте навоз скота и птицы с высоким содержанием воды; ищите много разных видов навоза скота и птицы и других органических отходов и изучайте различные методы предварительной обработки для разных видов сырья для вермикомпостирования. При нехватке одного вида сырья для компостирования можно быстро использовать другие виды сырья для вермикомпостирования с помощью зрелого процесса предварительной обработки.

В то же время, технология вермикомпостирования – это высокоэффективный и экологичный способ переработки органических отходов, позволяющий использовать уникальную способность дождевых червей и их совместное действие с микроорганизмами для дальнейшего разложения и переработки органических отходов, превращающий их в ценный экологический ресурс – компост.

В настоящее время исследования в области вермикомпостирования для обработки твердых отходов в основном сосредоточены на городских, кухонных отходах, животном и птичьем помете, садовых отходах. Проводимые исследования сосредоточены на лабораторной стадии, а не в реальном применении крупномасштабных испытаний. Вермикомпостирование позволяет экологически чистым и высоко эффективным способом выполнять обработку и утилизацию органических отходов соответствуя направлению зеленого развития экономики и окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комплексное применение дождевых червей в животноводстве и птицеводстве / Ю. Пэн, Ц. Хан, С. Цюй и др. // [J] Guangdong Feed. – 2016. – № 25(9). – С. 38–40. (in chinese)
2. Хуан, Ч. Текущее состояние и перспективы выращивания дождевых червей в коровьем навозе / Ч. Хуан, У Байсинь // [J] Информация о животноводстве, ветеринарной науке и технологиях. – 2020. – № 8. – С. 33. (in chinese).
3. Domínguez, J. Vermicomposting: earthworms enhance the work of microbes / J. Domínguez, M. Aira, M. Gómez-Brandón // [J] Microbes at work: from wastes to resources. – 2010. – P. 93–114.
4. Цзэн Чжунпин, Сюй Цинь. Разведение дождевых червей. – [М]. Ухань : Народное издательство Хубэй, 1982. (in chinese)
5. Gunadi, B. The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia fetida* (Savigny) (Lumbricidae) / B. Gunadi, C. A. Edwards // [J] Pedobiologia. – 2003. – No 47(4). – P. 321–329.

НОРМАТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ ДЛЯ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ

STANDARD PARAMETERS OF PRODUCTIVITY CAPACITY OF ERODED SOILS FOR CADASTRAL VALUATION OF LAND

Н. Н. Цыбулько¹, И. И. Жукова², Е. В. Алексейчик¹

N. N. Tsybulka¹, I. I. Zhukova², E. V. Alexeichik¹

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь, nik.nik1966@tut.by

²Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка, г. Минск, Республика Беларусь, inn0707@bspu.by

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tanka, Minsk, Republic of Belarus

Обобщены данные продуктивности сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах в разной степени подверженных эрозионной деградации, полученные в длительных полевых опытах и производственных посевах. Уточнены поправочные коэффициенты на эродированность почв для использования

при проведении кадастровой оценки сельскохозяйственных земель. Понижающие поправочные коэффициенты дифференцированы по группам сельскохозяйственных культур и в среднем на слабо-, средне- и сильноэродированных почвах составляют соответственно 0,879, 0,770 и 0,663.

Data on the productivity of agricultural crops on soddy-podzolic soils subject to varying degrees of erosional degradation, obtained in long-term field experiments and industrial crops, are generalized. Correction factors for soil erosion for use in cadastral assessment of agricultural lands have been clarified. Reducing correction factors are differentiated by groups of agricultural crops and on average on weakly, moderately and highly eroded soils are 0.879, 0.770 and 0.663, respectively.

Ключевые слова: эродированные почвы, урожайность, сельскохозяйственные культуры, поправочные коэффициенты.

Keywords: eroded soils, productivity, agricultural crops, correction factors.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-16-20>

Введение. Для эффективного ведения аграрного производства необходимо иметь достоверные научно-обоснованные количественные и качественные характеристики сельскохозяйственных земель. В Беларуси с 60-х годов XX столетия с периодичностью примерно один раз в 10 лет проведены 3 тура оценки (бонитировки) почв сельскохозяйственных земель, 1 тур экономической оценки и 2 тура кадастровой оценки сельскохозяйственных земель [1]. Кадастровая оценка земель проводится с целью получения объективных данных об их качестве и местоположении, характеризующих условия ведения аграрного производства и их стоимость. Результаты кадастровой оценки используются для:

- установления ставок земельного налога на сельскохозяйственные земли;
- определения размеров убытков, причиненных землепользователям изъятием у них земельных участков для несельскохозяйственных целей; разработке схем и проектов внутрихозяйственного землеустройства;
- специализации аграрного производства, оптимизации использования земель и размещения посевов сельскохозяйственных культур;
- оценки и прогнозирования результатов хозяйственной деятельности;
- при решении других задач обеспечения рационального использования и охраны почвенно-земельных ресурсов.

Кадастровая оценка земель состоит из трех самостоятельных этапов: оценка плодородия почв рабочих участков, характеризующая уровень урожайности сельскохозяйственных культур; оценка технологических свойств и местоположения рабочих участков, определяющая уровень затрат на выполнение полевых и транспортных работ, связанных с сельскохозяйственным производством; обобщающая (синтезирующая) оценка земли как средства производства (возделывания сельскохозяйственных культур). Почвенное плодородие земельных участков оценивается на основе бонитета почв в баллах (исходный балл почв) и поправочных коэффициентов исходя из наличия факторов, дополнительно влияющих на урожайность (продуктивность) основных сельскохозяйственных культур. К таким факторам относятся эродированность, завалуненность, окультуренность (агрохимические свойства почв), контурность, мелиоративное состояние осушенных земель, неоднородность почвенного покрова, генезис почвообразующих пород, содержание физической глины, закустаренность, агроклиматические условия [1].

В Беларуси 473,3 тыс. га сельскохозяйственных земель подвержено водной эрозии. [2]. Смыв органического вещества и элементов минерального питания, ухудшение водно-физических, биологических и агрохимических свойств эродированных почв приводят к деградации их плодородия и снижению производительной способности. Отмечается [3], что потеря 1 см гумусового горизонта уменьшает потенциальную урожайность зерновых культур на 0,5-2,0 ц/га. По литературным данным снижение урожайности сельскохозяйственных культур на эродированных почвах по отношению к незэродированным составляет: на слабоэродированных почвах 10–30 %; на среднеэродированных – 30–60; на сильноэродированных почвах – 60–80 % [4].

Цель работы – на основе обобщения данных продуктивности сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах в разной степени подверженных водной эрозии, полученных в длительных стационарных полевых опытах и производственных посевах, уточнить поправочные коэффициенты на эродированность почв для использования при кадастровой оценке сельскохозяйственных земель.

Объекты и методы. Экспериментальной основой работы явились результаты длительных (2000–2022 гг.) полевых стационарных опытов, проведенных в северной и центральной почвенно-экологических провинциях Беларуси на дерново-подзолистых почвах, сформированных на лессовидных и моренных суглинках. Наряду с полевыми опытами проведены маршрутные полевые исследования для изучения продуктивности сельскохозяйственных культур в производственных посевах. Заложено 76 почвенно-геоморфологических катен (профилей) на пахотных землях 15 районов Беларуси с разными почвенно-экологическими условиями. Почвенный покров катен представлен в разной степени эродированными дерново-подзолистыми суглинистыми и супесчаными почвами, сформированными на лёссовидных и моренных почвообразующих породах.

Результаты и обсуждение. На основании обобщения многолетних данных продуктивности сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах разной эродированности рассчитаны понижающие

поправочные коэффициенты на эродированность почв (K_z). Результаты показывают, что сельскохозяйственные культуры по-разному реагируют на степень эродированности почв [5-8]. Так, на дерново-подзолистых слабоэродированных почвах снижение урожайности колеблется от 3 до 26 %, а поправочные коэффициенты изменяются от 0,74 до 0,97. На этих почвах незначительно снижают урожайность даже культуры, требовательные к почвенному плодородию – озимое и яровое тритикале, яровой рапс, сахарная свекла, картофель. Понижающие поправочные коэффициенты по этим культурам составляют 0,95-0,97. В то же время существенно уменьшают урожайность лен-долгунец ($K_z = 0,74$), горох, ячмень, люпин, озимая пшеница ($K_z = 0,81-0,84$) (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты снижения урожайности сельскохозяйственных культур на почвах разной эродированности

Слабоэродированные почвы		Среднеэродированные почвы		Сильноэродированные почвы	
культуры	K_z	культуры	K_z	культуры	K_z
Озимое тритикале	0,97	Озимая рожь	0,93	Озимая рожь	0,88
Яровой рапс	0,97	Клевер с тимopheевкой	0,89	Клевер с тимopheевкой	0,81
Яровое тритикале	0,96	Овес	0,87	Люцерна посевная	0,76
Сахарная свекла	0,96	Горох с овсом на зерно	0,87	Галега восточная	0,76
Картофель	0,95	Яровое тритикале	0,86	Горох с овсом на з. м.	0,75
Озимая рожь	0,94	Яровая пшеница	0,85	Яровой рапс	0,74
Клевер с тимopheевкой	0,94	Озимое тритикале	0,84	Овес	0,73
Горох с овсом на зерно	0,92	Яровой рапс	0,83	Клевер луговой	0,72
Яровая пшеница	0,91	Горох с овсом на з. м.	0,82	Яровая пшеница	0,70
Овес	0,91	Ячмень	0,81	Горох	0,66
Горох с овсом на з. м.	0,90	Люцерна посевная	0,81	Озимое тритикале	0,65
Озимый рапс	0,87	Озимая пшеница	0,80	Ячмень	0,65
Галега восточная	0,87	Галега восточная	0,79	Озимая пшеница	0,64
Клевер луговой	0,86	Клевер луговой	0,76	Яровое тритикале	0,64
Люцерна посевная	0,85	Картофель	0,74	Картофель	0,62
Озимая пшеница	0,84	Сахарная свекла	0,73	Озимый рапс	0,61
Люпин	0,82	Горох	0,71	Сахарная свекла	0,61
Ячмень	0,81	Люпин	0,70	Люпин	0,60
Горох	0,81	Озимый рапс	0,70	Горох с овсом на зерно	0,60
Лен-долгунец	0,74	Лен-долгунец	0,62	Лен-долгунец	0,54

На дерново-подзолистых средне- и сильноэродированных почвах наблюдается существенное уменьшение продуктивности озимого рапса, люпина и гороха на зерно, сахарной свеклы, картофеля, озимой пшеницы, озимое тритикале, яровая пшеница. Понижающие коэффициенты по этим сельскохозяйственным культурам колеблются на среднеэродированных почвах от 0,70 до 0,80, на сильноэродированных почвах – от 0,60 до 0,70, а для льна-долгунца снижаются соответственно до 0,62 и 0,54. В наименьшей степени снижают урожайность озимая рожь, многолетние бобово-злаковые и бобовые травы, овес, горох с овсом на зерно и на зеленую массу.

Таким образом, сельскохозяйственные культуры, с одной стороны, существенно различаются между собой по отношению к эродированности почв, а с другой стороны, одна и та же культура по-разному реагирует на степень эрозионной деградации почвы. Эти особенности важно учитывать при формировании структуры посевов и севооборотов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия на склоновых землях.

В то же время в земледельческой практике при формировании рабочих участков и полей севооборотов в условиях холмистого рельефа с короткими склонами размещаемая (возделываемая) сельскохозяйственная культура может охватывать почвенно-геоморфологический профиль, включающий слабо-, средне- и сильноэродированные почвы. Поэтому представляется целесообразным определение количественных параметров снижения продуктивности той или иной культуры в целом по всей почвенно-геоморфологической катене.

Расчеты коэффициентов снижения продуктивности сельскохозяйственных культур по почвенно-эрозионной катене показали, что наименее уязвимыми к эродированности почвы являются озимая рожь, многолетние злаково-бобовые травы, яровой рапс, овес, снижающие продуктивность до 15 % по отношению к полнопрофильной неэродированной почве, а наименее уязвимыми – лен-долгунец, горох, люпин, озимый рапс, озимая пшеница, сахарная свекла, картофель, урожайность которых может быть ниже по сравнению с неэродированной почвой на 23–37 % (табл. 2).

В действующей в Беларуси методике кадастровой оценки сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств поправочные коэффициенты, учитывающие эродированность почв, установлены для водной эрозии по трем степеням (слабая, средняя, сильная) и четырем группам

сельскохозяйственных культур (зерновые и зернобобовые, пропашные, лен, многолетние травы) [1]. В среднем они колеблются от 0,884 на слабосмытых почвах до 0,609 на сильносмытых почвах (табл. 3).

Таблица 2

Коэффициенты снижения продуктивности сельскохозяйственных культур по почвенно-эрозионной катене

Сельскохозяйственные культуры	K_e
Озимая рожь	0,92
Клевер с тимофеевкой	0,88
Яровой рапс	0,85
Овес	0,84
Озимое тритикале	0,82
Яровая пшеница	0,82
Яровое тритикале	0,82
Горох с овсом на зеленую массу	0,82
Люцерна посевная	0,81
Галега восточная	0,81
Горох с овсом на зерно	0,80
Клевер луговой	0,78
Картофель	0,77
Сахарная свекла	0,77
Озимая пшеница	0,76
Ячмень	0,76
Горох	0,73
Озимый рапс	0,73
Люпин	0,71
Лен-долгунец	0,63

Таблица 3

Поправочные коэффициенты, учитывающие эродированность почв, принятые в методике кадастровой оценки земель [1]

Степень смытости почв	Поправочные коэффициенты к баллам почв				
	в среднем	по группам сельскохозяйственных культур			
		зерновые, зернобобовые, рапс	пропашные	лён	многолетние травы
Слабосмытые	0,884	0,89	0,82	0,86	0,93
Среднесмытые	0,736	0,74	0,65	0,68	0,82
Сильносмытые	0,609	0,63	0,46	0,54	0,70

На основе полученных результатов исследований определены поправочные коэффициенты, учитывающие эродированность почв, по семи группам сельскохозяйственных культур – озимые зерновые и озимый рапс, яровые зерновые и яровой рапс, зернобобовые, пропашные, лен-долгунец, многолетние бобовые травы, однолетние и многолетние бобово-злаковые травы. Как показывают данные, представленные в таблице 4, наиболее низкие поправочные коэффициенты характерны для льна-долгунца, зернобобовых и пропашных культур, то есть эти группы сельскохозяйственных культур наиболее существенно реагируют на эродированность почвы.

Таблица 4

Усовершенствованные поправочные коэффициенты, учитывающие эродированность почв

Сельскохозяйственные культуры	Степень эродированности почвы		
	слабая	средняя	сильная
Озимые зерновые, озимый рапс	0,91	0,78	0,64
Яровые зерновые, яровой рапс	0,92	0,85	0,70
Зернобобовые	0,85	0,76	0,62
Пропашные	0,95	0,73	0,61
Лен-долгунец	0,74	0,62	0,54
Многолетние бобовые травы	0,86	0,79	0,75
Однолетние и многолетние бобово-злаковые травы	0,92	0,86	0,78
В среднем	0,879	0,770	0,663

Следует отметить, что в среднем по степеням эродированности почв получены поправочные коэффициенты, близкие по значениям к таковым, принятым в действующей методике кадастровой оценки сельскохозяйственных земель.

Представленные поправочные коэффициенты, учитывающие эродированность почв, полученные на основе многолетних данных за 20-летний период, по продуктивности сельскохозяйственных культур в условиях современных агротехнологий и районированных сортов, позволяют использовать их в качестве нормативных параметров при оценке почвенного плодородия земельных участков в методике кадастровой оценки земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: методика, технология, практика / Г. М. Мороз [и др.]; под ред. Г. М. Мороза и В. В. Лапы. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 208 с.
2. Почвы Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапы. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 632 с.
3. Ковда, В.А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана / В.А. Ковда. – М.: Наука, 1981. – 250 с.
4. Проектирование противоэрозионных комплексов и использование эрозионноопасных земель в разных ландшафтных зонах Беларуси. Рекомендации / РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси»; под ред. А.Ф. Черныша. – Минск, 2005. – 52 с.
5. Цыбулько, Н.Н. Производительная способность почв, в разной степени подверженных эрозионной деградации / Н.Н. Цыбулько // Аграрная экономика. – 2018. – № 8. – С. 31–37.
6. Влияние эродированности дерново-подзолистых почв на продуктивность сельскохозяйственных культур (результаты длительных полевых опытов) / Н.Н. Цыбулько, А.М. Устинова, А.В. Юхновец, В.Б. Цырибко, И.И. Касьяненко // Почвоведение и агрохимия. – 2021. – № 2 (67). – С. 7-17.
7. Продуктивность однолетних и многолетних трав на дерново-подзолистых почвах разной степени эродированности (результаты длительных полевых опытов) / Н.Н. Цыбулько, А.М. Устинова, А.В. Юхновец, В.Б. Цырибко, И.И. Касьяненко, С.Д. Воронович // Почвоведение и агрохимия. – 2022. – № 1 (68). – С. 31–39.
8. Влияние эродированности дерново-подзолистых почв на урожайность сельскохозяйственных культур на склонах разной экспозиции / Н.Н. Цыбулько, В.Б. Цырибко, А.М. Устинова, И.И. Жукова, С.Д. Воронович // Мелиорация. – 2023. – № 2 (104). – С. 52–59.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТАНОВЛЕНИЯ ФАКТА ПРИЧИНЕНИЯ ВРЕДА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ И РАСЧЕТА РАЗМЕРА ВОЗМЕЩЕНИЯ ВРЕДА, ПРИЧИНЕННОГО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

METHODOLOGICAL BASIS FOR ESTABLISHING THE FACT OF CAUSED HARM TO THE ENVIRONMENT AND CALCULATING THE AMOUNT OF COMPENSATION FOR DAMAGE CAUSED TO THE ENVIRONMENT

С. С. Позняк¹

S. Pazniak

*¹Научно-практический центр Государственного комитета
судебных экспертиз Республики Беларусь, Минск, Республика Беларусь
sspazniak@gmail.com*

*Scientific and Practical Centre of the State Forensic Examination Committee of the Republic of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus*

В статье рассматриваются методологические основы установления факта причинения вреда окружающей среде и расчета размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде, для таких компонентов природной среды, как земля (включая почвы), недра, воды, атмосферный воздух, растительный и животный мир, а также озоновый слой и околоземное космическое пространство). Поскольку экологические правонарушения имеют чрезвычайно высокую степень латентности, а материальная обстановка на земельном участке, как правило, принципиально изменяется по происшествии даже небольшого промежутка времени, экспертиза проводится путем изучения материалов, предоставленных с постановлением о назначении судебной экологической экспертизы, анализа нормативной, нормативно-технической, специальной технической документации в области охраны окружающей природной среды; ситуационного анализа, сравнения результатов исследования с требованиями нормативной, нормативно-технической, специальной технической документации и фактическими данными, которые обусловили возникновение исследуемого события.

The article discusses the methodological basis for establishing the fact of harm to the environment and calculating the amount of compensation for harm caused to the environment for such components of the natural environment as land (including soil), subsoil, water, atmospheric air, flora and fauna, as well as the ozone layer and near-Earth space). Since environmental offenses have an extremely high degree of latency, and the material situation on a land plot, as a rule, changes fundamentally after even a short period of time, the examination is carried out by studying the materials provided with the resolution on the appointment of a forensic environmental examination, analyzing the normative, normative-technical, special technical documentation in the field of environmental protection; comparison of the research results with the requirements of regulatory, normative-technical, special technical documentation and actual data that determined the occurrence of the event under study.

Ключевые слова: экологическая экспертиза, окружающая среда, причинение вреда окружающей среде, компоненты окружающей среды, деградация земель, вред, причиненный окружающей среде, размер вреда, причиненного окружающей среде.

Keywords: environmental assessment, environment, environmental damage, environmental components, land degradation, harm caused to the environment, extent of harm caused to the environment.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-20-23>

При проведении судебных экологических экспертиз в рамках уголовных и административных дел наиболее распространенным вопросом, интересующим инициаторов назначения экспертиз в Республике Беларусь, является вопрос «Причинен ли вред окружающей среде?». Как известно, экологические правонарушения имеют чрезвычайно высокую степень латентности, которая, по различным оценкам экспертов, составляет от 75 до 99 % [1]. Причины этого кроются в самой специфике экологических правонарушений, которые не всегда очевидны. Очень часто последствия экологического правонарушения имеют мало общего с его источником. Любое противоправное деяние, оказывающее вред, например, атмосферному воздуху, либо водному объекту, либо почвенному покрову, растительному или животному миру, косвенно, посредством сложных межкомпонентных взаимосвязей и взаимодействий затрагивают всю экосистему в целом. Как правило, для того, чтобы установить механизм и оценить степень такого негативного воздействия на окружающую среду, необходимы глубокие познания в области экологии и смежных наук. В связи с принципиальным изменением материальной обстановки на земельном участке по происшествии даже небольшого промежутка времени, требуется проводить экспертизу путем изучения материалов, предоставленных с постановлением о назначении судебной экологической экспертизы, анализа нормативной, нормативно-технической, специальной технической документации в области охраны окружающей природной среды; ситуационного анализа, сравнения результатов исследования с требованиями нормативной, нормативно-технической, специальной технической документации и фактическими данными, которые обусловили возникновение исследуемого события.

Для ответа на вопрос «Причинен ли вред окружающей среде?» следует, прежде всего, определить понятие «окружающая среда». В соответствии со ст. 1 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» от 26 ноября 1992 г. №1982-ХІІ (с изменениями и дополнениями) [2]:

«...окружающая среда – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов...».

Поскольку данный вопрос касается экологического вреда, причиненного в результате несоблюдения правил охраны окружающей среды, следует определить и охарактеризовать понятия «причинение вреда окружающей среде», «компоненты природной среды», «земля», «почва», «плодородный слой почвы».

По юридическим определениям в ст. 1 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» от 26 ноября 1992 г. №1982-ХІІ (с изменениями и дополнениями) [2]:

«...причинение вреда окружающей среде – вредное воздействие на окружающую среду, связанное с нарушением требований в области охраны окружающей среды, иным нарушением законодательства Республики Беларусь, в том числе путем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросов сточных вод в водные объекты с превышением установленных в соответствии с законодательством Республики Беларусь нормативов допустимых выбросов и сбросов химических и иных веществ по одному или более загрязняющему веществу или в отсутствие таких нормативов, если их установление требуется законодательством Республики Беларусь, незаконного изъятия дикорастущих растений и (или) их частей, диких животных, других природных ресурсов»;

«...компоненты природной среды – земля (включая почвы), недра, воды, атмосферный воздух, растительный и животный мир, а также озоновый слой и околоземное космическое пространство, обеспечивающие в совокупности благоприятные условия для существования жизни на Земле».

Согласно ст.1 Кодекса Республики Беларусь о земле от 23.07.2008 №425-З (с изменениями и дополнениями) [3]:

«...земля (земли) – земная поверхность, включая почвы, рассматриваемая как компонент природной среды, средство производства в сельском и лесном хозяйстве, пространственная материальная основа хозяйственной и иной деятельности».

Земля – охраняемый законом природный объект, поверхностный почвенный слой, являющийся связующим звеном между живой и неживой природой.

Согласно ЭкоНиП 17.03.01–001–2021 [4]:

«...почва – самостоятельное естественно-историческое органо-минеральное природное тело, сформировавшееся на поверхности земли в результате длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящее из твердых минеральных, органоминеральных и органических частиц, воды и воздуха и имеющее специфические генетико-морфологические признаки, свойства, создающие для роста и развития растений соответствующие условия».

Согласно ЭкоНиП 17.01.06–001–2017 [5]:

«...Плодородный слой почвы – верхняя гумусированная часть почвенного профиля, обладающая благоприятными для роста растений химическими, физическими и биологическими свойствами».

В почвоведческой литературе понятие «плодородный слой почвы» не имеет точной трактовки и определения. Говоря о «плодородном слое почвы», имеется в виду слой почвы, который является наиболее ценным и требует особой охраны из-за повышенного содержания гумуса. Особую ценность имеет плодородный слой почвы на сельскохозяйственных землях.

При проведении механизированных работ по раскопке земель, планированию и благоустройству территории снимается плодородный слой почвы и разрушаются подстилающие породы, нарушается геологическая естественная структура почвы местности, как следствие – меняется уровень грунтовых вод, происходит уничтожение микроорганизмов (биоты), при этом нарушается ландшафт местности, уничтожается растительность, в том числе и древесно-кустарниковая.

В научной литературе понятие «деградация почв» до настоящего времени не имеет четкого определения, однако в него, так или иначе, включаются процессы ухудшения свойств, состава почв и их качества. В почвоведческой литературе указывается, что нарушение почв – это сложный комплекс антропогенных и природных процессов изменения физико-химических и механических характеристик почвы. Как правило, первой причиной нарушения почв являются процессы, инициированные деятельностью человека (механическая обработка почвы, трансформация слоев земли в строительстве, переуплотнение почв в результате деятельности транспорта).

Согласно ст.1 Кодекса Республики Беларусь о земле [3]:

«...деградация земель – процесс снижения качества земель в результате вредного антропогенного и (или) природного воздействия;

...деградированные земли – земли, потерявшие свои исходные полезные свойства до состояния, исключающего возможность их эффективного использования по целевому назначению».

На основании абз. 3 ст. 101-1 Закона Республики Беларусь от 26 ноября 1992 г. № 1982-ХІІ «Об охране окружающей среды» [2] констатируется, что «... вред, причиненный окружающей среде, может быть возмещен лицом, причинившим вред, посредством восстановления нарушенного состояния окружающей среды за счет собственных средств в соответствии с предписаниями государственного органа ...». Абз. 9 ст. 101-3 Закона [2] требует, чтобы «К претензии о возмещении вреда, причиненного окружающей среде, должен быть приложен акт об установлении факта причинения вреда окружающей среде».

В соответствии с Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 11 апреля 2022 г. №219 вред, причиненный окружающей среде, считается причиненным, в том числе, при установлении факта «... деградации земель (включая почвы), определяемой по видам и показателям согласно приложению 1...» положения, определённого Постановлением [1]:

«10. Деградация земель всех видов (включая почвы) характеризуется четырьмя степенями: низкая, средняя, высокая, очень высокая.

Степень деградации земель (включая почвы) определяется уполномоченным государственным органом или уполномоченной им организацией по каждому ее виду и одному или нескольким характеризующим его показателям, установленным в приложении 1 к настоящему положению, при этом оценка степени деградации земель (включая почвы) проводится по показателю, устанавливающему их наибольшую степень» (таблица 1).

Таблица 1

Степень деградации земель в зависимости от показателей деградации [1]

Виды деградации земель (включая почвы)	Показатели деградации земель (включая почвы)	Интервалы значений показателей по степеням деградации			
		низкая	средняя	высокая	очень высокая
7. Незаконное нарушение земель при разработке месторождений полезных ископаемых и их переработке; добыче торфа и сапропелей; ведении строительных работ и других раскопок; осуществлении иной деятельности	удельный вес площади контура (контуров) со снятым, уничтоженным, нарушенным (в том числе в результате нанесения слоя неплодородного грунта) плодородным слоем почвы в площади контура земель или земельного участка, %	1 - 2,5	2,6 - 10	11 - 40	>40
	глубина промоин, рытвин, провалов и раскопок относительно поверхности, см	>20 - 40	>40 - 100	>100 - 200	>200

По юридическим определениям в ст. 1 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» от 26 ноября 1992 г. №1982-XII (с изменениями и дополнениями) [2]:

«...вред, причиненный окружающей среде, – имеющее денежную оценку отрицательное изменение окружающей среды или отдельных компонентов природной среды, природных или природно-антропогенных объектов, выразившееся в их загрязнении, деградации, истощении, повреждении, уничтожении, незаконном изъятии и (или) ином ухудшении их состояния, в результате вредного воздействия на окружающую среду, связанного с нарушением требований в области охраны окружающей среды, иным нарушением законодательства Республики Беларусь».

Размер возмещения вреда, причиненного окружающей среде, для категории земель – земли сельскохозяйственного назначения, вид земель – под древесно-кустарниковой растительностью (насаждениями), применяется приложение 5 к Постановлению [6] «Таксы для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде деградацией земель (включая почвы) любой категории, за исключением земель лесного фонда» с применением одного коэффициента исчисляется по следующей формуле:

$$C = T * Ku * Pi,$$

где C – размер возмещения вреда, причиненного окружающей среде, в белорусских рублях;

T – таксы, установленные в приложении 5 к Постановлению, утвердившему настоящее Положение, умноженные на размер базовой величины, установленной законодательством на дату составления акта об установлении факта причинения вреда окружающей среде;

Ku – соответствующие коэффициенты, установленные постановлением, утвердившим настоящее Положение;

Pi – показатель площади земель (включая почвы) в квадратных метрах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плешаков, А.М. Уголовно-правовая борьба с экологическими преступлениями : автореф.
2. дис. ... д-ра юрид. наук / А.М. Плешаков.– М., 1994.
3. Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» от 26 ноября 1992 г. №1982-XII (с изменениями и дополнениями).
4. Кодекс Республики Беларусь о Земле от 23 июля 2008 г. №425-3 (в ред. Закона Республики Беларусь от 18.07.2022 N 195-3).
5. Экологические нормы и правила ЭкоНиП 17.03.01–001–2021 «Охрана окружающей среды и природопользование. Земли (в том числе почвы). Нормативы качества окружающей среды. Дифференцированные нормативы содержания химических веществ в почвах и требования к их применению» (утверждены Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь №13-Т от 25.11.2021).
6. Экологические нормы и правила ЭкоНиП 17.01.06–001–2017 «Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности» (в ред. постановлений Минприроды от 21.11.2022 №23-Т, от 29.04.2023 №4-Т).
7. Постановление Совета Министров Республики Беларусь «О таксах для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде, и порядке его исчисления» от 11 апреля 2022 г. № 219.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БОЛЬШОЙ ДАФНИИ (*DAPHNIA MAGNA*)

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF HEAVY METALS ON THE PHYSIOLOGICAL INDICATORS OF *DAPHNIA MAGNA*

Е. П. Живицкая, А. Г. Сыса, А. К. Галах, А. П. Яковлева

E. P. Zhivitskaya, A. G. Sysa, A. K. Galakh, A. P. Yakovleva

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
jaalina04@gmail.com

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus

Воздействие тяжелых металлов на водные организмы представляет собой серьезную проблему для окружающей среды из-за их потенциального воздействия на экосистемы и здоровье человека. В данном исследовании изучалась острая иммобилизационная токсичность *Daphnia magna* в ответ на воздействие катионов тяжелых металлов, включая медь (Cu^{2+}), кадмий (Cd^{2+}), свинец (Pb^{2+}) и никель (Ni^{2+}).

В работе использовали разведения стандартных водных растворов катионов тяжелых металлов, в качестве контрольной среды использовали искусственную пресную воду. Испытание на острую токсичность включало воздействие тестируемых растворов на особей *Daphnia magna* и оценку эффектов иммобилизации после 48 часов воздействия. Эффекты количественно оценивали как средний процент иммобилизации организма, при этом статистический анализ и оценка параметров модели, проведенные для определения уровней токсичности каждого катиона тяжелого металла. Результаты выявили существенные различия в уровнях иммобилизации *Daphnia magna* в ответ на воздействие катионов различных тяжелых металлов. Результаты исследования вносят вклад в оценку токсических эффектов катионов тяжелых металлов на *Daphnia magna*, подчеркивая важность мониторинга и контроля загрязнения тяжелыми металлами в водной среде.

The exposure of aquatic organisms to heavy metals is a matter of significant environmental concern due to its potential impact on ecosystems and human health. In this study, the acute immobilization toxicity of *Daphnia magna* in response to exposure to heavy metal cations, including copper (Cu^{2+}), cadmium (Cd^{2+}), lead (Pb^{2+}), and nickel (Ni^{2+}), was investigated. The study aimed to assess the effects of these heavy metal cations on the mobility and immobilization of *Daphnia magna*, providing valuable insights into the potential risks associated with heavy metal contamination in aquatic environments. The study utilized dilutions of standard aqueous solutions of the heavy metal cations, with artificial fresh water used as a control medium. The acute toxicity test involved exposing *Daphnia magna* individuals to the test solutions and assessing the immobilization effects after 48 hours of exposure. The effects were quantified as the average percentage of organism immobilization, with statistical analysis and model parameter assessment conducted to determine the toxicity levels of each heavy metal cation. The results revealed significant differences in the immobilization levels of *Daphnia magna* in response to exposure to different heavy metal cations. The study findings shed light on the varying toxic effects of heavy metal cations on *Daphnia magna*, highlighting the importance of monitoring and controlling heavy metal contamination in aquatic environments.

Ключевые слова: гидробионты, биоиндикация, токсичность, экологический мониторинг, угнетение подвижности.

Keywords: hydrobionts, bioindication, toxicity, environmental monitoring, specific growth rate.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-23-26>

Токсичность ионов металлов по отношению к водным организмам изучается на протяжении многих десятилетий, но понимание того, как ионы различных металлов, присутствующие в водных системах, вызывают токсичность, остается недостаточным. Отсутствие точного понимания механизмов действия затрудняет количественный прогноз токсичности ионов металлов как по отдельности, так и в различных сочетаниях. Промышленные сточные воды обычно содержат смесь токсичных и вредных веществ, которые могут оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье человека и водные экосистемы. Ежегодно большое количество сточных вод, содержащих тяжелые металлы, сбрасывают предприятия автомобильной, горнодобывающей и металлургической промышленности. Они могут внести существенный вклад в экологический риск и загрязнение принимающей водной системы. Эти загрязнители вызывают экологические проблемы из-за своей высокой токсичности даже при низких концентрациях, поэтому наличие металлов (Cr, Ni, Fe, Cu) в таких сточных водах необходимо строго контролировать. Тяжелые металлы являются токсичны и обычно не удаляются обычными методами очистки сточных вод. Они не подвергаются биологическому разложению в окружающей среде, а это означает, что даже низкие концентрации могут оказать серьезное неблагоприятное воздействие на человека, наземные организмы и водную жизнь. Острое воздействие некоторых тяжелых металлов на животных и окружающую среду может включать тошноту, рвоту, поражение почек и печени, раздражение кожи и рак легких.

В настоящее время подходы биоиндикации считаются важными инструментами оценки негативных последствий и предотвращения деградации окружающей среды. Одним из наиболее широко используемых биоиндикаторных тестов для мониторинга токсичности водных ресурсов является тест на острую токсичность, проводимый с *Daphnia magna*. Этот тест стандартизирован, относительно прост в выполнении и в то же время экологически значим.

Обоснованием его использования является широкий спектр местообитаний, в которых могут обитать дафнии, их относительно короткий жизненный цикл, небольшие размеры, высокая чувствительность к загрязнению окружающей среды, а также возможность легкого культивирования в лабораторных условиях. Доказанная эффективность тестов с использованием дафнии привела к стандартизации процедур тестирования несколькими национальными и международными экологическими организациями. В Республике Беларусь дафнию магну также рекомендуют использовать в качестве биоиндикатора при испытаниях на токсичность. Дафнии подвергаются воздействию исследуемого экотоксиканта, добавленного в воду в разных концентрациях, в течение 24 или 48 часов. В тестах используется статичная система, в которой растворы не заменяются во время воздействия. Под воздействием стрессовых факторов окружающей среды у дафний наблюдается значительное снижение воспроизводства, нарушение вертикальной мобильности и моделей поведения и, в конечном итоге, фенотипические изменения.

К настоящему времени накоплен значительный объем данных, особенно по индивидуальным соединениям (отдельным ионам металлов). Однако исследований с использованием смесей ионов разных металлов было проведено меньше, несмотря на важность таких исследований с практической точки зрения, учитывая

потенциальные взаимодействия между различными металлами. Это может привести к уменьшению или увеличению диапазона безопасных для живых организмов концентраций в смесях металлов по сравнению с диапазонами для отдельных элементов.

В данном исследовании проведена оценка экотоксичности катионов тяжелых металлов, таких как медь (Cu^{2+}), кадмий (Cd^{2+}), свинец (Pb^{2+}) и никель (Ni^{2+}) с использованием тестового объекта *Daphnia magna*. Целью исследования являлась характеристика влияния катионов тяжелых металлов на подвижность и иммобилизацию *Daphnia magna*, что вносит вклад в понимание и оценку потенциальных рисков загрязнения водных сред тяжелыми металлами.

В ходе исследования использовались разведения стандартных водных растворов катионов тяжелых металлов, а искусственная пресная вода служила контрольной средой. Остротоксичный тест включал выдержку особей *Daphnia magna* в тестируемых растворах и оценку эффектов иммобилизации после 48-часового воздействия. Результаты были количественно оценены в виде среднего процента иммобилизации организмов, а также проведен статистический анализ и оценка параметров модели для определения уровня токсичности каждого катиона тяжелых металлов.

Количество иммобилизованных организмов – основной параметр, используемый при тестировании воды на токсичность с использованием *Daphnia magna*, при этом рекомендуемая продолжительность воздействия – 48 часов. Результаты исследований приведены на рисунке.

Как видно из данных, представленных на рисунке, катионы кадмия и меди оказывали более выраженный эффект на двигательную активность рачков дафний. Так, уже при концентрации ионов 0,05 мг/л наблюдалось иммобилизация $26,6 \pm 1,5$ % организмов модельного объекта в случае ионов кадмия и $19,6 \pm 1,4$ % – в случае ионов меди. Для катионов Pb^{2+} и Ni^{2+} подобный эффект наблюдался при концентрациях 0,7 мг/л и 1,0 мг/л, соответственно.

Характер кривых изменения иммобилизации большой дафнии (*Daphnia magna*) в области исследованных концентраций свидетельствует о том, что эффективность угнетения двигательной активности особей большой дафнии снижается в ряду $\text{Cu}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Ni}^{2+}$, что подтверждается рассчитанными значениями EC_{50} : $\text{EC}_{50} \text{Cu}^{2+}$ (0,11 мг/л) $\approx$ $\text{EC}_{50} \text{Cd}^{2+}$ (0,14 мг/л) $<$ $\text{EC}_{50} \text{Pb}^{2+}$ (1,41 мг/л) $<$ $\text{EC}_{50} \text{Ni}^{2+}$ (2,84 мг/л).

Для построения аналитических моделей доза-эффект в настоящей работе использована лог-логистическая модель с четырьмя параметрами (b, c, d, e) LL.4 библиотеки *drm* в среде статистических вычислений R (GraphPad Software, Inc.), которая имеет вид:

$$\varphi(x) = c + \frac{d-c}{1 + e^{b(\log \log x - \log \log e)}},$$

где c и d – параметры, определяющие нижнюю и верхнюю горизонтальные асимптоты сигмоидной кривой,

e – соответствует положению точки перегиба,

b – соответствует коэффициенту угла наклона в области переходного состояния.

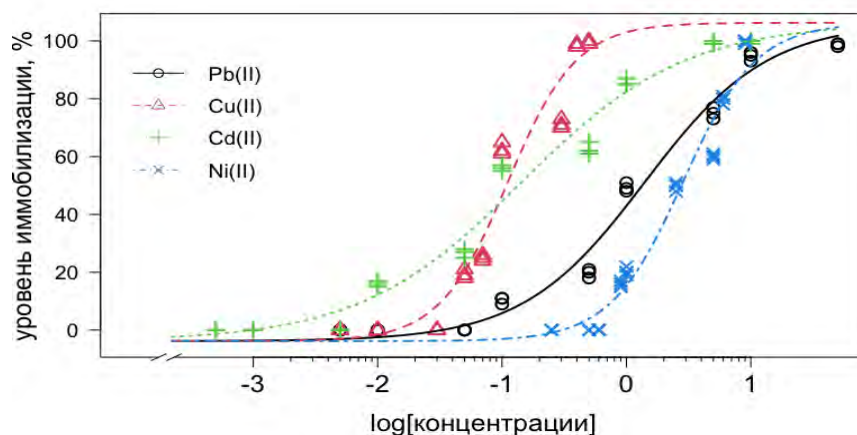


Рисунок – Уровень иммобилизации больших дафний (*Daphnia magna*) в зависимости от концентрации изученных катионов по итогам 48-часового культивирования после воздействия

Показано, что зависимость уровня иммобилизации *Daphnia magna* от концентрации катионов через 48 часов описываются уравнениями:

1) для иона Cu^{2+} :

$$\text{уровень иммобилизации} = -3,8 + \frac{106,3 + 3,8}{1 + e^{-1,6 \cdot C(\text{мг/л}) - \log \log 0,11}}$$

2) для катиона Cd^{2+} :

$$\text{уровень иммобилизации} = -3,8 + \frac{106,3 + 3,8}{1 + e^{-0,7 \cdot C(\text{мг/л}) - \log \log 0,14}}$$

3) для иона Pb^{2+} :

$$\text{уровень иммобилизации} = -3,8 + \frac{106,3 + 3,8}{1 + e^{-0,9 \cdot C(\text{мг/л}) - \log \log 1,41}}$$

4) для катиона Ni^{2+} :

$$\text{уровень иммобилизации} = -3,8 + \frac{106,3 + 3,8}{1 + e^{-1,5 \cdot C(\text{мг/л}) - \log \log 2,84}}$$

Кроме того, установлено, что коэффициенты наклона (b), верхнего и нижнего пределов (c и d), а также значения EC_{50} статистически значимы для всех изученных катионов.

Токсикологическое изучение тяжелых металлов и их влияния на *Daphnia magna* имеет первостепенное значение для понимания последствий загрязнения окружающей среды на водные экосистемы. Источники тяжелых металлов в водных средах разнообразны и могут происходить как из естественных, так и антропогенных источников. Промышленные сбросы, городская канализация, горнодобывающие операции и сельскохозяйственная деятельность являются основными источниками загрязнения воды тяжелыми металлами. Эти виды деятельности могут привести к выбросу тяжелых металлов, таких как цинк, свинец, медь, кадмий и хром, в водные экосистемы, создавая значительную угрозу для организмов, обитающих в этих средах, включая *Daphnia magna* [1,2].

Daphnia magna, часто называемая водным блошкой, широко используется в экотоксикологии из-за ее чувствительности к различным факторам внешней среды, включая тяжелые металлы. Этот крошечный ракообразный играет ключевую роль в пищевой цепи пресноводных экосистем и служит важным индикатором для оценки здоровья водных сред. Понимание токсических эффектов тяжелых металлов на *Daphnia magna* критически важно для оценки потенциальных рисков, связанных с загрязнением металлами, и для разработки регуляторных мер, направленных на защиту водных экосистем.

Многочисленные исследования продемонстрировали восприимчивость *Daphnia magna* к воздействию тяжелых металлов [3,4]. Например, исследования показали, что кадмий, высокотоксичный тяжелый металл, может оказывать негативное влияние на выживаемость, рост и размножение *Daphnia magna*. Исследование, направленное на изучение восприимчивости партогенетических яиц *Daphnia magna* к кадмию, цинку, меди и свинцу, показало, что эти тяжелые металлы могут значительно влиять на ранние стадии развития организма. Аналогично цинк, медь и свинец также оказывают токсическое воздействие на *Daphnia magna*, подчеркивая уязвимость этого вида к различным тяжелым металлам.

Помимо индивидуальной токсичности металлов, исследования также изучали сравнительную токсичность различных тяжелых металлов для *Daphnia magna*. Например, 48-часовая LC_{50} тяжелых металлов продемонстрировала убывающий порядок токсичности следующим образом: $\text{Hg} > \text{Ag} > \text{Cr} > \text{Zn} > \text{Co} > \text{Cu} > \text{Cd} > \text{Pb} > \text{Sn} > \text{Si}$. Эти результаты предоставляют ценную информацию о различной степени токсичности различных тяжелых металлов, что важно для определения приоритетов в управлении загрязнением водных экосистем тяжелыми металлами.

В заключение, токсикологическое изучение тяжелых металлов и их влияния на *Daphnia magna* является критически важной областью исследований с далеко идущими последствиями для охраны окружающей среды. Путем оценки токсических эффектов тяжелых металлов на *Daphnia magna* ученые и законодатели могут принимать обоснованные решения по смягчению воздействия загрязнения металлами на водные экосистемы. Кроме того, чувствительность *Daphnia magna* к тяжелым металлам подчеркивает ее важность в качестве биоиндикатора для мониторинга качества окружающей среды и подчеркивает необходимость проведения дальнейших исследований для продвижения нашего понимания взаимодействия тяжелых металлов и водных организмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Paylar B, Asnake S, Sjöberg V и др. Influence of water hardness on zinc toxicity in *Daphnia magna* // J Appl Toxicol. 2022. Vol. 42, № 9. P. 1510–1523.
2. Yuan N, Pei Y, Bao A, Wang C. The Physiological and Biochemical Responses of *Daphnia magna* to Dewatered Drinking Water Treatment Residue // Int J Environ Res Public Health. 2020. Vol. 17, № 16. P. 5863.
3. Okamoto A, Yamamuro M, Tatarazako N. Acute toxicity of 50 metals to *Daphnia magna* // J Appl Toxicol. 2014. Vol. 35. P. 824–830.
4. Okamoto A., Yamamuro M., Tatarazako N. Acute toxicity of 50 metals to *Daphnia magna* / A. Okamoto, M. Yamamuro, N. Tatarazako // J. Appl. Toxicol. - 2015. - Vol. 35, no. 7. - P. 824–830.

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БИНАРНЫХ СМЕСЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПОДВИЖНОСТЬ БОЛЬШОЙ ДАФНИИ (*DAPHNIA MAGNA*)

ECOTOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF BINARY MIXTURES OF HEAVY METALS ON THE MOBILITY OF *DAPHNIA MAGNA*

Е. П. Живицкая, А. Г. Сыса, А. К. Галах, А. П. Яковлева

E. P. Zhivitskaya, A.G. Sysa, A. K. Galakh, A. P. Yakovleva

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
galax_n@mail.ru

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus

В настоящей работе исследовано влияние на подвижность *Daphnia magna* бинарных смесей катионов. Показано для ионов Pb^{2+} и Cd^{2+} в области низких концентраций (0,05-0,7 мг/л и 0,05-0,1 мг/л, соответственно), что добавление Cu^{2+} наблюдался синергетический эффект, а в области высоких концентраций совместный эффект менялся на антагонистический. Что касается ионов Ni^{2+} , то во всем диапазоне концентраций наблюдался антагонистический эффект при добавлении Cu^{2+} . При исследовании эффектов смеси катионов Ni^{2+} с ионами Cu^{2+} , Cd^{2+} и Pb^{2+} все изученные смеси ионов металлов приводили к усилению угнетения подвижности рачков дафнии, т.е. наблюдается синергетический эффект. Порядок токсичности смесей для *Daphnia magna* уменьшался в ряду $Cd+Ni > Cu+Ni > Pb+Ni$.

The effect of binary mixtures of cations on the mobility of *Daphnia magna* has been studied. It was shown for Pb^{2+} and Cd^{2+} ions at low concentrations (0.05-0.7 mg/l and 0.05-0.1 mg/l, respectively) that the addition of Cu^{2+} had a synergistic effect, and at high concentrations the combined effect changed to antagonistic. As for Ni^{2+} ions, an antagonistic effect was observed in the entire concentration range when Cu^{2+} was added. When studying the effects of a mixture of Ni^{2+} cations with Cu^{2+} , Cd^{2+} and Pb^{2+} ions, all the studied mixtures of metal ions resulted in increased inhibition of the mobility of daphnia crustaceans, i.e. a synergistic effect is observed. The order of toxicity of mixtures for *Daphnia magna* decreased in the series $Cd+Ni > Cu+Ni > Pb+Ni$.

Ключевые слова: гидробионты, биоиндикация, токсичность, экологический мониторинг, угнетение подвижности.

Keywords: hydrobionts, bioindication, toxicity, environmental monitoring, specific growth rate.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-27-30>

Daphnia magna – широко используемый организм в экотоксикологии из-за своей чувствительности к различным металлам, что делает ее полезным индикатором загрязнения окружающей среды. Так, в ходе исследования (Biesinger, 1972) оценивалась токсичность различных металлов для *Daphnia magna* на основе значений LC_{50} в 48-часовом и 3-недельном эксперименте, а также влияние на репродуктивную функцию. Значения LC_{50} по истечении 48 часов для протестированных металлов варьировались от 0,01 мг/л для Hg до 1,0 мг/л для Cu, тогда как значения LC_{50} в 3-недельном эксперименте варьировались от 0,002 мг/л для Hg до 0,5 мг/л для Cu. Что касается репродуктивных эффектов металлов, то они обычно наблюдались при концентрациях ниже, чем те, которые вызывают острую токсичность.

В работе (Poynnton, 2007) показан потенциал *Daphnia magna* в качестве модели для токсикологической геномики: профилирование экспрессии генов позволяет выявить биомаркеры и способы действия в ответ на воздействие металлов. В работе (Bownik, 2017) в качестве чувствительного биомаркера для оценки токсичности предложена такая универсальная биологическая характеристика *Daphnia magna* как подвижность. Автор обосновывает потенциальную возможность контроля подвижности как новый методологический подход к оценке токсичности и мониторингу качества воды, современное состояние знаний о влиянии различных химических соединений на параметры подвижности дафний, а также обсуждает преимущества и ограничений плавательного поведения как инструмента токсикологии. Подвижность может изменяться под воздействием пестицидов, наночастиц, бактериальных продуктов или других химических вещества. Кроме того, создан Консорциум по геномике дафний для продвижения использования дафний в токсикологической геномике, используя ее уникальные биологические свойства (Shaw, 2008).

Что касается оценки влияния тяжелых металлов на дафний, установлено, что тяжелые металлы, такие как Hg, Cd, Cu, Pb и Cr, оказывают токсическое воздействие на *Daphnia magna*, причем наиболее токсичной является

ругуть (Meng, 2008). Токсичность этих металлов еще больше усиливается, когда они присутствуют в смеси, при этом присутствие ионов меди снижает общую токсичность некоторых смесей (Meng, 2008). На интегральную токсичность тяжелых металлов также могут также влиять химически нейтральные компоненты водной среды. Так, адсорбционная способность микропластика к тяжелым металлам влияет на их экотоксичность: более мелкие микропластики обладают более высокой адсорбционной способностью и более высоким токсикологическим риском (Юань, 2020). Установлено, что *D. magna* более чувствительна к металлам, чем другие организмы, например, такие как *Tubifex Tubifex* (Fargašová, 1994).

В целом, к настоящему времени накоплено большое количество данных по экотоксичности, особенно для отдельных соединений (отдельных ионов металлов), однако исследований, проведенных с использованием смесей различных ионов металлов меньше, хотя подобные исследования чрезвычайно важны с практической точки зрения с учетом возможных взаимодействий между различными металлами. Это может привести к уменьшению или увеличению диапазона безопасных для живых организмов концентраций в смесях металлов по сравнению с диапазонами для отдельных элементов. Интерактивное воздействие бинарных смесей металлов на *D. magna* изучалось несколькими исследователями. В работе (Kungolos, 2004) показано, что интерактивное воздействие бинарных смесей металлов на *D. magna* может являться синергическим, аддитивным или антагонистическим. Парк (2019) обнаружил, что токсические эффекты $ZnSO_4$ более значительны, чем эффекты наночастиц ПВП- Fe_3O_4 , при этом взаимодействие между двумя компонентами в бинарных смесях зависит от их концентраций. Лари (2017) заметил, что смеси Zn-Cu и Cu-Cd обладали более чем аддитивными (потенцирование, синергизм) эффектами на смертность дафний, тогда как смеси Ni-Cd приводили к менее чем аддитивной смертности (антагонизм). С точки зрения поведенческих реакций, смеси Zn-Cu и Zn-Cd вызывали более чем аддитивное снижение уровня потребления пищи. Перес (2017) продемонстрировал, что сублетальные концентрации Zn недостаточны для защиты *D. magna* от хронической токсичности Cd, в то время как более высокие концентрации Zn способствуют токсичности. Бизингер (1986) обнаружил, что бинарные смеси Cd-Hg, Cd-Zn и Zn-Hg приводят к значительному снижению воспроизводства *D. magna*. Эти исследования в совокупности подчеркивают сложные и разнообразные интерактивные эффекты бинарных смесей металлов на *D. magna*. В любом случае эффекты сложны и разнообразны, что подчеркивает необходимость дальнейших исследований в этой области.

Целью настоящего исследования является оценка экотоксических эффектов бинарных смесей тяжелых металлов меди (II), железа (II), свинца и никеля. Ранее нами было показано, что эффективность угнетения двигательной активности особей большой дафнии снижается в ряду $Cu^{2+} > Cd^{2+} > Pb^{2+} > Ni^{2+}$, что подтверждается рассчитанными значениями EC_{50} : $EC_{50} Cu^{2+}$ (0,11 мг/л) $\approx$ $EC_{50} Cd^{2+}$ (0,14 мг/л) $<$ $EC_{50} Pb^{2+}$ (1,41 мг/л) $<$ $EC_{50} Ni^{2+}$ (2,84 мг/л). В настоящей работе проведено исследование влияния на подвижность *Daphnia magna* смеси катиона, показавшего максимальную эффективность: Cu^{2+} в концентрации равной EC_{50} (0,11 мг/л) – и ионов кадмия, свинца и никеля в концентрациях 10^{-3} - 10^1 мг/мл. (рисунок 1). Аналогичным способом исследованы эффекты смеси катионов никеля (самый неэффективный с точки зрения угнетения подвижности) в концентрации равной EC_{50} (2,84 мг/л) с ионами меди, кадмия и свинца (рисунок 2).

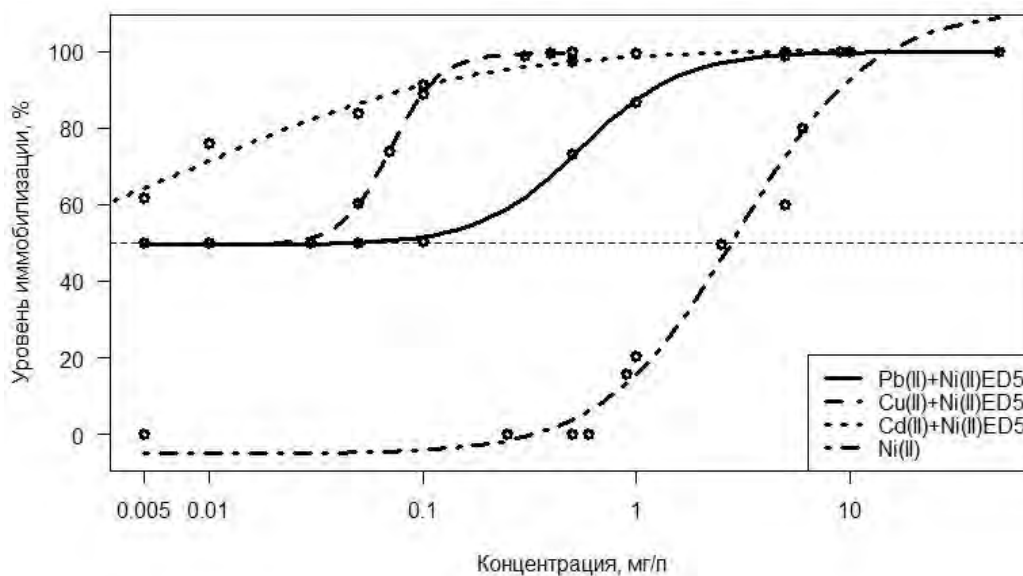


Рисунок 1 – Логарифмические кривые зависимости доза-эффект влияния на подвижность *Daphnia magna* металлов Pb, Ni и Cd как функция от концентрации Cu

Как следует из данных, представленных на рисунке 1, для ионов свинца и кадмия в области низких концентраций (0,05-0,7 мг/л и 0,05-0,1 мг/л, соответственно) с добавлением меди наблюдался синергетический эффект (совместный эффект больше суммы эффектов при их независимом действии), т. е. низкие концентрации Pb и Cd

потенцировали угнетение подвижности рачков ионами меди. В тоже время в области высоких концентраций совместный эффект менялся на антагонистический (общий эффект меньше суммы эффектов каждого фактора). Что касается ионов никеля, то во всем диапазоне концентраций наблюдался антагонистический эффект.

Следует отметить, что влияние бинарной смеси свинца и меди на *Daphnia magna* изучалось в контексте мультиметаллических взаимодействий (Комьярова, 2008). В ряде исследований изучалось влияние меди и никеля на *Daphnia magna*. Бизингер (1972) обнаружил, что эти металлы могут быть токсичными для вида, причем более высокие концентрации приводят к снижению выживаемости, роста и размножения. Шамфелер (2002) дополнительно исследовал влияние меди и обнаружил, что ее токсичность можно снизить с помощью определенных ионов и уровней pH. Крамер (2004) и Эндрю (1977) исследовали роль растворенных органических веществ и неорганических комплексообразователей в снижении биодоступности и токсичности меди соответственно. Перес (2017) обнаружил, что сублетальные концентрации цинка в сочетании с кадмием могут оказывать защитное действие на *D. magna*, тогда как более высокие концентрации цинка могут способствовать токсичности. Это говорит о том, что присутствие цинка может модулировать токсичность кадмия. Аналогичным образом, Ким (2010) заметил, что добавление одностенных углеродных нанотрубок с модифицированной поверхностью может повысить поглощение и токсичность меди *D. magna*. Ряд исследований посвящен оценке токсичности смеси меди и одностенных углеродных нанотрубок (Ким, 2010), воздействию водного стабильного нанокристалла фуллерена (nC60) на медь (Тао, 2013) и совместному действию циперметрина и меди (Westergaard, 2012). В совокупности эти исследования показывают, что присутствие меди может влиять на биодоступность и токсичность других металлов, включая свинец, в *Daphnia magna*.

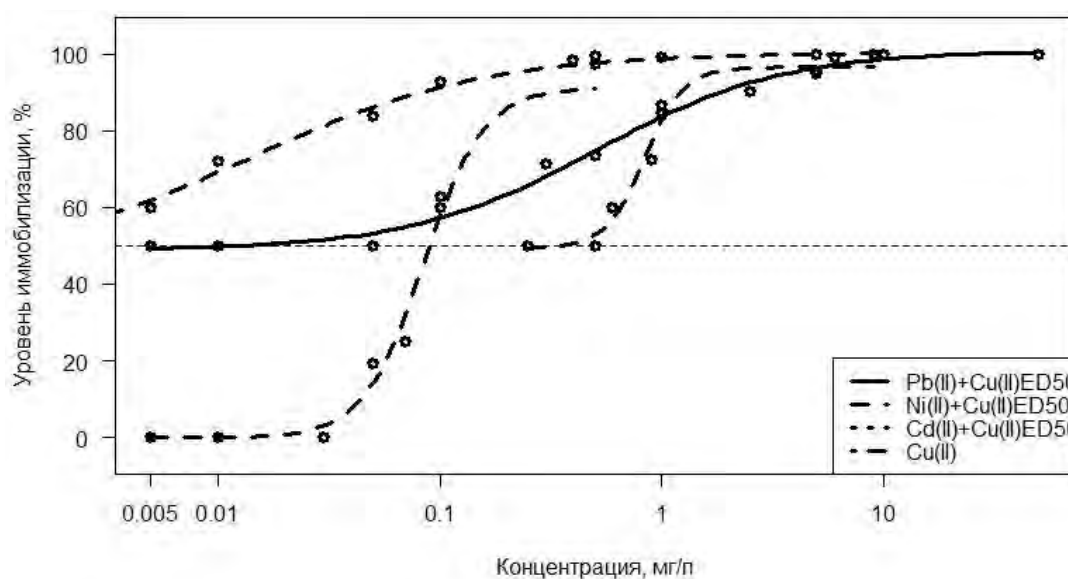


Рисунок 2 – Логарифмические кривые зависимости доза-эффект влияния на подвижность *Daphnia magna* металлов Pb, Cu и Cd как функция от концентрации Ni

Совершенно иные результаты получены при исследовании эффектов смеси катионов никеля (самый неэффективный с точки зрения угнетения подвижности) в концентрации равной EC_{50} с ионами меди, кадмия и свинца. Как следует из данных, представленных на рисунке 2, все изученные смеси ионов металлов приводят к усилению угнетения подвижности рачков дафнии, т. е. наблюдается синергетический эффект. Порядок токсичности смесей для *Daphnia magna* уменьшался в ряду $Cd+Ni > Cu+Ni > Pb+Ni$.

В ряде исследований показано, что воздействие бинарной смеси свинца и никеля на *Daphnia magna* сложное и может варьироваться в зависимости от конкретных свойств загрязняющих веществ и условий воздействия. Ванденбрук (2009) обнаружил, что молекулярные реакции на смесь не были просто аддитивными, что указывает на интерактивные эффекты. Павлаки (2011) наблюдал синергический характер сублетальных доз смеси имидаклоприда и никеля, однако статистически значимых различий между моделями независимого и совместного влияния на плодовитость не установлено. Перес (2018) сообщил, что более низкие концентрации никеля в смеси кадмия и никеля защищают *D. magna* от токсичности кадмия, но более высокие концентрации никеля способствуют токсичности. Ким (2017) обнаружил, что токсичность никеля в сочетании с микропластиком отличается от токсичности одного никеля, причем иммобилизация выше в присутствии определенных функциональных групп микропластика.

Что касается экотоксических эффектов кадмия и никеля, то указанные тяжелые металлы оказывают токсическое воздействие на *Daphnia magna*. Исследования показали, что кадмий может накапливаться в организме *D. magna*, что приводит к повышению чувствительности и потенциальному вреду (Heugens, 2003). Точно так же было обнаружено, что никель более токсичен, чем другие металлы, что приводит к уменьшению численности потомства *D. magna* (Biesinger, 1972). Когда эти два металла сочетаются, их воздействие может быть еще более

токсичным. Например, исследование Павлаки (2011) показало, что бинарная смесь имидаклоприда и хлорида никеля оказывает синергетический эффект на численность потомства *D. magna*.

Таким образом, наши данные в совокупности с данными, полученными другими исследователями, подчеркивают необходимость дальнейших исследований для понимания сложного взаимодействия и влияния бинарных смесей тяжелых металлов на *Daphnia magna*.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ СИЗОГО ГОЛУБЯ (COLUMBA LIVIA, GM., 1789) В БОБРУЙСКЕ И СЕЛЬСКОМ НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ

SEASONAL DYNAMICS OF THE ROCK PIGEON POPULATIONS (COLUMBA LIVIA, GM., 1789) IN BOBRUISK AND RURAL SETTLEMENTS

А. Н. Голуб, И. М. Хандогий, А. В. Хандогий
A. N. Golub, I. M. Khandogiy, A. V. Khandogiy

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
aleksgolub18@gmail.com

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus

В работе представлены данные об сезонной динамике плотности популяции сизого голубя (*Columba livia*, Gm., 1789) и распространенности различных окрасочных морф в г. Бобруйске и д. Стасевка Бобруйского района. Выявлено повышение численности популяции сизых голубей в конце лета – начале осени. Определено преобладание черно-чеканной морфы в городской среде на протяжении всего года.

The paper presents data on the seasonal dynamics of the population density of the rock dove (*Columba livia*, Gm., 1789) and the prevalence of various color morphs in Bobruisk and v.Stasevka, Bobruisk district. An increase in the population of rock dove was revealed in late summer and early autumn. The predominance of the black-stamped morph in the urban environment throughout the year has been determined.

Ключевые слова: сизый голубь, популяция, полиморфизм, морфы, численность, сезонная динамика.

Keywords: rock dove, population, polymorphism, morphs, abundance, seasonal dynamics.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-30-33>

Введение. Количество популяций синантропных видов животных и птиц с каждым годом возрастает, что связано с благоприятными условиями существования рядом с человеком. Главными условиями обитания птиц в городских условиях является возможность адаптироваться и удовлетворить жизненно важные потребности. Изменяющиеся условия среды и длительность существования популяции в этих условиях определяют приспособительный характер, что проявляется в изменениях полиморфизма особей [1,5]. По характеру полиморфизма исследователи оценивают состояние популяций и условий среды обитания, определяют степень соответствия экологическим требованиям. Так, городские птицы являются наиболее удачными объектами биоиндикации, поскольку накапливают загрязняющие вещества и тяжелые металлы; имеют быстрый обмен веществ, способствующий быстрому проявлению воздействия негативных факторов среды обитания; разные органы и ткани обладают разной способностью накапливать поллютанты [2].

Доминирующим представителем урбанизированных экосистем является сизый голубь (*Columba livia*, Gm., 1789). Данный вид широко используется в биоиндикационных целях в силу высокой численности и плотности популяций, привязанности к постоянным местам гнездования, простоты и доступности наблюдений. Выявление взаимосвязи окрасочного полиморфизма с уровнем загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами представляет не только теоретический, но и практический интерес [1].

Сезонные явления являются одним из ключевых факторов, влияющих на жизнь птиц. В зимний период обедняется кормовая база, изменяются погодные условия (укорочение светового дня, снижение температуры), что влияет на численность популяции, количество миграций и даже на окрасочный полиморфизм [4].

Российские и белорусские орнитологи подразделяют синантропных голубей по окрасочному полиморфизму на три группы: сизые, чёрно-чеканные и «аберранты» [1–3, 5]. В стаях синантропных голубей чаще встречаются особи с разной степенью выраженности альбинизма, меланизма (от частично окрашенных черных перьев до окраски всей птицы), хромизма (рыжий, бурый). Особей дикой окраски обнаруживают в сельской местности и на окраинах города, как менее подверженных влиянию антропогенной нагрузки. Исходная морфа (дикий тип)

имеет пепельно-серую окраску, шею с металлическим отливом, две полосы на крыльях и красные лапы. Черно-чечанные особи имеют черные или темные вкрапления разных размеров. К «аберрантам» относят птиц красной, меланистической, пегой морф и особей с необычными вариантами окраски, что делает их схожими с домашними голубями. Меланистическая морфа характеризуется полностью черной окраской всех перьев [1].

Изученность сезонной динамики плотности населения сизых голубей, их окрасочного полиморфизма в условиях урболандшафтов и сельских населенных пунктов как в Беларуси, так и в г. Бобруйск явно недостаточно. Также остается слабо изученной сезонная динамика численности данного вида, что и обуславливает актуальность данного исследования.

Целью исследования являлся анализ сезонной динамики численности и полиморфизма окраски сизого голубя на территории г. Бобруйска и д. Стасевка Бобруйского района.

Материал и методика. Материалом для настоящей работы послужили полевые исследования по изучению полиморфизма и численности сизого голубя на территории г. Бобруйска и д. Стасевка Бобруйского района, проведенные в 2021–2024 гг. в условиях сельской и городской среды обитания, которая включала многоэтажную застройку разных лет, парки, скверы и частный сектор.

Учет птиц, окрасочный полиморфизм и плотность популяции синантропных сизых голубей производились маршрутным методом в дневное время суток с 10.00 до 15.00, когда наблюдалась высокая активность птиц. Собранные данные пересчитывались на 1 км² каждого местообитания.

Для определения типа окраски оперения использовалась методика Л. К. Ваничевой (1997 г.), с некоторыми дополнениями, в которой описывается пять морф: серые, черно-чечанные, коричневые, пегие и меланисты [1, 5]. Численность и окраска особей регистрировались визуально. Для определения окраски сизых голубей, находящихся в больших скоплениях птиц или на крышах, проводилось фотографирование. Для привлечения голубей использовались подсолнечные семечки и пшеница, что позволило разглядеть птиц более детально для определения окрасочной морфы. Полиморфизм популяции изучался круглогодично во все сезоны года. За один сезон один и тот же маршрут проходил 3 раза. На основании данных определялась динамика численности и полиморфизма.

Результаты исследования. Анализ полученных результатов показал, что Бобруйске прослеживаются сезонные колебания численности сизых голубей во всех административных районах города. В целом наблюдается общая тенденция повышения плотности популяции голубей, начиная с конца лета и заканчивая началом осени (Рисунок 1–3).

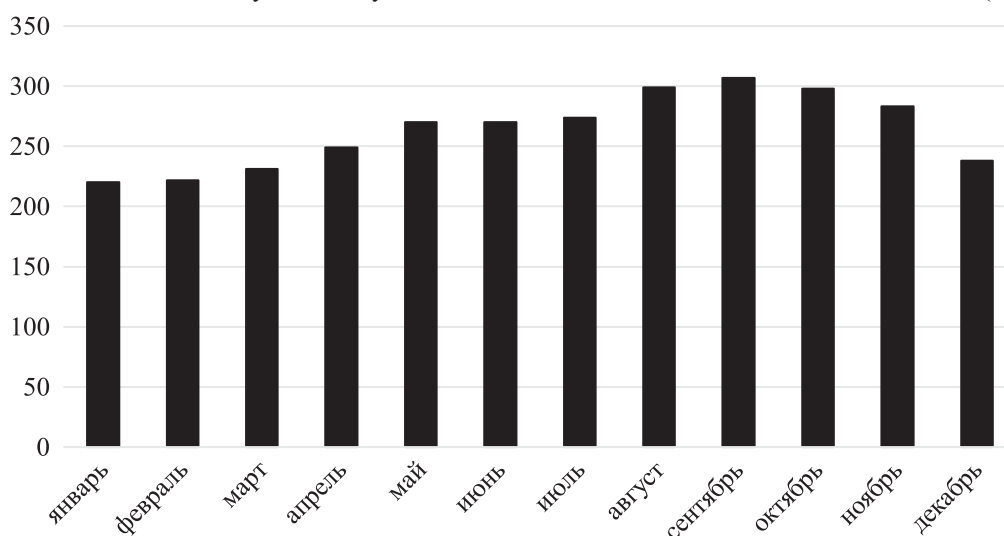


Рисунок 1 – Сезонная динамика численности популяции сизого голубя в центральном районе малоэтажной застройке, ос./км²

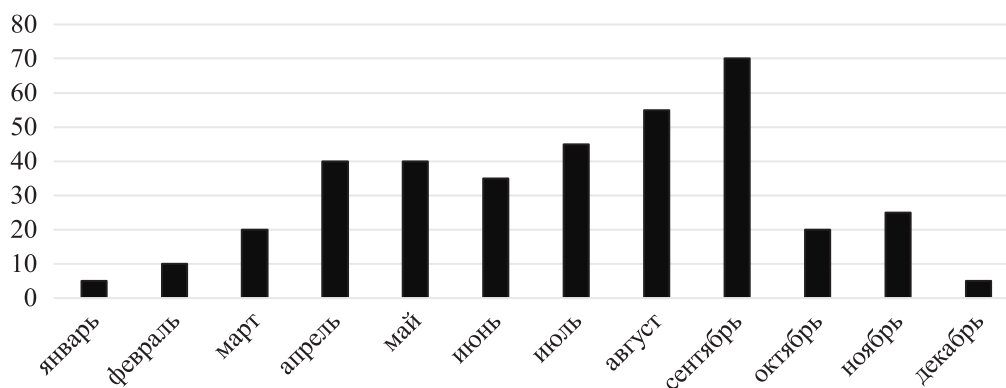


Рисунок 2 – Сезонная динамика численности популяции сизого голубя в частном секторе, ос./км²

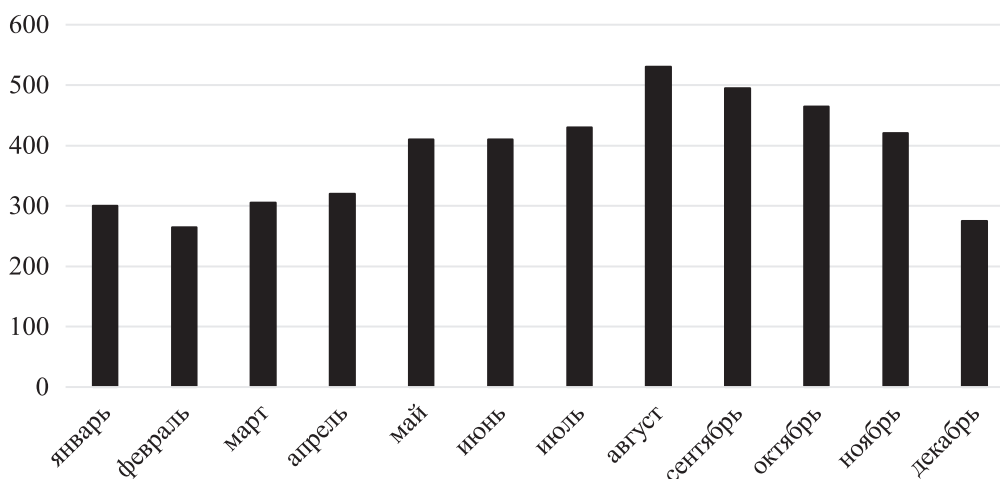


Рисунок 3 – Сезонная динамика численности популяции сизого голубя в районе современной многоэтажной застройки, ос./км²

Увеличение численности голубей в осенний период (в районе многоэтажной застройки – $460 \pm 37,75$ ос./км², в районе малоэтажной застройки – $1184 \pm 48,50$ ос./км²) свидетельствует о появлении у них молодого потомства. В зимний период года плотность популяции сизого голубя уменьшается (в районе многоэтажной застройки – $280,00 \pm 18,03$ ос./км², в районе малоэтажной застройки – $906,67 \pm 39,46$ ос./км²)

В центральном районе старой застройки Бобруйска численность популяции этого вида не имеет резких перепадов по сравнению с частным сектором и районом многоэтажной застройки, которая граничит с зоной предприятий. Не исключается вероятность того, что сизый голубь мигрирует в центральный район на зимний период, где кормовая база, места гнездования и зимовки благополучнее и доступнее из-за наличия чердачных помещений в этой части города. Высокая численность в районе старой застройки объясняется наличием чердаков в домах с открытыми вентиляционными отверстиями, отсутствием хищников, наличием большого количества корма в открытых мусорных баках. Данные условия гораздо благоприятнее, чем в районе современной многоэтажной застройки, где в наличии закрытые и огражденные мусорные баки, мусоропроводы. Кроме того, в центральном районе есть постоянные места подкармливания птиц в городских парках и скверах.

В сельской местности также имеет место тенденция увеличения плотности населения голубей в летне-осенний период (Рисунок 4).

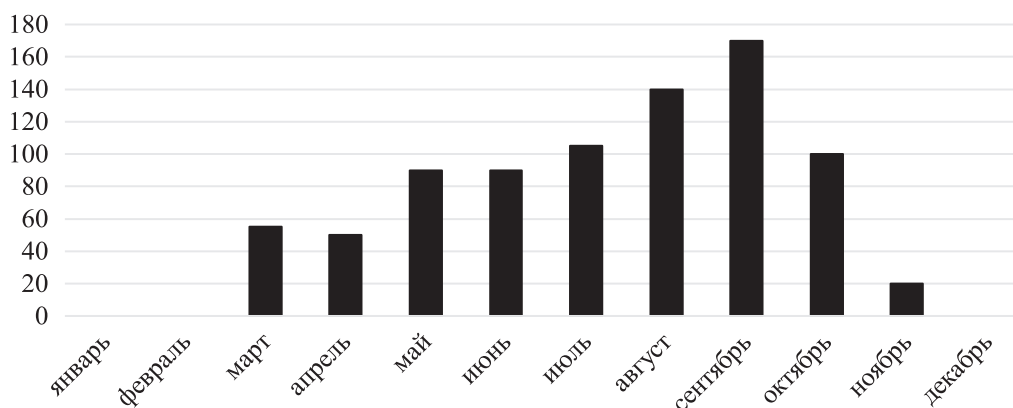


Рисунок 4 – Сезонная динамика численности популяции сизого голубя в сельской местности д. Стасевки, ос./км²

Практически полное отсутствие голубей на улицах деревни в зимний период видимо можно объяснить несколькими причинами. Во-первых, зимой они могут находиться в зданиях фермы, из-за суровой неблагоприятной погоды и отсутствия корма. Во-вторых, возможна также их миграция в ближайший крупный населенный пункт, где условия зимовки более благоприятные. В свою очередь, летний период характеризуется богатой кормовой базой по сравнению с городом.

Представлены сезонные различия в соотношении основных окрасочных морф (Таблица 1). По результатам исследования черно-чечанная морфа является доминирующей морфой на протяжении всего года. Их доминирование возрастает в зимний период (в районе многоэтажной застройки – $53,64 \pm 1,71$ %, в районе малоэтажной застройки – $54,17 \pm 1,93$ %), а процент коричневых и сизых морф незначительно падает (в районе многоэтажной застройки – $5,35 \pm 1,78$ % и $22,06 \pm 2,29$ % соответственно, в районе малоэтажной застройки – $2,96 \pm 1,02$ % и $23,62 \pm 2,44$ % соответственно).

Таблица 1

Численность различных окрасочных морф в разных районах города в зависимости от сезона

Локализация	Сезон	Окрасочные морфы, %				
		сизая	черно-чеканая	коричневая	пегая	меланисты
Центральный район мало-этажной застройки	зима	23,62±2,44	54,17±1,93	2,96±1,02	12,95±1,33	6,30±1,52
	весна	30,47±4,2	45,50±5,90	5,23±2,21	13,01±1,21	5,80±1,50
	лето	30,97±0,18	42,29±1,72	7,75±0,95	15,07±0,48	3,93±0,53
	осень	29,57±2,09	46,68±2,37	4,61±0,33	14,98±0,13	4,17±0,45
Современная многоэтажная застройка	зима	22,06±2,29	53,64±1,71	5,35±1,78	10,04±2,19	8,90±1,44
	весна	23,82±2,43	51,00±3,62	8,16±1,45	6,99±2,56	10,04±1,59
	лето	23,55±1,38	50,86±3,75	8,79±0,82	7,19±2,42	9,61±1,42
	осень	21,78±0,74	51,40±2,04	6,83±1,11	10,84±1,81	9,15±1,88
Частный сектор	зима	33,33±57,74	33,33±57,74	33,33±57,74	0	0
	весна	41,67±14,43	20,83±19,09	8,33±14,43	29,17±7,22	0
	лето	60,51±9,47	27,99±11,97	4,76±8,25	6,73±5,92	0
	осень	59,29±16,08	18,10±20,27	4,76±8,25	17,86±15,57	0

По данным других исследователей, черно-чеканной морфы наиболее конкурентоспособны в условиях урбанизированных ландшафтов [4, 5]. Они обладают преимуществом в освоении территории, которое связано с реализацией поведенческих адаптаций. Сезонные колебания численности абберантов связывают с характерной для них более выраженной зимней элиминацией [1], что подтверждается и нашими собственными исследованиями.

Заключение. Таким образом, популяции синантропных сизых голубей подвержены сезонным изменениям. Численность популяций голубей в г. Бобруйске возрастает в начале осени – в 2,5-3 раза, что связано с появлением у них нового потомства. Наименьшее плотность популяции этого вида представлена в зимний период (уменьшение в 15-2 раза). В д. Стасевке наибольшая численность сизых голубей наблюдалась в летний период (111,67±25,67 ос./км²), в зимний период сизый голубь практически полностью отсутствовал на улицах деревни.

Выявленные сезонные различия в соотношении частоты встречаемости основных окрасочных морф показали доминирование черно-чеканной морфы на протяжении всего года. Их доля возрастает в зимний период, в то время как процент сизых и коричневых морф незначительно снижается. Преобладание черно-чеканных особей в популяциях имеет приспособительный характер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваничева, Л.К. Синантропные популяции сизых в голубей и их использование при мониторинге тяжелых металлов промышленных центрах Западной Сибири / Л.К. Ваничева : автореф. дисс. канд. биол. наук : 03.00.08 – зоология. – Новосибирск, 1997. – 19 с.
2. Родзин, Е.В. Содержание тяжелых металлов в окружающей среде и в организме серых ворон *Corvus cornix*, обитающих на Люберецких полях фильтрации в пригородах города Москвы / Е.В. Родзин, В.М. Константинов, Н.Н. Федоровский // Русский орнитологический журнал 2000. – Экспресс выпуск № 121. – Москва, 2000. – С. 10–14.
3. Салимов, Р.М. Окрасочный полиморфизм синантропных сизых голубей Урала и сопредельных территорий / Р.М. Салимов : автореф. дисс. канд. биол. наук: 03.10.08 – Зоология. – Екатеринбург, 2008. – 21 с.
4. Хабибулина, А.Р. Представленность цветковых морф в сельской местности популяции голубя сизого синантропного *Columba livia* (GM., 1789) / А.Р. Хабибулина : автореф. дисс. канд. биол. наук : 03.00.16 – экология. – Омск, 2008. – 18 с.
5. Хандогий, И.М. Эколого-биологические адаптации синантропного сизого голубя (*Columba livia*) в городе Минске / И.М. Хандогий, В.Ф. Кулеш, Д.А. Хандогий // Экологический вестник, №1 (39) Январь – март 2017. – Минск : МГЭИ, 2017. – С. 26–34.

ГОМЕОЗИС КУКУРУЗЫ САХАРНОЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ HOMEOSIS OF ZEA MAYS UNDER THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS

И. В. Налетов, В. С. Заяц
I. V. Naletov, V. S. Zayats

ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Республика Беларусь
v.zayats@unitsky.com
Unitsky String Technologies, Inc. Minsk. Republic of Belarus

Гомеозис – это замена одной части или признака организма другой. С точки зрения развития это означает, что на месте одной части выражается другая часть или особенности другой части. В то время как гомеозис продолжает активно исследоваться у животных, особенно на генетическом уровне, у растений он почти полностью игнорировался или упускался из виду. Гомеозис широко распространен у растений от клеточного до организменного уровня. Гомеозис является эпигенетическим явлением, возникающим спонтанно, а также под действием внешних факторов среды. В статье рассмотрены варианты проявления гомеозиса у кукурузы сахарной в условиях сельскохозяйственного возделывания, а также в результате действия химических мутагенов.

Homeosis is the replacement of one part or characteristic of an organism by another. From a developmental point of view, it means that another part or the characteristics of another part are expressed in place of one part. While homeosis continues to be actively studied in animals, especially at the genetic level, in plants it has been almost completely ignored or overlooked. Homeosis is widespread in plants from the cellular to the organismal level. Homeosis is an epigenetic phenomenon that occurs spontaneously and also under the influence of external environmental factors. The article discusses options for the manifestation of homeosis in sugar corn under agricultural cultivation conditions, as well as as a result of the action of chemical mutagens.

Ключевые слова: Zea mays, гомеозис, факторы окружающей среды, генотип

Keywords: Zea mays, homoeosis, environmental factors, genotype

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-34-37>

Каждый день мы наблюдаем впечатляющее множество разнообразных форм растений. Размер и форма органов растений могут быть изменены различными факторами, включая условия окружающей среды, такие как доступность света, влаги, питательных веществ и гравитации. Однако, генотип растений устанавливает пределы, в которых может происходить такая модификация роста и развития. Генотип определяется наследственным материалом растения. Генетический код растения определяет его потенциал для различных форм и размеров органов, а также его реакцию на окружающую среду. Например, определенные гены могут контролировать пропорции и форму листьев, стеблей и корней, что влияет на общую архитектуру растения.

Однако, окружающая среда может влиять на активацию и экспрессию генов, что приводит к изменению роста и развития растения. Например, растения, выращенные в условиях недостатка света, могут развиваться с более вытянутыми стеблями и меньшими листьями в поисках большего доступа к свету. Это называется фенотипической пластичностью, когда растение может изменять свою форму и размер в зависимости от условий окружающей среды, но в пределах, определенных его генотипом. Таким образом, генотип растения устанавливает пределы, в которых может происходить модификация роста и развития под воздействием факторов окружающей среды. Это объясняет, почему разные виды растений имеют свои характерные формы и размеры органов, а также почему одно и то же растение может иметь разные фенотипы в разных условиях среды.

Исследования в области генетики и растительной биологии помогают лучше понять, как генотип растений определяет их потенциал для развития и как взаимодействие генотипа и окружающей среды формирует различные формы и размеры растений, которые мы видим в естественной среде и в садах.

В отличие от классической морфологии, согласно которой эволюция сосудистых растений, таких как цветковые растения, происходила только в процессе модификации трех фундаментальных видов органов, морфология континуума и процессов допускает дополнительные процессы развития и эволюции, такие как гомеозис и гибридизация развития. Пока замена происходит в пределах одной и той же категории органов, классическая морфология может справиться с ситуацией. Однако если орган растения заменяется органом другой категории или признаком другой категории органов, принципы классической морфологии подрываются. Тогда гомеозис становится эволюционным процессом, не учтенным в классической морфологии растений [1, 2]. Гомеозис также можно описать как «морфологическую транслокацию» или, в более общих терминах, как перенос признаков, при этом эти признаки не обязательно должны быть морфологическими, но могут быть также функциональными,

физиологическими или химическими. «Транслокация» и «перенос» не должны пониматься в буквальном смысле. С морфогенетической точки зрения это означает, что факторы, влияющие на формирование особенностей одной части тела, экспрессируются на участке другой части тела. Так, например, факторы, влияющие на образование хлорофилла в листьях, могут стать выраженными в чашелистиках тюльпана. Тогда можно сказать, что способность к фотосинтезу перешла от листьев к чашелистикам. Если переносятся все новые и новые признаки листьев, то «чашелистики» все больше напоминают листовые листья, так что в конце концов не остается никаких признаков чашелистиков, то есть чашелистики заменяются листовыми листьями. Таким образом, замена одной части на другую – это случай, когда 100 % признаков одной части выражены на месте другой части.

Основной план тела растения устанавливается во время эмбриогенеза, в результате чего образуется простая структура с радиальной и апикально-базальной осями. Апикальный полюс определяется апикальной меристемой побега, небольшой группой ствольных клеток, которые постоянно делятся и пополняются. После инициации листья и цветочные органы растут за счет двух основных клеточных процессов: пролиферации клеток и расширения клеток. Во время фазы клеточной пролиферации клетки увеличиваются в размерах и накапливают цитоплазматическую массу, а затем делятся, давая двух дочерних клеток, сопоставимых по размеру с исходной клеткой [3].

Рост органов растений часто анизотропен, т. е. скорость роста в одном направлении превышает скорость роста в другом. Вместе с геометрией раннего зачатка органа степень анизотропного роста в значительной степени влияет на окончательную форму органа. Примером этого являются классические исследования различий в форме плодов кабачков и тыкв. У *Cucurbita pepo* различия в форме зрелых плодов уже были предопределены в очень молодых зачатках, однако соотношение роста в длину и ширину.

В рамках реакции на стресс растения активно снижают свой рост посредством «краткосрочной адаптации», за которой следует «долгосрочная адаптация» к новым условиям. Большинство исследований сосредоточены на возникающих в результате изменениях роста, которые позволяют растениям экономить и перераспределять ресурсы, которые могут стать ограничивающими; например, более мелкие листья теряют меньше воды из-за уменьшения площади транспирации, в то время как дифференциальное восстановление роста приводит к более высокому соотношению корней и побегов.

Гомеозис – это эпигенетическое явление, действующее на уровне организма. Может возникать за счёт спонтанных мутаций, а также под действием внешних факторов окружающей среды. Например, токсичность меди и кадмия вызывает анатомические изменения в стеблях растений, такие как изменение ширины и толщины стебля, размеров паренхиматозных клеток и сосудистых пучков. Обычно эти изменения связаны с анатомическими особенностями в листовых тканях, вызванными металлами, и проявляются в изменении средней жилки листа или частоты и размера устьиц на поверхности листа. Несмотря на то, что молекулярные и биохимические аспекты взаимодействия таких загрязнителей, как тяжелые металлы и другие металлоиды, с растениями активно изучаются, первичное влияние этих элементов на структуру тканей зачастую игнорируется. Таким образом, структурные изменения в различных органах и тканях растений, вызвана наличием этих вредных примесей в окружающей среде [4,5].

Геном кукурузы является удивительно сложной и динамической системой, и одним из факторов, влияющих на его разнообразие, являются транспозоны – мобильные генетические элементы. В случае кукурузы, они составляют половину ее генома. Транспозоны способны перемещаться по геному и влиять на его структуру и функцию.

На рисунке 1 представлен пример гомеозиса кукурузы сахарной (*Zea mays saccharata*), который возникает в естественных условиях произрастания данного растения на сельскохозяйственных полях Республики Беларусь. Гомеозис – это процесс, при котором одна часть растения заменяется другой, обычно различающейся по структуре или функции.

Помимо этого, гомеозис кукурузы может быть вызван химическими мутагенными факторами, такими как N-нитрозо-N-метилмочевина (NMU). При обработке растений кукурузы обыкновенной (*Zea mays* L.) концентрацией NMU 0,025 %, такие изменения гомеозиса проявляются. Рисунок 2 показывает результаты такого эксперимента, где происходят изменения в соцветиях как у женских, так и у мужских растений.

В случае соцветий женских растений кукурузы, под воздействием NMU, развиваются пыльники с мужскими гаметам. Одновременно, не образуются клетки синергид и антипод, и завязь не формирует клетки с развитым зародышем. В результате образуются диплоидные зерновки без зародыша.

Эти наблюдения указывают на то, что гомеозис является результатом генетических изменений, вызванных как естественными условиями произрастания, так и химическими мутагенными факторами. Такие изменения в морфологии и развитии растений имеют важное значение для понимания эволюции и разнообразия кукурузы, а также для исследований в области генетики и селекции растений. Мужские соцветия, образовывали женские мегаспоры без образования зародышей, а пыльники растений вовсе не образовали пыльцу, при этом пыльники развивались хорошо.

Изменение морфологии растений приводит к изменениям в биохимических процессах и движению ауксина по растению. Ауксин, в свою очередь, играет важную роль в регуляции фотосинтеза и ассимиляции органических веществ у растений. Множество исследований подтверждают необходимость дифференцированного распределения ауксина для эффективного протекания различных развивающихся процессов. Например, исследования, проведенные в реальном времени, позволили наблюдать зарождение органов в апикальных меристемах побега. В этих наблюдениях была выявлена пространственная и временная корреляция между максимумами ауксина и изменениями в развитии и инициации органов. Это указывает на важную роль ауксина в регуляции этих процессов.



Рисунок 1 – Женское соцветие Кукурузы сахарной,
1 – мужские соцветия с пыльниками и пылью; 2 – мегаспоры с формированием зерновок без зародышей



А. Мужские соцветие, 1 – зерновки в место пыльников; 2 – мужские цветы с образованием пыльников без пыльцы



Б. Женское соцветие, 1 – мужские соцветия с пыльниками и пылью; 2 – мегаспоры с формированием зерновок без зародышей

Рисунок 2 – Изменения (гомеозис) внешнего строения репродуктивных органов растений кукурузы обыкновенной (*Zea mays* L.) под действием мутагена NMU

Дифференцированное распределение ауксина обеспечивает точную координацию между разными частями растения и развивающимися органами. Он регулирует деление клеток, растяжение клеток и дифференциацию тканей, что влияет на формирование и рост органов растений. Ауксин также может влиять на распределение фотосинтатов и ассимиляции органических веществ в растениях [4].

Помимо этого, в процессе органогенеза боковых корней показали абсолютную пространственную и временную корреляцию максимумов ауксина с изменениями в развитии и инициацией органов. Важно отметить, что генетическое или препаратное вмешательство в дифференциальное распределение ауксина и его реакцию препятствует всем развивающимся процессам, связанным с градиентами ауксина, что подтверждает его необходимость в этих процессах [5].

Дальнейшие исследования в этой области позволят лучше понять механизмы, лежащие в основе гомеозиса и его влияние на развитие и приспособление растений к различным условиям окружающей среды. Это знание может быть использовано для улучшения сельскохозяйственных культур, разработки новых сортов и повышения устойчивости и урожайности растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лутова, Л. А. Современные аспекты генетики развития растений / Л.А. Лутова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – Т. 17. – №. 4. – С. 10–16.
2. Grotz, N. Molecular aspects of Cu, Fe and Zn homeostasis in plants / N. Grotz, M. L. Guerinot // Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research. – 2016. – Vol. 1763. – №. 7. – P. 595–608.
3. Hell, R. Iron uptake, trafficking and homeostasis in plants / R. Hell, U. W. Stephan // Planta. – 2003. – Vol.216. – P. 541–551.

4. Mimura, T. Homeostasis and transport of inorganic phosphate in plants / T. Mimura // Plant and cell physiology. – 2015. – Vol. 36. – №. 1. – P. 1-7.
5. Almeida, D. M. Regulation of Na⁺ and K⁺ homeostasis in plants: towards improved salt stress tolerance in crop plants / D. M. Almeida, M. M. Oliveira, N. J. M. Saibo // Genetics and molecular biology. – 2017. – Vol. 40. – P. 326–345.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОСТАВА ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE COMPOSITION OF POLYMER WASTE AND THE POSSIBILITY OF THEIR PROCESSING

С. И. Пупликов, Е. А. Шушкет
S. Puplikov, K. Shushket

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь, Shushket@iseu.by*
*International Sakharov Environmental Institute of the Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

В данной статье проведен анализ существующих методов оценки объемов отходов полимерных материалов, оценены объемы накопления и варианты переработки отходов.

This article analyzes the existing methods for estimating the volume of waste polymer materials, assessing the volume of accumulation and options for waste recycling.

Ключевые слова: отходы, методика оценки, управление отходами, полимеры, сортировка.

Keywords: waste, assessment methodology, waste management, polymers, sorting.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-37-40>

Каждый год в Республике Беларусь образуется 4 миллиона тонн твердых коммунальных отходов (из них около 320 тысяч тонн пластика).

Производство полимеров представляет собой одну из наиболее развивающихся отраслей промышленности. Значительную долю объемов производства составляет продукция кратковременного использования (упаковка пищевых продуктов, напитков, посуда одноразового использования и др.), которая практически сразу после использования переходит в отходы. К этим видам полимерных отходов присоединяются изделия среднего срока использования (корпуса бытовых приборов, полимерные изделия в транспортном машиностроении и др.). Изделия длительного пользования (например, полимерные трубы, срок эксплуатации которых составляет 30–50 лет) имеют пока еще меньшее влияние на общий объем отходов полимерной продукции.

Методика оценки объема отходов.

В настоящее время выделяют четыре основных подхода к оценке объемов образования отходов (в определенной степени взаимосвязанных между собой):

- прямой расчет на основе данных материального баланса использования в конкретном технологическом процессе (или производстве) исходного сырья и получения продукции;
- расчет с использованием удельных показателей (или нормативов) образования отходов по данным потребления сырья или выпуска продукции;
- расчет по формулам, составленным на основе данных конструкторской и технологической документации, рецептов, регламентов на изготовление продукции или выполнение ремонтно-эксплуатационных работ, либо заготовительных работ;
- определение объемов образования отходов, на основе производственного опыта и анализа отчетно-статистических данных о фактическом образовании отходов за ряд лет.

Для определения объемов образования отходов в общем виде необходимо:

- выявить источники образования отходов;
- изучить номенклатуру образующихся отходов;
- изучить отчетные данные за ряд лет об объемах образования отходов либо материальный баланс производства;
- определить (когда это возможно) значения удельных показателей образования отходов, наиболее характерных для вида производств с учетом применяемых технологий (во многих случаях целесообразно принятие «коридора» значений);

- рассчитать объемы образования отходов на основании имеющихся формул и справочных данных по входящим в них параметрам.

Методы оценки объемов образования отходов производства и потребления включают, как правило, следующие методы:

- метод оценки на основе данных материально-сырьевого баланса (платежного баланса в части данных его текущего счета экспортно-импортных операций);
- метод оценки по удельным показателям образования отходов;
- метод индексации опорных данных по динамике выпуска (потребления) продукции;
- экспериментальный метод;
- метод оценки по среднестатистическим данным образования отходов;
- расчетно-параметрический метод.

Выбор метода определяется видом объекта, в отношении которого должны оцениваться показатели образования отходов (регион, муниципальное образование, отрасль, хозяйствующий субъект), наличием исходных данных, а также требуемой степенью точности оценки. Так, для оценки объемов образования какого-либо отхода в разрезе региона или отрасли предпочтительней использовать метод оценки по удельным показателям, а для оценки объемов образования того же отхода на конкретном предприятии предпочтительней использование расчетно-параметрического метода, как наиболее точного, поскольку в дальнейшем предприятие осуществляет платежи за конкретные объемы отходов, подлежащих хранению, захоронению или обезвреживанию. То есть, в зависимости от поставленных задач эти методы могут быть и взаимозаменяемы.

Все вышеизложенные методы определения морфологического состава конкретного вида отходов достаточно активно можно применить для объекта «вторичные полимерные материалы» или «отходы полимеров». Вторичные полимерные материалы составляют ту часть полимерных отходов, которая может быть выделена из их общей массы и переведена в материальный ресурс, пригодный для дальнейшего использования.

В зависимости от места образования полимерные отходы подразделяются на три группы.

Технологические отходы полимеров производства образуются при синтезе и переработке термопластов и других видов пластмасс. Технологические отходы бывают устранимые и неустраиваемые.

Устранимые отходы образуются вследствие несовершенства технологии синтеза и переработки пластмасс и несоблюдения технологических режимов (брак производства), а также в процессе переработки полимеров в изделия (кромки, высечки, облои, литники, обрезь и т. д.). Устранимые отходы представляют собой высококачественное сырье, по своим свойствам не отличающееся от исходного материала. Применение устранимых отходов как вторичного сырья не требует дополнительной переработки, специального оборудования.

Неустраиваемые отходы – сложные многокомпонентные отходы, содержащие помимо полимеров другие материалы, использование которых в качестве вторичного полимерного сырья требует специального оборудования и технологий.

Отходы производственного потребления образуются в результате выхода из строя или прекращения срока использования полимерных изделий (отходы упаковки, многооборотная полимерная тара, сельскохозяйственная пленка и т.д.). Эти виды отходов обычно имеют стабильный состав, мало загрязнены и могут быть дополнительным источником вторичного сырья, пригодного для повторного использования.

Отходы потребления – полимеры, которые накапливаются в процессе жизнедеятельности населения. В конечном итоге они переходят в смешанные полимерные отходы, которые являются одним из компонентов ТКО. Смешанные полимерные отходы утилизируют вместе с ТКО на свалки или мусоросжигательные заводы.

По экспертным оценкам [1] отходы полимеров составляют до 7,0 % всего городского мусора, и их доля увеличивается с ростом уровня жизни людей. Использование смешанных полимерных отходов из ТКО в качестве вторичного сырья представляет наибольшие трудности. Это связано с технологической несовместимостью полимеров, входящих в состав смешанных полимерных отходов, и их большой загрязненностью.

Однако существует ряд компонентов смешанных полимерных отходов, которые можно выделить из городского мусора и использовать в качестве вторичного сырья.

Практически полностью перерабатываются в собственном производстве отходы литевых изделий, производства труб и листов из полиолефинов, полистирола и конструкционных пластиков. Высок уровень переработки отходов производства пленки из полиэтилена и полипропилена (до 80 %). Значительно меньше объемы переработки отходов производства вакуумформования из полистирола. Практически не перерабатывают отходы производства литья из пластикатов поливинилхлорида, вакуумформования из жесткого поливинилхлорида.

Большое число предприятий используют полимерные материалы, полуфабрикаты и комплектующие для выпуска основной продукции. В первую очередь это предприятия по выпуску пищевой продукции (упаковка), предприятия по выпуску строительных материалов и конструкций, мебели, предприятия по выпуску автомобилей, машиностроительные предприятия.

Основные типы полимерных отходов, образующиеся на этих предприятиях: упаковочная пленка (полиэтилен низкой плотности, полиэтилен высокой плотности), литевые изделия, полистирол, поливинилхлорид.

Неперерабатываемые отходы этих предприятий: упаковочная пленка (полиэтилен низкой плотности), пищевой полистирол (вырубка от вакуумформования), жесткая пленка поливинилхлорида, отходы искусственных кож, мягкая поливинилхлоридная пленка, полиуретан.

Основные полимерные отходы промышленного потребления: тара и упаковка, образующиеся на предприятиях торговли при обработке грузов. В основном это достаточно чистые отходы пленки полиэтилена низкой плотности, полимерной многооборотной тары (полиэтилен высокой плотности), упаковочные пенопласты на основе пенополистирола, которые можно легко переработать во вторичное полимерное сырье.

Основная масса полимерных отходов, содержащихся в ТКО, составляет 4,0 - 5,5 % общей массы.

Состав полимерных отходов в ТКО приведен в табл. 1.

Таблица 1

Состав полимерных отходов в ТКО

Полимерный материал	Полимерный отход	Доля полимерных отходов в общей массе, %
Полиэтилен - низкой плотности (ПЭНП) - высокой плотности (ПЭВП)	Упаковочные материалы, сельскохозяйственная пленка	40–50 10–15
Полипропилен (ПП)	Упаковочные материалы	3-5
Поливинилхлорид (ПВХ)		10–15
Полистирол (ПС)	Упаковка, полимерные бутылки, одноразовая посуда	5-7
Полиэтиленрефталат (ПЭТФ)		12–15
Прочие		7-20

Объемы накопления вторичного сырья из отходов промышленного производства зависят от многих факторов.

Полимерные отходы общественного потребления практически не собирают и не перерабатывают. Учитывая возрастающее использование их в общественном потреблении (упаковочные пленочные материалы, полимерные емкости, одноразовая посуда, пищевая индустрия), можно ожидать увеличения полимерных отходов общественного потребления на 0,1 - 0,5 % в год.

В Республике Беларусь сформулированы предложения по возможностям дальнейшего обращения с отходами полимеров, входящих в состав ТКО, и их вторичного использования.

На основе анализа мировых практик [2] обращения с полимерными отходами выделены основные направления работы с ними - сортировка и сжигание.

Сортировка – позволяет извлекать из твердых бытовых отходов часть материалов, которые могут использоваться в качестве вторичных материальных ресурсов. Установлено, что в результате сортировки объем отправляемых на захоронение отходов уменьшается на 10–20 %.

Сжигание. Данный способ помогает существенно сократить объемы отходов и требует наименьшей подготовки их к процессу сжигания.

Данный метод переработки ТБО имеет свои преимущества:

- возможно получение энергии (200–300 кВтч/т отходов);
- уменьшение объема отходов до 10 раз;
- снижение риска загрязнения почвы и воды отходами;
- возможность рекуперации образующегося тепла.

К недостаткам данного метода можно отнести следующее:

- опасность загрязнения атмосферы;
- уничтожение ценных компонентов;
- высокий выход золы и шлаков (около 30 % по массе), которые требуют специальных мер при захоронении;
- низкая эффективность восстановления черных металлов из шлаков;
- сложность стабилизации процесса сжигания;
- высокий процент химического и механического недожога,
- большой объем отходящих дымовых газов (на 1 кг отходов требуется 6-8 кг воздуха), что усложняет и удорожает их очистку;

- возможность образования диоксинов и фуранов, т.к. температура процесса сжигания составляет 800–1100 °С.

В Республике Беларусь необходимо внедрять, наряду с действующей термомеханической технологией переработки отходов полимеров - термохимические, деструктивные и биологические технологии, что позволит увеличить уровень переработки полимерных отходов и созданию дополнительных рабочих мест.

Исследование морфологического состава полимерных отходов и изучение технологических этапов на объектах по сортировке ТКО позволило сделать вывод о необходимости введения в эксплуатацию на мусороперерабатывающих сортировочных заводах, технологических линий для выполнения переработки вторичных ресурсов в полуфабрикаты для изготовления конечного продукта.

Для успешной реализации процесса вторичной переработки полимерных отходов с образованием пригодных для использования веществ должны быть решены следующие вопросы:

- уменьшено многообразие марок пластических масс, в том числе смесевых материалов;
- используемым ПМ должны с максимальной возможной точностью присваиваться знаки вторичной переработки в соответствии с нормами DIN EN ISO11469 или VDA 460 (петля Мебиуса);
- должны быть разработаны специальные маркировочные средства для ПМ, облегчающие их сортировку;
- ПМ различных видов должны легко разделяться и сортироваться;
- при отсутствии возможности разделения следует использовать сочетаемые друг с другом ПМ, например, поликарбонат (ПК) и АБС-пластик;
- изделия должны конструироваться с учетом возможности их вторичной переработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия «Наука и технологии: 2018–2040» [Электронный ресурс] / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Минск. – Режим доступа: [http:// www.pravo.by/](http://www.pravo.by/) – Дата доступа: 08.2023.
2. Пупликов, С.И. Мировые тренды организации экологического обеспечения жилищного фонда в области реализации работы с твердыми коммунальными отходами (Промежуточный отчет)/ Ин-т жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси; рук. темы В.О. Китиков. -Минск, 2018.-315 с. -№ ГР 20181813 от 02.11.2018 г.
3. Пупликов С.И. “Резервы инновационных трансформаций в жилищно-коммунальном хозяйстве Республики Беларусь”/С.И. Пупликов/ “Система ”наука-технологии-инновации”: методология, опыт, перспективы”, материалы Международной науч.-практ. конф., Минск 23–24 сентября 2021 г. /Центр системного анализа и прогнозирования НАН Беларуси. – Минск, 2021. – С. 391–392.
4. Пупликов, С.И. Финансы и финансовый рынок: учеб.-метод. комплекс / авт.-сост. С.И.Пупликов, В.Ф.Карпович- Минск.: изд-во УО ”Институт предпринимательской деятельности”, 2022.- 255с.
5. Пупликов, С.И. Микроэкономика: учеб.-метод. комплекс / авт.-сост. С.И.Пупликов, В.Ф.Карпович- Минск.: изд-во УО ”Институт предпринимательской деятельности”, 2023.- 353с.

ОПЫТ УДМУРТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ПО СОЗДАНИЮ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЛОЩАДКИ ПО БИОПЕРЕРАБОТКЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ EXPERIENCE OF UDMURT STATE UNIVERSITY IN CREATING A RESEARCH AND PRODUCTION SITE FOR BIOPROCESSING OF ORGANIC WASTE

И. Л. Бухарина¹, А. Г. Ковальчук¹
I. L. Bukharin¹, A. G. Kovalchuk¹

¹Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия,
bukharin@udmlink.ru
Udmurt State University, Izhevsk, The Russian Federation

В статье представлен опыт создания научно-производственной площадки по биопереработке органических отходов. Показаны цель создания научно-производственной площадки, направления деятельности, экономические и экологические перспективы развития.

The article presents the experience of creating a research and production site for the bioprocessing of organic waste. The purpose of creating a research and development enterprise, areas of activity and development prospects are shown.

Ключевые слова: органические отходы, биопереработка, научно-производственная площадка, технологии, система обращения с отходами.

Keywords: organic waste, bioprocessing, research and production site, technology, waste management system.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-40-41>

Научно-производственная площадка (НПП) по промышленной отработке, апробированию инновационных технологий переработки органических отходов и производству продуктов на их основе создана в ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет» в рамках реализации программы «Приоритет –2030», участником которой университет стал в 2021 г. Программа «Приоритет –2030» включает несколько стратегических проектов, один из которых «Новое качество жизни: ответ на современные биоэкологические вызовы» направлен на решение следующих задач: разработка пакета уникальных решений в области глобальных задач экологии,

биотехнологий и промышленной экологии на принципах междисциплинарного подхода, конкурентоспособности и интеграции в научно-производственные сообщества; переход от фундаментальных и научно-прикладных исследований и разработок к созданию конкурентно способных и востребованных продуктов, их внедрение в реальный сектор экономики. Одним из развивающихся секторов экономики является система обращения с отходами, в частности с органическими отходами. Полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО) в России занимают большие площади (0,1 млн. га), ежегодно образуется 47,4 млн. т отходов. Выбросы свалочных газов полигонов ТКО составляют 67,6 млн. т CO₂-эквивалента/год за счет гниющей органики. Состав свалочных газов сложен и включает до 60 различных газов, утилизация которых сложная химико-технологическая задача. В настоящее время проблема выбросов CO₂ актуализирована критическим накоплением органических отходов на полигонах ТКО [1].

При этом органические отходы могут быть ценным сырьем для производства различных новых продуктов, а в случае биопереработки с помощью насекомых – биогумуса и белковых продуктов (БАДы для животноводства, птицеводства, рыбоводства и корма для домашних животных). Например, дефицит кормовых добавок для животноводства составляет 1,8-2,1 млн. т /год. Рынок биогумуса составляет 1,5 млн. т/год (дефицит 1,0 млн./т) [2].

В рамках реализации стратегического проекта «Новое качество жизни: ответ на современные биоэкологические вызовы» в 2021 г. была проведена НИР «Формирование научно-производственной площадки в сфере обращения отходов», результатом которой стала разработка и утверждение технического задания и дорожной карты создания научно-производственной площадки (НПП) по промышленной переработке, апробированию инновационных технологий переработки органических отходов и производству новых продуктов на их основе. Подписано 4-х стороннее Соглашение о сотрудничестве с индустриальными партнерами в целях создания и развития НПП. В настоящее время завершено приобретение оборудования, монтаж оборудования и запуск технологической линии по биопереработке органических отходов с помощью личинки мухи Черная львинка. Открыто (зарегистрировано в ФНС РФ) инновационное предприятие замкнутого технологического цикла многопродуктового типа с ориентацией на импортозамещение с участием УдГУ (ООО Научно-производственное объединение «Доступные технологии»). Заключены 3 договора на проведение НИР. Разработаны и зарегистрированы Технические условия на производство двух продуктов, получены Сертификаты соответствия с протоколами испытаний («Биогумус» и «Корма для животных сухие»).

Переработка органических отходов актуальна и в связи с реализацией климатической повестки в РФ. В связи с чем, разработан проект «Создание сети производственных предприятий по утилизации органических отходов с использованием биообъекта на принципах многопродуктивности и углерод нейтральности», в состав разработчиков проекта вошли представители: АУ УР «Удмуртлес», ФНЦ агроэкологии РАН; Чеченского государственного университета им. А.А. Кадырова; Сибирского федерального университета; Уральского государственного горного университета, ООО «СИБУР» Агентства лесного и охотничьего хозяйства Правительства Сахалинской области; Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева; Дальневосточного федерального университета. Проект апробирован и выбран в качестве финалиста «Российско-китайской программы подготовки специалистов по разработке и реализации природно-климатических проектов и работе на углеродных рынках».

Проект имеет три тренда развития: научно-технологический - технологии переработки и утилизации органических отходов биообъектами с получением новых продуктов, обеспечивающих суверенитет, «разумное» животноводство, климатическое земледелие; экологический - совершенствования системы обращения с отходами (Национальный проект «Экология»), изменение политики формирования территориальных схем обращения ТКО; социальный - улучшение качества жизни за счет разумного потребления отходов и утилизации ТКО. По типологии проект климатический научно-технологический. Его суть в трех основных положениях: внедрение технологий биопереработки органических отходов (растительного и животного происхождения); получение продуктов, оказание услуг в сфере обращения отходов; создание сети предприятий по биопереработке органических отходов на территории УР (на принципах предотвращения выбросов CO₂). Проект направлен на получение научно-практического и производственного результатов.

Научно-практический результат включает технологии утилизации разных видов органических отходов, разными видами насекомых, апробирование технологических решений на НПП; решение проблем утилизации навоза (разные типы навоза и его фракционного состава); производство личиночного материала; услуги по логистике размещения предприятий по переработке органических ТКО, разработка тары для переводки пищевых отходов; разработка территориальных схем обращения с отходами с оценкой климатического эффекта (баланса углекислого газа и предотвращения экологического вреда). Производственный результат (товары, продукты) – это корма для домашних животных, кормовые добавки для вскармливания телят, птицеводства, для рыбного хозяйства (в виде муки, личинки, жиров); биогумус с внесением суспензии полезной грибной микрофлоры; а также сеть предприятий при полигонах ТКО, либо технологических цехов при предприятиях, имеющих органические отходы (включая животноводческие хозяйства).

Были разработаны структура взаимодействия заинтересованных сторон проекта, схема бизнес-процесса и текущая экономическая модель (рис. 1-3).

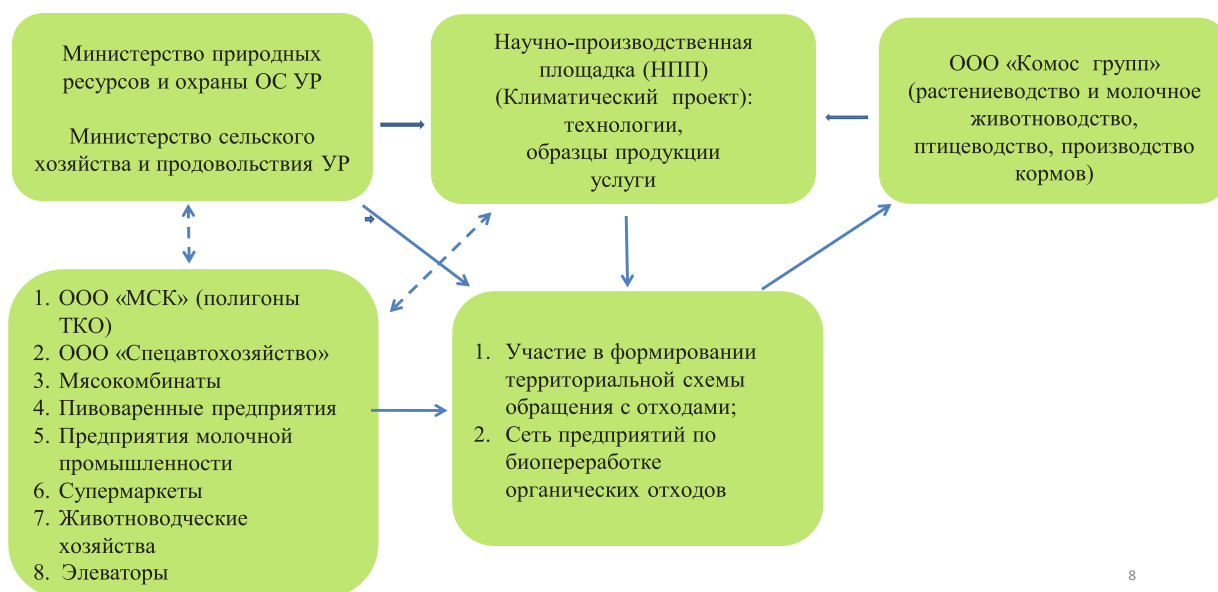


Рисунок 1 – Структура и взаимодействие участников проекта

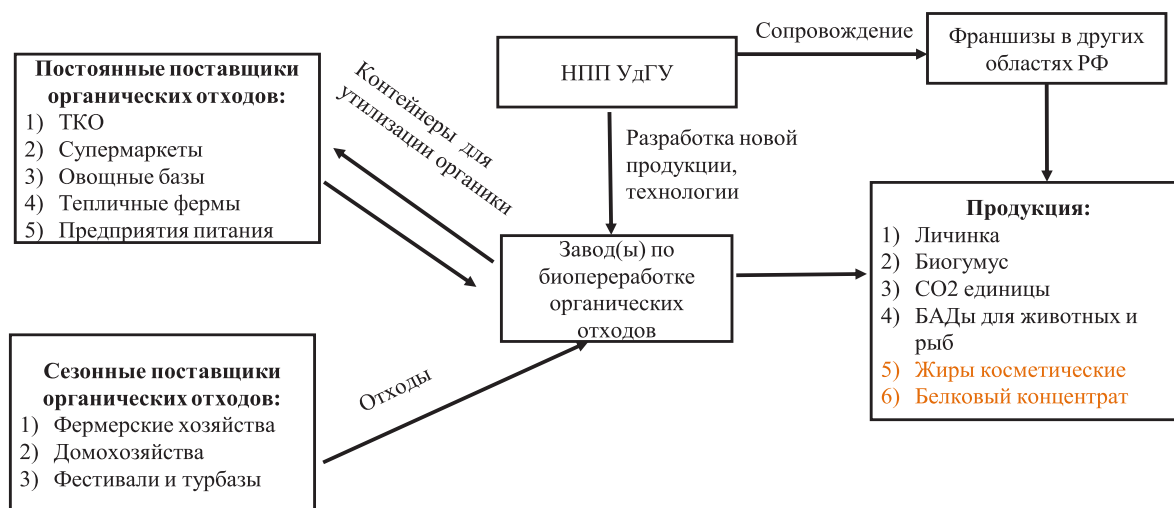


Рисунок 2 – Схема бизнес-процесса

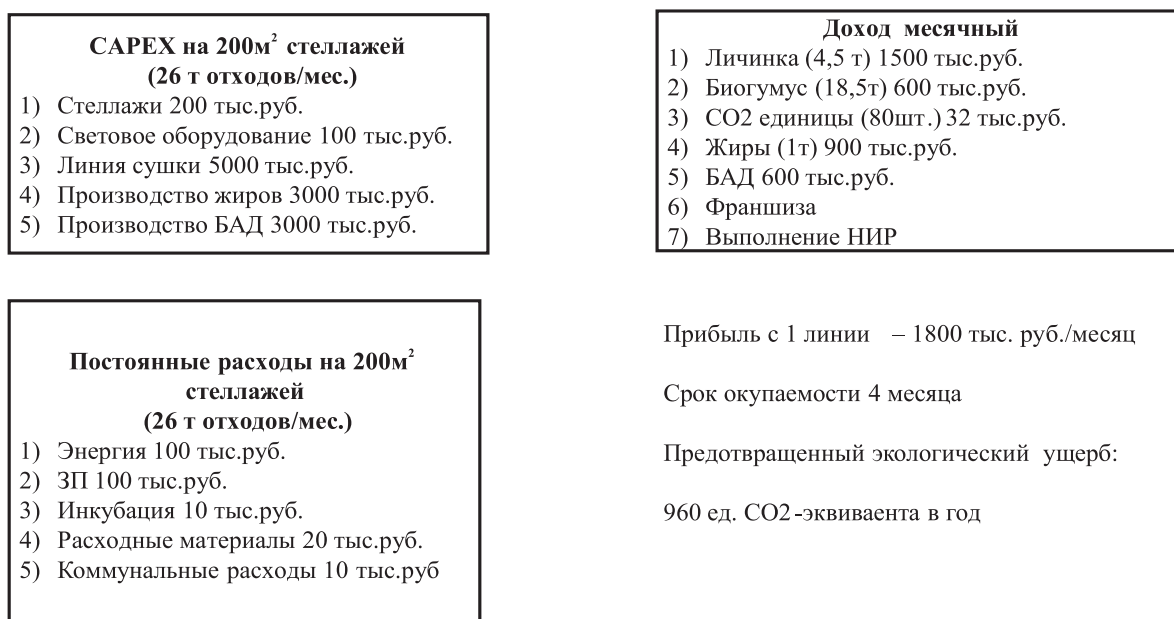


Рисунок 3 – Текущая экономическая модель (на базе НПП)

Строительство на территории Удмуртской республики пяти заводов по биопереработке органических отходов позволит переработать 120 тыс. т отходов в год, при этом получить 5,3 млрд. рублей дохода, предотвратив выброс 180 тыс. т. CO₂-экв.

Два сотрудника УдГУ прошли программу профессиональной переподготовки на базе ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет» и получили квалификацию менеджеров в сфере Управления природно-климатическими проектами и работы на углеродных рынках. Финансирование обучения сотрудников по данной программе осуществлялось совместно с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Удмуртской республики.

На базе НПП осуществляется проведение фундаментальных НИР: 1. Утилизация органических отходов помощью микроскопических грибов и создание упаковки из грибных гифов; 2. Исследование роли эндотрофных микроскопических грибов в процессах декарбонизации, адаптации экосистем к изменениям климата и восстановлению почвенного плодородия; 3 Оценка эффективности использования биообъектов в утилизации органических отходов разной морфологии, включая органические отходы молочной, пивоваренной и мясной отрасли.

Таким образом, в УдГУ создана модель разработки и внедрения технологических решений в отрасли экономики (система обращения отходов). Она направлена на реализации концепции технологического развития РФ, с целью адаптации научных решений к реалиям промышленного производства, для последующего внедрения в реальный сектор экономики. Созданная НПП - база для практической, производственной и предпринимательской подготовки молодых кадров. Модель создания НПП в рамках образовательной организации может быть моделью для тиражирования в научно-образовательных учреждениях по разным областям науки и технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Охрана окружающей среды в России. 2022: Стат. сб./Росстат. – М., 2022. – 115 с.
2. «О внесении изменений в Федеральную научно-техническую программу развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы», Постановление Правительства РФ от 03.09.2021 г. № 1489.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОФИСНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ОТХОДОВ ПРИ ПОМОЩИ БАЗИДИАЛЬНОГО ГРИБА ТРУТОВИКА ЛАКИРОВАННОГО (*GANODERMA LUCIDUM*)

ECOLOGICAL UTILIZATION OF OFFICE PULP WASTE BY THE BASIDIAL FUNGUS *GANODERMA LUCIDUM* (*GANODERMA LUCIDUM*)

И. В. Налетов, К. А. Бойко

I. V. Naletov, K. A. Boiko

ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Республика Беларусь

i.naletov@unitsky.com

Unitsky String Technologies, Inc. Minsk, Republic of Belarus

Работа посвящена актуальной проблеме – увеличение количества целлюлозных отходов, а также их утилизация. В настоящее время в Республике Беларусь наблюдается устойчивый рост объемов офисных целлюлозных остатков. В статье представлен современный взгляд на применение макулатуры, а именно использование бумаги в качестве субстрата для выращивания лекарственного гриба *Ganoderma lucidum* с одновременной биоутилизацией целлюлозных отходов.

The work is devoted to the actual problem – increase in the amount of cellulose waste, as well as its disposal. Currently, the Republic of Belarus is experiencing a steady increase in the volume of office pulp residues. The article presents a modern view on the use of waste paper, namely the use of paper as a substrate for growing the medicinal fungus *Ganoderma lucidum* with simultaneous bio-utilization of cellulose waste.

Ключевые слова: целлюлозные отходы, биоутилизация, базидиальный гриб.

Keywords: cellulose waste, bio-utilization, basidiomycete

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-43-46>

В настоящее время проблема переработки органических отходов остро стоит во многих странах мира, а неправильное обращение с ними представляет опасность для здоровья человека и природы. Выбор способа переработки зависит от сорта и класса отходов. Некоторые страны только начинают осваивать переработку отходов, другие уже глубоко продвинулись в этом вопросе и стараются перерабатывать каждый вид мусора. Однако даже при успешно работающей системе утилизации проблема остаётся до конца нерешённой. Следовательно, существует необходимость в поиске экологически чистых и наиболее безопасных способов переработки отходов.

Согласно данным ГУ «Оператор вторичных материальных ресурсов», в Беларуси ежегодно образуется около 3,8 миллиона тонн бытовых отходов, причем доля макулатуры составляет около 1 %. В мировой практике переработки макулатуры примерно 40 % составляет вторичное сырье [1].

Использование макулатуры в качестве источника сырья в бумажной промышленности способно сохранить лесные ресурсы и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Однако в процессе использования бумаги во вторичной промышленности возникают необрабатываемые отходы, которые обычно направляются на производство бумаги для личной гигиены либо складируют в специальных мусорниках.

Офисная резаная бумага в последние годы стала не только основным источником макулатуры, но также является одной из самых проблематичных форм отходов. Чернила, используемые для печати, содержат примеси железа, при производстве бумаги применяются различные щелочи, а для отбеливания листов используется карбонат кальция (CaCO_3) [2]. Все эти вещества могут накапливаться в окружающей среде и наносить ей определенный вред.

Таким образом, эффективная переработка и использование макулатуры в бумажной промышленности могут снизить негативное воздействие на окружающую среду, сохранить лесные ресурсы и сократить объемы отходов.

В этой связи с научной точки зрения важным представляется решение в настоящей работе таких актуальных вопросов как утилизация проблемных форм макулатуры, таких как офисная резаная бумага, и поиск способов их эффективной обработки и утилизации.

В природных лесных биоценозах органические растительные остатки, включая древесину и лиственный опад, подвергаются минерализации с помощью сапротрофов, которые используют их в качестве основного источника питания [3]. Среди сапротрофов особенно выделяются грибы, которые обладают широким спектром ферментов, специализированных на разложение лигниноцеллюлозных соединений растений.

Один из представителей сапротрофных грибов – трутовик лакированный (*Ganoderma Lucidum*), также известный как гриб рейши. В естественных условиях *G. Lucidum* произрастает на мертвых деревьях или в лиственном опаде древесных растений. Мицелий развивается достаточно быстро, образуя на поверхности открытых участков плотную корку, таким образом мицелий гриба сохраняет влагу внутри структуры своего тела. Плодовые тела в естественных условиях формируются на второй год жизни грибов, спорангий размещается на длинной ножке и в зависимости от условий может приобретать различную форму. Если мицелий произрастает на пне или дереве, то плодовые тела формируются схожим способом, как и другие трутовые грибы [4].

G. lucidum так же является одним из наиболее изученных лекарственных грибов. Его противовоспалительные, противовирусные, антимикробные, противоаллергические и противоопухолевые свойства были выявлены во многих научных исследованиях. По химической природе биологически активные метаболиты рейши относят к полисахаридам, тритерпенам, белкам, алкалоидам и другим классам соединений. Источниками получения данных метаболитов служат базидиомы и вегетативный мицелий [4].

Как и многие другие виды базидиальных грибов, *G. Lucidum* можно культивировать в искусственных условиях на специально подготовленных субстратах, в таких условиях гриб формирует мицелий в течение 45 дней, а плодовые тела формируются через 9–10 месяцев.

Искусственное производство и сбор *G. lucidum* позволяют обеспечить наличие ценного лекарственного сырья и использовать его полезные свойства в медицине и других областях.

Промышленное культивирование гриба *G. Lucidum* требует тщательной подготовки субстрата, который должен содержать не менее 40 % целлюлозы, до 10 % моносахаридов и в пределах 5-8 % азотных соединений и белков. Остальная часть субстрата должна состоять из лигнина и других органических веществ [4, 5].

При переработке целлюлозных отходов возможно все находящиеся органические соединения сделать пригодными для последующего выращивания органической пищевой продукции. Использование офисной макулатуры в качестве субстрата для производства гриба *G. Lucidum* является перспективным вариантом для масштабного производства данного гриба. Особенности роста и развития гриба формируются именно от самого субстрата. Например, использование макулатуры на 70 % позволяет ускорить формирование плодовых тел на 20 % по сравнению с использованием опилок, хвороста или листового опада.

Гриб как в естественной среде, так и в искусственной формирует плотные коричневые гифы с целью защитить мицелий от пересыхания (рис. 1 А), в местах выхода мицелия на поверхность субстрата также формируются уплотнения коричневого цвета (рис. 1 Б).



А. Плотный мицелий на поверхности субстрата



Б. Внешний вид мицелия гриба *Ganoderma Lucidum*

Рисунок 1 – Культивирование грибов трутовика лакированного (*Ganoderma Lucidum*) в искусственных условиях на остатках офисной макулатуре

Биохимические исследования твердого мицелия указывают на значительное накопление гликопротеидов с включениями лигнина, что в свою очередь создает достаточно плотный мицелий с низким содержанием влаги. Мицелий гриба полностью покрывает бумажный субстрат, а гифы гриба проникают на все уровни субстрата. Со временем субстрат начинает терять влагу, о чем свидетельствуют ежедневные замеры, и после начала снижения влаги должно пройти 70 дней прежде, чем будет сформирован первые примордий гриба.

При проведении исследования выяснилось, что скорость роста мицелия на субстрате контроль + (состоял из лиственных опилок берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) – 80 %, нитрата аммония (NH_4NO_3) – 3 %, зерна овса посевного (*Avena sativa* L.) – 17 %) составила 1,3 % обрастания мицелия субстрата в сутки (полное покрытие мицелием составило 73 дня). При этом масса собранных плодовых тел составила 250 г/кг сухого субстрата первой волны и 170 г/кг сухого субстрата второй волны, что составило 42 % от массы исходного субстрата (рис 2 А).

Отрицательный контроль (контроль -) включал в себя древесные опилки берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) 80 % в чистом виде без добавления компонентов. При этом ему удалось сформировать массу плодовых тел в первую волну 120 г/кг сухого субстрата, а во второй волне 80 г/кг сухого субстрата, в целом вынос питательных компонентов мицелием гриба составило 20 % от массы изначального субстрата. Скорость роста мицелия составляла 0,72 % в сутки, а полное поглощение субстрата составило 134 дня.



А. Формирование плодовых тел в контроле +

Б. Формирование плодовых тел на бумажном субстрате

Рисунок 2 – Варианты выращивания грибов на бумажном субстрате

Гриб *G. Lucidum* способен к практически полному поглощению древесины и целлюлозы из субстрата, в котором он произрастает. Данный факт является основанием для его использования при утилизации бумаги (рис. 3 А). Стебель полностью поглощается грибом, и вся структура древесины в месте с годичными кольцами замещается гифами гриба (рис 3 Б).

При культивировании рейши на бумажной среде наилучшего результата удалось достичь при использовании образца субстрата, состоящего из 70 % офисной резаной бумаги и 30 % зерна овса посевного (*Avena sativa* L.). В данном случае собранная масса гриба в первой волне составила 230 г/кг сухого субстрата, а во второй волне – 210 г/кг сухого субстрата, что составило 44 % от массы изначального субстрата. Скорость роста мицелия составляла 1,33 % в сутки, а полное поглощение субстрата составило 75 дней (Рис.2 Б). Скорость роста мицелия аналогичная со скоростью мицелия на субстрате контроль +. Биохимические анализы грибов на содержание тяжелых металлов показал их полное отсутствие, то есть плодовые тела грибов не впитывают в себя опасные компоненты.



А. Полное поглощение древесины грибом *G. Lucidum*

Б. Мицелий гриба *G. Lucidum* без древесины и целлюлозы

Рисунок 3 – Выращивание гриба трутовика лакированного (*Ganoderma Lucidum*) на березовом полене (*Betula pendula* Roth)

Дальнейшая культивация рейши на бумажном субстрате привела к уменьшению массы сухого субстрата до 180 г, что говорит об эффективном использовании грибов в качестве экологического организма для утилизации целлюлозы. При росте мицелия в бумаге проходили также процессы подавления роста целлюлозолитических

бактерий, а значит отсутствовал специфический запах. Грибы обладали приятным свойственным для данного вида запахом, что делает утилизацию бумаги грибом ещё более перспективным способом.

Оставшаяся сухая масса от утилизации бумаги составляла в целом мицелий гриба, что делает остатки пригодными для питания жвачных животных в сельском хозяйстве. Следует сказать, что биоутилизацию можно и нужно использовать для решения экологических проблем, связанных с переработкой бмажных отходов.

Дальнейшие изучения будут направлены на ускорение роста базидиальных грибов на бумажном субстрате с последующим кормлением беспозвоночных животных для производства биогумуса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гранкин, А. Ю. Использование отходов офисной бумаги для производства композиционных материалов / А. Ю. Гранкин, А. А. Савицкий, О. Д. Булавина // Леса России: политика, промышленность, наука, образование. – 2018. – С. 161–164.
2. Корнеева, В. К. Изучение микроструктуры и химического состава бумаги для оценки моюще-диспергирующих свойств моторного масла методом «капельной пробы» / В. К. Корнеева, В. М. Капцевич, И. В. Спиридович // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России: материалы III Международной научной конференции. – 2022. – С. 49–53.
3. Кочунова, Н. А. Роль базидиальных грибов в лесных биогеоценозах разной степени нарушенности (Амурская область) / Н. А. Кочунова // Охрана и рациональное использование лесных ресурсов. – 2015. – С. 163–167.
4. Заяц, В.С. Протекторная способность экзогенных элиситоров из *Ganoderma lucidum* при индукции солевого стресса у кресс-салата / В.С. Заяц, И.В. Налетов, Е.А. Крюков // Настоящее и будущее биотехнологии растений. Материалы Международной научной конференции, посвященной 65-летию деятельности Отдела биохимии и биотехнологии растений ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», Минск 2023 год. – Минск, 2023. – С. 75.
5. Юницкий, А. Э. Изучение микробиологической солюбилизации бурого угля / А.Э. Юницкий [и др.] // материалы 22-й Международной научной конференции Сахаровские чтения 2022 года: экологические проблемы XXI века, 19–20 мая 2022 г., г. Минск, Республика Беларусь – Минск, 2022. – С. 322–324.

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ХЛОРЕЛЛЫ ОБЫКНОВЕННОЙ *CHLORELLA VULGARIS* С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА, И ПОСЛЕДУЮЩИМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУСПЕНЗИИ В КАЧЕСТВЕ ВИТАМИННОЙ ПОДКОРМКИ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ

CULTIVATION OF *CHLORELLA VULGARIS* USING GROWTH REGULATORS AND SUBSEQUENT USE OF THE SUSPENSION AS A VITAMIN FEED FOR ANIMALS

А. Э. Юницкий, И. В. Налетов, К. А. Бойко

A. E. Unitsky, I. V. Naletov, K. A. Boiko

ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Республика Беларусь

i.naletov@unitsky.com

Unitsky String Technologies, Inc. Minsk. Republic of Belarus

Хлорелла (*Chlorella vulgaris*) – род одноклеточных зелёных водорослей, которые обитают в пресных водоёмах и играют важную роль в обогащении воды кислородом. Хлорелла способна синтезировать все необходимые вещества, включая белки, жиры, углеводы и витамины, также богата макро- и микроэлементами, превосходящими другие растительные культуры. Для повышения эффективности разведения сельскохозяйственных животных зачастую прибегают к обогащению стандартных рационов питания. К числу живых кормовых добавок относится суспензия хлореллы. Работа направлена на изучение возможности ускорения скорости роста *Chlorella vulgaris* с применением стимуляторов роста, а также последующее её применение при кормлении перепелов.

Chlorella (Chlorella vulgaris) is a genus of unicellular green algae that live in fresh water and play an important role in enriching water with oxygen. Chlorella is able to synthesize all essential substances, including proteins, fats, carbohydrates and vitamins, and is also rich in macro- and micronutrients that are superior to other plant crops. To increase the efficiency of farm animals breeding, they often resort to enriching standard diets. Live feed additives include chlorella suspension. The work is aimed at studying the possibility of accelerating the growth rate of Chlorella vulgaris using growth stimulants, as well as its subsequent use in feeding quails.

Ключевые слова: хлорелла обыкновенная, микроводоросль, стимулятор роста, кормовая добавка.

Keywords: *Chlorella vulgaris*, microalgae, growth stimulator, feed additive.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-46-49>

Микроводоросли, включая хлореллу, имеют большой потенциал в качестве альтернативных кормов и кормовых добавок. В качестве добавки в кормах благотворно влияет на рост, иммунитет, антиоксидантную активность и восстановление тканей. Применение хлореллы в рационе птиц улучшает показатели роста и иммунного ответа. Благодаря содержанию полиненасыщенных жирных кислот она способствует развитию нервной системы и стрессоустойчивости, а каротиноиды, являясь антиоксидантами, способствуют здоровью и выживаемости. Суспензия хлореллы также может рассматриваться как природный пробиотик.

Микроводоросли позволяют возместить нехватку зелёных кормов в зимний период содержания животных. Подача суспензии хлореллы через поилки или включение ее в комбикорма помогает восполнить питательные вещества и витамины, что способствует обеспечению биомассы у сельскохозяйственных животных. Рост производительности мяса и яйценоскости обычно составляет 15–20 % [1].

Биохимический состав клеток хлореллы: высокое содержание белка (48,5 %), низкое содержание жира (4,82 %), нуклеиновые кислоты (от 4 до 7 %) , витамины и микроэлементы, в том числе высокое содержание витамина С (1300–1500 мг/кг сухого вещества), микроэлементы, (кобальт, медь, марганец, молибден, железо, цинк и йод) и другие ультрамикроэлементы.

C. vulgaris содержит большое количество хлорофилла и каротиноидов. Хлорофилл является основным пигментом, связанным с фотосинтезом в растениях и водорослях, и оказывает положительное воздействие на здоровье человека. Каротиноиды, такие как β-каротин, являются антиоксидантами и могут поддерживать здоровье глаз и иммунной системы позвоночных животных.

Одноклеточная пресноводная водоросль *C. vulgaris* требует для своего роста и развития те же самые компоненты, что и растения. Она нуждается в основных элементах минерального питания, таких как азот, фосфор и калий, а также в различных микроэлементах, включая магний, железо в хелатной форме, медь, марганец, серу и другие. Эти элементы необходимы хлорелле для выполнения различных жизненно важных функций, таких как фотосинтез, обмен веществ и синтез пигментов. Они служат строительными блоками для белков, ферментов и других биологических молекул, необходимых для поддержания роста и развития водоросли [2].

Важно отметить, что требования хлореллы к питательным веществам могут различаться в зависимости от штамма и условий выращивания. Поэтому проводятся исследования и оптимизация условий культивирования для достижения наилучших результатов и оптимального содержания полезных компонентов в *C. vulgaris*.

Исследования направлены на ускорение роста и увеличение численности клеток водоросли при помощи фитогормонов. Сами клетки водорослей способны к синтезу фитогормонов ауксинового комплекса, однако процесс синтеза проходит более сложным путём, ввиду особенностей развития и более примитивного строения по сравнению с семенными растениями.

При проведении эксперимента использовалась стандартная для хлореллы питательная среда Тамия (KNO_3 – 5,0 г/л; MgSO_4 – 2,5 г/л; KH_2PO_4 – 1,25 г/л; FeSO_4 – 0,003 г/л + ЭДТА – 0,037 г/л) в качестве контроля и среды с добавлением различных фитогормонов. Все среды стерильны и внесение клеток *C. vulgaris* производилось в стерильных условиях. В качестве фитогормонов использовались индолил-3-масляная кислота (3-ИМК) – 0,1 мл/л; 3-ИМК – 0,05 мл/л; нафталинуксусная кислота (1-НУК) – 0,1 мл/л; 1-НУК – 0,05 мл/л; 6-бензиламинопурин (6-БАП) – 0,1 мл/л; 6-БАП – 0,05 мл/л; 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4 D) – 0,1 мл/л; 2,4 D – 0,05 мл/л; 0,1 мл/л 2,4 D + 0,1 мл/л 6-БАП 0,1; 0,05 мл/л 2,4 D + 0,05 мл/л 6-БАП; 0,1 мл/л 1-НУК + 0,1 мл/л кинетин; 0,05 мл/л 1-НУК + 0,05 мл/л кинетин.

Концентрация хлореллы фиксировалась ежедневно. Эффективность наработки микроводоросли определялась по величине оптической плотности суспензии [3]. Исходя из показателей оптической плотности, был вычислен коэффициент прироста клеточной биомассы по сравнению со стандартной средой. Темп роста (μ) рассчитывался с использованием формулы:

$$\mu = \frac{\ln \ln \left(\frac{N_2}{N_1} \right)}{t_2 - t_1}, \quad (1)$$

где N_2 и N_1 это число клеток во времени t_1 и t_2 .

В результате проведения эксперимента можно сделать вывод, что фитогормоны стимулировали рост клеток микроводоросли хлореллы по сравнению с контролем. Лучшего результата удалось достичь при использовании 0,05 мл/л 6-БАП, коэффициент прироста составил 5,15 по сравнению с контролем. Схожими результатами обладал вариант 3-ИМК 0,05 мл/л (коэффициент прироста 4,85), скорость роста при этом была выше у 6-БАП 0,05 мл/л и составила 0,062 ед.опт.пл. в сутки. У контроля составило 0,012 ед.опт.пл. в сутки.

Дополнительное введение фитогормонов, таких как 6-БАП, обеспечивает синтез каротиноидов в микроводорослях *C. vulgaris*. Каротиноиды являются составляющими пигментами различных биологических процессов, включая антиоксидантную активность и защиту от УФ-излучения животных.

В результате проведённых экспериментов было установлено, что только 6-БАП, применённый в концентрации 0,05 мл/л, оказывает стимулирующее воздействие на накопление каротиноидов в *C. vulgaris*. по сравнению с контролем, вариант с добавлением 6-БАП обеспечивает накопление каротиноидов на 60 % больше.

Эти результаты позволяют также использовать стимуляторы роста, в частности 6-БАП для ускорения производства суспензий в биореакторах. Данное утверждение может иметь практическое применение в различных отраслях, включая пищевую, фармацевтическую и косметическую промышленность, где каротиноиды широко используются благодаря своим активным свойствам.

Таблица 1

*Прирост клеток хлореллы в питательной среде
со стимуляторами роста по отношению к стандартному образцу*

Стимуляторы роста, мг/л	Оптическая плотность, ед.опт.пл.	Коэффициент прироста по сравнению со стандартом
Контроль положительный	0,17	-
3-ИМК 0,1 мл/л	0,568	3,34
3-ИМК 0,05 мл/л	0,824	4,85
1-НУК 0,1 мл/л	0,584	3,44
1-НУК 0,05 мл/л	0,581	3,42
6-БАП 0,1 мл/л	0,369	2,17
6-БАП 0,05 мл/л	0,875	5,15
2,4 D 0,1 мл/л	0,475	2,8
2,4 D 0,05 мл/л	0,414	2,44
2,4 D 0,1 мл/л + 6-БАП 0,1 мл/л	0,471	2,77
2,4 D 0,05 мл/л + 6-БАП 0,05 мл/л	0,296	1,74
1-НУК 0,1 мл/л + кинетин 0,1 мл/л	0,656	3,86
1-НУК 0,05 мл/л + кинетин 0,05 мл/л	0,616	3,62

После выращивания хлореллы с применением 6-БАП было проведено микрофотографирование и высев на селективную среду для микроводорослей с целью установления однородного содержания хлореллы в полученной суспензии. На рисунке рис.1 А представлено увеличенное $\times 40$ изображение клеток из суспензии. Наблюдалась достаточная однородность клеток. Рис. 1 Б указывает на чистоту культуры и отсутствие роста других микроорганизмов.



А. *Chlorella vulgaris* (увеличение окуляра 40 $\times$)



Б. *Chlorella vulgaris* на твёрдой агаризованной среде в чашке Петри

Рисунок 1 – Культивирование *Chlorella vulgaris*

Для оценки эффективности применения суспензии хлореллы в качестве кормовой добавки для сельскохозяйственных животных были выбраны перепела техасской породы. Промышленное разведение перепелов и их выращивание в фермерских хозяйствах в Республике Беларусь является одной из самых молодых сельскохозяйственных отраслей, и используется с целью получения диетического мяса и яиц. Перепелиные яйца содержат аминокислоты, витамины А, D и группы В, кальций, магний, фосфор, железо, калий, селен, германий и микро-нутриенты. При выращивании перепелов необходимо учитывать не только направленность породы птиц, но и живую массу, продуктивность птиц, в том числе яйценоскость (с учётом морфофункциональных изменений, протекающих во внутренних органах несушек в период активности яичной продуктивности) и эффективность использования корма. Для повышения эффективности разведения перепелов зачастую прибегают к обогащению стандартных рационов питания, в данном случае – применение суспензии микроводоросли хлореллы.

При проведении исследования перепела были разделены на 2 группы по 17 птиц. Каждая группа состояла из 15 самок и 2 самцов. Содержались перепела в клеточных сооружениях, кормушка крепилась к передней стенке клетки, а поилка – к боковой. Технологические параметры содержания птицы (влажность воздуха, температура, освещённость) соответствовали требованиям, предъявляемым к их выращиванию.

В результате было отмечено увеличение яйценоскости самок птиц на 25 %. Анализируя показатели выяснилось, что абсолютная масса желтка у птиц из анализируемой группы увеличилась до 0,78 г массы, в то время как в контрольной группе она составляла до 0,52 г. Абсолютная масса белка также увеличилась до 0,91 г по сравнению с 0,75 г в контрольной группе. Кроме того, абсолютная масса скорлупы составила

0,52 г в анализируемой группе, в то время как в контрольной группе она была равна 0,27 г. Качество белка устанавливали по данным высоты белка и массы яиц (единица Хау). Было обнаружено, что в анализируемой группе число единиц Хау был выше. На третий день эксперимента он составил 91,8 ед. в анализируемой группе, когда в контрольной группе – 85,2. К десятому дню эксперимента показатель единиц Хау составил 80,6 ед. в анализируемой группе и 70,5 ед. в контрольной группе. Эти результаты свидетельствуют о том, что суспензия хлореллы положительно влияет на улучшения показателей качества.

Было установлено, что перепела, получающие кормовую добавку хлореллы, помимо улучшения общего состояния потребляли, в среднем, на 23 % меньше комбикорма. Таким образом можно утверждать, что добавление к рациону перепелов хлореллы снижает кормовое потребление. Также было обнаружено, что независимо от пола, птицы, которым давали суспензию хлореллы, проявляли большую активность по сравнению с контрольной группой. Также нехватка микроэлементного состава у перепелов контрольной группы проявлялась в деформации суставов.

На основании представленных выше результатов исследований можно сделать вывод о том, что экологически чистая подкормка, полученная из хлореллы обыкновенной *Chlorella vulgaris*, может широко использоваться для кормления животных, в частности птиц, с целью повышения яйценоскости и улучшения качества яиц. Дальнейшие направления в исследованиях будут направлены на подбор и создание питательных сред для культивирования микроводоросли хлорелла с оценкой их эффективности на других сельскохозяйственных животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фисинин В.И. Мировое и российское птицеводство: реалии и вызовы будущего. - М.: Хлебпродинформ, 2019. - 470 с.
2. Кузнецов, Н.А. Использование суспензии *Chlorella vulgaris* (Beijerinck, штамм IBCE C-19) как удобрение и средство защиты растений в органическом сельском хозяйстве / Н.А. Кузнецов, А.И. Козлов, Т.В. Козлова // Современные технологии сельскохозяйственного производства: агрономия, защита растений, технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник научных статей по материалам XXIV Международной научно-практической конференции. – Гродно. – 2021. – С. 145–146.
3. Microspectroscopy of the photosynthetic compartment of algae / V. Evangelista [et al.] // Photochemistry and photobiology. – 2006. – Vol. 82. – №. 4. – P. 1039.

АНАЛИЗ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ (БЫТОВОЙ ТЕХНИКИ) В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL ACTIVITY OF A MACHINE-BUILDING ENTERPRISE (HOUSEHOLD APPLIANCES) IN THE FIELD OF AIR AND WATER RESOURCES PROTECTION

Э. И. Садовская¹, С. Е. Головатый¹
S. E. Golovaty¹, E. I. Sadovskaya¹

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
sadovskayevelina@mail.ru

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus

Установлено, что предприятие по производству бытовой техники имеет 590 стационарных источников выбросов из них 4 неорганизованных источников выбросов, 244 передвижных источников выбросов. Массовый выброс загрязняющих веществ за 2019–2020 годы составил 48,8 – 48,2 т. Разрешенный выброс загрязняющих веществ составляет 109,11 т в год. Предприятию выдано разрешение на покупку, хранение, продажу, использование для технического обслуживания и ремонта бытовой техники озоноразрушающих веществ. На предприятии общий забор воды в 2022 году составил 294,081 тыс. м³, при разрешении на забор воды в объёме 693 тыс. м³ производственного и 289 тыс. м³ питьевого назначения. Суточное потребление воды предприятием составляет 1505 м³/сут. установлено, что самым водоёмким процессом являются окрасочные производства.

It was established that the enterprise for the production of household appliances has 590 stationary emission sources of which 4 are unorganized sources of emissions, 244 mobile emission sources. The mass emission of pollutants for 2019–2020 was 48.8 – 48.2 tons. The released amount of polluting substances is 109.11 tons per year.

The company has been issued a permit to purchase, store, sell, and use for maintenance and repair of household appliances ozone-depleting substances. At the enterprise the total water intake in 2022 amounted to 294,081 thousand m³, with the permit for water intake in the volume of 693 thousand m³ for production and 289 thousand m³ for drinking purposes. The daily water consumption of the company is 1505 m³/day. It has been established that the most water-intensive process is coloring production.

Ключевые слова: водозабор, загрязняющие вещества, предприятие машиностроения, сточные воды.

Keywords: water intake, pollutants, mechanical engineering company, wastewater.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-49-52>

Машиностроение является ведущей отраслью, опорой и движущей силой экономики страны, играет важную роль в социально-экономическом и интеллектуальном развитии государства и по праву считается фундаментом всего промышленного комплекса. За 2022 год более 75 % машиностроительной продукции реализовывалось за рубеж. Несмотря на все преимущества отрасли, она также оказывает вредное воздействие на окружающую среду.

На машиностроение приходится более 16 % продукции обрабатывающей промышленности республики. В Беларуси в машиностроении действует около 240 крупных и средних организаций.

Несмотря на все преимущества отрасли, она также оказывает вредное воздействие на окружающую среду [1].

В машиностроении вредные вещества выбрасываются из вагранок, плавильных печей, разливающих машин и другого оборудования, применяемого при металлообработке. На машиностроительных заводах наиболее опасными с экологической точки зрения являются литейные цеха.

Машиностроительные предприятия являются одним из основных источников загрязнения гидросферы. Основной объем сброса сточных вод (49,7 % от общего объема сброса сточных вод в водные объекты) приходится на предприятия водопроводно-канализационного хозяйства и жилищно-коммунальное хозяйство (ВКХ и ЖКХ.).

Рассматриваемое предприятие специализируется на производстве компрессионных холодильников, морозильников и торговых холодильных шкафов.

Основное производство связано с обработкой металла, пластмасс; подборкой и теплоизоляцией, а также окончательной сборкой холодильной техники. Вспомогательное производство представлено второстепенными службами, осуществляющими ремонт, транспортировку и испытания продукции.

Согласно акту инвентаризации, на предприятии имеется 590 стационарных источников выбросов из них 4 неорганизованных источников выбросов, 244 передвижных источников выбросов. Залповые выбросы на предприятии отсутствуют.

Таблица 1

Стационарные источники выбросов загрязняющих веществ

Наименование показателя	Проектное значение	Значения			
		2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
1.Количество источников, всего	643/196	644	644	533	590
в том числе:					
-организованных	638	639	639	529	577
-неорганизованных	5	5	5	4	4
-оснащенных ГОУ	20	20	26	32	32
-включенных в систему локального мониторинга	1	1	1	1	1

За период 2019–2021 гг. наблюдается снижение количества стационарных источников выбросов загрязняющих веществ и увеличивается количество стационарных источников выбросов, оснащенных ГОУ. По результатам инвентаризации 2021 года общее количество источников выбросов сократилось до 533 преимущественно за счет систем общеобменной вентиляции. Системы вентиляции 34-х источников предназначены для срабатывания в случае возникновения аварийной ситуации. (таблица 1).

Всего на предприятии функционируют 102 газопылеулавливающие установки, установленные на 52 организованных источников выбросов. Степень очистки установок достаточно высокая, но на таких участках как переработка пластмасс, окраска пластмассовых изделий, обработка металлов очистные установки нуждаются в реконструкции.

Массовый выброс загрязняющих веществ за 2019 год по предприятию составляет 48,781 т., а за 2020 год – 48,238 т. (рисунок 1). Большую часть загрязнений составили: азот (IV) оксид – 11,73 т. за 2020 год и 12,244 за 2019 год, углерод оксид – 12,925 т. и 13,042 т. и неметановые летучие органические соединения (НМЛОС) – 14,46 т. и 15,705 т. Видно, что наблюдается снижение выбросов загрязняющих веществ. Разрешенный выброс загрязняющих веществ составляет 109,11 т в год. Предприятие выбрасывает в окружающую среду 83 наименования загрязняющих веществ различных классов опасности. Согласно разрешению на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух количество загрязняющих веществ, разрешенных к выбросу равно 33 [1].

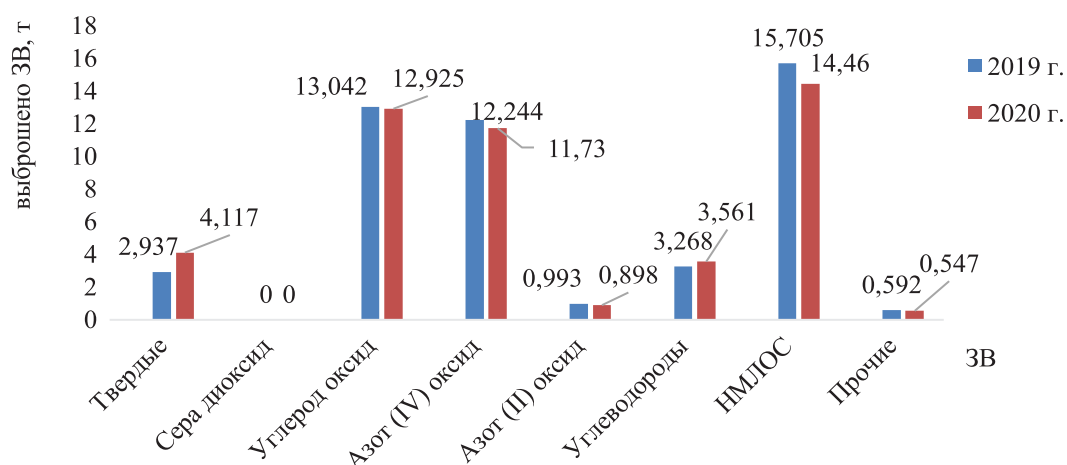


Рисунок 1 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух за 2019–2020 года

В атмосферный воздух выбрасываются стойкие органические загрязнители от процессов сжигания топлива: диоксины – $2,5 \times 10^{-10}$ т ЭТ/год, гексахлорбензол – $4,1 \times 10^{-11}$ т/год, полихлорированные бифенилы – $4,1 \times 10^{-12}$ т/год, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – $5,6 \times 10^{-6}$ т/год.

Также в атмосферный воздух выбрасываются тяжелые металлы загрязнители от процессов сжигания топлива – 0,009717 т/год.

Предприятию выдано разрешение на покупку, хранение, продажу, использование для технического обслуживания и ремонта холодильного оборудования следующих озоноразрушающих веществ: ГХФУ-22 в количестве не более 300 кг/год, ГХФУ-21 – не более 600 кг/год, ГХФУ-142b – не более 10000 кг/год. За период с 2019 по 2022 гг. на предприятии использовали только ГХФУ-22 и при этом наблюдалось снижение объема использования (таблица 2).

Таблица 2

Озоноразрушающие вещества и оборудование содержащие ПХБ

Показатель	Единица измерения	Проектное значение	Значения			
			2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
1. Виды ОВР, разрешенные к обращению:						
ГХФУ-22	кг	800	115,6	60,2	3,4	4,8
ГХФУ-21	кг	250	-	-	-	-
ГХФУ-142b	кг	200	-	-	-	-
2. Оборудование, содержащее ПХБ, всего	шт.	264	264	264	264	264
в том числе:						
2.1 находящееся в эксплуатации	шт.	-	-	-	-	-
2.2.находящееся в резерве и (или) выведенные из эксплуатации	шт.	264	264	264	264	264
2.3 другое оборудование с ПХБ	шт.	-	-	-	-	-

Производственный аналитический контроль выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников осуществляется в 37 источниках выбросов по 16 загрязняющим веществам. В план график производственного контроля дополнительно включают сведения о периодичности контроля в период неблагоприятных метеорологических условий.

Для каждого источника определён перечень контролируемых показателей и разработана периодичность контроля. Азот диоксид, серы диоксид, углерод оксид, меди оксид, железа оксид, марганец диоксид контролируются 1 раз в год. Феррит бария, стирол, акрилонитрил, ксилол, бутанол, бутилацетат, этилацетат, пыль неорганическая с содержанием SiO_2 20 – 70 %, железа оксид контролируются 2 раза в год.

Локальный мониторинг выбросов загрязняющих веществ производится в одном источнике: источники выбросов котельной.

Проведения наблюдений локального мониторинга проводятся не реже одного раза в месяц. Контроль ведется по 5 веществам: углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, кислород и твердые частицы. Кроме этого, осуществляется мониторинг состояния воздуха на границе СЗЗ.

Уменьшение количества загрязняющих веществ, попадающих в атмосферный воздух, обеспечивается: оснащением вентиляционных систем ГОУ, изменением технологии производства продукции, переходом на использование безопасных для окружающей среды веществ и материалов.

На предприятии вода используется на хозяйственно-питьевые и производственные нужды. Водоснабжение водой питьевого назначения осуществляется из городской сети. Водоснабжение предприятия на производственные нужды осуществляется водой из городской сети технического назначения.

Водозабор предприятия осуществляется из 6 источников: 3 – хозяйственно-питьевого назначения, 2 – технического, 1 – подземный горизонт.

Вся поступающая вода учитывается контрольно-измерительными приборами в количестве 7 штук.

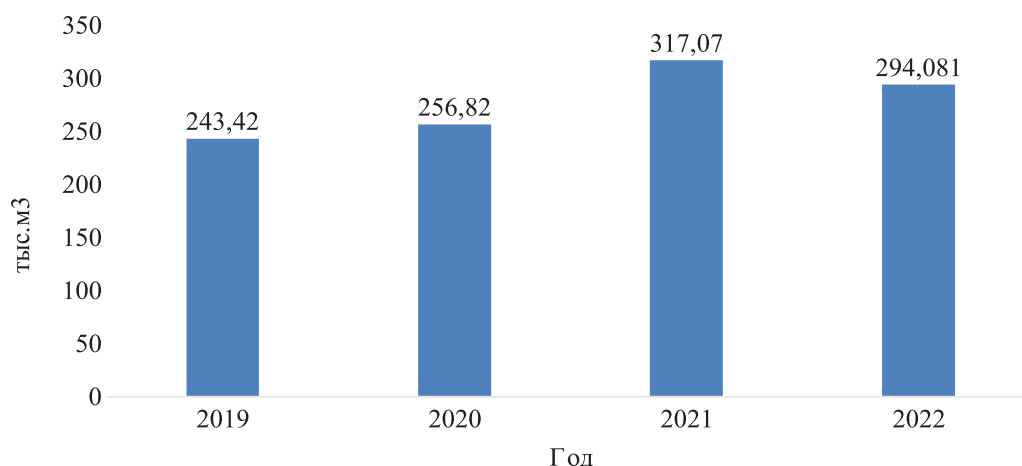


Рисунок 2 – Объем изъятной и полученной воды за 2019–2022 гг.

Общий забор воды в 2022 году составил 294,081 тыс. м³ (рисунок 2). При разрешении на забор воды в объеме 693 тыс. м³ производственного и 289 тыс. м³ питьевого назначения.

Таблица 3

Водопотребление предприятия

Наименование показателя	Значение, тыс. м³			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Объем изъятной воды:				
1.1 из поверхностных вод	-	-	-	-
1.2 из подземных вод	0,12	0,11	0,115	0,16
1.3 от других водопотребителей	169,75	178,92	179,91	175,853
1.4 из других источников (дождевые сточные воды)	73,55	77,79	137,04	118,068

Согласно таблице 3, основной объем потребляемой воды ведется от других водопотребителей и из других источников (дождевые сточные воды). В 2022 году наблюдается снижение объема потребляемой воды в сравнении с 2021 и 2020 годами. В 2021 году выявлено увеличение водопотребления по сравнению с прошлыми годами, причиной этому стало увеличение объема производства [3].

Суточное потребление воды предприятием составляет 1505 м³/сут. Самыми водоёмкими процессами являются окрасочные производства.

Производительность систем оборотного водоснабжения составляет 3344 тыс.м³/год. Экономия свежей воды за счет применения оборотного водоснабжения 90 %. Кроме общезаводской системы оборотного водоснабжения существуют отдельные технологические циклы, где используются системы оборотного водоснабжения.

На предприятии функционируют ливневая и производственно-бытовая канализация.

Сточные воды ливневой канализации сбрасываются в городской канализационный коллектор диаметром 800 мм по одному выпуску. Сточные воды производственно-бытовой канализации сбрасываются в городской канализационный коллектор по трем выпускам.

Для снижения негативного воздействия, оказываемого предприятием на окружающую среду, предложены природоохранные мероприятия в результате проведения которых будет наблюдаться снижение выбросов загрязняющих веществ, сокращение количества отходов, повышение уровня компетенции персонала и озеленение территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белый, О. А. Экология промышленного производства / О. А. Белый, Б. М. Немененок. – Минск: БНТУ, 2016. – 434 с.
2. Машиностроение [Электронный ресурс] / Президент Республики Беларусь – Режим доступа: https://president.gov.by/ru/belarus/economics/osnovnye_otrasli/promyshlennost/mashinostroenie. – Дата доступа: 03.02.2024.
3. Тарасова, Е. В. Очистка сточных вод машиностроительных предприятий / Е. В. Тарасова. – Минск, 2015. – 5 с.

**GIS METHODS FOR ANALYZING AND EVALUATING
GREEN GAS EMISSIONS FROM URBAN LANDSCAPES**
**ГИС МЕТОДЫ ДЛЯ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ЭМИССИИ
ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ С ТЕРРИТОРИИ ГОРОДСКИХ ЛАНДШАТОВ**

Hu Wentao, Aleh Rodzkin, Yan Yutong, Wang Hui
Ху Вентао, О.И. Родькин, Ян Ютонг, Ванг Гу

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ*
г. Минск, Республика Беларусь
rodzkin@iseu.by

This research is devoted to exploring the impact of urban landscape on greenhouse gas emissions, and using geographic information system (GIS) to conduct in-depth analysis. The research process includes key steps such as data collection and others. The data, derived from publicly available data provided by the Environmental Protection Agency (EPA), covers real-time air quality information from more than 50,000 monitoring stations in 2,000 major cities in 132 countries around the world. Through the application of GIS technology, this study not only reveals the status of green gas emissions in different areas of the city, but also assesses the importance of landscape design for improving urban air quality and combating climate change. The research results aim to provide scientific basis and suggestions for urban planning, green construction and climate change adaptation strategies, and have important significance for theoretical research and practical application.

Исследование посвящено оценке воздействия городских ландшафтов на эмиссию парниковых газов и возможности использования методов географических информационных систем (ГИС) для проведения анализа. Исследование включает ряда этапов, в том числе сбор данных. Данные получены на открытом ресурсе Агентства по охране окружающей среды (АООС) где собрана информация по оценке качества воздуха из более чем 50 000 станций мониторинга, 2 000 городов и 132 стран. Применение ГИС технологий позволяет не только оценить объемы выбросов парниковых газов, но также и возможность влияния городского дизайна на качество воздуха и изменение климата. Цель исследования – создать научную основу для городского планирования и разработки стратегии адаптации к изменению климата. Результаты исследований имеют как теоретический, так и практический интерес.

Keywords: Greenhouse gases, Geographic Information System (GIS), Urban landscape, Air quality.

Ключевые слова: Парниковые газы, географические информационные системы (ГИС), городские ландшафты, качество воздуха.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-53-56>

Introduction. In the global context of addressing climate change and promoting sustainable urban development, green gas emissions in urban landscapes have become an increasingly concerned issue. As a concentration of population and economic activities, the ecological footprint and environmental impact of cities have aroused a wide range of research interests. In particular, green vegetation in urban landscapes plays an integral role in mitigating urban heat island effects, improving air quality and promoting biodiversity. However, green vegetation is also an important part of the urban carbon cycle, which plays a dual role in the urban carbon balance through photosynthesis and respiration.

In this context, the accurate analysis and assessment of green gas emissions in urban landscape, especially the absorption and emission of carbon dioxide, is of great significance for formulating effective urban greening strategies and coping with climate change policies. Geographic Information System (GIS), as a powerful spatial analysis tool, provides the possibility to analyze the structure and function of urban landscape [1]. GIS methods can integrate spatial data from multiple sources, such as remote sensing images, topographic maps, and urban planning maps, to delineate the spatial pattern of the urban landscape in detail and evaluate its contribution to green gas emissions [2].

This research aims to explore how to use GIS technology to analyze and evaluate green gas emissions in urban landscape, with special attention to the impact of urban green space system on carbon cycle. Through the spatial analysis function of GIS, combined with ecological models and urban green space data, this study will evaluate the potential of different urban landscape types to mitigate climate change, and provide scientific basis for urban planning and environmental management. In addition, the study will also discuss the limitations and future development directions of GIS methods in urban green gas emission assessment, aiming to provide a more comprehensive perspective and methodological support for the formulation of urban sustainable development strategies.

Climate change with global warming as its main feature has become one of the most far-reaching global environmental problems in the world today. In 2007, the Fourth Assessment Report (AR₄) issued by the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) pointed out that some of the global warming phenomenon may be caused by the increase of greenhouse gases emitted by human activities. The warming caused by the increasing concentration of various greenhouse gases, mainly carbon dioxide, has greatly increased the frequency and intensity of extreme climate events. The grim reality prompts governments to work together to take effective measures to curb the further deterioration of the global climate. The 1992 United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) aims to stabilize the concentration of greenhouse gases in the atmosphere at a level that prevents dangerous anthropogenic interference with the climate system.

In the current world primary energy composition, oil accounts for 36 %, coal accounts for 28 %, natural gas accounts for 24 %, and their sum accounts for 88 %. If future development continues on the high-carbon model, the Earth will be overwhelmed by the middle of the century. In recent years, with the rapid development of China's economy, energy use and carbon dioxide emissions have also increased sharply. Since 1750, the cumulative global emissions of 1.1 trillion tons of carbon dioxide, of which developed countries accounted for 80 %, the United States occupies the first place, reaching 26.9 %, and China since 2009, has surpassed the United States to become the world's largest carbon dioxide emissions. In terms of energy structure, fossil energy accounts for 90 % of China's primary energy structure, of which coal accounts for 69 %. Before 2000, China was an oil exporter, and imported oil accounted for 52 % of the total in 2009. Oil imports are concentrated in the Middle East, one of the world's most unstable regions. Therefore, how to improve the energy structure and improve energy efficiency will be related to China's energy security.

Climate change is an environmental issue, a resource issue, and ultimately a development issue. The transformation of the extensive, high-carbon traditional economic development mode and the realization of the low-carbon development mode with low energy consumption, low emissions and low pollution as the basic characteristics is another major civilization progress characterized by ecological civilization after the primitive civilization, agricultural civilization and industrial civilization. Low-carbon development is the only way for sustainable urban development. In January 2008, China's first Harmonious City Forum opened, pointing out that "low-carbon economy is the only way to achieve sustainable urban development", "low-carbon city" became the theme of the domestic conference for the first time. In the same month, China's National Development and Reform Commission and the World Wide Fund for Nature (WWF) jointly selected Shanghai and Baoding as pilot low-carbon urban development projects. In 2010, China's National Development and Reform Commission identified eight cities in five provinces, including Nanchang, to carry out low-carbon pilot work; In 2012, China's National Development and Reform Commission identified the second batch of national pilot provinces and cities. In this way, cities will become the leaders of China's low-carbon future and will become the pioneers of China's sustainable development.

Traditional approaches to controlling greenhouse gas emissions include energy efficiency, clean and renewable energy, forest management and afforestation, waste disposal and recycling, industrial emission control, policy legislation, and public education and awareness raising. Together, these measures constitute a comprehensive strategy to address the challenge of climate change by optimizing energy use, promoting sustainable resource management, promoting cleaner production technologies, and strengthening laws and regulations and public participation. Practice has shown that these methods can effectively reduce greenhouse gas emissions and mitigate the trend of global warming, but their successful implementation requires extensive cooperation and sustained efforts of the international community.

As a comprehensive platform that integrates principles, methods and tools for visualizing, analyzing and modeling human activities and the environment, geospatial information systems (GIS) offer great potential for improving sustainability in the construction sector compared to traditional methods. This is particularly important in the context of renewable energy applications in buildings that aim to achieve the goal of net zero energy consumption, which requires minimizing energy consumption, improving efficiency, and prioritizing renewable energy sources. The complexity of these processes, including aspects such as data availability, scalability, and integrability, highlights the challenges of implementing effective GIS based solutions. A practical example of GIS application was observed in New Zealand's practice of monitoring greenhouse gas emissions and land use change to comply with the Kyoto Protocol. The Land Use and Carbon Analysis System (LUCAS) developed on ESRI's ArcGIS software exemplifies how GIS can support complex carbon sequestration calculations by leveraging validated land use and land use change data. The system is capable of assessing carbon stocks and changes, helps meet national and international reporting requirements, and highlights the critical role of GIS in environmental monitoring and policy compliance. These highlight the importance of GIS in promoting sustainable development in the construction sector, facilitating the identification of emission hotspots, optimizing the energy mix and implementing renewable energy technologies. However, the realization of these benefits depends on addressing the challenges associated with data management, technology integration, and the development of a clear, applicable framework for the application of GIS in green gas emission analysis.

Methodology. The purpose of this study is to analyze and evaluate the contribution and impact of urban landscape to green gas emissions by geographic information system (GIS), in order to provide scientific basis for urban planning and environmental management. The research questions focus on how to quantitatively assess the contribution of different urban landscape types (e.g., green Spaces, built-up areas, water bodies, etc.) to greenhouse gas emissions and explore possible strategies to reduce these emissions [3]. This study assumes that different landscape types in the city have significantly different impacts on green gas emissions, and the overall emissions can be effectively reduced by optimizing

urban landscape design. The scope of the study focuses on specific cities or urban clusters, taking into account the feasibility of data acquisition and the precision of the analysis, while clarifying the limitations of time

In this research, we focused on air quality monitoring data from around the world, which is derived from the outstanding contributions of the World Environmental Protection Agency (EPA). In particular, the agency coordinates an extensive network covering 2,000 major cities in 132 countries, which includes more than 50,000 air quality monitoring sites that provide us with real-time air quality information. This vast monitoring network covers the globe and provides a unique and valuable data resource for our research.

To ensure a high degree of consistency and comparability of the analysis results, the study only used data from monitoring sites that publish readings of particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀). Particulate matter is widely recognized as one of the key pollutants affecting air quality and human health, so its monitoring data is critical for assessing green gas emissions in urban landscapes and their potential health impacts. In addition, the Air Quality Index (AQI) published by each monitoring site is based on the U.S. Environmental Protection Agency's (EPA) Instant-Cast standard, which provides a scientifically rigorous and uniform methodological framework for assessing and reporting air quality internationally [4]. By using this criterion, the study was able to ensure a high degree of data consistency across different regions and countries, making cross-regional comparative analysis possible. Figure 1 shows the distribution of data sampling.



Figure 1 – The distribution of data sampling

As pointed out by Gintamo T et al., the adoption of GIS technology is very effective [5]. The application of GIS technology in this study includes data collection, spatial data processing and analysis. Here are the steps, as shown in Figure 2.

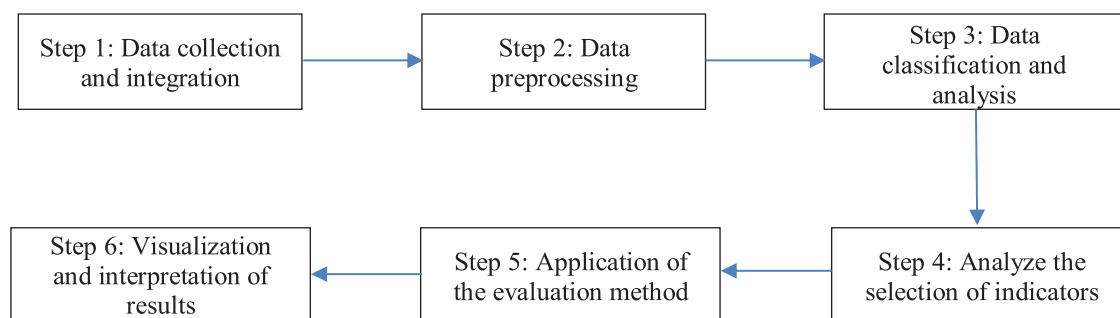


Figure 2 – GIS method steps

Result and analysis. In the results presentation section of this study, we will present the results obtained through GIS analysis and model evaluation in detail. The results will be presented in the form of maps, charts and statistics to visually reveal the impact of different landscape types on green gas emissions in the city. The map will show the spatial distribution of green gas emissions, highlighting hot spots; The chart will reveal the relationship between different landscape types and gas emissions; Statistical data provide quantitative analysis results to support subsequent discussions and conclusions. In the results interpretation section, we will delve into the patterns and trends revealed by GIS analysis. In particular, we will analyze how different landscape types in cities, such as parks, water bodies, residential areas, industrial areas and roads, affect green gas emissions, and examine how the distribution, size and configuration of these landscape elements are related to gas emissions. In addition, we will discuss the potential impact of changes in landscape structure, such as increased green space, changes in building density, or adjustments in traffic patterns, on reducing gas emissions, and what these changes mean for urban sustainability strategies. Where possible, the study will also include one or more case studies showing

how the methods presented in the study can be applied to practical analysis through specific urban examples. These case studies will describe the research process in detail, including steps such as data collection, GIS analysis execution, model application, and results interpretation. Through the results and enlightenment of case analysis, we will demonstrate the application value of GIS methods in actual urban environmental management and planning, and how to effectively reduce green gas emissions and promote urban environmental sustainability by optimizing urban landscape design.

Conclusion. In this research, we analyzed and evaluated the impact of urban landscape on green gas emissions by GIS method, and revealed the complex relationship between different urban landscape types and green gas emissions. Through the presentation of results in the form of maps, charts and statistical data, this study not only quantitatively assesses emissions from different areas of the city, but also explores the potential impact of landscape structural changes on gas emissions. Compared with the existing literature, the innovation of this study lies in the adoption of advanced GIS technology and methods to improve the accuracy and spatial resolution of the analysis of the relationship between urban landscape and green gas emissions. Based on the results of this research, we put forward a series of policy recommendations and practical significance. It is suggested that urban planners should consider the impact of landscape types on gas emissions in urban design and planning, and reduce urban green gas emissions through measures such as increasing green space, optimizing building layout and improving transportation system, so as to cope with climate change. In addition, this study emphasizes the importance of green construction and sustainable urban design, which provides a scientific basis for realizing the sustainable development of urban environment.

Looking forward to the future, the research can be further expanded from the following directions: first, improve and optimize GIS analysis methods to improve the accuracy and efficiency of analysis; The second is to expand the scope of the study to include more cities and regions to increase the universality and representativeness of the study; Third, explore new research topics, such as assessing the contribution of urban green infrastructure to climate change mitigation. Through the exploration of these future research directions, we can gain a deeper understanding of the interaction between urban landscape and environment, and provide support for achieving more sustainable urban development goals. In conclusion, this research effectively analyzes the relationship between urban landscape and green gas emissions through GIS, providing a new perspective and tool for urban planning and environmental management. This study not only answers the research questions, but also highlights its important contributions in theory and practice.

REFERENCES

1. Cristóbal J. Poyatos R et al. Combining remote sensing and GIS climate modelling to estimate daily forest evapotranspiration in a Mediterranean mountain area. *Hydrology and Earth System Sciences* (2011).
2. Suryabhagavan K. V. GIS-based climate variability and drought characterization in Ethiopia over three decades. *Weather and Climate Extremes* (2017).
3. Sturiale L. Scuderi A. The role of green infrastructures in urban planning for climate change adaptation. *Climate* (2019), 10.3390/cli7100119.
4. Hawchar L. Naughton O et al. A GIS-based framework for high-level climate change risk assessment of critical infrastructure. *Climate Risk Management* (2020), 10.1016/j.crm.2020.100235.
5. Gintamo T. T. Mengistu H. Kanyerere T. GIS-based modelling of climate variability impacts on groundwater quality: Cape Flats aquifer, Cape Town, South Africa. *Groundwater for Sustainable Development* (2021), 10.1016/j.gsd.2021.100663.

СОКРАЩЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ НАЗЕМНЫХ НАСЕКОМЫХ КАК СЛЕДСТВИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КРИЗИСА

DECLINE IN THE NUMBER OF TERRESTRIAL INSECTS AS A CONSEQUENCE OF THE ENVIRONMENTAL CRISIS

И. В. Стасюк, И. В. Полоско
I. Stasyuk, I. Polosko

*Учреждение образования «Брестский государственный медицинский колледж»,
г. Брест, Республика Беларусь
irina.polosko@mail.ru
Brest State Medical college, Brest, Republic of Belarus*

Изучили данные о численности насекомых, выявили источники загрязнения, проанализировав научные исследования, новостные статьи, показали значимость вопроса о последствиях сокращения насекомых. Научная работа посвящена вопросу изучения факторов сокращения численности насекомых и необходимости решения данной проблемы. В работе освещаются причины уменьшения популяции насекомых. Также рассматриваются последствия сокращения численности насекомых для экосистем и биоразнообразия на Земле.

We studied data on the number of insects, identified sources of pollution, analyzed scientific studies, news articles, and showed the significance of the issue of the consequences and relevance of insect reduction. The scientific work is devoted to the study of the factors reducing the number of insects and the need to solve this problem. The work discusses the reasons for the decline in insect populations. It also looks at the implications of insect declines for ecosystems and biodiversity on Earth.

Ключевые слова: насекомые, численность, причины сокращения, меры по сохранению, актуальность.

Keywords: insects, numbers, reasons for decline, conservation measures, relevance.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-56-60>

Цель. Актуализировать среди населения проблему сокращения численности наземных насекомых для уменьшения негативных факторов, которые ведут к данному процессу.

Задачи:

1. Изучить значение насекомых в природе и в жизни каждого человека.
2. Рассмотреть последствия сокращения численности насекомых, отразить связь между современными экологическими проблемами и сокращением численности насекомых.
3. Привлечь внимание молодежи, средств массовой информации, ученых, экологов НАН РБ к данной проблеме.
4. Создать информационный буклет, который будет применим в широких массах для актуализации проблемы среди населения.

Введение. Насекомые являются одной из самых многочисленных и разнообразных групп животных на Земле. Они играют важную роль в экосистемах, являясь опылителями растений, участвуя в разложении органических веществ, служа пищей для других животных и т.д. Однако в последние десятилетия наблюдается сокращение численности насекомых во многих частях мира. Эта проблема вызывает серьезную обеспокоенность, поскольку она может иметь негативные последствия для экосистем, сельского хозяйства, продовольственной безопасности и здоровья человека [1].

Почему же насекомые так важны в природе?

- Насекомые – источник пищи (например, комары, которые являются пищей для летучих мышей, рыб, земноводных, насекомоядных растений, источники энергии для высших трофических уровней).
- Насекомые – опылители (например, шмели, переносящие пыльцу между растениями, способствуют оплодотворению и размножению цветков).
- Насекомые дают продукты питания (например, мёд, получаемый из пчёл).
- Насекомые разлагают органические вещества (жуки-дровосеки, трутни, помогают очищать окружающую среду от мертвых растений и животных, также улучшают почву, высвобождая питательные вещества).
- Насекомые являются сырьем для текстильной и фармацевтической промышленности. Например, шелк, добываемый из нитей кокона шелкопряда.
- Насекомые контролируют численность видов (например, жуки-жужелицы способны уничтожать пауков, моллюсков и почвенных насекомых).
- Насекомые выполняют роль разрыхлителей почв, что благотворно влияет на сельское хозяйство. (например, жук-носорог которых рыхлит и обогащает кислородом почву) [1].

Сотрудники географического факультета МГУ приняли участие в крупнейшем исследовании изменения численности насекомых, которое позволило систематизировать данные, накопленные почти за сто лет наблюдений [1]. Результаты исследования опубликованы в журнале Science (рис.1).

За последние годы наблюдается значительное сокращение численности насекомых: на 0,92 % в год и примерно на 24 % за последние 30 лет во всем мире [1].

Был опубликован ряд исследований, которые демонстрируют резкое снижение численности насекомых. Наиболее угнетающие данные из заповедников в Германии показали значительное снижение биомассы летающих насекомых. Сокращений колеблется в зависимости от региона, так, например, в Германии на охраняемых природных зонах и заповедниках численность сократилась на 76 % за последние 27 лет, в тропиках Пуэрто-Рико на 78–98 % за 36 лет [1]. Это имеет негативные последствия для экосистем, ведь сокращение насекомых приведет к сокращению и других групп.

Более сильное снижение наблюдается в местах интенсивного использования человеком природных ресурсов и развития городов. В заповедниках же, сокращение численности менее интенсивное, особенно где почти отсутствует различная деятельность человека. Также учеными отмечено увеличение численности водных видов насекомых, что показывает улучшение качества воды и что восстановление или улучшение среды обитания способствует росту численности насекомых [1].

Международная группа учёных объединила усилия для сбора данных из 166 долгосрочных исследований, проведённых в 1676 точках земного шара в период между 1925 и 2018 годами, для изучения тенденций изменения численности насекомых (количества особей, не видов). Комплексный анализ выявил значительные различия в тенденциях даже среди близлежащих районов исследований. Например, в странах, где проводилось много

обследований насекомых, таких как Германия, Великобритания и США, в некоторых местах наблюдалось снижение, в то время как в достаточно близких районах отмечалось отсутствие изменений или даже рост численности[1].

Когда все исследования были объединены, ученые смогли оценить, как общая численность насекомых менялась в среднем с течением времени. Для наземных насекомых (насекомых, которые проводят всю жизнь на суше, таких как бабочки, кузнечики и муравьи) среднее снижение численности составило 0,92 % в год [1].

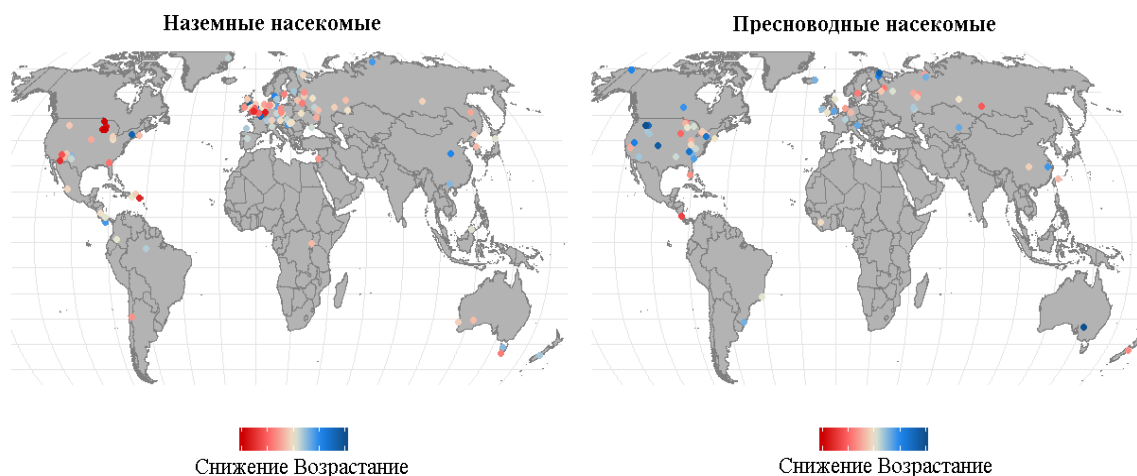


Рисунок 1 – Карта изменений численности насекомых

Причины сокращения численности насекомых (рис.2).

Существует ряд причин, которые способствуют сокращению численности насекомых [2].

К ним относятся:

- Использование пестицидов и других химических веществ в сельском хозяйстве. Они могут убивать насекомых напрямую, а также косвенно, воздействуя на их пищевые ресурсы и среду обитания. У насекомого после контакта с пестицидом или химическим веществом на растении происходит отравление и как следствие они погибают.
- Изменение климата. Глобальное потепление приводит к изменению температуры, влажности и других климатических условий, что может негативно влияет на насекомых и их размножение.
- Уничтожение естественных местообитаний насекомых. Развитие и рост городов, строительство дорог и другие виды деятельности человека приводят к уничтожению естественных мест обитаний насекомых, что лишает их пищи, дома и препятствует размножению. Загрязнение окружающей среды. Загрязнение воздуха, воды и почвы может негативно влиять на насекомых, вызывая у них заболевания и снижая их способность к размножению. Инвазивные виды насекомых могут вытеснять местные виды, отнимая у них место обитания, пищу, ресурсы, нарушая экосистему и как следствие сокращению местных видов насекомых.

Почти половина проанализированных исследований (49,7 процентов) главной причиной исчезновения насекомых называет изменение или исчезновение среды обитания. Поэтому же сокращается и численность млекопитающих и птиц. Следующим по важности фактором являются загрязнения, пестициды и инсектициды (они упоминаются в 28,5 процентах исследований), биологические причины, например болезни и паразиты, а также инвазивные виды (17,6 процентов исследований) и изменение климата (6,9 процентов исследований) [2].

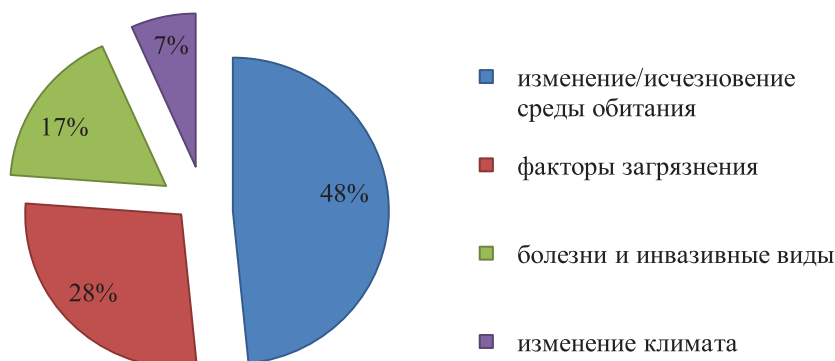


Рисунок 2 – Причины сокращения численности насекомых

Последствия сокращения численности насекомых [3].

Сокращение численности насекомых может иметь ряд негативных последствий для экосистем, сельского хозяйства, продовольственной безопасности и здоровья человека:

- Нарушение функционирования экосистем. Насекомые играют важную роль в работе экосистем, являясь опылителями растений, участвуя в разложении органических веществ, служа пищей для других животных и т.д. Таким образом, сокращение численности насекомых может привести к нарушению функционирования экосистем и негативно повлиять на биоразнообразие всех живых организмов.

- Снижение урожайности сельскохозяйственных культур. Насекомые являются важными опылителями сельскохозяйственных культур. Сокращение численности насекомых может привести к снижению урожайности сельскохозяйственных культур и увеличению затрат на производство продуктов питания.

- Снижение доступности пищи для человека. Некоторые насекомые являются важным источником пищи для человека во многих странах мира, ведь в них содержится много и белка и уровень калорий соответствует говядине. Также некоторые виды приносят продукты и опыляют растения, которые позже могут пойти в пищу, например пчелы, опыляющие цветки и дающие мёд. Сокращение численности насекомых может привести к снижению доступности пищи и негативно повлиять на продовольственную безопасность и разнообразие продуктов питания людей.

- Снижение доступности лекарственных веществ и косметики. Многие лекарственные препараты производятся из веществ, которые содержатся в насекомых, например хитозан, извлекаемый из экзоскелета насекомых. Сокращение численности насекомых может привести к снижению доступности этих лекарственных веществ и негативно повлиять на здоровье человека.

- Сокращение текстильного сырья. Нити шелка добываются из кокона шелкопряда.

- Ухудшение качества почвы и как следствие снижение урожайности и качества продуктов питания.

- Снижение численности консументов 1 порядка. Поскольку насекомые являются пищей для птиц (консументов 1 порядка), будет наблюдаться сокращение их численности.

Меры по сохранению насекомых [4].

Для сохранения насекомых необходимо предпринять ряд мер, в том числе:

- Снижение использования пестицидов и других химических веществ в сельском хозяйстве, в результате избегая отравления и их гибели или уничтожения среды обитания.

- Сохранение и восстановление естественных местообитаний насекомых, способствует разнообразию насекомых, их размножению и пропитанию.

- Борьба с инвазивными видами насекомыми, так как они уничтожают места обитания местных насекомых, конкурируют за пищу и нарушают экосистему

- Повышение осведомленности населения о важности насекомых и необходимости их сохранения путем информирования в средствах массовой информации, в школах и учреждения высшего образования, проведения экологических акций и мероприятий с привлечением населения.

Заключение. Сокращение численности насекомых является серьезной проблемой, которая может иметь негативные последствия для экосистем, сельского хозяйства, продовольственной безопасности, биоразнообразия и здоровья человека. Необходимо предпринять экстренные меры для сохранения насекомых и предотвращения дальнейшего сокращения их численности.

Практическая значимость работы заключается в том, что нами разработан информационный буклет (рис.3), который включает меры по сохранению численности насекомых, доступные каждому человеку.



Рисунок 3 – Информационный буклет «Сохраним биоразнообразие и численность насекомых вместе!»

ЛИТЕРАТУРА

1. Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://msu.ru/news/novosti-nauki/uchyenyie-obobshchili-dannye-o-dinamike-chislennosti-nasekomykh.htm>. – Дата доступа: 10.02.2024.

2. Научно-популярное издание N+1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nplus1.ru/news/2019/02/12/Insects-decline/amp>. – Дата доступа: 12.02.2024.

3. Международное издательство Science [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.aax9931>. – Дата доступа: 14.02.2024.

4. Научно-популярное издание N+1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nplus1.ru/news/2019/02/12/Insects-decline/amp>. – Дата доступа: 15.02.2024.

**ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ЦЕХА
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА
ОТ СЖИГАНИЯ ОТРАБОТАННЫХ ШИН АВТОТРАНСПОРТА**
**ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE WORKSHOP
THE USE OF ALTERNATIVE FUELS FROM THE COMBUSTION
OF USED VEHICLE TIRES ON THE ATMOSPHERIC AIR**

К. Н. Креськина, Д. С. Барышников, Л. М. Хурнова
K. N. Kreskina, D. S. Baryshnikov, L. M. Khurnova

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
Г. Пенза, Россия
ie@pguas.ru*

*Penza State University of Architecture and Construction Penza, Russia
ie@pguas.ru*

Технология утилизации отработанных шин автотранспорта термическим методом является хорошо известной. Рассматривается возможность использования полученной альтернативной энергии для замены части природного газа при производстве клинкера в цементной промышленности. Проведена оценка воздействия на атмосферный воздух цеха по использованию альтернативного топлива, которая показала, что несмотря на значительное снижение количества загрязняющих веществ в выбросах цеха, по 5 загрязняющим веществам отмечается существенное увеличение валовых выбросов (марганец и его соединения, меди оксид, соляная кислота, сера диоксид, фтористые соединения). Для снижения уровня валовых выбросов необходима реконструкция существующего производства, предусматривающая оборудование источников выбросов газоочистными установками.

The technology of recycling used motor vehicles tires by thermal method is well known. The possibility to use the obtained alternative energy for replacement of a part of the natural gas in the production of clinker in the cement industry is examined. The impact on the atmospheric air of the workshop for the use of alternative fuels on the atmospheric air was assessed, the assessment showed that despite the significant decrease in the amount of pollutants in the emissions of the workshop, there was the significant increase in gross emissions for 5 pollutants (manganese and its compounds, copper oxide, hydrochloric acid, sulfur dioxide, fluoride compounds). In order to reduce the level of gross emissions, the reconstruction of the existing production, which provides installation of gas purification plants in the emission sources, is necessary.

Keywords: impact assessment, combustion, used tires, clinker, alternative fuel.

Ключевые слова: оценка воздействия, сжигание, отработанные шины, клинкер, альтернативное топливо.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-60-63>

Целью данной работы является оценка воздействия на атмосферный воздух цеха по использованию альтернативного топлива от сжигания отработанных шин автотранспорта.

Технология утилизации отработанных шин автотранспорта с использованием термического метода рассматривается как источник альтернативного топлива, используемого при обжиге клинкера во вращающейся печи для снижения себестоимости выпускаемой продукции, возможность реализации принципов экономики замкнутого цикла, способ сокращения объемов использования не возобновляемых ископаемых видов топлива.

Система обжига клинкера включает в себя температурные режимы, состав сырья, конструктивные решения и направлена на связывание вредных составляющих получаемого альтернативного топлива.

Приоритетными факторами, обеспечивающими заданный уровень экологической безопасности технологии утилизации, являются [1]:

- высокая температура материала (до 1450 °С) и газовой среды (до 2000 °С);
- значительное время пребывания газов в горячей зоне - более 7 секунд при температуре выше 1200 °С;
- щелочная среда материала в печи;

- движение материала и газов в противотоке;
- интенсивный контакт между твердыми и газообразными фазами;
- оснащение установок эффективными газоочистными установками.

Основным требованием, предъявляемым к альтернативному топливу, является создание дополнительной теплотворной способности для системы обжига клинкера, а также средней теплотворной способности топливной смеси не менее 18–22 ГДж/т, необходимой для поддержания основного горения.

Сравнение низшей теплотворной способности различных источников альтернативного топлива представлено в таблице 1.

Таблица 1

Значения низшей теплотворной способности альтернативных видов топлива [2,3]

Топливо	Теплотворная способность, ГДж/т		
	Среднее значение	Минимальная	Максимальная
Отработанное масло	30,6	27,0	34,2
Отработанные шины и отходы резины	29,4	27,2	31,5
Древесные отходы	13,4	7,3	19,5
Полимерные отходы	35,7	19,2	44,3
Отходы бумаги	16,7	9,4	23,9
Текстильные отходы	17,4	13,0	21,8
Пищевые отходы	17,0	12,0	25,0
Растительные отходы	16,0	14,0	18,0

Анализ таблицы 1 позволяет сделать вывод о высокой теплотворной способности альтернативного топлива, получаемого при сжигании отработанных шин, сопоставимой с показателями отработанных масел.

Принципиальное значение имеет то, что вся образующаяся зола добавляется к цементному клинкеру и становится его частью как продукта.

Сочетание одновременной рекуперации энергии и переработки материалов является уникальным для технологии утилизации применительно именно к отходам отработанных шин (высокая теплотворная способность и значительное содержание железа). Таким образом, состав золы создает добавленную ценность к процессу утилизации, обеспечивая соответствие состава сырья высокому качеству клинкера.

Приоритетным направлением негативного воздействия на окружающую среду является загрязнение атмосферного воздуха продуктами сжигания отходов отработанных шин.

В таблице 2 представлены средние значения и среднесуточные предельно допустимые концентрации маркерных веществ в выбросах цементных заводов с учетом требований информационно-технического справочника, в том числе, при использовании альтернативного топлива [4].

Таблица 2

Предельные значения выбросов цементных заводов с учетом требований наилучших доступных технологий

Загрязняющее вещество	Норматив	Единица измерения	Значение
Пыль с содержанием кремния: - менее 20 % - 20–70 % - более 70 %	ПДК _{сс}	мг/нм ³	Менее 25 Менее 50 Менее 250
Азота оксида	ПДК _{сс}	мг/нм ³	Менее 500
Азота диоксида	ПДК _{сс}	мг/нм ³	Менее 800
SO ₂	ПДК _{сс}	мг/нм ³	Менее 400
Ртуть и ее соединения	Среднее значение	мг/нм ³	Менее 0,05
Кадмий и таллий (суммарно)	Среднее значение	мг/нм ³	Менее 0,05
Свинец и его соединения	Среднее значение	мг/нм ³	Менее 0,07
Аммиак	Среднее значение	мг/нм ³	Менее 50
Медь, оксид меди	Среднее значение	мг/нм ³	Менее 0,1
CO	ПДК _{сс}	мг/нм ³	Менее 500
HCl	Среднее значение	мг/нм ³	Менее 10
Фтористый водород	Среднее значение	мг/нм ³	Менее 1,0
Диоксины	Среднее значение	нг*1·TEQ/м ³	Менее 0,2

Технология сжигания отработанных шин включает в себя следующие операции:

- отработанная шина подается на рольганговый стол;
- с помощью крюкового элеватора подается в камеру, где происходит ее сжигание;
- полученное альтернативное топливо подается в печь.

При работе с использованием только основного топлива (природный газ) в атмосферный воздух от стационарных источников производства цемента выделяются 46 загрязняющих веществ, в том числе 34 – газообразных и жидких и 12- твердых. При этом 2 вещества относятся к I классу опасности, 11 веществ относятся ко II классу опасности, 16 веществ относятся к III классу опасности, 9 веществ относятся к IV классу опасности.

При использовании альтернативного топлива в атмосферный воздух дополнительно будут выделяться 12 загрязняющих веществ, в том числе диВанадий пентоксид (пыль), кадмий оксид, кобальт, никель, ртуть металлическая, свинец и его неорганические соединения, таллий карбонат, сурьма, мышьяк неорганические соединения, пыль древесная и диоксины.

От цеха по использованию альтернативного топлива на цементном заводе будет выбрасываться около 23 ингредиентов, из них 8 веществ относятся к I классу опасности, 6 веществ относятся ко II классу опасности, 5 веществ относятся к III классу опасности, 1 вещество относится к IV классу опасности.

Наличие в выбросах загрязняющих веществ от цементного производства с учетом существующего положения и работы цеха по использованию альтернативного топлива, а также результаты качественного сравнения значений валовых выбросов, представлены в таблице 4. Качественная оценка валовых выбросов проводилась с использованием шкалы относительной важности (таблица 3). Если валовый выброс от существующего положения превышает валовый выброс от цеха по производству альтернативного топлива, то ставится целое число в таблице 4, если меньше- то ставится дробь.

Таблица 3

Шкала относительной важности

Качественная оценка	Количественная оценка (балл)
Равная	1
Умеренно превышает	3
Существенно превышает	5
Очень сильно превышает	9

Таблица 4

Валовые выбросы загрязняющих веществ от цементного производства

Вещество		Наличие загрязняющего вещества в выбросах			
код	наименование	Существующее положение		Цех по использованию альтернативного топлива	
		Есть/нет	Относительная важность	Есть/нет	Относительная важность
1	2	3	4	5	6
0110	диВанадий пентоксид (пыль)	нет	-	есть	-
0123	диЖелезо триоксид	есть	-	нет	-
0133	Кадмий оксид	нет	-	есть	-
0134	Кобальт	нет	-	есть	-
0143	Марганец и его соединения	есть	1/9	есть	9
0146	Медь оксид	есть	1/9	есть	9
0150	Натрий гидрооксид	есть	-	нет	-
0163	Никель и его соединения	нет	-	есть	-
0186	Ртуть метал.	нет	-	есть	-
0184	Свинец и его неорганические соединения	нет	-	есть	-
0191	Таллий карбонат	нет	-	есть	-
0203	Хром /в пересчете на хрома (VI) оксид	есть	1	есть	1
0290	Сурьма	нет	-	есть	-
0301	Азота диоксид	есть	5	есть	1/5
0302	Азотная кислота (по молекуле HNO3)	есть		нет	
0303	Аммиак	есть	-	нет	-
0304	Азот (2) оксид	есть	5	есть	1/5
0316	Соляная кислота	есть	1/9	есть	9
0322	Серная кислота	есть	-	нет	-
0323	Кремния диоксид аморфный	есть	-	нет	-
0325	Мышьяк, неорганические соединения	нет	-	есть	-
0328	Углерод	есть	9	есть	1/9

1	2	3	4	5	6
0330	Сера диоксид	есть	1/9	есть	9
0333	Дигидросульфид	есть	-	нет	-
0337	Углерода диоксид	есть	5	есть	1/5
0342	Фтористые газообразные соединения	есть	1/5	есть	5
0344	Фториды неорганические плохо растворимые	есть	-	нет	-
0410	Метан	есть	-	нет	-
0415	Смесь предельных углеводородов C ₁ H ₄ -C ₅ H ₁₂	есть	-	нет	-
0416	Смесь предельных углеводородов C ₆ H ₁₄ -C ₁₀ H ₂₂	есть	-	нет	-
0501	Пентилены	есть	-	нет	-
0602	Бензол	есть	-	нет	-
0616	Диметилбензол	есть	-	нет	-
0621	Метилбензол	есть	-	нет	-
0627	Этилбензол	есть	-	нет	-
0703	Бензапирен	есть	-	нет	-
1042	Бутан(ол)	есть	-	нет	-
1061	Этанол	есть	-	нет	-
1071	Фенол	есть	-	нет	-
1119	2-Этоксизэтанол	есть	-	нет	-
1210	Бутилацетат	есть	-	нет	-
1317	Ацетальдегид	есть	-	нет	-
1325	Формальдегид	есть	-	нет	-
1401	Пропан-2-он	есть	-	нет	-
1555	Этановая кислота	есть	-	нет	-
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый)	есть	-	нет	-
2732	Керосин	есть	9	есть	1/9
2752	Уайт-спирит	есть	-	нет	-
2868	Эмульсол	есть	-	нет	-
2907	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: более 70	есть	-	нет	-
2908	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: 70–20	есть	-	нет	-
2909	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: менее 20	есть	3	есть	1/3
2930	Пыль абразивная (Корунд белый, Монокорунд)	есть		нет	-
2936	Пыль древесная	нет		есть	-
3620	Диоксины	нет		есть	-

Таким образом, анализ валовых выбросов на существующее положение и с внедрением цеха по использованию альтернативного топлива показал:

- в выбросах цеха по использованию альтернативного топлива отсутствуют 32 загрязняющих вещества;
- 12 новых загрязняющих веществ добавились в состав выброса от цеха по использованию альтернативного топлива;
- по 5 загрязняющим веществам можно отметить существенное увеличение валовых выбросов (марганец и его соединения, меди оксид, соляная кислота, сера диоксид, фтористые соединения).

Для снижения уровня валовых выбросов необходима реконструкция существующего производства, заключающаяся в оснащении стационарных источников специальными газоулавливающими установками, что позволит повысить уровень экологической безопасности при эксплуатации цеха по использованию альтернативного топлива, полученного путем сжигания отработанных шин автотранспорта [5].

ЛИТЕРАТУРА

- Хёниг, Ф. Технологии использования альтернативных видов топлива в производстве цемента / Ф. Хёниг, Ш. Шефер, Н. Бодендик // Технические рекомендации. – М.: ГИЦ, 2018. – 29 с.
2. Трофименко Ю.В., Воронцов Ю.Н., Трофименко К.Ю. Переработка и использование изношенных шин// Твердые бытовые отходы. 2014..№ 3(93). с. 42–49
3. Некрасов В.Г. Изношенные автомобильные шины как вторичный энергоресурс// Промышленная энергетика. 1992. № 7. с.42–45
4. ИТС 6-2022 Производство цемента.- М.: Росстандарт, 2022.- 302 с.
5. ИТС 9-2020 Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами.- М.: Бюро НДТ, 2020.- 208 с.

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА СТРУКТУРУ ЛИХЕНОЦЕНОЗОВ ПРИДОРОЖНОЙ ЗОНЫ ЛЕСОПАРКОВ г. ПЕНЗЫ

IMPACT OF AIR POLLUTION ON THE STRUCTURE OF LICHENOCENOSIS IN THE ROADSIDE AREA OF FOREST PARKS IN PENZA

О. Н. Федосеев, Г. А. Борисов, А. А. Гунин
O. N. Fedoseev, G. A. Borisov, A. A. Gunin

Российская федерация. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
Russian Federation. Penza State University of Architecture and Construction
OlegF1962@mail.ru

Произведено исследование влияния концентрации окислов азота и серы на распределение и площадь проективного покрытия лишайниками форофитов, расположенных в придорожной полосе лесопарковых зон г. Пензы. Выяснено, что наибольшую устойчивость к загрязнению имеют накипные лишайники р. *Cladonia*, наименьшую – р. *Parmelia*. При достижении концентрации данных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов ПДК_{сс} возможно нахождение накипных лишайников на коре деревьев в минимальных количествах, но индекс разнообразия по IAP будет близок к нулю.

The influence of the concentration of nitrogen and sulfur oxides on the distribution and sparing of projective coating with lichens of forophytes located in the roadside strip of the forest areas of Penza was studied. It has been found that the largest resistance to pollution is the scale lichens of the *Cladonia* river, the smallest is the *Parmelia* river. When the concentration of these substances in the atmospheric air of MPC average daily settlements is reached, it is possible to find scale lichens on the tree bark in minimal quantities, but the IAP diversity index will be close to zero.

Ключевые слова: лишайники, лихеноиндикация, загрязнение атмосферного воздуха в городах.

Keywords: lichens, lichenoidication, urban air pollution.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-64-67>

В условиях антропогенного изменения среды видовое разнообразие лишайников обедняется, что связано с различной приспособительной способностью к условиям среды у разных видов [1]. Применение организмов - биоиндикаторов, отвечающих на загрязнение среды изменением популяционных показателей, имеет ряд преимуществ. С одной стороны, это позволяет уменьшить применение дорогих физико-химических методов анализа. С другой стороны такие организмы суммируют важные для них эффекты загрязнения, что позволяет выяснить скорость изменений, пути и места скопления в экосистемах различных токсикантов, делать выводы о степени опасности для человека и полезной биоты конкретных веществ или их сочетаний [2].

Лишайники, в плане их использования в качестве биоиндикаторов представляют большой интерес. В частности их распределение можно использовать для оценки общей токсичности атмосферного воздуха на линейных источниках выделения загрязняющих веществ, например автодорог. В то же время зона исследования должна иметь экологические ниши для лишайников по показателям влажности и освещенности. Такими местами являются лесопарковые зоны городов.

В связи с этим в исследовании были поставлены следующие задачи:

определить биоразнообразие лихенофлоры на форофитах придорожных зон в экосистемах, благоприятных по своим параметрам для обитания лишайников;

определить устойчивость различных видов лишайников к основным токсичным компонентам отработавших газов автотранспорта.

Материал и методы. Для проведения исследований были выбраны три парка г. Пензы - ЦПКиО им. Белинского, скверы, расположенные рядом с библиотекой им. Лермонтова и сквер ДК им. Дзержинского. Исследуемые участки являются зонами отдыха горожан, поэтому чистота воздуха в этих зонах - один из факторов сохранения здоровья жителей Пензы.

Исследования проводились в 2021 - 2023 гг. в три этапа. Материалом для третьего этапа, освещаемого в данной работе, явились результаты измерений площади талломов определенных на высоте форофита 150 см. на 15 участках парков, расположенных в 5 и 10 м от проходящих мимо автодорог. Измерение загрязненности атмосферы производилось газоанализатором УГ-2, аспиратор НП-3М, зонд пробоотборный ЗП-ГХК-ПВ, индикаторные трубки серии ТИ, тестированные в лаборатории экологического мониторинга ФБУЗ ЦГСЭН №59. Идентификация лишайников проводились согласно справочнику-определителю [3].

Для определения степени комфортности условий среды произрастанию лихенофлоры воспользовались методикой измерения проективного покрытия А.В. Пчёлкина и А.С. Боголюбова [4].

Статистическую обработку и кластерный анализ условий существования лишайников проводили с помощью программы Statistica 10 Copyright © StatSoft, Inc 1984–2011.

Результаты и обсуждение. Исследования лишайнофлоры парков города Пензы показали, что видовой состав имел самое высокое разнообразие в большом лесопарке им. Белинского. На остальных участках количество встречающихся видов не превышало пяти. Также и наибольшее проективное покрытие форофитов было обнаружено в ЦПКиО им Белинского.

Таблица 1

Видовой состав лишайников лесопарковой зоны г. Пензы

Виды лишайников	Участки		
	ЦПКиО им. Белинского	Парк библиотеки им. Лермонтова	Сквер ДК им. Дзержинского
<i>Кустистые</i>			
Ramalina synensis	+	+	
Evemia mesomorpha	+	+	
Usnea longissima	+		
<i>Листоватые</i>			
Parmelia utophyllodes		+	+
Parmelia sulcata	+		
Parmelia olivacea	+		
Hypogymnia physodes	+		
Physcia aipolia	+		
Physcia adscendens	+		
<i>Накипные</i>			
Cladonia sp.	+	+	+
Artopyrenia gemmata.		+	

Количество видов четко коррелирует со средним уровнем загрязнения атмосферного воздуха данных участков. Так в парке им. Белинского, с наименьшими показателями средней загрязненности воздуха (NO_x : $C \pm m = 0,011 \pm 0,002$ мг/м³; SO_2 : $C \pm m = 0,010 \pm 0,001$ мг/м³) зафиксировано наибольшее разнообразие видов лишайников - 9. Для сравнения, на других участках данные показатели находились в следующих пределах. Участок 2 – парк библиотеки им. Лермонтова - 5 видов, уровни загрязнения: NO_x $C \pm m = 0,041 \pm 0,005$ мг/м³; SO_2 : $C \pm m = 0,027 \pm 0,004$ мг/м³. На третьем участке – сквере ДК им. Дзержинского обнаружено всего два вида. Уровни загрязнения атмосферного воздуха по оксидам азота были наибольшими - $C \pm m = 0,054 \pm 0,003$ мг/м³, по диоксиду серы $C \pm m = 0,021 \pm 0,002$ мг/м³.

Наибольшую встречаемость обнаружил вид накипного лишайника рода Cladonia. Он был нами зафиксирован в составе лишайнофлоры на всех участках. Не было его только в местах наибольших загрязнений в точках, расположенных в непосредственной близости от автодорог.

В целях классификации и упрощения исследования мы произвели объединение некоторых точек. Типизация точек, на которых производилась съемка проективного покрытия может также показать какие местообитания являлись наиболее неблагоприятными с точки зрения возможности обитания там представителей лишайнофлоры, а соответственно и в отношении влияния на другие организмы, в том числе и на человека.

Результаты кластерного анализа, произведенного по усредненным значениям измеренных параметров окружающей среды для выделенных в нашем исследовании местообитаний представлены на рисунке 1.

Условия обитания лишайников в городской среде, а также их видовое разнообразие распределялись по следующим группам биотопов:

Группа 1: лесная автодорога (2), поворот автодороги (1), автодорога у парка по ул. Советской (7), парк площади Советской (8), парк вдоль улицы Белинского (9), сквер библиотеки им. Лермонтова вдоль ул. Лермонтова (10). Данные точки в основной своей массе представляют собой разрезы, перпендикулярные линейному источнику загрязнения или открытому участку местности. Вдоль этих разрезов большинство факторов следы, также как и разнообразие лишайнофлоры изменяется по градиенту.

Группа 2: сквер в парке им. Белинского (3), ул. Лермонтова (6), перекресток ул. Октябрьская (11). Условия среды схожи с предыдущими, но градиент изменения факторов среды выражен гораздо сильнее.

Группа 3: только одна точка с уникальными условиями (12) – западная часть парка ДК им Дзержинского вдоль ул. Октябрьская, защищенная с запада высоким зданием.

Группа 4: точки, расположенные в глубине парковой зоны с относительно чистым воздухом, высокой влажностью и затененностью - центр парка им. Белинского (4, 5), северная часть парка ДК им. Дзержинского (13).

Группа 5: Середина парковой зоны с хорошим освещением и умеренным загрязнением (14, 15).

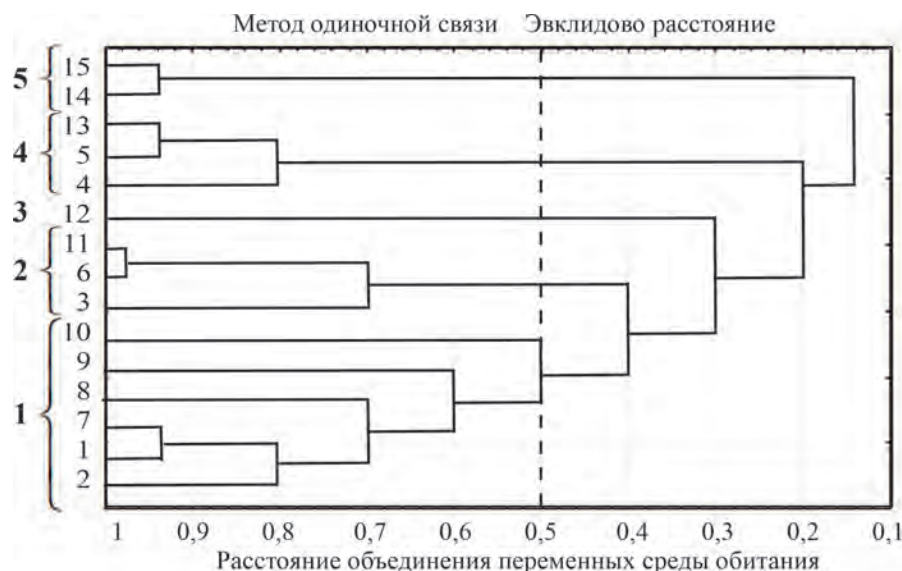


Рисунок 1 – Дендрограмма кластерного анализа местообитаний лишайников по параметрам загрязненности атмосферного воздуха, относительной влажности, освещенности и индекса разнообразия лишенофлоры

Из таблицы 1 видно, что общие изменения структуры лишеносинузид под воздействием загрязнения проявляются в уменьшении числа чувствительных видов, смене субстратов и увеличении обилия устойчивых к загрязнению атмосферы видов, которым причисляются накипные лишайники рода *Cladonia*¹. Выявлены следующие изменения в видовом составе лишайников в условиях загрязнения: обеднение его видового состава, изменение спектра жизненных форм (уменьшение доли кустистых и, в меньшей степени, листоватых лишайников), сокращение числа видов, проявляющееся в снижении индекса разнообразия по IAP. Подобную картину наблюдали и ранее [5].

В основе изменения видового состава лишайниковых сообществ под влиянием загрязнения лежит дифференциальная чувствительность различных видов к воздействию загрязнителей. Так данные, касающиеся распространения видов, и мониторинг по определению концентраций загрязняющих веществ в местах их произрастания позволяют составить точные количественные шкалы чувствительности видов к различным загрязнителям [6]. В нашем случае данную закономерность можно проиллюстрировать зависимостью индекса разнообразия по IAP от уровня концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (рисунок 2).

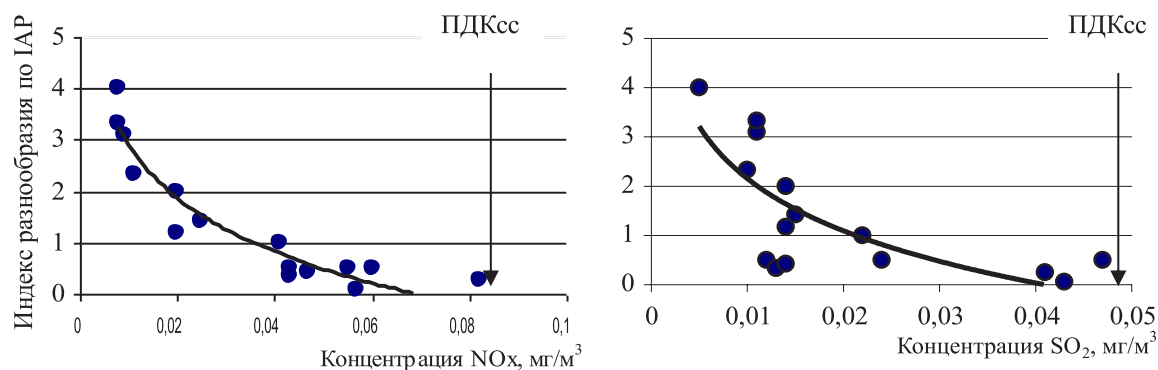


Рисунок 2 – Зависимость индекса IAP от загрязненности атмосферного воздуха

Данная зависимость носит отрицательный характер и в большинстве случаев оказалась достоверной для нижнего порога вероятности. Коэффициент корреляции зависимости IAP от содержания в воздухе окислов азота оказался высоким ($r \pm m_r = -0,86 \pm 0,14$; достоверность по Стьюденту 6,12; стандартные значения критерия Стьюдента 2,2-3,0-4,2).

Показатель силы влияния фактора загрязнения воздуха данным загрязняющим веществом $\eta_x^2 \pm m_{\eta x^2} = 0,75 \pm 0,10$; достоверность по Фишеру 7,53; стандартные значения 3,5-6,0-11,3. В отношении зависимости индекса разнообразия от содержания в воздухе сернистого ангидрида ситуация оказалась примерно похожей, хотя значения критериев связи получились несколько ниже предыдущих ($r \pm m_r = -0,62 \pm 0,22$; $t = 2,88$; $t_{st} = \{2,2-3,0-4,2\}$; $\eta_x^2 \pm m_{\eta x^2} = 0,41 \pm 0,24$; $F = 1,75$; $F_{st} = \{3,5-6,0-11,3\}$).

В исследовании Geebelen W. и Hoffman M. [7], посвященном определению относительной эффективности различных биоиндикационных методов с использованием эпифитов, был проведен анализ IAP. В нем была показана наибольшая корреляция значений концентрации диоксида серы в атмосфере и индексов, основанных на

анализе распространения избранных индикаторных видов лишайников. Это эвритоппные виды, но с некоторыми ограничениями в распространении, связанными с кислотностью среды. Для анализа предложены 17 индикаторных видов. В нашем исследовании из них обнаружен только один и из указанных родов – *Usnea* и дополнительно обнаружено 7 видов из 5 родов.

Индексы, основанные на учете всех видов эпифитов, включая и мхи, не дают более высокой корреляции с величиной содержания диоксида серы в атмосфере. В нашем исследовании при увеличении содержания окислов серы и азота в атмосферном воздухе снижается видовое разнообразие лишенофлоры, самыми неустойчивыми в загрязнении оказываются листовые формы, самыми устойчивыми – накипные, в частности род *Cladonia*.

По возрастанию устойчивости к загрязняющим веществам все встреченные виды можно расположить в следующем порядке: *Parmelia sulcata*, *Parmelia olivacea*, *Hypogymnia physodes*, *Physcia aipolia*, *Physcia adscendens*, *Usnea longissima*, *Ramalina synensis*, *Evemia mesomorpha*, *Arctopyrenia gemmata*, *Parmelia utrophyllodes*, *Cladonia* sp.

По эвритоппности: *Usnea longissima*, *Parmelia sulcata*, *Parmelia olivacea*, *Hypogymnia physodes*, *Physcia aipolia*, *Physcia adscendens*, *Arctopyrenia gemmata*, *Ramalina synensis*, *Evemia mesomorpha*, *Parmelia utrophyllodes*, *Cladonia* sp.

Сравнение наших исследований и исследований, проведенных в рекреационных зонах г. Ставрополя, показали, что из 10 видов, там встречающихся, в нашем случае встретились всего 2. Это свидетельствует о том, что для разных климатических зон видовой состав лишеносинузидов отличается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малышкин, Н.Г. Оценка состояния атмосферного воздуха в районе деятельности промышленного предприятия методом лишеноиндикации / Н.Г. Малышкин // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 11-2. – С. 361–365; URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36953> (дата обращения: 19.02.2024).
2. Федосеев О.Н., Хурнова Л.М., Мамина Д.Х. Исследование зависимости проективного покрытия лишайниками форофита от ключевых факторов среды // Естественные и технические науки. №10 (173). – М., Издательство «Спутник+», 2022. С. 71–76.
3. Мучник Е.Э., Инсарова И.Д., Казакова М.В. Учебный определитель лишайников Средней России: учебно-методическое пособие / Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина. - Рязань, 2011. - 360 с.
4. Пчелкин А.В., Боголюбов А.С. Методы лишеноиндикации загрязнений окружающей среды: методическое пособие. - М.: Экосистема, 1997. С. 27.
5. Малышева Н.В. Биоразнообразие лишайников и оценка экологического состояния парковых ландшафтов с помощью лишайников (на примере парков окрестностей Санкт-Петербурга) // Новости систематики низших растений. С.-Пб., 1996. Т. 31. С. 135–137.
6. Van Dobben H.F., ter Braak C.J.F. Ranking of epiphytic lichen sensitivity to air pollution using survey data: a comparison of indicator scales // Lichenologist, 1999. Vol. 31 (1). P. 27–39.
7. Geebelen W., Hoffman M. Evaluation of bio-indication methods using epiphytes by correlating with SO₂-pollution parameters // Lichenologist, 2001. Vol. 33 (3). P. 249–260.

ФИКСАЦИЯ АЗОТА КЛУБЕНЬКАМИ ГОРОХА ПОСЕВНОГО (*PISUM SATIVUM* L.) ПРИ ПОМОЩИ АЗОТФИКСИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ NITROGEN FIXATION BY PEAS NODULES (*PISUM SATIVUM* L.) USING NITROGEN-FIXING BACTERIA ISOLATED FROM SOILS OF DIFFERENT REGIONS

**А. Э. Юницкий, И. В. Налетов, В. С. Заяц
A. E. Unitsky, I. V. Naletov, V. S. Zayats**

ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Республика Беларусь
v.zayats@unitsky.com
Unitsky String Technologies, Inc. Minsk. Republic of Belarus

Исследования, проведенные в данной работе, посвящены изучению влияния ассоциации почвенных азотфиксирующих микроорганизмов на формирование клубеньков у растений Гороха посевного (*Pisum sativum* L.) Ассоциации азотфиксирующих бактерий были получены из почв различных регионов мира. Оценка влияния выделенных ассоциаций проводилась на жидкой питательной среде без азота. Оценивался среднесуточный прирост вегетативной массы, а также клубеньки на корнях (масса, количество). По результатам исследований была определена ассоциация микроорганизмов, обладающий наибольшим потенциалом к фиксации азота. Данные результаты указывают на важность рассмотрения альтернативных источников азотфиксирующих микроорганизмов при изучении процессов фиксации азота в природных экосистемах.

The research conducted in this work is devoted to the study of the influence of the association of soil nitrogen-fixing microorganisms on nodule formation in plants of pea (*Pisum sativum* L.) Associations of nitrogen-fixing bacteria were obtained from soils of different regions of the world. The influence of the isolated associations was evaluated on liquid nutrient medium without nitrogen. The average daily growth of vegetative mass, as well as nodules on roots (mass, number) were evaluated. Based on the results, the association of microorganisms with the highest potential for nitrogen fixation was identified. These results indicate the importance of considering alternative sources of nitrogen-fixing microorganisms when studying nitrogen fixation processes in natural ecosystems.

Ключевые слова: *Pisum sativum*, клубеньки, азотфиксаторы, ассоциация микроорганизмов.

Keywords: *Pisum sativum*, nodules, nitrogen fixers, association of microorganisms.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-67-70>

Продуктивность бобовых культур определяется многими факторами, среди которых, одним из первостепенных, является активность симбиотических взаимоотношений между клубеньковыми бактериями и бобовым растением [1]. При лучшей обеспеченности растений биологическим азотом формируется большая ассимиляционная поверхность, увеличиваются фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза, накопление сухого вещества всеми органами растений и, в конечном счете, урожай и белковая продуктивность посевов. Биологическая фиксация азота (N_2) является процессом преобразования атмосферного азота в биодоступную форму, такую как аммоний (NH_4^+), который используется организмами (бактериями, водорослями, грибами и растениями) для синтеза органических соединений, включая белки и нуклеиновые кислоты. Этот процесс играет важную роль в биогеохимическом цикле азота и является ключевым для поддержания жизни на Земле.

Фермент, ответственный за биологическую фиксацию азота, называется нитрогеназой. Существуют различные формы нитрогеназы, которые отличаются по составу активного центра, в котором содержится переходный металл. Наиболее распространенной и хорошо изученной формой является молибден-нитрогеназа, которая содержит молибден в своем активном центре. Также существуют ванадиевая и железная формы нитрогеназы, иногда называемые альтернативными нитрогеназами [2].

Молибден-нитрогеназа обладает более высокой активностью по сравнению с альтернативными нитрогеназами и экспрессируется преимущественно при наличии молибдена. Бактерии, азотфиксаторы, обычно содержат молибден-нитрогеназу, но некоторые из них также могут иметь гены для ванадиевой или железной нитрогеназы, или для обеих форм. Гены альтернативных нитрогеназ широко распространены в почвах, что указывает на то, что они могут играть роль в процессе фиксации азота при условиях наличия в почве нужных компонентов.

Диазотрофы – это микроорганизмы, способные фиксировать молекулярный азот из атмосферы. У них есть общий биохимический механизм для фиксации азота. Существуют две основные группы микроорганизмов, способных фиксировать атмосферный азот: симбиотические, которые вступают в симбиоз с высшими растениями, и свободноживущие [3].

К первой группе относятся бактерии родов *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mezorhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium* и другие, которые образуют симбиотические отношения с корневыми системами растений. Они образуют клубеньки на корнях растений, в которых фиксируют атмосферный азот и обеспечивают его доступность для растений [4].

Ко второй группе относятся ассоциативные азотфиксаторы, такие как бактерии родов *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Klebsiella*, *Bacillus*, *Enterobacter*, а также некоторые другие микроорганизмы. Они способны фиксировать азот в свободной форме, не вступая в симбиотические отношения с растениями. Эти микроорганизмы обычно населяют почву и могут существовать независимо от растений.

Таким образом, диазотрофы разделены на группы в зависимости от своих взаимоотношений с растениями и способности к свободному существованию в почве.

Альтернативные нитрогеназы могут способствовать фиксации азота в почвах при хелатном содержании молибдена, особенно важно в умеренном и тропическом климате, где молибден может быть менее доступным для организмов.

Леггемоглобин, аналогичный гемоглобину крови человека и животных по строению и функции, является красным пигментом клубеньков. Симбиотическая фиксация азота является аэробным процессом. Леггемоглобин связывает кислород, который используется при окислении углеводов для фиксации азота с выделением энергии. Для фиксации 1 мл азота из воздуха требуется 3 мл кислорода. Поэтому клубеньки формируются на корнях растений в наиболее доступном для поступления воздуха слое почвы (0-10 см). Красная окраска клубеньков является хорошим показателем активности симбиоза и свидетельствует о наличии леггемоглобина в клубеньках [5].

Процесс зарождения и раннего развития клубеньков у бобовых запускается химическими сигналами (липидолиполисахаридами), синтезируемыми и секретируемыми белками, кодируемыми генами бактериального клубенька (*nod*). Экспрессия генов *nod* специфически индуцируется флавоноидными соединениями, секретируемыми корнем растения.

Нами были проведены исследования по возможности азотфиксации микроорганизмами, выделенными из возделываемых сельскохозяйственных почв с целью выделения ассоциаций азотфиксирующих бактерий, которые могут играть ключевую роль в цикле азота на территории Республики Беларусь. Более того, наши исследования также были направлены на изучение полезного действия для экологии полей с антропогенным вмешательством в естественную микробиоту почв.

Все ассоциации микроорганизмов были выделены из почв различных регионов – банка почв, расположенном на территории Крестьянско-фермерского хозяйства «Юницкого» в г. Марьино горка.

Для эксперимента по азотфиксации были использованы инокулянты ассоциаций (таб. 1) различных нитрифицирующих и азотфиксирующих бактерий выделенных из почвы различных климатических зон планеты. Растения для эксперимента использовали горох посевной (*Pisum sativum* L.).

Семена растений дезинфицировались в растворе гипохлорита в течении 20 минут, затем семена были помещены в раствор H_2O_2 20 % на 20 минут. После растения промывались стерильной водопроводной водой и в последствии вымачивались в течении двух суток в стерильной водопроводной воде.

После появления корней у растений длиной равной семени производилась обработка заранее подготовленным инокулятом азотфиксирующих бактерий.

Вегетация растений проводилась под светодиодными лампами 6000 люм. светового спектра от 350 нм до 780 нм., 10 часов дневного времени и 14 часов ночного времени. Влажность 90 %, температура от + 20 до + 25 °С, температура почвы от + 15 до + 18 °С. Состав жидкой питательной среды: $P_{20} K_{20} Mg_4 Mo_{0,04}$ г/л. Длительность вегетации оценивалась до цветения (32 дня).

Таблица 1

Список ассоциаций азотфиксирующих бактерий, полученных из почв различных регионов

Наименование ассоциации	Источник из которого выделили бактерии
И10	Образец почвы из Индии, отобранный из полей вдоль реки Дели.
A2	Образец почвы интенсивного культивирования клевера лугового (<i>Trifolium pratense</i> L.) из г. Кобрин
SHA	Образец почвы из США, Южная Каролина, полей органического земледелия
A4	Образец почвы интенсивного возделывания голубики высокой (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.) сорта Блюголд из г. Кобрин

После наступления плодоношения растения извлекали из питательной среды, промывали корни и изучали клубеньки ризобактерий.

В ходе вегетации оценивался среднесуточный прирост, среднее количество клубеньков, количество ветвлений корней, а также масса клубеньков.

Таблица 2

Оценка клубеньковых образований на корнях растений

Наименование ассоциации	Среднее количество клубеньков на центральном корне	Количество ветвлений корней	Масса клубеньков с центрального корня, г
И10	17	10	1,0
A2	10	14	0,8
SHA	15	9	1,2
A4	9	13	0,7

По итогам полученных результатов наибольшее количество клубеньков отмечено в образцах И10 и SHA, масса клубеньков так же доминировала в этих двух вариантах эксперимента (1,0 г и 1,2 г соответственно).



Рисунок 1 – Растения Гороха посевного (*Pisum sativum*) с ассоциацией азотфиксирующих микроорганизмов

Исходя из рисунка 1 можно отметить, что вегетативная масса в вариантах И10 и SHA значительно превосходит другие (15,8 см и 16,3 см, соответственно). Учет различных азотфиксирующих бактерий в исследовании может иметь несколько важных последствий для различий в вегетативной массе между вариантами растений. Азот является одним из основных питательных элементов для растений, и его доступность может ограничивать их рост и развитие. Присутствие азотфиксирующих бактерий способствует фиксации атмосферного азота и его превращению в азотные соединения, которые растения могут использовать для своего роста. Варианты И10 и SHA использовались с определенными азотфиксирующими бактериями, то это может обеспечить им дополнительный источник азота и, следовательно, способствовать более интенсивному росту и развитию их вегетативной массы. Азотфиксирующие бактерии также могут способствовать увеличению поглощения азота растениями. Это происходит через симбиотическое взаимодействие бактерий и растений, где бактерии предоставляют растению доступ к фиксированному азоту, а растение, в свою очередь, обеспечивает бактерии углеводами и другими необходимыми питательными веществами. Увеличенное поглощение азота может способствовать более интенсивному росту и развитию растений, что может проявиться в более высокой вегетативной массе. Некоторые азотфиксирующие бактерии могут также способствовать улучшению устойчивости растений к стрессовым условиям, таким как засуха или недостаток питательных веществ.

Исследование этой проблемы обусловлено необходимостью разработки новых эффективных биологических препаратов. Создание и использование биопрепаратов на основе азотфиксирующих микроорганизмов является эффективным способом повышения продуктивности растений, сохранения плодородия почвы и экологического равновесия. Биопрепараты позволяют регулировать полезную микрофлору в ризосфере растений, а также обеспечивают растения азотом, фиксированным из атмосферы.

Например, в случае дефицита полноценного протеина важную роль играет соя. Однако на почвах, где впервые выращивается эта культура, обычно отсутствуют или имеются в незначительном количестве специфические клубеньковые бактерии (до 20 ед/г почвы), необходимые для фиксации азота.

Таким образом, использование биопрепаратов на основе азотфиксирующих микроорганизмов является важным средством для повышения продуктивности растений, регулирования микрофлоры и обеспечения растений азотом из атмосферы. Биопрепараты, содержащие азотфиксирующие микроорганизмы, могут способствовать увеличению урожайности. Благодаря повышенному доступу к азоту, растения могут формировать больше биомассы, развиваться и цветонести лучше, что в конечном итоге может привести к увеличению урожайности. Помимо этого, микроорганизмы способны обогащать почву азотом и влиять на микробиологическую активность почвы. Это может способствовать более благоприятной микробиоте почвы и улучшению ее структуры. Более здоровая микробиота почвы может повысить доступность питательных веществ для растений и снизить риск развития патогенных микроорганизмов.

Использование биопрепаратов на основе азотфиксирующих микроорганизмов является более экологически устойчивым подходом к удобрению по сравнению с традиционными химическими удобрениями. Биопрепараты меньше нагружают окружающую среду и почву вредными веществами, и их использование может способствовать снижению негативного воздействия на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ишакаева, М. К. Методы исследования биологической азотфиксации //Рецензенты: Верещак Светлана Борисовна, канд. юрид. наук. – 2021. – С. 10.
2. Бутовина, О. Ю. Высококонкурентные штаммы клубеньковых бактерий – основа эффективности биопрепаратов / О. Ю. Бутовина, Н. З. Толкачев, А. В. Князев // Мікробіол. журн., 2017. – Т. 59. – № 4. – С. 123–131.
3. Шерстобоева, Е. В. Биопрепараты азотфиксирующих бактерий: проблемы и перспективы применения / Е. В. Шерстобоева [и др.] // Мікробіол. журн., 2017. – Т. 59. – № 4. – С. 109–117.
4. Юницкий, А. Э. Изучение микробиологической солюбилизации бурого угля / А. Э. Юницкий [и др.] // Сахаровские чтения 2022 года: экологические проблемы XXI века. – 2022. – С. 322–325.
5. Налётов, И. В. Минимальная ассоциация организмов для плодородия почвы / И. В. Налётов, В. С. Заяц // Сборник материалов IV международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты». – ООО «Астроинженерные технологии», 2021. – №. 4. – С. 301–311.

**АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
В ПОЧВАХ ФОНОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**
**ANALYSIS OF CHANGES IN THE CONTENT OF HEAVY METALS
IN SOILS OF BACKGROUND TERRITORIES OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

К. М. Мукина, М. Л. Синуцкая
K. M. Mukina, M. L. Sinitskaya

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
kem@iseu.by, marina.si.mary@gmail.com*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

В данной статье представлен анализ данных Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь по результатам наблюдений содержания Ni, Cu, Zn, Cd и Pb в почвах сети фоновых мониторинга за период 2006–2022 годы. В ходе работы были выявлены максимальные и минимальные концентрации тяжелых металлов за весь период наблюдений. Рассчитаны темпы прироста или снижения концентраций тяжелых металлов в почве.

This article presents the analysis of data from the National Environmental Monitoring System of the Republic of Belarus based on the results of observations of the content of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in the soil of the background monitoring network for the period 2006–2022. In the course of the work, the maximum and minimum concentrations of heavy metals were identified over the entire observation period. The rates of increase or decrease in concentrations of heavy metals in the soil were calculated.

Ключевые слова: тяжелые металлы, фоновый мониторинг, фоновая территория, мониторинг почв, экология.

Keywords: heavy metals, background monitoring, background territory, soil monitoring, ecology.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-71-75>

Одной из актуальных проблем экологии является загрязнение окружающей среды, в частности почв. Почвы являются важным компонентом биосферы, обеспечивающим существование и развитие живых организмов. Среди наиболее часто встречающихся загрязняющих веществ почвы можно выделить тяжелые металлы (ТМ): никель, медь, цинк, кадмий, свинец и другие. Они обладают высокой токсичностью и способностью накапливаться в организмах, вызывая различные заболевания.

Все источники тяжелых металлов в окружающую среду подразделяются на естественные (природные) и антропогенные (техногенные). К естественным источникам поступления ТМ относят: горные породы, минералы, вулканы и метеориты. К антропогенным: промышленные предприятия, сельское хозяйство, автотранспорт, добыча полезных ископаемых, продукты сжигание топлива и отходов [1].

Для проведения мониторинга за состоянием окружающей среды и контроля за воздействием на нее различных видов хозяйственной деятельности в 1993 году была создана Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь (НСМОС).

Наблюдения за химическим загрязнением почв на фоновых территориях в Республике Беларусь проводятся на специальной сети пунктов наблюдений. Сеть состоит из 90 пунктов, которые равномерно расположены по территории страны в местах, где нет антропогенной нагрузки. Ежегодно наблюдения проводятся на 15–18 пунктах, а полный цикл мониторинга по всей сети проводят за 6 лет.

На основе данных представленных НСМОС в виде результатов наблюдений за 2006–2022 годы были построены графики содержания тяжелых металлов в почве сети фоновых мониторинга представленные на рисунках 1–5 [2]. В некоторые годы отсутствуют данные по областям. Так по Брестской области не представлены данные за 2007, 2010, 2013 и 2015 годы. По Витебской области за 2009, 2012 и 2015 годы, Гомельской, Минской и Могилевской за 2014 год, Гродненской за 2006, 2009, 2012, 2014 и 2015 годы.

В работе анализируются концентрации следующих тяжелых металлов: никель, медь, цинк, кадмий и свинец, поскольку по ним мониторинг проводился за весь период наблюдений 2006–2022 годы.

Никель (от нем. Nickel – горный дух, Ni) – химический элемент VIII группы 4 периода периодической системы Менделеева с атомным номером 28. Является 23 по распространенности элементом в земной коре [3]. Минералы содержащими никель являются: никельсодержащий лимонит, гарниерит, пентландит и др.

Степень окисления никеля от +1 до +4. В почве никель менее доступный при высоком значении pH, поскольку образует плохо растворимые комплексы с органическими веществами. Было обнаружено, что никель и кадмий являются антагонистами друг друга поскольку конкурируют за одни и те же мембранные носители в растениях. График изменения концентраций никеля в почве на фоновых площадках за период 2006–2022 годы представлен на рисунке 1.

По республике концентрация никеля в почве на фоновых территориях за период 2006–2022 годы три раза резко увеличивалась и один раз уменьшалась. Так в 2007, 2015 и 2021 годах значения увеличились в 1,7, 2 и 3,4 раза соответственно по отношению к предшествующим годам. А в 2020 году значение снизилось в 2,7 раза к 2019 году. Темп прироста в 2022 году – 45,8 % по отношению к 2006 году.

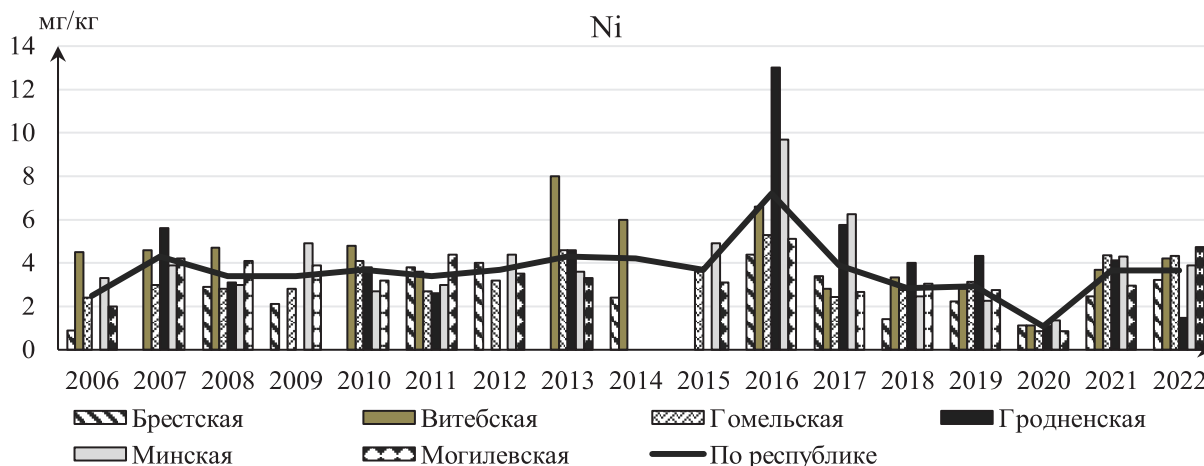


Рисунок 1 – Динамика изменения среднего содержания никеля в почвах на фоновых территориях за период 2006–2022 годы

За период 2006–2022 гг. превышение ПДК по содержанию никеля в почве не было не на одной фоновой территории. За данный период максимум значений был у Витебской и Минской областей по 5 раз, Гродненской 4 раза, Могилевской 2 раза и Гомельской 1 раз. Минимум значений у Брестской области 7 раз, Гомельской 5 раз, Могилевской 3 раза, Гродненской 2 раза и Минской 1 раз (в 2020 году минимальное значение одновременно у Гомельской и Могилевской областей). В 2016 году максимальные значения Гродненской и Минской области выделяется как на фоне значений других годов данных областей, так и на фоне концентраций других областей в данном году. Значение гродненской области 2016 года 13 мг/кг является рекордным за всего годы рассматриваемого периода по областям. А значение Гомельской и Могилевской областей 8,7 мг/кг в 2020 году является минимальным за все годы данного периода.

Медь (от лат. aes сургиум – металл Кипра, Cu) – химический элемент IV группы 4 периода периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, с атомным номером 29. Медь находится на 26 месте по распространению в земной коре [3]. В природе встречается как в самородном виде, так и в соединениях. Известно свыше 200 медьсодержащих минералов, но 90 % всей меди находится в халькопирите, борните, халькозине и кубаните. График изменения концентраций меди в почве на фоновых площадках за период 2006–2022 годы представлен на рисунке 2.

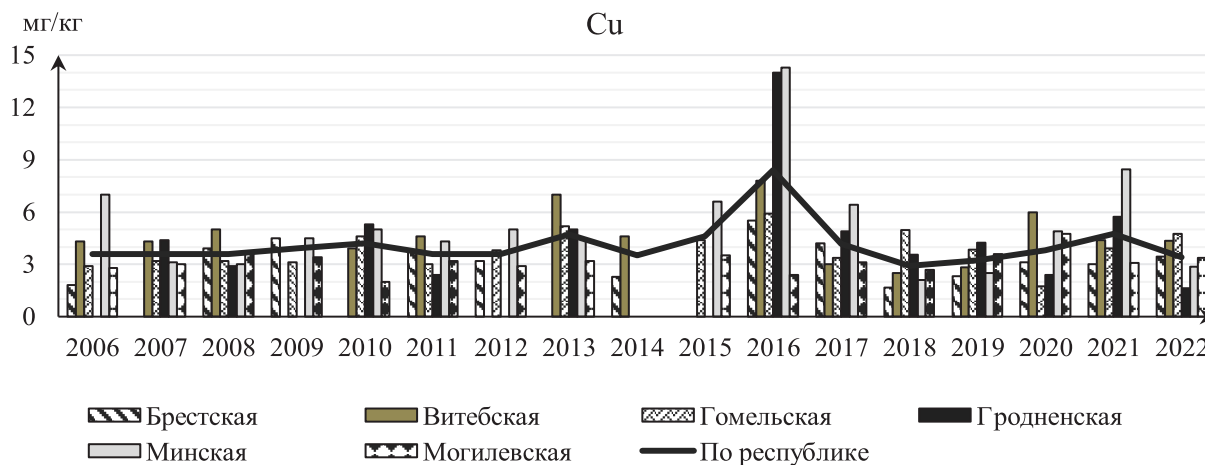


Рисунок 2 – Динамика изменения среднего содержания меди в почвах на фоновых территориях за период 2006–2022 годы

В исследовании [4] говорится об антагонистическое поведение между медью и цинком, и при этом приводятся данные о том, что медь усиливает токсичные свойства цинка в растениях. Медь является малоактивным металлом

с степень окисления +1 и +2. При низком значении pH подвижность меди очень высокая. С увеличением pH медь образует мало- или нерастворимые оксиды или сульфиды в связи с чем её подвижность падает.

По республике концентрация меди в почве на фоновых территориях за период 2006–2022 годы имеет равномерное распределение в интервале 2,91÷4,76 мг/кг и один резкий скачек в 2016 году до 8,4 мг/кг. В целом среднее содержание меди в почве на фоновых территориях сократилось на 5,56 % от 2006 года.

Превышения ПДК за 2006–2022 годы по содержанию меди в почве не было. За исследуемый период максимум значений был у Витебской и Минской областей по 6 раз, Гомельской 3 раза, Гродненской 2 раза, Брестской 1 раз (в 2009 году максимальное значение было одновременно у Брестской и Минской областей). Минимум значений у Могилевской области 6 раз, Брестской 5 раз, Гродненской 3 раза, Гомельской 2 раз и Витебской 1 раз. Как и по никелю в 2016 году ярко выражены максимальные значения Гродненской и Минской областей. Рекордным значением содержания меди является 14,3 мг/кг по Минской области. Самым минимальным значением за весь период мониторинга является 1,63 мг/кг в 2022 году в Гродненской области.

Цинк (нем. Zinke – зубец, Zn) – химический элемент IIВ группы 4 периода периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, с атомным номером 30. Находится на 24 месте по распространению в земной коре [3]. Известно более 60 минералов, содержащих цинк, первичным считается сфалерит, содержащий сульфид цинка. График изменения концентраций цинка в почве на фоновых площадках за период 2006–2022 годы представлен на рисунке 3.

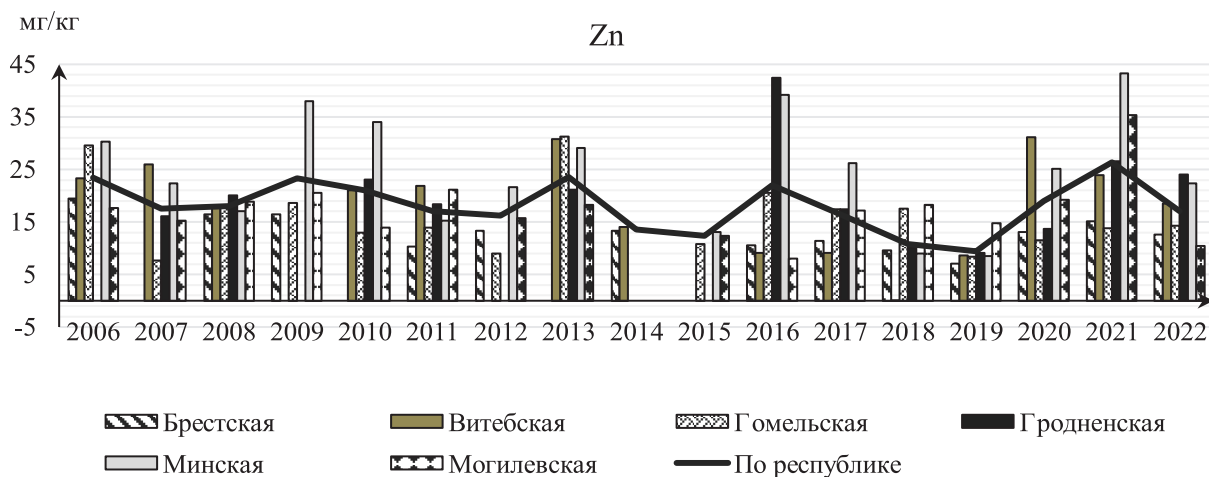


Рисунок 3 – Динамика изменения среднего содержания цинка в почвах на фоновых территориях за период 2006–2022 годы

Цинк является умеренно реактивным металлом, основная степень окисления которого +2 и редко +1. При низком значении pH минеральные соли и органические соединения цинка хорошо растворяются, что увеличивает его подвижность в почве. При высоких значениях pH образуются малорастворимые соединения и активность цинка снижается, также на это сильно влияет присутствие фосфатов.

По республике концентрация цинка в почве на фоновых территориях за период 2006–2022 годы изменялась скачкообразно. До 2019 года явно сохранялась тенденция к снижению цинка в почве. Так в 2019 году концентрация цинка составила 9,2 мг/кг – минимальное значение за весь период. Максимальное значение 26,35 мг/кг наблюдается в 2021 году. В целом к 2022 году содержание цинка в почве сократилось на 27,23 % по отношению к 2006 году.

За период 2006–2022 гг. превышение ПДК по содержанию цинка в почве не было не на одной фоновой территории. За данный период максимум значений был у Минской области по 7 раз, Витебской 4 раза, Гродненской 3 раза, Могилевской 2 раза и Гомельской 1 раз. Минимум значений у Гомельской области 6 раз, Брестской 5 раз, Могилевской 4 раза и Витебской 2 раза. В 2021 году у Минской области значение концентрации цинка в почве на фоновых территориях 43,2 мг/кг является максимальным за весь анализируемый период. Минимальное значение приходится на Витебскую область в 2018 году – 0,08 мг/кг.

Кадмий (от греч. κάδμεια – Кадм (мифологический персонаж), Cd) – химический элемент IIВ группы 5 периода периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, с атомным номером 48. Кадмий занимает 66 место среди элементов земной коры и является рассеянным металлом входящим в состав руд других элементов в основном цинка, свинца и меди [3]. Минералы, содержащие кадмий, очень редкие, и их представителями являются гринокит, отавит, монтепонит и др. График изменения концентраций кадмия в почве на фоновых площадках за период 2006–2022 годы представлен на рисунке 4.

Степень окисления кадмия +1 и +2. При низких значениях pH хорошо растворяются соединений кадмия, и увеличивается его подвижность. При значениях pH выше 6 кадмий аккумулируется в почвах вместе с гидроксидом железа, марганца и алюминия [5].

Концентрация кадмия в почве на фоновых территориях Республики Беларусь за период 2006–2022 годы снижается. Наблюдаются резкие скачки концентраций в 2007 и 2015 годах до 0,49 мг/кг и 0,26 мг/кг соответственно. Однако в целом тенденция к снижению сохраняется на протяжении всего периода. И в 2022 году по сравнению с 2006 годом концентрация уменьшилась на 60 %.

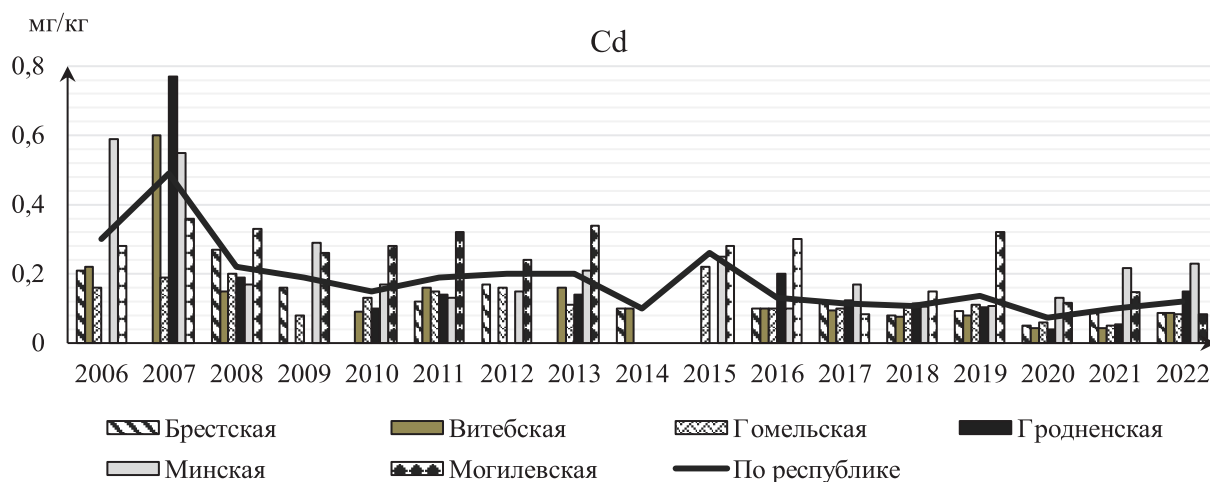


Рисунок 4 – Динамика изменения среднего содержания кадмий в почвах на фоновых территориях за период 2006-2022 годы

За период с 2006 года по 2022 год превышение ПДК не обнаружено. За данный период максимум значений был у Могилевской области 9 раз, Минской 6 раз и Гродненской 1 раз. Минимум значений у Витебской и Гомельской областей по 6 раз, Брестской 4 раза, Могилевской 3 раза, Минской 2 раза и Гродненской 1 раз (в 2014, 2016 и 2022 годах минимум приходился на несколько областей одновременно). За весь анализируемый период самое максимальное содержание кадмия в почве приходится на Гродненскую область в 2007 году – 0,77 мг/кг. Самое минимальное значение приходится на 2020 год в Гродненской области – 0,04 мг/кг.

Свинец (лат. Plumbum, Pb) – элемент IV группы 6 периода периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, с атомным номером 82. Занимает 36 место по нахождению в земной коре [3]. В самородном виде встречается редко, входит в состав около 80 минералов: галенит, англезит и др. Также свинец присутствует во всех минералах, содержащих уран и торий в результате α -распада данных элементов.

В соединениях свинец находится в степени окисления +2 и +4 и проявляет аморфные свойства. Для свинца характерно стремление к аккумуляции в почве, поскольку подвижность его ионов мала даже при низких значениях pH [5]. График изменения концентраций свинца в почве на фоновых площадках за период 2006–2022 годы представлен на рисунке 5.

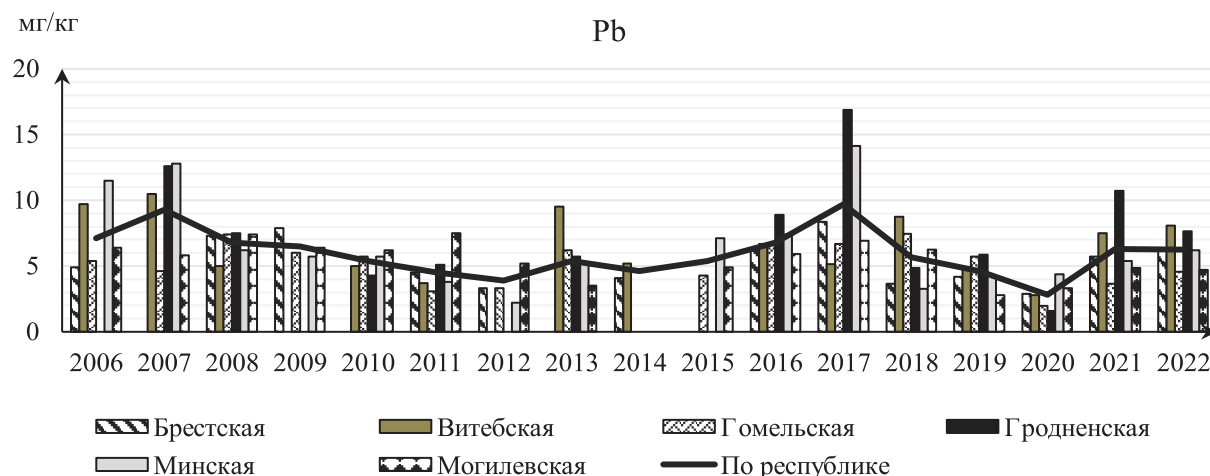


Рисунок 5 – Динамика изменения среднего содержания свинца в почвах на фоновых территориях за период 2006-2022 годы

По Республике концентрация свинца до 2012 года снижается и составляет 3,9 мг/кг. Затем она вырастает и в 2017 году достигает 9,7 мг/кг – максимальное значение анализируемого периода. В период 2017–2020 годы концентрация снова снижается до минимума периода – 2,82 мг/кг. К 2022 году содержание свинца увеличивается до 6,27 мг/кг. В целом концентрация свинца по республике снижается не изначально на 11,66 % в 2022 году по отношению к 2006 году.

Превышения ПДК не было не обнаружено за весь период 2006–2022 гг. За данный период максимум значений был у Гродненской области 5 раз, Минской и Витебской по 4 раза, Могилевской 3 раза и Брестской 1 раз. Минимум значений у Гомельской области по 5 раз, Минской и Могилевской по 3 раза, Брестской, Витебской и Гродненской по 2 раза. За весь анализируемый период самое максимальное содержание свинца в почве приходится на Гродненскую область в 2017 г. – 16,9 мг/кг. Самое минимальное значение приходится на 2020 год в Гродненской области – 1,6 мг/кг.

Анализ динамики среднего содержания тяжелых металлов не выявил превышения ПДК в почвах на сети фоновом мониторинга в разрезе областей за 2006–2022 гг. Среднее содержание по Республике Беларусь ТМ на фоновых территориях сократилось хрома на 14,73 %, меди на 5,5 %, цинка на 27,23 %, кадмия на 60 % и свинца на 11,66 % в почве от 2006 года. Марганец имеет тенденцию к увеличению концентрации в почве и темп прироста в 2013 году составил 14,8 % по отношению к 2006 году. А темп прироста содержания никеля в 2022 году – 45,8 % по отношению к 2006 году. Концентрация мышьяка и ртути снизилась в 2022 году на 24,27 % и 75 % по сравнению с 2018 и 2017 годами соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вальков, В.Ф., Экология почв: учеб. Пособие : в 3 ч. / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – Ростов-на-Дону: УПЛ РГУ, 2004. – Ч. 3. – 54 с.
2. Результаты наблюдений НСМОС, 2006 г. [Электронный ресурс] // Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь. – Режим доступа: https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.nsmos.by%2Ftmp%2Ffckimages%2F01_Zemli.doc&wdOrigin=BROWSELINK – Дата доступа: 27.01.2024.
3. Abundance_of_elements_in_Earth [Electronic resource] / Wikipedia. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Abundance_of_elements_in_Earth%27s_crust. – Дата доступа: 01.02.2024.
4. Chibuike, G. U. Heavy Metal Polluted Soils: Effect on Plants and Bioremediation Methods / G. U. Chibuike, S. C. Obiora // Applied and Environmental Soil Science. – 2014. – V. 2014. – P. 12.
5. Водяницкий, Ю. Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах / Ю.Н. Водяницкий. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2008. – 86 с.

АМАРАНТ ОВОЩНОЙ *AMARANTHUS HYPOCHONDRIACUS* L. КАК УНИВЕРСАЛЬНАЯ КУЛЬТУРА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

VEGETABLE *AMARANTHUS HYPOCHONDRIACUS* L. AS A UNIVERSAL CULTURE FOR FOOD PRODUCTION AND SOIL FERTILITY RESTORATION

А. Э. Юницкий, Н. С. Зыль, И. В. Налётюв
A. E. Unitsky, N. S. Zyl, I. V. Naletov

ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Республика Беларусь
n.zil@unitsky.com
Unitsky String Technologies Inc., Minsk, Republic of Belarus

В статье описаны основные преимущества использования амаранта в качестве источника высококачественного пищевого зерна и зелёного удобрения перед использованием наиболее широко распространённых зерновых, крупяных и сидеральных культур. Проведён сравнительный анализ содержания ценных нутриентов в зёрнах амаранта и других культур, приведены данные по восстановлению загрязнённых нефтью и тяжёлыми металлами почв при применении амаранта в качестве сидерата.

The article describes the main advantages of using amaranth as a source of high-quality food grain and green manure crops over the usage of the most widespread grains, cereals and other green manure crops. A comparative analysis of the content of valuable nutrients in amaranth grains and other crops was carried out, and data on the restoration of soils contaminated with oil and heavy metals when using amaranth as green manure was provided.

Ключевые слова: амарант, зерновые культуры, безглютеновая диета, восстановление почв, сидеральные культуры.

Keywords: amaranth, grain crops, gluten-free diet, soil restoration, green manure crops.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-75-79>

История амаранта овощного (*Amaranthus hypochondriacus* L.) насчитывает тысячелетия выращивания и использования в пищу. Растение *A. hypochondriacus* L. было известно древним цивилизациям в Центральной и Южной Америке, таким как индейцы Ацтеки и Майя («пшеница ацтеков», «хлеб инков»), наряду с бобовыми культурами и кукурузой. Индейцы выращивали его для пищи и использовали для религиозных обрядов. Примерно в 16–17 веках испанские завоеватели запретили выращивание *A. hypochondriacus* L., так как связали его с языческими обрядами. Это привело к тому, что амарант был забыт в течение нескольких столетий.

В Азии *A. hypochondriacus* L. популярен среди горных племён Индии, Пакистана, Непала и Китая как зерновая и овощная культура.

Возрождение интереса к амаранту овощному (*Amaranthus hypochondriacus* L.) произошло в 20 веке благодаря его питательным свойствам и способности произрастать в различных климатических условиях. В настоящее время амарант выращивается во многих странах мира, включая США, Китай, Индию, Мексику, Россию, Украину, Беларусь и несколько других европейских стран.

Согласно данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций, количество выращиваемого амаранта составляет около 28 тыс. тонн в год. При этом, для сравнения, пшеница (*Triticum* Spp. L.) выращивается в количестве около 800 млн. тонн в год, рис (*Zizania aquatica* L.) 500 млн. тонн, гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench) 1 млн. тонн, а мировое производство всех зерновых (*Poaceae* Sp. L.) составляет около 3 млрд. тонн в год.

Рассматриваемое в статье сельскохозяйственное растение уникально тем, что в каждой его части содержится большое количество биологически активных веществ. Семена содержат высококачественный белок (13,1–21,5 %), в состав которого входят следующие аминокислоты: глютаминовая – 15,04 %, аспарагиновая – 8,02 %, аргининовая – 7,87 %, лизиновая – 6,17 % [1] и другие. В тоже время содержание белка в листьях амаранта составляет около 15 % (проценты белка приведены на сухую массу).

В амаранте содержатся витамины группы В (в частности, витамин В6), витамин Е и фолиевая кислота. Амарант богат кальцием, железом, магнием, фосфором, калием и микроэлементами (минеральных веществ около 2,2 г/100 грамм). Данная культура содержит здоровые ненасыщенные жиры, такие как омега-3 и омега-6, жирные кислоты, антиоксиданты, такие как флавоноиды и полифенолы, сквален и др.



а) Житница

б) Крепыш

в) Микрозелень

Рисунок 1 – Сорта амаранта овощного (*Amaranthus hypochondriacus* L.), выращиваемых на КФХ «Юницкого»

Урожайность, выход зелёной массы и другие важные характеристики распространённых крупяных культур приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная таблица характеристик крупяных культур [2]

№ п/п	Показатель	Амарант	Пшеница	Рис	Гречиха	Овёс
1.	Урожайность т/га	2–5	2–7,5	2–10	1–2	5–7
2.	Зелёная масса, т/га	60–250	10–30	15–35	20–40	20–30
3.	Количество семян в 1 растении, шт.	100 000–500 000	45–50	50–150	100–200	25–33
4.	Норма посева, кг на 1 га	1–2	130–300	75–100	80–100	80–90
5.	Количество семян в 1 г	900–1500	25–30	25–60	24–27	20–28

Урожайность зерна амаранта считается средней, что является следствием ограниченных работ по селекции и развитию агротехнологии культивирования и сбора из-за относительной непопулярности этой культуры.

Однако из таблицы 1 видно, что растения амаранта могут обеспечить значительное количество зелёной массы, применяемой в качестве корма для животных или сидерата для повышения содержания гумуса в почве путём заделки растений в фазе цветения. Несмотря на средние, на данный момент, показатели по урожайности зерна, *A. hypochondriacus* L. является ценным растением благодаря своей способности производить большое количество зелени и семян на единицу площади. Внедрение более широкомасштабных работ по селекции, повышение популярности амаранта могут привести к повышению его урожайности и большему раскрытию потенциала культуры.

Из приведённых в таблице 1 данных следует, что с одного гектара посевов можно собрать до 7,5 млрд семян амаранта. Если из этих семян выращивать микрозелень, например, в вертикальных фермах, до массы в 1 г на одно растение (с учётом массы корня и съедобной части почвенного субстрата), то это даст в течение года урожай до 7 500 т микрозелени. Это позволит кормить до 500 голов крупного рогатого скота, если в их рационе будет преимущественно микрозелень в количестве до 15 т/год (более 40 кг/сутки на одну голову). При этом такое питание будет более сбалансированным (питательными веществами, витаминами, минералами, аминокислотами, антиоксидантами, клетчаткой, хлорофиллом и др.) и значительно более продуктивным, особенно в зимний период времени, чем традиционный фураж – зерно, силос или сено. Для обеспечения полноценного круглогодичного питания одной коровы может понадобиться эффективная площадь сельхозугодий в размере до 20 м², то есть примерно в 500 раз меньше, чем при традиционном питании, т. к. при выращивании традиционного фуража и для пастбищ на одну корову необходимо иметь кормовую базу около 10 000 м².

В таблице 2 представлено сравнение составов муки, полученной из различных культур.

Таблица 2

Питательные вещества в муке различных видов крупяных культур

№ п/п	Компонент	Амарантовая цельносмолотая	Амаран- товая	Пшеничная высшего сорта	Рисовая	Гречневая	Овсяная
		Массовая доля в %					
1.	Белок	13,8	12,3	10,3	6,4	13,6	13,0
2.	Жиры	7,0	3,0	2,0	1,4	1,2	6,8
3.	Углеводы	62,4	71,1	68,7	80,6	72,1	64,9
4.	Пищевые волокна	6,0	4,2	3,5	2,4	2,8	4,5
5.	Минеральные вещества	2,2	1,8	0,5	0,5	1,5	1,8
6.	Влага	8,6	7,6	15,0	8,7	8,8	9,0
7.	Энергетическая ценность ккал/100 г	368,0	354,2	349,2	335,1	336,0	369

Из таблицы 2 видно, что амарантовая мука обладает более высоким, чем другие крупяные культуры, количеством важных нутриентов, таких как белки, жиры, минеральные вещества.

Качество белка амаранта выше, чем у других зерновых культур, он богат аминокислотой лизином (6,2 % лизина в белке амаранта против 2,7 % в белке пшеницы), которая ускоряет рост мышечной ткани и улучшает азотистый обмен.

Масло амаранта содержит высокое количество качественных полиненасыщенных жиров (линолевую, линоленовую кислоты) и порядка 8 % сквалена, ненасыщенного углеводорода, который является промежуточным соединением в биосинтезе стероидов, а также проявляет свойства антиоксиданта, антигипоксанта, антиканцерогена. Сквален обнаружен в печени акул, оливковом масле, зародышах пшеницы и некоторых микроорганизмах. Помимо ценных пищевых свойств это соединение, благодаря его наличию в секрете слюнных желёз человека, легко проникает в кожу и может эффективно доставлять жирорастворимые вещества.

Мука из амаранта богата полифенолами и флавоноидами, которые являются мощными антиоксидантами и имеют противовоспалительные свойства. Также она имеет высокое содержание пектинов. Пектины являются растворимыми в воде полисахаридами, которые способствуют улучшению пищеварения, снижению уровня холестерина в крови и поддержанию здоровой микрофлоры в кишечнике. Пектины амаранта обладают гепатопротекторными свойствами.

Амарант не содержит глютен, что особенно важно для людей, страдающих целикией. Из-за высокого содержания амилопектина, крахмал амаранта переваривается организмом быстрее, чем амилоза, что объясняет его высокую скорость переваривания. Небольшой размер крахмальных зёрен (1,5 до 3,0 мкм у амаранта против 5–26 мкм у пшеницы) также способствует более эффективному расщеплению ферментом амилазой. Эти свойства делают крахмал амаранта гликемически низкоустойчивым, легко перевариваемым и малоподверженным ретроградации. Поэтому важно учитывать эти особенности при разработке продуктов и рецептов, а также при организации питания детей с целиакией для обеспечения адекватного гликемического контроля. [4]. Сравнение гликемических индексов безглютеновых продуктов приведён в таблице 3.

Таблица 3

Гликемический индекс безглютеновых крупяных продуктов (за эталон принят ГИ глюкозы)

Наименование	Гликемический индекс
Амарант зерно (нативное)	87
Амарант зерно (взорванное)	101
Амарант зерно «крупчатка»	97
Кукуруза	54
Кукурузная мука	70
Рис белый (нативный)	64
Рисовая мука	95
Рис белый (пропаренный)	70
Гречневая крупа (нативная)	45
Гречневая крупа (пропаренная)	54
Гречневая мука (нативная)	50

Исходя из приведённых выше данных по нутриентному составу данной культуры можно сделать вывод, что по пищевым свойствам амарант обладает рядом преимуществ перед традиционными зерновыми культурами. Высокое содержание качественного белка, ненасыщенных жиров, минералов (магния, кальция, железа, цинка, селена и йода) и ценных нутриентов позволяет рекомендовать данную культуру для ежедневного употребления в качестве основной зерновой культуры.

A. hypochondriacus L. имеет важное экологическое значение не только как источник диетических и экологически чистых продуктов, но также потому, что его можно использовать для очистки и улучшения качества почв. Благодаря высокому выходу зелёной массы с одного гектара, амарант является эффективной сидератной культурой – зелёным органическим удобрением. Исследования показывают, что амарант может быть использован для очистки почв, загрязнённых нефтью и тяжёлыми металлами.

Результаты исследований, проводившихся на экспериментальных участках в полевых условиях, подтверждают эффективность амаранта в очистке загрязнённых почв. Исследуемые почвы были выщелоченными чернозёмами средней степени глинистости и pH 5,9.

A. hypochondriacus L. обладает способностью аккумулировать загрязняющие вещества в своей зелёной массе, что позволяет извлечь их из почвы. Растение также способствует улучшению структуры почвы и её плодородности благодаря корневой системе, которая способна проникать глубоко в почву и улучшать её дренажную и водоудерживающую способность.

Амарант помогает ускорить процесс очистки и восстановления почвенной экосистемы, снижая содержание загрязняющих веществ и увеличивая содержание органического вещества и питательных компонентов для растений.

Таблица 4

Содержание загрязняющих веществ в почве при использовании амаранта [5]

Варианты опытов	Концентрация нефти в почве %	Содержание веществ в мг/кг почвы		
		Нефтепродуктов	Свинца, Pb	Кобальта, Co
Первый год после загрязнения почвы				
Участок, загрязнённый нефтью – контроль без посева трав	8,6	3200	12,08	5,86
Посев амаранта	3,2	1400	5,24	2,82
Посев амаранта с аланитом 0,3–0,5 т/га	2,6	600	1,82	1,64
Посев амаранта с аланитом 0,8–1,0 т/га с запашкой в фазе цветения	1,5	300	1,82	1,64
Посев амаранта и многолетних трав на второй год после загрязнения почвы				
Посев амаранта с аланитом 0,8–1,0 т/га с запашкой в фазе начала созревания семян + посев многолетних трав с преобладанием бобовых до 50–60 %	0,6	200	0,92	1,26
Посев многолетних трав с преобладанием бобовых до 50–60 %	2,4	800	2,16	1,47

Из представленных данных можно сделать вывод, что использование амаранта в процессе рекультивации почвы с применением аланита занимает около 2 лет и приводит к значительному снижению содержания нефтепродуктов и тяжёлых металлов (кобальта и свинца). Однако эффективность очистки почвы от тяжёлых металлов

не увеличивается при повышении количества аланита с 0,3–0,5 до 0,8–1,0 т/га. Это может указывать на то, что эффективность применения аланита для очистки от тяжёлых металлов достигает максимума в первый год. Поэтому для более эффективной очистки почв от тяжёлых металлов в последующих исследованиях могут быть рассмотрены альтернативные материалы, обладающие сорбционными свойствами, например бурый уголь, торф.

На второй год рекультивации использование амаранта позволяет достичь более высокой степени очистки почвы (в среднем в 2–3 раза) по сравнению с классическим использованием многолетних трав, где преобладают бобовые растения. Таким образом, результаты исследования указывают на потенциал амаранта в качестве растения для рекультивации загрязнённых почв. Он способен эффективно снижать содержание нефтепродуктов и тяжёлых металлов в почве за двухлетний период. В дополнение, амарант превосходит многолетние травы с бобовыми растениями по степени очистки почвы.

Из представленной информации можно сделать следующие выводы:

A. hypochondriacus L. обладает высокими пищевыми и хозяйственными качествами. Амарантовая мука содержит в 1,2–1,4 раза больше белка, в 3 раза больше жиров, в 4 раза больше минеральных веществ, чем пшеничная и превосходит по этим показателям многие другие крупяные культуры. В составе амаранта присутствуют такие ценные нутриенты как сквален, пектины, в большом количестве аминокислота лизин и отсутствует глютен.

Амарант имеет большие перспективы как в качестве пищевого сырья, так и в качестве зелёного корма (в 2 и более раз превышает овёс и другие зелёные корма по выходу зелёной массы с га) и сидерата для ускоренного в 1,5–2 раза восстановления почв при совместном применении с аланитом и/или другими минералами. Кроме того, амарант, благодаря большому количеству семян в одном растении, не имеет себе равных по возможному приросту биомассы в виде микрозелени, используемой круглогодично для корма скота, – площадь кормовых сельхозугодий при этом может быть уменьшена примерно в 500 раз – до 20 м² на одну корову.

Массовая культивация амаранта может быть вызовом из-за некоторых трудностей, связанных с эффективной механизацией и автоматизацией сбора мелких семян амаранта, обладающих максимальной пищевой ценностью. Из-за отсутствия высокой популярности амаранта, работы в данном направлении ведутся не так активно, как отработка сбора более распространённых сельскохозяйственных культур.

Таким образом, совершенствование агротехнологии и селекция новых сортов амаранта являются перспективным сельскохозяйственным направлением, которое позволит производить высококачественную, полезную пищу, богатую нутриентами, зелёные корма и восстанавливать истощённые почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Joshi, D.C. From zero to hero: the past, present and future of grain amaranth breeding / D.C. Joshi [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2018. – Vol. 131, n. 9. – P. 1807–1823.
2. Асташов, А. Н. Эффективность выращивания амаранта для производства кормов в условиях Нижнего Поволжья / А. Н. Асташов, Т. В. Родина, А. З. Бадалова // Таврический вестник аграрной науки. – 2017. – № 2. – С. 39–44.
3. Звягин, А. А. Потенциальные возможности амарантовой муки как безглютенового продукта / А. А. Звягин [и др.] // Вопросы детской диетологии. – 2015. – Т. 13. – № 2. – С. 46–51.
4. Урубков, С. А. Сравнительный анализ гликемического индекса амаранта и других продуктов без глютена / С. А. Урубков, С. С. Хованская, С. О. Смирнов // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49. – № 4. – С. 629–634.
5. Бекузарова, С. А. Сорбционные свойства амаранта на токсических почвах / С. А. Бекузарова, М. В. Дзампаева // Материалы международной научно-практической конференции 100-летие кафедры растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий: итоги и перспективы инновационного развития. – 2019. – С. 112–119.

АУКСЕТИКИ: ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВИБРОЗАЩИТЫ И ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ В ЭКОДОМАХ

AUXETICS: INNOVATIVE MATERIALS FOR VIBRATION PROTECTION AND SOUND PROOFING IN ECOCOSMOHOUSE

А. Э. Юницкий, Д. А. Конёк, А. М. Павлюченко, Н. С. Зыль
A. E. Unitsky, D. A. Konyok, A. M. Pavljuchenko, N. S. Zyl

ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Беларусь
d.konek@unitsky.com
Unitsky String Technologies Inc., Minsk, Republic of Belarus

Рассмотрены инновационные ауксетичные материалы (ауксетики), расширяющиеся/сужающиеся в направлении, перпендикулярном направлению растяжения/сжатия соответственно. Указанные особенности

деформационного поведения выражаются в отрицательном коэффициенте Пуассона. Приводится анализ применимости ауксетичных пороматериалов в конструкциях ЭкоДомов, ЭкоКосмоДома (ЭКД) для виброзащиты и звукоизоляции.

Innovative materials called auxetics which can expand/contract in a direction perpendicular to axial stretching/compression are considered. The mentioned deformation behavior properties reach the negative Poisson ratio. The analysis of the applicability of auxetics in EcoHouse, EcoCosmoHouse (ECH) structures for vibration protection and sound proofing is given.

Ключевые слова: ауксетики, отрицательный коэффициент Пуассона, ЭкоКосмоДом, вибрации, звукопоглощение.

Keywords: auxetics, negative Poisson ratio, EcoCosmoHouse, vibration, sound absorption.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-79-83>

Проблемы сохранения и рационального использования природных ресурсов в настоящее время имеют высокую актуальность. Существует необходимость разработки и реализации концептуально новых эффективных мероприятий по сохранению мирового биоразнообразия, обеспечения людей комфортными условиями для жизни, работы и отдыха.

Разработка и строительство биосферных ЭкоДомов, в которых будут созданы оптимальные условия для проживания людей, в том числе с минимальным уровнем вибрационного и звукового загрязнения, позволит сделать шаг к реализации концепции ЭкоКосмоДома (ЭКД) на орбите Земли [1]. В ЭкоДомах будут созданы условия для выращивания ценных плодовых субтропических культур, предусмотрена переработка отходов. При этом культивирование растений является одной из важнейших основ поддержания баланса окружающей среды и экономического развития общества. Растениеводство субтропических широт предоставляет множество полезных и незаменимых продуктов: бананы, ананасы, ваниль, чёрный перец, каучук, кофе, какао и др. Большое количество лекарственного, пряно-ароматического сырья транспортируется из тропических стран. Одна из задач Глобальной стратегии сохранения биоразнообразия растений – спасение и сохранение социально-экономически ценных для человечества видов растений: плодовых, текстильных, пряно-ароматических, лекарственных, иных. Концепция ЭкоКосмоДома в том числе предполагает создание биосферной среды, по условиям близкой к тропическому и субтропическому поясу. Это позволит круглый год получать продукцию и выращивать различные виды растений данной зоны, а также обеспечит комфортные условия для жителей ЭКД. Создавая разнообразие растительного мира внутри ЭКД, реализуются не только оптимальные условия для развития замкнутой экосистемы, но и база для решения ряда экологических проблем, формируется коллекция (фонд) живых организмов. В последующем помимо проживания людей она может использоваться для реинтродукции редких и исчезающих видов в антропогенно изменённые биотопы. Для обеспечения эффективного функционирования ЭкоДомов и ЭКД востребованы конструктивные элементы, выполненные из инновационных материалов с особыми прочностными свойствами и имеющие целесообразные адаптивные реакции на эксплуатационные воздействия (силовые, температурные, акустические и др.).

Таковыми являются материалы, обладающие отрицательным коэффициентом Пуассона ν , т. е. способных расширяться/сужаться в направлении, перпендикулярном направлению растяжения/сжатия соответственно (рис. 1).

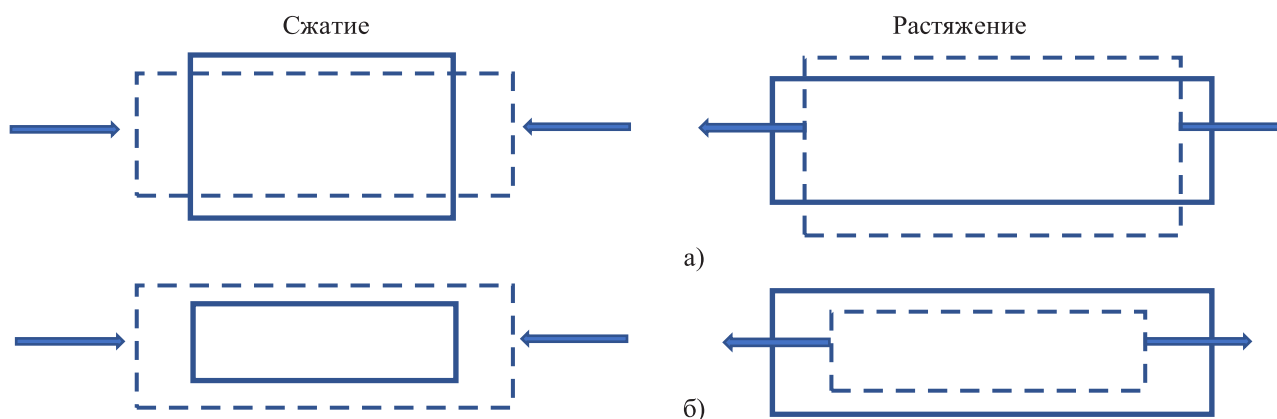


Рисунок 1 – Деформационное поведение: а – обычный материал; б – ауксетичный материал

Возможность существования таких материалов, несмотря на кажущееся противоречие здравому смыслу, подтверждается известным соотношением теории упругости изотропных тел:

$$\nu = (3K - 2\mu)/(6K + 2\mu) \quad (1)$$

где K, μ – модули объёмной деформации и сдвига, имеющие положительные значения.

Из уравнения (1) следует, что отрицательные значения ν возможны при условии $\mu > 3/2K$, когда модуль сдвига превышает модуль объёмной деформации более чем на 50 %. Значит, коэффициент Пуассона изотропного тела может находиться в диапазоне $-1 \dots 0,5$. Верхний предел соответствует несжимаемым материалам (например, резине), сохраняющим в процессе деформации свой объём при значительном изменении формы. Нижний предел соответствует материалам с относительно высокой сдвиговой жёсткостью, образец которых при деформировании сохраняет геометрические пропорции, но изменяет объём. Такие материалы, имеющие $\nu < 0$, называют ауксетичными, или ауксетиками (от греч. *auxetos* – разбухающий).

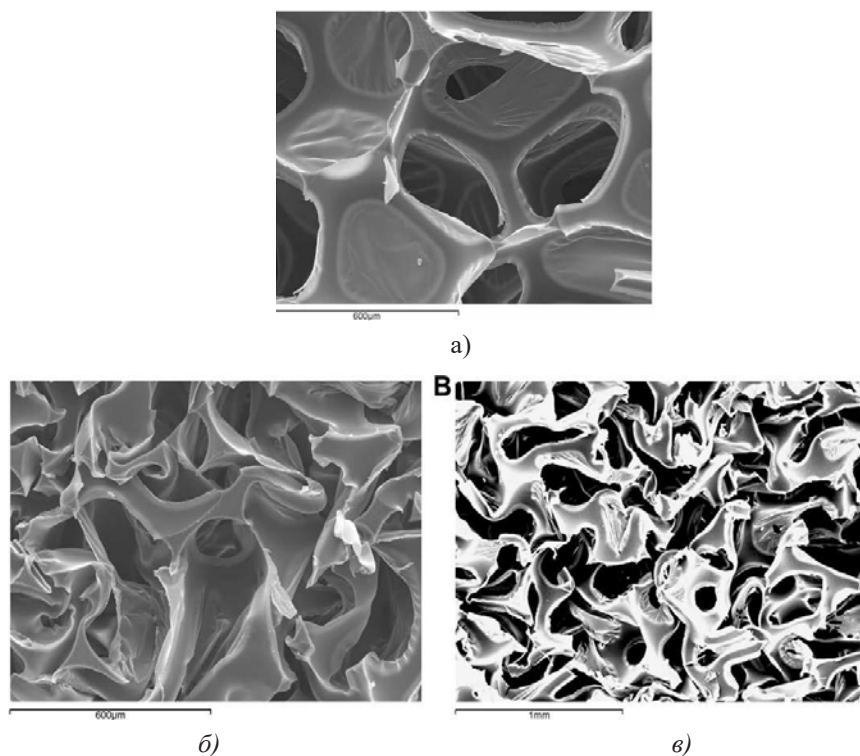


Рисунок 2 – Микрофотографии: а – обычный, б, в – ауксетичный пороматериал

Ауксетики активно исследуются на протяжении последних 20 лет. Такие материалы встречаются в природе, к примеру около 40 % кристаллов кубической сингонии, некоторые породы древесины, трубчатые кости человека и даже эритроциты обладают такими свойствами.

В настоящее время хорошо изучены синтетические пористые материалы с отрицательными коэффициентом Пуассона, например пенополиуретан, вспененные полиэтилен и полипропилен. Такое необычное деформационное поведение обусловлено особенностями их микроструктуры (рисунок 2). Структурные уровни и общность механизмов реализации данного эффекта, а также примеры таких природных и искусственных материалов и конструкций, достаточно подробно описаны авторами в [2, 3]. Практический интерес к ауксетикам обусловлен возможностью создания изделий, отличающихся особыми характеристиками.

Целью данной работы является анализ преимуществ ауксетичных материалов при использовании в конструкциях ЭКД, размещённого в космическом пространстве на экваториальной земной орбите.

Исследования динамического поведения ауксетика на основе пенополиуретана (ППУ) показали увеличение коэффициента потерь и, значит, преимущество материала в поглощении энергии. На рисунке 3 сопоставлены коэффициенты пропускания вибрации T (амплитуда $1,5 \times 10^{-4}$ м) пластин размером $10 \times 380 \times 120$ мм из ауксетичного и обычного ППУ. При этом необходимо учитывать два важных момента.

Первый связан с более высокой резонансной частотой пластины, выполненной из ауксетичного ППУ (83 Гц), по сравнению с исходным ППУ (69 Гц). Второй, более важный, связан с сильным снижением пиковой передачи вибрации. На частотах ниже 10 Гц у обоих материалов наблюдалось преобладание фактора жёсткости и коэффициент пропускания вибрации был равен 1. В диапазоне частот 49–150 Гц величина T для обычного ППУ из-за большой деформации, вызванной резонансом, начинается со значения 2. Ауксетичный ППУ, напротив, по-прежнему демонстрирует поведение с преобладанием жёсткости, даже относительно близкое к резонансу. При увеличении частоты вибрации до 110–150 Гц значения T у обычного и ауксетичного ППУ практически не отличаются.

Акустические свойства материала определяются отношением скоростей распространения продольных v_l и поперечных v_t волн, зависящим от коэффициента Пуассона:

$$v_l/v_t = \sqrt{(1 - 2\nu)/2(1 - \nu)} \quad (2)$$

Если для обычных изотропных материалов отношение v_l/v_t не превышает $1/\sqrt{2}$, то у ауксетиков достигает $\sqrt{3}/2$. Этим объясняется тот факт, что в ауксетичных пороматериалах коэффициент звукопоглощения и модуль

потерь значительно выше по сравнению с обычными пенопластами при одинаковых значениях пористости и плотности. Так, для ауксетичного сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) коэффициент поглощения ультразвука достигал 47 дБ/см, что в 1,5 раза выше, чем для обычного вспененного полиэтилена.

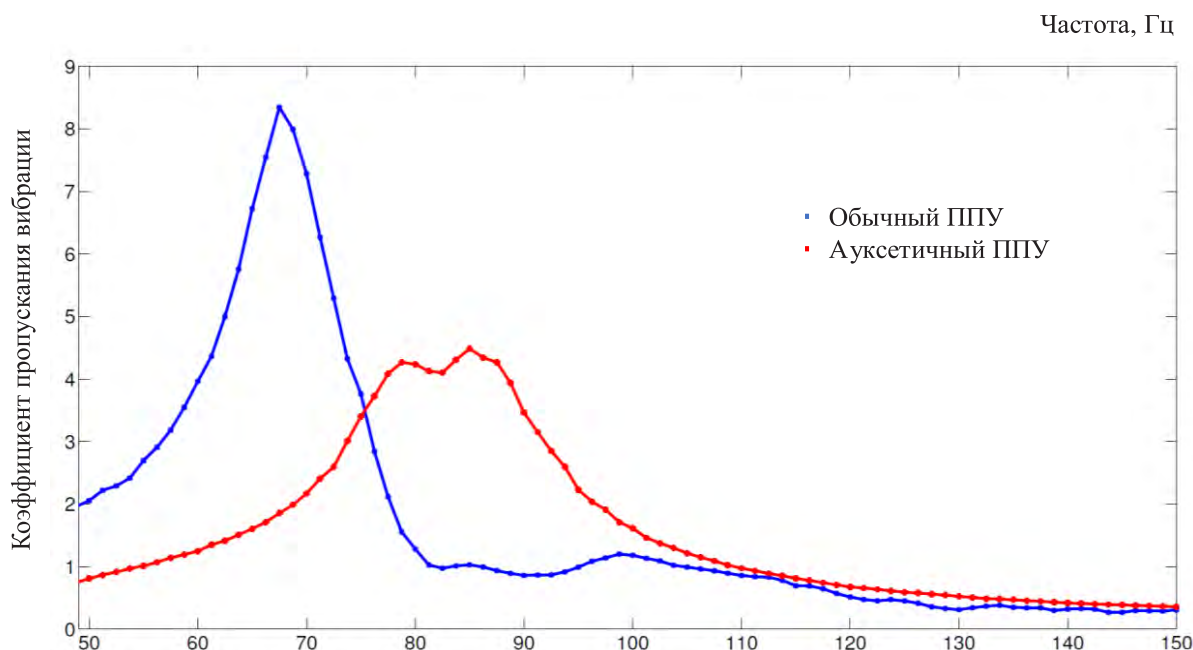


Рисунок 3 – Коэффициенты пропускания вибрации (T) обычного и ауксетичного ППУ при малых амплитудах возбуждения [4]

На рисунке 4 продемонстрированы экспериментальные и расчётные результаты для звукопоглощения образцов ауксетичного (сплошная линия) и обычного (пунктир) ППУ толщиной 26 мм. Серая область представляет дисперсию между результатами измерений для двух сторон образцов.

Низкий уровень дисперсии свидетельствует об однородности ауксетичного пороматериала в объёме. Из сравнения показателей поглощения обычных и ауксетичных ППУ можно увидеть, что при формировании пористой структуры с вогнутой формой ячеек значительно изменяются акустические свойства материала. Ауксетичный пороматериал имеет более высокие поглощающие свойства в низкочастотном диапазоне до 1500 Гц. Его коэффициент звукопоглощения достигает 0,6 при 500 Гц. При более высоких частотах коэффициент звукопоглощения $K_{зв}$ ауксетика выходит на плато, не превышая 0,7, по сравнению с максимальным (почти 100 %) поглощением обычного пенополиуретана при частоте около 2500 Гц, причём уровень поглощения ауксетичного ППУ в образцах толщиной 26, 35 и 39 мм остаётся почти постоянным в диапазоне частот 1000–4500 Гц.

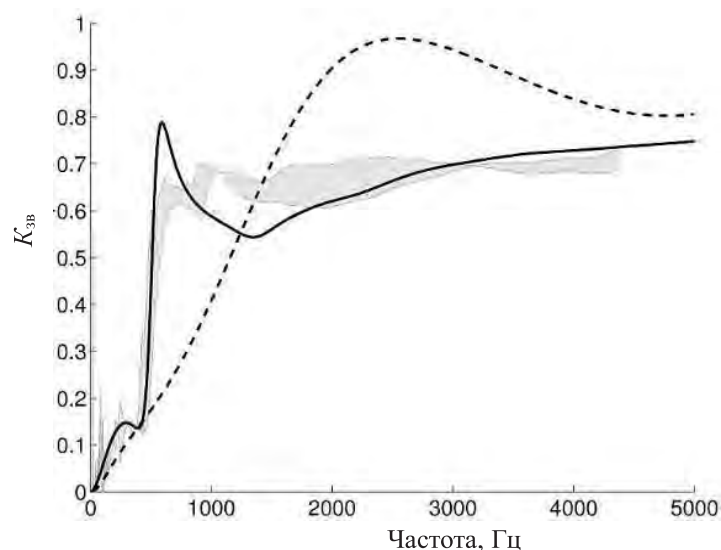


Рисунок 4 – Коэффициенты звукопоглощения ($K_{зв}$) образцов обычного и ауксетичного ППУ толщиной 26 мм [5]

Таким образом, существует большая потребность в дальнейших исследованиях по совершенствованию технологии производства для изготовления крупномасштабных ауксетичных структур, в том числе и с применением

3D-печати для создания запрограммированной микроструктуры материала. В диапазоне частот от 150 до 2000 герц коэффициент звукопоглощения у ауксетичного пенополиуретана в 3 раза выше в сравнении с обычным полиуретаном, поэтому нами предлагается использовать такие материалы в качестве звукопоглощающего и демпфирующего материала во внутренней оболочке таких строений как ЭкоДома и ЭКД, что позволяет снизить толщину защитного покрытия и, соответственно, массу и стоимость строительства орбитального сооружения, которая прямо пропорциональна стоимости доставки строительных материалов в ближний космос.

То же касается и вибростойкости. При использовании ауксетичного пенополиуретана в качестве демпфера в диапазоне частот от 60 до 100 герц по коэффициенту пропускания вибрации у ауксетичного пенополиуретана наблюдается двукратное преимущество по сравнению с обычным пенополиуретаном, что позволит снизить толщину виброзащитных конструкций при блокировании жилых и производственных помещений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
2. Материалы с отрицательным коэффициентом Пуассона (обзор) / Д.А. Конёк [и др.] // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2004. – Т. 10, № 1. – С. 35–69.
3. Юницкий А. Э. и др. Перспективы применения ауксетичных материалов в конструкциях ЭкоКосмоДома //Сборник материалов V международной научно-технической конференции «Беззвездная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты». – ООО «Астроинженерные технологии», 2022. – №. 1. – С. 47–51.
4. Bianchi M., Scarpa F. Vibration transmissibility and damping behaviour for auxetic and conventional foams under linear and nonlinear regimes //Smart materials and structures. – 2013. – Т. 22. – №. 8. – С. 084010.
5. Chekkal I. et al. Vibro-acoustic properties of auxetic open cell foam: model and experimental results //Acta Acustica united with Acustica. – 2010. – Т. 96. – №. 2. – С. 266–274.

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИТОИНДИКАТОРА ALLIUM CEPA КАК ТЕСТ-КРИТЕРИИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОЧВ РАДИОНУКЛИДАМИ

CYTOGENETIC CHARACTERISTICS OF THE PHYTOINDICATOR ALUM CEPA AS A TEST CRITERIA FOR SOIL CONTAMINATION WITH RADIONUCLIDES

О. В. Лозинская¹, Т. П. Сергеева¹, З.Я. Князева¹, Е. Т. Тумова²

O. V. Lozinskaya¹, T. P. Sergeeva¹, Z.Ya. Knyazeva, E. T. Titova²

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь aromia@rambler.ru

²Исполнительная дирекция Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, ИД БРФФИ, г. Минск, Республика Беларусь

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

²Executive Directorate The Belorussian Republican Foundation For Fundamental Research, ED BRFFR, Minsk, Republic of Belarus

Обсуждается процесс протекания стадий митоза в клетках корневой меристемы у фитоиндикатора – лука репчатого, а также наличие патологий коррелирующих с присутствием химических элементов и радионуклидов в почвах экологически неравноценных кластеров. Отмечается увеличение хромосомных aberrаций в клетках корневой меристемы, пророщенной на водных вытяжках почв территорий, загрязненных радионуклидами.

The process of the stages of mitosis in the cells of the root meristem of the phytoindicator onion is discussed, as well as the presence of pathologies correlating with the presence of chemical elements and radionuclides in the soils of ecologically unequal clusters. There is an increase in chromosomal aberrations in the cells of the root meristem germinated in water extracts from soils in areas contaminated with radionuclides.

Ключевые слова: фитоиндикаторы, почвы, тяжелые металлы, радионуклиды, Allium cepa, хромосомные aberrации.

Keywords: phytoindicators, soils, heavy metal, radionuclides, Allium cepa, chromosomal aberrations,

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-83-86>

Введение. Способность многих видов растений и животных реагировать на изменение условий обитания, отражающееся на морфологических и генетических показателях организмов, определила их пригодность для оценки состояния среды в экологических исследованиях [1].

Поскольку некоторым представителям растительного и животного мира присуще широкое распространение, а отдельным из них – свойственен полиморфизм, обуславливающий ответные реакции организмов на воздействие разнообразных факторов среды, позволяет использовать их в качестве биоиндикаторов.

Наиболее приемлемым методом лабораторных исследований по выявлению одного из множества факторов окружающей среды, позволяющим получать достоверные и сопоставимые с другими тест-системами результаты, является *Allium*-тест [2, 3]. В литературе отмечено, что результативность этого биотеста для оценки мутагенного влияния поллютантов подтверждается присутствием в клетках корешков тестируемого *Allium cepa* микроядер – эффективных индикаторов прямого воздействия на ДНК [4]. Другими авторами указано, что для лучшего понимания механизма действия тестируемых агентов на ДНК служит частота хромосомных aberrаций [5, 6].

Целью работы являлось установление характера изменения биоиндикационных показателей у фитоиндикаторов и в зависимости от элементного состава почв, в частности, тяжелых металлов и радионуклидов.

Материал и методы. Полевые исследования в период с 2021 по 2023 гг., проводились в 3-х экологически разнотипных кластерах, расположенных в условиях действия разнородных антропогенных факторов или в естественной ненарушенной среде.

В качестве точки отсчета, которой является Березинский биосферный заповедник, материал собирали вблизи дд. Домжерицы, Крайцы, Кветча, а также в районе метеостанции и зоопарка.

В окрестностях Бел АЭС исследовались реперные точки – дд. Валейкуны и Гоза, а также в северо-западном направлении – окрестности д. Шульники (Гродненская область).

В «чернобыльской зоне», входящей в состав *Полесского государственного радиационно-экологического заповедника* (ПГРЭЗ), состоящей из двух частей – **зоны отселения**, где ведется ограниченная деятельность человека: как правило, это посадка леса с целью предотвращения переноса радионуклидов с пылью; а ближе к ЧАЭС – **зоны отчуждения**, где отсутствует всякая деятельность человека из-за высокого уровня радиации. На этой территории почвенные пробы отбирались в окрестностях дд. Бабчин, Масаны, Дроньки, Оревичи, Краснополье, Крюки.

Материалом являлись образцы почв из всех реперных точек, корневая меристема фитоиндикатора – лука репчатого, выращенного на водных вытяжках почв исследуемых территорий, расположенных в естественной и антропогенно измененной среде. Отбор почвенных проб проводился в июне–августе месяца.

Измерения проб проводились методом регистрации гамма- и бета-излучения сцинтилляционными блоками детектирования на сцинтилляционном гамма-бета спектрометре МКС-АТ1315 согласно методике МВИ.МН 1181–2011.

Химический анализ содержания тяжелых металлов проводили методом атомной абсорбционной спектроскопии на атомно-абсорбционном спектрофотометре NovAA-400.

Цитотоксичность почв оценивали по их способности влиять на величину энергии прорастания, митотического индекса и патологий митоза корневой меристемы.

Семена в количестве пятидесяти штук для каждого варианта закладывали в чашки Петри и заливали вытяжкой почв исследуемых территорий. Общую токсичность почв оценивали по их способности влиять на митотическое деление и появление хромосомных aberrаций. Контролем служили семена, проросшие на водопроводной воде (контроль 1).

Семена проращивали от 3 до 5 дней. Для проведения анализа на стадии анафазы, когда наблюдаются первые митозы в меристеме, фиксируются корешки длиной около 1 см. Затем помещали в фиксаторе Кларка: смесь 96 % этилового спирта и ледяной уксусной кислоты в соотношении 3:1. Окрашивание производилось в течение 8–15 минут раствором ацетокармина при температуре 40–50°C.

При дальнейшем проращивании aberrации хромосом в последующих митозах можно наблюдать в виде микроядер на стадии интерфазы. Анализ препаратов проводился на 2000 интерфазных и митотических клетках с использованием анализатора изображений, включающего оптический микроскоп Nikon Eclipse 50i видеокамеру Nikon DS-Fi1 и компьютер с программным обеспечением.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием электронных таблиц Microsoft Office Excel.

Результаты и их обсуждение. Для некоторых реперных точек в Березинском биосферном заповеднике (БГБЗ) выявлено отклонение от нормального содержания по двум или трём элементам. Так, отмечено сниженное содержание цинка – 5,9 мкг/г при норме 50 мкг/г в окрестностях пос. Крайцы и железа (во всех точках, кроме окрестностей д. Домжерицы (7654,2 мкг/г)).

Почвы в районе проведения исследований вблизи БелАЭС также характеризуются незначительным элементным дисбалансом. В отдельных точках наблюдается снижение содержания цинка, тогда как в других (территории, непосредственно прилегающих к станции) – повышенное (по сравнению с территорией БГБЗ) содержание свинца (11,7 мкг/г), но в целом находящееся в пределах нормы (ПДК – 32 мкг/г).

Территория зоны отчуждения характеризуется более серьезными изменениями элементного состава почв. Так, в большинстве точек наблюдается повышенное содержание кадмия (1,4–9,3 мкг/г), ртути (2,3 мкг/г) и свинца (23,3 мкг/г), а содержание эссенциальных элементов – цинка (20,8 мкг/г) и железа (2435,5 мкг/г) – понижено.

Результаты сравнительного анализа содержания радионуклидов, отражающие существенные различия почв трех территориальных кластеров (Березинского заповедника, окрестностей Белорусской АЭС и зоны отчуждения ЧАЭС) представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты радиометрического анализа проб образцов окружающей среды (июль-август 2021– 2023 г.)

№ Место отбора проб	УА Cs-137, Бк/кг		
	2021	2022	2023
ББЗ	10,8 ± 6,1	13,8 ± 4,9	13,1±4,8
Бел АЭС	152,8 ±92,3	14,4 ± 3,7	41,7±19,8
Зона отчуждения (ПГРЭЗ)	10861,3±1,0	5522,3 ± 1,6	7991,0±1,3

Как видно из таблицы, удельная активность радионуклидов почв Березинского заповедника и окрестностей БелАЭС соответствует фоновым уровням в течение всего периода исследований, а в зоне отчуждения значительно превышают этот уровень.

Полученные в лабораторном эксперименте цитогенетические показатели фитоиндикатора – лука репчатого: митотический индекс (МИ) и частота хромосомных aberrаций (ЧА) явились индикаторами степени загрязнения почв как радионуклидами, так и имеющим место быть элементарным дисбалансом. На гистограмме (рис. 1) представлены результаты за трехлетний период исследований. Как видно, значения митотического индекса в клетках корневой меристемы (для ЧАЭС и ББЗ) статистически достоверно ($p \leq 0,05$) отличаются от контроля, в то время как для Бел АЭС этой зависимости не выявлено. Низкие значения митотического индекса для клеток корневой меристемы БГБЗ объяснимы дисбалансом элементарного состава. Так, показатели по цинку ниже фоновых (0,13 мг/кг) значений характерны для этих территорий.



Рисунок 1 – Митотический индекс в клетках корневой меристемы *Allium cepa*, пророщенных на почвах территорий с различной антропогенной нагрузкой

Выше отмечалось сниженное содержание железа в почвах БГБЗ. Иная ситуация характерна для территории зоны отчуждения (ЧАЭС). Здесь также наблюдалось пониженное значение митотического индекса, находящегося в диапазоне 8,6–9,7, но связанное уже со значительной удельной активностью радионуклидов почв. Такие показатели связаны с приостановкой деления клеток для репарации генетического материала.

Результаты выявленных патологий митоза в клетках корневой меристемы *A. cepa* при проращивании его семян на почвенных вытяжках 4-х реперных точек Березинского биосферного заповедника, показывают лишь незначительные нарушения деления клеток, что свидетельствуют о благоприятных условиях среды. Вклад же в разнообразие аномалий митоза, вносят опережение и отставание хромосом, а также одиночные фрагменты, наличие микроядер в клетках и формирование мостов. Следует отметить, что наименьшие отклонения от нормы характерны для реперной точки «Крайцы», находящейся в 15 километрах от центральной усадьбы и на стыке с абсолютно-заповедной зоной.

Выявлены значительные хромосомные и митотические нарушения в меристематических клетках корешков лука, пророщенных на водных вытяжках почв Зоны отчуждения, а для территории Березинского заповедника характерно наличие лишь незначительных нарушений. На рисунке 2 представлены фотографии aberrаций, наблюдаемых в клетках *Allium cepa*, пророщенных на различающихся водных вытяжках почв данных территорий.

Следует отметить, что в процессе выполнения работы впервые наблюдался сочетанный эффект образования полинуклеарных клеток и увеличения их размеров (рисунок 26). Полинуклеарность была выявлена во всех исследуемых вариантах территории зоны отчуждения. Наиболее часто встречается в клетках корневой меристемы, пророщенных на водных вытяжках почв территорий Дроньки и Бабчин.

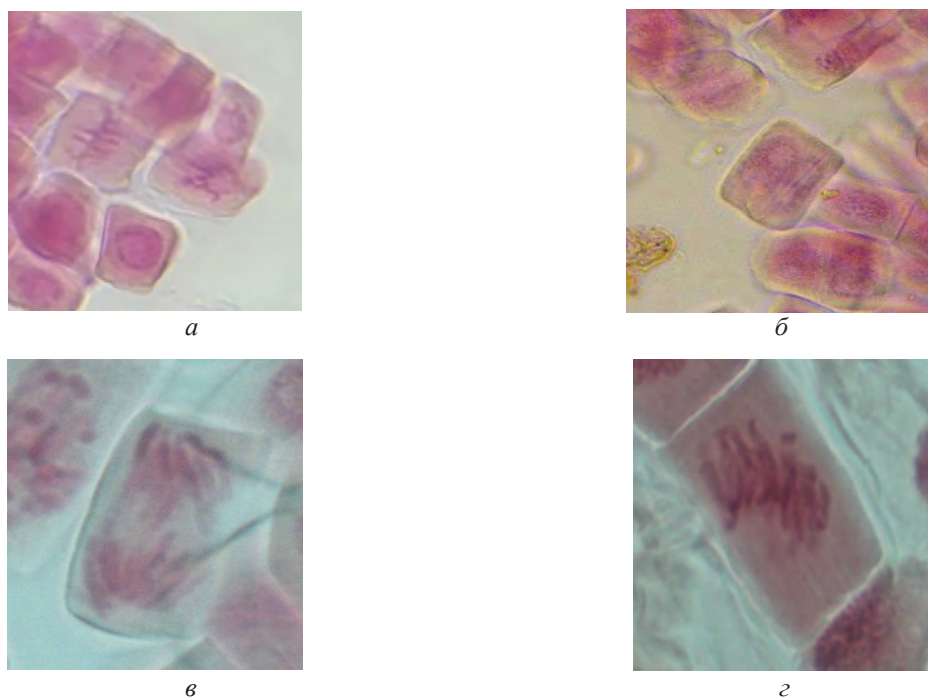


Рисунок 2 – Выявленные aberrации в корневой меристеме *A.сера*. Окраска ацеткармином. Ув. $\times 400$.
а) опережение, б) полинуклеарность, в) двойной мост, г) фрагмент

Установлена **зависимость** протекания стадий митоза у фитоиндикатора – лука репчатого и выявленных патологий от степени присутствия химических элементов и радионуклидов в почвах экологически неравноценных кластеров.

В работе представлены данные, полученные в рамках выполнения задания Государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» подпрограмма 10.3 «Радиация и биологические системы»

ЛИТЕРАТУРА

1. Неверова, О. А. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды / О. А. Неверова // Биосфера. – 2009. – Т. 1, № 1. – С. 82–92.
2. Применение *Allium* сера эффектов при генетическом мониторинге техногенных территорий / Э. А. Агаджанян [и др.] // Проблемы и мониторинг природных экосистем : Междунар. науч.-практ. конф., Пенза, 17–18 окт. 2014 г. : сб. ст. / Пенз. гос. с.-х. акад. – Пенза, 2014. – С. 11–14.
3. Levan, A. The effect of colchicine on root mitoses in allium [Electronic resource] / A. Levan // Hereditas. – 1938. – Vol. 24, iss. 4. – 471–486. – Mode of access: <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1938.tb03221.x> – Date of access: 15.11.2021.
4. Genotoxicity and mutagenicity of water contaminated with tannery effluents, as evaluated by the micronucleus test and come to assay using the fish *Oreochromis niloticus* and chromosome aberrations in onion root-tips / S. T. Matsumoto [et al.] // Genetics Molecular Biol. – 2006. – Vol. 29, № 1. – P. 148–158.
5. Chromosome aberration and micronucleus frequencies in *Allium cepa* cells exposed to petroleum polluted water – a case study / D. M. Leme [et al.] // Mutation Research. – 2008. – Vol. 650, № 1. – P. 80–86.
6. Action mechanisms of petroleum hydrocarbons present in waters impacted by an oil spill on the genetic material of *Allium cepa* root cells / D. M. Leme [et al.] // Aquatic Toxicology. – 2008. – Vol. 88. – P. 214–218.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСТАТКОВ РАСТЕНИЕВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ *PLEUROTUS OSTREATUS*

ECOLOGICAL RECYCLING OF ORGANIC PLANT RESIDUE USING *PLEUROTUS OSTREATUS*

П. А. Буглак, В. С. Заяц

P. A. Buglak, V. S. Zayats

ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Республика Беларусь

p.buglak@unitsky.com; v.zayats@unitsky.com

Unitsky String Technologies, Inc. Minsk. Republic of Belarus

В современное производство сельскохозяйственной продукции приводит к образованию различных элементов органических отходов. Одним из способов использования этих остатков является выращивание гриба Вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus*). В данной статье исследуются варианты использования полученных субстратов из растительных остатков, таких как опавшие листья, ветки и срубленные деревья, для культивирования базидиальных грибов. Основная цель данного исследования заключается в утилизации растительных отходов, которые использовались для получения готового субстрата, который также после культивирования могут использоваться для обогащения почвы питательными компонентами. Эффективная технология, описанная в статье, представляет собой экологически эффективный способ использования растительных отходов в сельском хозяйстве, позволяющий производить продукцию для выращивания грибов и, кроме того, улучшать плодородие почвы.

Modern agricultural production leads to the formation of various elements of organic waste. One way to use these residues is to grow the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). This article explores the use of derived substrates from plant debris, such as fallen leaves, branches and felled trees, for the cultivation of basidiomycetes. The main goal of this study is to utilize plant waste that was used to obtain a finished substrate, which, after cultivation, can also be used to enrich the soil with nutritional components. The effective technology described in the article is an environmentally effective way to use plant waste in agriculture, allowing the production of products for growing mushrooms and, in addition, improving soil fertility.

Ключевые слова: вешенка обыкновенная, возобновляемые ресурсы, растительные субстраты, базидиальные грибы, экологическая утилизация.

Keywords: oyster mushroom, renewable resources, plant substrates, basidiomycetes, environmental disposal.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-87-90>

Использование базидиальных грибов для удаления отходов растительного производства способствует экологической устойчивости и устранению загрязнений окружающей среды, которые могут оказывать негативное влияние. Поэтому использование базидиальных грибов для удаления отходов растительного производства является одним из способов биоремедиации и повышения экологической устойчивости растениеводства. Данная технология позволяет эффективно перерабатывать органические отходы, которые иначе не могут быть использованы для других производственных целей [1].

Грибы обладают удивительной способностью разлагать сложные органические соединения, такие как целлюлоза, лигнин и другие полимеры, превращая их в удобрения и компост. Этот процесс не только помогает снизить объемы отходов, но и способствует сохранению состава почвы и повышению естественного плодородия. Такое использование грибов благоприятно влияет на окружающую среду и способствует созданию устойчивых экосистем [2].

Например, в Беларуси объем растительных отходов в сельском хозяйстве составляет примерно 6-7 миллионов тонн в год. Они могут включать в себя остатки урожаев, такие как солома, сено, соломенные остатки, а также опад листьев, стебли и другие растительные отходы после уборки урожая и ухода за насаждениями. А отработанные субстраты с мицелием могут использоваться в производстве удобрений, кормов для животных, биоэнергетики и других целей.

При культивировании базидиальных грибов тип субстрата является обязательным, поскольку он обеспечивает грибам растворимые неорганические и органические вещества в качестве источника питания для роста и развития плодовых тел. Хороший субстрат должен поддерживать достаточное количество азота и других факторов, чтобы обеспечить видимость роста грибов [3].

Стандартный состав растительных остатков: сырой протеин около 13,2 %; сырой жир до 3,1 % (амарант, корочки льна); сырая клетчатка 26,2 %; сырая зола 8,4 %; общая энергия около 12,8 МДж/кг, сумма сахаров 6,3 %.

Исследования показывают [4], что использование опилок многих деревьев в качестве субстрата может замедлять рост плодовых тел грибов, так как в них содержание азота общего недостаточно для правильного

развития. Образование мицелия так же замедляется из-за недостаточного питания. Поэтому обычно выбирают другие материалы, богатые лигноцеллюлозой, такие как хлопковые отходы, солома, ветки фруктовых деревьев, лузга семян подсолнечника, костра льна, либо смешивают растительные отходы в таких пропорциях, чтобы содержание общего азота в субстрате было приблизительно 0,7 %.

В качестве субстратов для культивирования базидиальных грибов также могут использоваться початки кукурузы, жом сахарной свеклы, колосовые чешуи злаковых, лузга подсолнечника, картон, растительное волокно, листья лесного ореха, липы, солома злаковых растений и др. Солома пшеницы, например, является богатым лигноцеллюлозным компонентом, содержащим целлюлозу, гемицеллюлозу и лигнин, которые обеспечивают питательные вещества для развития мицелий и плодоношения грибов, и обладает высокой биологической эффективностью.

Таким образом, использование базидиальных грибов для утилизации указанных отходов растительного производства является эффективным и экологически безопасным подходом. Это позволяет преобразовать отходы в ценные ресурсы, способствуя устойчивому развитию и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Для проведения эксперимента по выращиванию Вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus*) были выбраны различные виды отходов растительного происхождения, включая опавшие листья берёзы и дуба, солому пшеницы мягкой, опилки ольхи обыкновенной, дуба черешчатого, костру льна.

Технология приготовления требует нескольких шагов. Первоначальный субстрат был замочен в горячей воде (92–95 °C) на 20 минут, чтобы обеспечить максимальное увлажнение. Затем субстрат упаковывался в специальные полипропиленовые пакеты с фильтром и стерилизовался при температуре 121 °C в течение 35 минут. На следующий день охлаждённый субстрат инокулировался чистым мицелием базидиального гриба в асептических условиях. После этого пакет герметично запаивался с соблюдением стерильности и переносился в помещение с соблюдением климатических требований.

Для проведения эксперимента были использованы предварительно подготовленные чистые культуры базидиальных грибов, полученные на зерновом субстрате в отдельных емкостях, чтобы вызвать заражение готового растительного субстрата. Зерновой субстрат для культивирования мицелия также был предварительно обработан, промыт водой для удаления пыли, замочен в горячей воде (92–95 °C) в течение 15 минут для набухания и создания благоприятной среды. Затем влажное зерно помещалось в емкости, которые затем автоклавировались при стандартных условиях (121°C, 20 минут). Зерновые субстраты инокулировались базидиальными грибами в стерильной среде.

Субстратные пакеты изготавливаются вручную из автоклавируемых полипропиленовых пакетов с фильтром, который обеспечивает газообмен внутри пакета и сохраняет стерильность и достаточную влажность на ранней стадии выращивания мицелии гриба.

Культивирование грибных пакетов происходило в отдельном вентилируемом помещении с поддержанием относительной влажности в пределах 75–85 % и температуры +20°C.

В ходе эксперимента оценивали скорость заражения субстрата мицелием, видимую площадь заражения и характеристики субстрата, такие как содержание целлюлозы и лигнина.

В ходе эксперимента отмечено, что Вешенка обыкновенная лучше всего культивировалась на субстрате из опавшей листвы берёзы и дуба, костре льна и соломе пшеницы мягкой, появились примордия и наблюдалось образование плодовых тел (рисунок 1 и 2). На субстратах из опилок тоже наблюдается образование плодовых тел и примордиев но субстратные блоки не заражены мицелием полностью, что говорит о недостатке питания и слабой структуре самого плодового тела (рисунок 1).



Рисунок 1 – Субстратные пакеты для выращивания вешенки обыкновенной на основе (a), b) опилки ольхи; c) костра льна; d) опилки дуба; e), f) солома пшеницы мягкой).

На рисунке 2 представлены мицелий вешенки обыкновенной на субстрате из опада листьев берёзы и дуба.

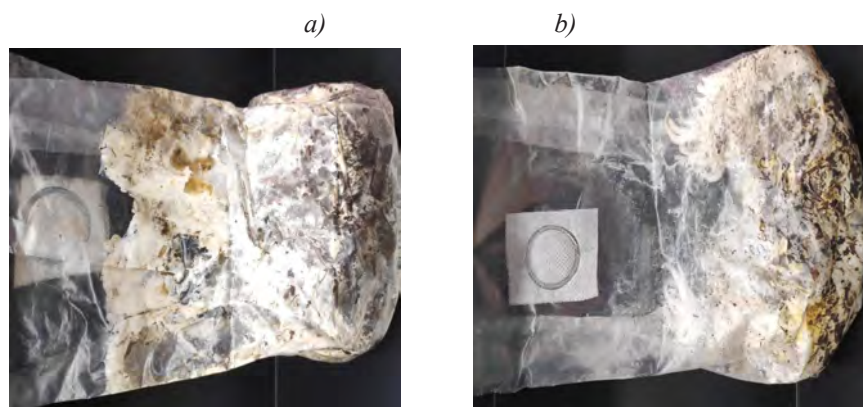


Рисунок 2 – Культивирование мицелия вешенки обыкновенной на субстратах из а) опада листьев берёзы и б) опада листьев дуба

Субстрат из опилок ольхи и дуба менее захвачен мицелием (по сравнению с листовым опадом – на 20–40 %). Предположительно, особенности данного типа субстрата обусловлены наличием полифенольных веществ – танинов, которые ингибируют рост мицелия.

Наибольший процент покрытия и наименьшее время зарастания мицелием у всех видов грибов зафиксированы на субстратах из листьев и соломы, что связано с простым составом сырья для разложения ферментами грибов.

Процентное содержание целлюлозы и лигнина в субстратах, полученное по азотно-спиртовому методу [5], представлено в таблице 1.

Таблица 1

Содержание целлюлозы в субстрате до и после культивирования вешенки обыкновенной

Субстрат	Содержание целлюлозы, %		Содержание лигнина, %	
	до культивирования	после культивирования	до культивирования	после культивирования
Листовой опад берёзы	38,87	13,50	12,77	6,61
Солома пшеницы мягкой	43,02	11,4	19,50	12,22
Опилки ольхи	44,77	15,10	24,11	9,48
Опилки дуба	44,04	19,40	24,87	12,12
Костра льна	48,23	17,20	21,32	11,24
Листовой опад дуба	32,75	12,57	21,46	11,29

Из таблицы видно, что в опилках дуба, ольхи и костре льна содержится наибольшее количество целлюлозы и лигнина: 44,77 % и 24,11 % для ольхи, 44,04 % и 24,87 % для дуба, 48,23 % и 21,32 % для костры льна соответственно. Данные вещества являются компонентами для питания гриба в результате частичного их разрушения в качестве источника углерода и энергии. Однако биодоступность этих соединений для целлюлозолитических и лигнолитических ферментов хуже, чем у соломы и листового опада, поэтому такие субстраты зарастают медленнее, но могут использоваться дольше. Однако костра льна, хоть и обладает высоким содержанием целлюлозы и лигнина имеет более тонкие волокна и легко измельчается, что повышает ее способность поглощать влагу и доступность в качестве питательных веществ.

На рисунке 3 представлен внешний вид вешенки обыкновенной на субстрате из листового опада берёзы. Образование плодовых тел свидетельствует о наличии всех необходимых доступных компонентов для роста мицелия.



Рисунок 3 – Образование плодовых тел вешенки обыкновенной на субстрате из листового опада берёзы

Отработанные блоки субстрата могут использоваться как кормовая добавка в основной рацион сельскохозяйственных животных. Данный подход оправдан, поскольку твёрдые субстраты, заражённые мицелием базидиальных грибов, имеют богатую питательную ценность из-за высокого содержания белков, аминокислот, ферментов и витаминов, необходимых для правильного развития организма животных. Согласно научным источникам, применение отработанных субстратов с мицелием Вешенки обыкновенной в кормопроизводстве для молодняка крупного рогатого скота улучшает усвояемость грубых растительных кормов и показатели крови животных (истинный белок увеличивается в 7,1–11,3 раза). Внесение такой добавки позволит также снизить затраты на корм [14].

Из всех выбранных субстратов наилучшее развитие Вешенки обыкновенной наблюдалось на листовом опаде берёзы, дуба и соломе пшеницы мягкой. Опилки дуба и ольхи обладают необходимыми компонентами для культивирования мицелия, однако лучше использовать в качестве добавки к другому растительному сырью. Одной из причин низкой скорости зарастания субстратов на основе опилок может служить высокое процентное содержание сложных компонентов в составе древесины (лигнин и целлюлоза). Лигнин не является основным источником углерода и энергии при развитии базидиальных грибов, однако при недостатке углерода, азота или серы он способен к частичному разложению. Повышенное содержание лигнина и целлюлозы в субстрате придаёт плотную структуру плодовому телу гриба, но при избытке лигнина мицелий гриба плохо адаптируется к субстрату и требуется длительное культивирование для расщепления высокомолекулярных компонентов.

В ходе эксперимента выявлено, что на субстрате из листового опада берёзы и дуба помимо формирования плотного мицелия началось развитие плодовых тел Вешенки обыкновенной. Большое количество образованных примордиев ограничивало рост плодовых тел, причиной чего могли стать недостаточность потоков воздуха и несбалансированный состав субстрата. Однако наличие формирующихся плодовых тел говорит о возможности корректировки состава для выращивания грибов на таком дешёвом и доступном субстрате.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chang, S.T. Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact / S.T. Chang, P.G. Miles. – Boca Raton [etc.]: CRC Press, 2004. – 480 p.
2. Gadd, G. M. Fungi in biogeochemical cycles / G.M. Gadd. – Cambridge University Press, 2006. – 124 p.
3. Mahari, W.A. A Review on Valorization of Oyster Mushroom and Waste Generated in the Mushroom Cultivation Industry / W.A. Mahari [et al.] // Journal of Hazardous Materials, 2020. – Vol. 400. – P. 123–156.
4. Ogundele, G.F. Effect of Pure and Mixed Substrate on Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) Cultivation / G.F. Ogundele, R.O. Abdulazeez, O.P. Bamidele // Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences, 2014. – Vol. 2. – P. 215–219.
5. Ламоткин, А.И. Химия древесины и синтетических полимеров: лаб. практикум для студентов специальности 1-48 01 05 «Химическая технология переработки древесины» / А.И. Ламоткин, Ж.В. Бондаренко. – Минск: БГТУ, 2005. – 82 с.

НАРУШЕННОСТЬ ТОРФЯНИКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПУХОВИЧСКОГО РАЙОНА DISTURBANCE OF PEATLANDS ON THE TERRITORY OF THE PUKHOVICH DISTRICT

О. Н. Ратникова, И. В. Агейчик
O. Ratnikova, I. Ageichik

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь
Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus

Проанализировано современное состояние территории торфяников Пуховичского района при помощи спутниковых снимков, выявлены участки торфяников эффективно и неэффективно используемые в сельском и лесном хозяйствах, нарушенные участки подлежащие экологической реабилитации и утратившие все биосферные функции, а также восстановленные путем мероприятий экологической реабилитации.

The current state of the peatland territory of Pukhovichi district was analyzed using satellite images, peatland areas effectively and ineffectively used in agriculture and forestry, disturbed areas subject to ecological rehabilitation and having lost all biosphere functions, as well as those restored by ecological rehabilitation measures were identified.

Ключевые слова: болото, нарушенный торфяник, экологическая реабилитация, уровень грунтовых вод, болотный фитоценоз.

Keywords: bog, disturbed peatland, environmental rehabilitation, groundwater level, bog phytocoenosis.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-90-93>

Болота выполняют разнообразные биосферные функции, оказывая большое влияние на природные процессы [1]. Болота представляют собой весьма специфические и уникальные природные местообитания для биологического разнообразия. Практически все виды растений и животных, обитающих на болотах, являются редкими или уязвимыми, сокращение среды их обитания неизбежно ведет к уменьшению численности, а иногда и к полному исчезновению многих уникальных видов и популяций. Важнейшими свойствами болот являются также сохранение ландшафтного разнообразия среди освоенных территорий, смягчение последствий изменения климата, поддержание устойчивого водного режима на окружающих их территориях. На осушенных, разрабатываемых и выработанных торфяных месторождениях интенсивно протекают процессы минерализации органического вещества торфа, возникает пожароопасная ситуация.

Устойчивое развитие регионов республики должно базироваться на оптимальной и постоянно совершенствующейся схеме территориального планирования, включающей в качестве основного элемента план рационального использования природных ресурсов. В настоящее время важной государственной задачей является развитие альтернативных направлений использования торфа, т.е. его глубокой переработки с получением продукции с высокой добавленной стоимостью.

Для обеспечения биосферно-совместимого использования требуется около 15–20 % [2] от общей площади торфяного фонда района отнести в природоохранный фонд различного назначения. Основные изменения на болоте связаны с гидротехнической мелиорацией, влияющей на водный режим, как осушаемой территории, так и прилегающих участков. Понижение уровней грунтовых вод (УГВ) на 0,2–1,5 м и более от средней поверхности земли на осушаемом участке, приводит к замещению видового разнообразия болотных фитоценозов, а не редко зарастанию инвазивными видами прилегающих территорий. С течением времени происходит ослабление или полная утрата гидрологической функции болота, восстановление которой возможно лишь при проведении мероприятий экологической реабилитации.

Сформировавшийся современный антропогенно нарушенный ландшафт поверхности торфяников Пуховичского района в результате последствий воздействия гидротехнической мелиорации складывается с природных и искусственных объектов, как на прилегающих территориях, так и в нулевой границе торфяного месторождения: мелиоративные системы, гидротехнические сооружения, дороги, выгоревшие участки, водотоки, озера, истоки рек, с наличием или отсутствием болотной растительности на поверхности торфяника, повторно заболоченных участков и др.

В результате дешифрирование спутниковых снимков с разрешением 30 и менее м/пикс (снимки Google, Yandex Satellite, Bing) визуальным методом (рис.) оценили нарушенность территории торфяников Пуховичского района, при помощи которого выявили категории торфяников в зависимости от фактического состояния и видов использования и объединили в три группы исходя из возможности их восстановления:

- *болото* в естественном и частично нарушенном состоянии, а также повторно обводненные участки – на которых происходят процессы болотообразования и торфонакопления интенсивность этих процессов различна;
- *нарушенные торфяники*, территории которые возможно перевести в категорию обводненных путем реализации мероприятий экологической реабилитации, это территории покрытые древесно-кустарниковой и лесной растительностью, действующие поля добычи торфа (разрабатываемый фонд), выбывшие из эксплуатации и находящиеся в брошенном состоянии, на которых процессы самовосстановления отсутствуют, покрытые древесно-кустарниковой растительностью (земельный фонд неэффективно используемые в сельском и лесном хозяйствах), осушенные земли, с торфяными почвами используемые для выращивания пропашных культур, луговых трав и др. – процессы болотообразования и торфонакопления полностью прекращены, идут процессы уменьшения слоя торфа от процессов усадки, минерализации и дефляции;
- *нарушенные, селитебные участки*, к которым отнесли населенные пункты, фермы, товарищества и др., данные участки невозможно восстановить, эти площади можно вовсе вывести из торфяного фонда, в связи с утратой всех биосферных функций.

Основными проблемами нарушенных торфяников, неэффективно используемых в сельском и лесном хозяйствах, являются: подтопление территории из-за низкого положения в рельефе или подстиание остаточного слоя торфа водоупорными грунтами (сапропель, суглинок, глина); неблагоприятный водно-воздушный режим для произрастания сельскохозяйственных и лесохозяйственных культур и условий для работы техники; увеличение расходных составляющих водного баланса осушенного торфяника за счет интенсивного стока грунтовых вод по действующей осушительной сети, особенно в весеннее половодье, что приводит к перераспределению их запасов на прилегающих территориях и понижению УГВ. На торфяниках в осушенном и заброшенном состоянии происходит процесс зарастания их сорной растительностью и лесом низкого бонитета, изменение зоны и режима аэрации торфогенного слоя в торфяной залежи, а также полное прекращение накопления торфа, при этом торфяная залежь уплотняется. Такие участки неоднократно подвергаются пожарам, негативно влияющим на экологическую обстановку района.

В результате исследований рассмотрено 141 разведанных торфяников площадью ~65,2 тыс. га в нулевой границе или 5,2 % территории Пуховичского района Минской области. Анализ территории торфяников района показал (рис. 2), что в естественном состоянии сохранилось 17,8 тыс. га болот, торфяная залежь которых аккумулирует 210 843 тыс. м³ воды и 13 583 тыс. т углерода. На остальной территории процессы торфонакопления и болотообразования прекращены или идут крайне медленно, восстановлено 5,0 тыс. га, большая часть которых – выбывшие из промышленной эксплуатации торфяные месторождения. Часть нарушенных торфяников 0,9 тыс. га утратили все свои биосферные функции и их восстановить не возможно в силу того, что они находятся

под населенными пунктами (Дружный, Свислочь, Правдинский, Рябиновка, Анетово), товариществами (Мара, Алеся, Шарик, Метрострой, Жаворонок и др.), фермами, ТЭЦ-5, СООО «Домеко».

Торфяник (болото, торфяное месторождение, осушенные земли с торфяными почвами)						
Категория 1	Категория 2	Категория 3	Категория 4	Категория 5	Категория 6	Категория 7
болото в естественном и частично нарушенном состоянии	повторно обводненные участки	покрытые древесно-кустарниковой и лесной растительностью	покрытые древесно-кустарниковой растительностью	осушенные (пропашные, луговые и др.)	поля добычи торфа	селитебные участки (населенные пункты, фермы, товарищества и др.)
						
выполняют все биосферные функции	в процессе восстановления	процессы болотообразования и торфонакопления происходят крайне медленно или вообще отсутствуют	процессы болотообразования и торфонакопления отсутствуют, возможно восстановление	болотообразования и торфонакопления полностью прекращены, идут процессы уменьшения слоя торфа от процессов усадки, минерализации и дефляции, возможно восстановление	сработка торфяной залежи, возможно восстановление	болотообразования и торфонакопления полностью прекращены, идут процессы уменьшения слоя торфа от процессов усадки, минерализации и дефляции, не восстановиться
природоохранное направление использования	природоохранного или лесохозяйственного использования	лесохозяйственного использования	лесохозяйственного использования	сельскохозяйственного использования	разработка земельного фонда	прочие земли

Рисунок 1 – Критерии оценки нарушенности торфяников

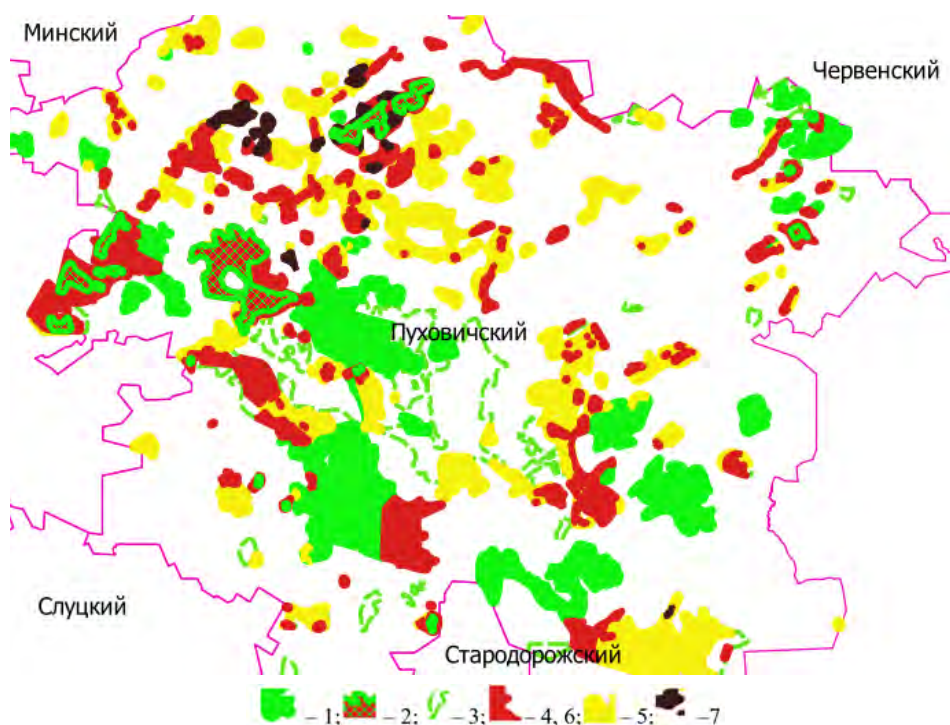


Рисунок 2 – Карта-схема современного состояния торфяников Пуховичского района Минской области:
 1 – болото в естественном состоянии; 2 – восстановленные участки торфяников;
 3 – покрытые древесно-кустарниковой и лесной растительностью (лесохозяйственное использование);
 4 – нарушенные участки, 5 – осушенные для сельскохозяйственного использования;
 6 – выбывшие из промышленной эксплуатации; 7 – селитебные участки

Ренатурировать торфяник невозможно вследствие значительного антропогенного воздействия, однако можно восстановить водно-минеральное питание на микроландшафтном уровне пространственной организации с возобновлением отдельных очагов болотообразования и торфонакопления за счет проведения мероприятий экологической реабилитации.

Основной целью планирования мероприятий по экологической реабилитации нарушенных торфяников является поднятие УГВ равномерно по всей площади восстанавливаемого участка. При этом среднее значение УГВ должно составлять не более 20 см ниже поверхности земли и амплитуды колебаний около 50 см. Эти условия способствуют произрастанию характерных болотных фитоценозов и восстановлению его биосферных функций.

Мероприятия экологической реабилитации реализованы в разные годы на площади около 5,0 тыс. га на лесном верховом болоте Копыш, а так же выбывших из промышленной эксплуатации торфяниках Рады-Галышевка, Ореховский Мох, Дукора и Долгое, Галое Навыдоба и др.

В целом по Пуховичскому району созданы благоприятные условия для биологического разнообразия. Площадь торфяников в естественном и восстановленном состоянии составляет 21,7 тыс. га (33,4 % территории торфяников), что увеличило аккумуляцию воды и углерода в торфяной залежи, где идут процессы болотообразования и торфонакопления.

Восстановление нарушенных участков торфяников лесной мелиорации увеличивает площадь уникальных территорий для сбора дикорастущих ягод местным населением, увеличению влажности корнеобитаемого слоя и, как следствие, усилению процессов восстановления болотных фитоценозов, возобновлению процессов накопления торфа, а также уменьшению вероятности возникновения торфяных лесных пожаров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бамбалов Н.Н. Роль болот в биосфере / Н.Н. Бамбалов, В.А. Ракович. – Минск, 2005. – 208 с.
2. Закон Республики Беларусь «Об охране и использовании торфяников»: НПА РБ от 18 декабря 2019 г. № 272-3. URL: https://pravo.by/upload/docs/op/H11900272_1577394000.pdf. (дата обращения: 14.02.2023).

МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С СОХРАНЕНИЕМ БАЛАНСА ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЁМОВ

RESTORING METHOD FOR FERTILITY OF AGRICULTURAL LAND WITH PRESERVATION OF THE BALANCE OF FRESHWATER RESERVOIRS

A. M. Павлюченко, И. В. Налётов, Н. С. Зыль

A. M. Pauliuchenka, I. V. Naletov, N. S. Zyl

ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Республика Беларусь

a.pavlyuchenko@unitsky.com

Unitsky String Technologies Inc., Minsk, Republic of Belarus

В статье описан метод восстановления сельскохозяйственных земель с помощью водорослей. Обоснован вариант алгоремедиации почв, не нарушающий трофического баланса пресноводных водоёмов. Описаны пути реализации метода, представлен прототип установки для культивирования водорослей.

The article describes the method for restoring agricultural soil using algae. A variant of algoremediation that does not disturb the trophic balance of freshwater bodies is justified. The milestones of the implementation of the method are described, and a prototype for algae cultivation is presented.

Ключевые слова: алгоремедиация почв, трофический баланс водоёмов, установка для культивирования.

Keywords: soil algoremediation, trophic balance of freshwater reservoirs, prototype for algae cultivation.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-93-96>

В настоящее время в агропромышленном секторе существует проблема организации эффективного (с точки зрения экологии, экономики, общества и др.) использования природных ресурсов (земельных и водных). Важной частью ведения сельского хозяйства является система земледелия, которая должна быть направлена на повышение эффективности использования земли и сохранение постоянства её плодородия. Повышение плодородия почв является основным условием роста урожайности сельскохозяйственных культур и в конечном счёте реализации продовольственной продукции. Качество воды – фактор, определяющим возможности производства сельскохозяйственной продукции и цены на мировом продовольственном рынке.

С целью повышения экономической эффективности увеличивается объём применения органических и минеральных удобрений, который приводит к временному росту продуктивности почв, нарушая её естественные циклы самовосстановления. Также стоит учитывать то, что в конечном итоге часть нитратных и фосфатных соединений с естественными стоками попадает в пресноводные объекты, повышая тем самым риски ускоренной эвтрофикации. Органическое земледелие позволяет минимизировать подобный ущерб, однако значительно уступает в продуктивности хозяйствам использующим минеральные удобрения. Следовательно, проблема сохранения

и поддержания плодородия почв, а также биологического равновесия пресноводных объектов актуальна и нуждается в поиске, обосновании и применении принципиально новых решений.

Целью данной работы является предложить новый, экологически значимый вариант эффективной биоремедиации почв, не нарушающий естественного баланса пресноводных водоёмов.

При длительном сельскохозяйственном использовании почв наблюдается глубокая деградация почвенного биоценоза, одним из индикаторных признаков которой является снижение общей численности водорослей. Количество водорослей в почве очень различно и зависит от условий среды, особенно от водного и солевого режима почвы, от типа наземной растительности и от используемых агротехнических приёмов. В пахотных почвах насчитывается до 1 млн. клеток в 1 г почвы в слое от 0 до 10 см, что сопоставимо с численностью почвенных грибов и простейших. Исходя из этого, перспективным вариантом биоремедиации может являться ассоциация водорослей (почвенных и пресноводных), что обусловлено целым рядом причин:

1. Высокая толерантность к различным факторам. Водоросли способны существовать в неблагоприятных условиях среды, что объясняется лабильностью обмена веществ, устойчивостью против засухи, резких колебаний влажности и температуры, к недостатку и избытку света, засолённости почвы [1].

2. Способность почвенных водорослей в больших количествах аккумулировать неорганические токсиканты во внутриклеточном пространстве путём связывания полисахаридами и липофильной фракцией [2].

3. Наличие ферментов, обеспечивающих деградацию токсикантов и их метаболические превращения. Детоксикационная деятельность почвенных водорослей основывается на их морфологических, биохимических и физиологических особенностях. Например, ловушкой-барьером для многих элементов выступают слизи, слизистые капсулы и чехлы, выделяемые клетками.

4. Высокая скорость размножения почвенных водорослей является важным механизмом устойчивости наземных биоценозов к дестабилизирующим факторам, в том числе и антропогенного происхождения [3].

5. Способность почвенных водорослей «оптимизировать» экофизиологическое состояние почвы, изменять почвенную микробиоту, ингибировать фитопатогены и подавлять деятельность патогенных грибов.

6. Экологичность метода. Увеличение количества почвенных водорослей значительно повлияет на сокращение эмиссии CO_2 .

7. Экономическая целесообразность. Полученные путём культивирования суспензию водорослей можно добавлять при орошении земель.

Органическое вещество водорослей является пищей для микроорганизмов и почвенных беспозвоночных, усваивается корнями высших растений и включается в состав гумуса. Для плодородия почв, наиболее ценным, по-видимому, следует считать органическое вещество синезелёных водорослей из-за их способности фиксировать свободный азот. К тому же, поверхностные плёнки цианобактерий (маты) имеют большое противозерозное значение и влияют на водный режим почвы.

Для оценки влияния почвенных водорослей на сельскохозяйственные почвы необходимо учитывать их численность, биомассу и продуктивность. Наиболее точный метод количественного учёта основан на микроскопическом подсчёте, что позволяет определить не только число клеток, но и длину нитчатых водорослей. Повысить качество такого учёта можно добавлением статистических поправок по показателям скорости связывания CO_2 и количества в почве хлорофилла. Установление величины продуктивности водорослей определяются по достоверным приростам биомассы за единицу времени.

Для культивирования почвенных водорослей важное значение имеет среда, она должна быть приближена к целевому почвенному раствору, из которого будет происходить питание почвенных водорослей. Однако, вследствие высокой динамичности и микроразнообразности жидкой фазы почвы в отношении содержания органических веществ, макро- и микроэлементов нецелесообразно полностью воспроизводить химический состав почвенного раствора и использовать его в качестве культуральной среды. Достаточно добавлять в стандартные и оптимизированные культуральные среды почвенную вытяжку (например среда Болда) и регулировать кислотно-щелочные условия. Стандартные условия культивирования: $T=20\pm3^\circ\text{C}$, освещение от 200 мкмоль/м²/с и 12/12 или 16/8 часовым чередованием световой и темновой фаз.

Таким образом, контролируемое внесение водорослей в сельскохозяйственные почвы повышает количество органического вещества, активно участвующего в почвенных процессах, снижает количество неорганических токсикантов и патогенных грибов, тем самым способствуя возобновлению плодородия почв, не нарушая естественного баланса почв и не привносит в водоёмы дисбаланс азотных и фосфорных циклов.

Для поддержания приемлемого качества пресной воды, являющейся стратегическим ресурсом, необходимо учитывать его ключевые естественные процессы. Природный водоём представляет собой сложную саморегулирующуюся живую систему. Обычно взаимная деятельность обитателей водоёма обеспечивает самоочищение водоёма и поддерживает биологическое равновесие в системе, однако из-за смывов азотных и фосфорных удобрений с полей, способность к саморегуляции и самоочистке значительно снижается.

Чаще всего началом для нарушения баланса в водоёме является повышение концентрации биогенных веществ в верхнем слое водоёма, вследствие чего начинается активное развитие микрофлоры и питающегося фитопланктоном зоопланктона. Подобный рост снижает прозрачность воды, глубина проникновения солнечного света уменьшается, в результате нехватки кислорода начинается гибель придонных растений. Возникает дисбаланс между производством и потреблением кислорода в придонных горизонтах. Усугубившийся дефицит кислорода

ведёт к гибели требовательной к нему донной и придонной фауны. Процесс отмирания донных водных растений влечёт за собой гибель прочих организмов, которым эти растения формируют местообитание или для которых они являются звеном в пищевой цепи. Обычно отмершие организмы оседают на дне водоёма и разлагаются бактериями. В донном грунте, лишённом кислорода, идёт анаэробный распад отмерших организмов с образованием фенолов, сероводорода и метана.

Эвтрофикация ухудшает качество воды и требует адекватной оценки экологического состояния и трофического статуса водного объекта. Возникает необходимость численного выражения статуса трофности водоёма. Один из самых популярных индексов, характеризующих трофическое состояние – индекс Карлсона. Его расчёт проводится по трём гидроэкологическим показателям: концентрациям в воде хлорофилла а, общего фосфора и прозрачности воды по диску Секки. Р. Карлсоном были предложены формулы расчёта индекса по каждому из этих показателей, и каждый вариант расчёта индекса – фактически самостоятельный и служит численной мерой выражения трофического статуса водного объекта. В дальнейшем было предложено дополнение индекса оценкой трофности по содержанию в воде общего азота. Предложенное уточнение следует применять в водоёмах, где основным лимитирующим фактором служит азот, а не фосфор, что наиболее типично для водоёмов умеренной зоны.

Для биологического восстановления баланса водоёма от загрязнения, в первую очередь от активной жизнедеятельности сине-зелёных водорослей, успешно применяется хлорелла. После запуска суспензии хлорелла начинает активно размножаться и тем самым подавляет рост сине-зелёных водорослей, за счёт чего пропадает неприятный запах и предотвращается замор рыбы, вызванный нехваткой кислорода. Принцип такой очистки состоит в том, что хлорелла насыщает воду кислородом, за счёт потребления ею углекислого газа, к тому же, являясь кормом для зоопланктона (рачков, коловраток др.), который, поглощая хлореллу, пропускает через свой кишечник и воду, происходит очищение водоёма. Таким образом, вся экосистема водоёма участвует в процессе самоочищения. Хлорелла является природным пробиотиком и обладает антагонистическими свойствами к патогенным микроорганизмам, поэтому способствует их гибели. Кроме того, хлорелла является ценным элементом трофических цепей обитателей водоёма и может использоваться человеком как источник ценных микроэлементов.

Учёт численности (млн. клеток в мл) хлореллы можно определять стандартной методикой по величине оптической плотности суспензии. Темп роста (μ) рассчитывается с использованием формулы:

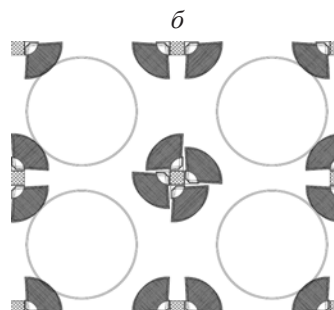
$$\mu = \frac{\ln \ln \left(\frac{N_2}{N_1} \right)}{t_2 - t_1},$$

где N_2 и N_1 – это число клеток во времени t_1 и t_2 .

Суспензия хлореллы легко поддаётся культивированию: из целевого водоёма, отбирается необходимый объём воды и на ней хлорелла наращивается до плотности в 10 млн. клеток/мл. Для выполнения данного процесса ЗАО «Струнные технологии» разработала установку для культивирования водорослей в полуавтоматическом режиме (рис. 1).



а



б

Рисунок 1 – Установка для культивирования водорослей (а: 1 – контейнер с ёмкостями для культивации, 2 – газовый баллон с углекислотой, 3 – блок управления, 4 и 5 – крышки; б: 1,2,3,4 – прозрачные ёмкости; в – схема организации освещения внутри установки)

Контейнер содержит 4 ёмкости для культивирования номинальным объёмом 80 л. каждая, систему освещения зоны культивации и систему подачи углекислого газа. Также установлена система перемешивания и слива

готовой суспензии. Газовый баллон хранит запас углекислоты. Данная установка позволяет культивировать водоросли в полуавтоматическом режиме и в любой момент корректировать значения периода, длительности открытия газовых клапанов подачи CO_2 , а также яркости светодиодных светильников соответствующими кнопками на блоке управления.

При культивировании в данной установке *Chlorella vulgaris* IBCEC-19 необходимая плотность суспензии достигалась в двухнедельный срок (табл.1).

Таблица 1

Оптическая плотность (A) суспензии хлореллы в каждой ёмкости

Дата	2.10	3.10	4.10	5.10	6.10	9.10	10.10	11.10	12.10	13.10	16.10	17.10	18.10
A1	0,004	0,037	0,061	0,063	0,066	0,084	0,089	0,095	0,107	0,111	0,125	0,130	0,135
A2	0,004	0,036	0,057	0,067	0,069	0,086	0,09	0,099	0,108	0,114	0,126	0,129	0,136
A3	0,004	0,040	0,062	0,066	0,070	0,083	0,089	0,095	0,106	0,110	0,125	0,128	0,132
A4	0,004	0,039	0,059	0,061	0,069	0,083	0,089	0,097	0,104	0,108	0,122	0,129	0,135

Основываясь на полученных данных, можно сделать вывод о том, что темп роста значительно снижается после 13 суток культивирования (табл.2).

Таблица 2

Темп роста (μ) суспензии хлореллы в каждой ёмкости

Дата	3.10	4.10	5.10	6.10	9.10	10.10	11.10	12.10	13.10	16.10	17.10	18.10
$\mu 1$	0,0927	0,0208	0,0013	0,0019	0,0100	0,0024	0,0027	0,0050	0,0015	0,0015	0,0004	0,0011
$\mu 2$	0,0916	0,0191	0,0067	0,0012	0,0092	0,0019	0,0040	0,0036	0,0023	0,0007	0,0011	0,0007
$\mu 3$	0,0959	0,0183	0,0026	0,0025	0,0071	0,0029	0,0027	0,0046	0,0015	0,0019	0,0011	0,0007
$\mu 4$	0,0949	0,0172	0,0014	0,0051	0,0077	0,0029	0,0036	0,0029	0,0016	0,0015	0,0025	0,0014

Принимая во внимание результаты культивирования (рис.2), можно обосновано предположить то, что за 2 недели можно получать 320 литров суспензии хлореллы с плотностью более 10 млн. клеток/мл.

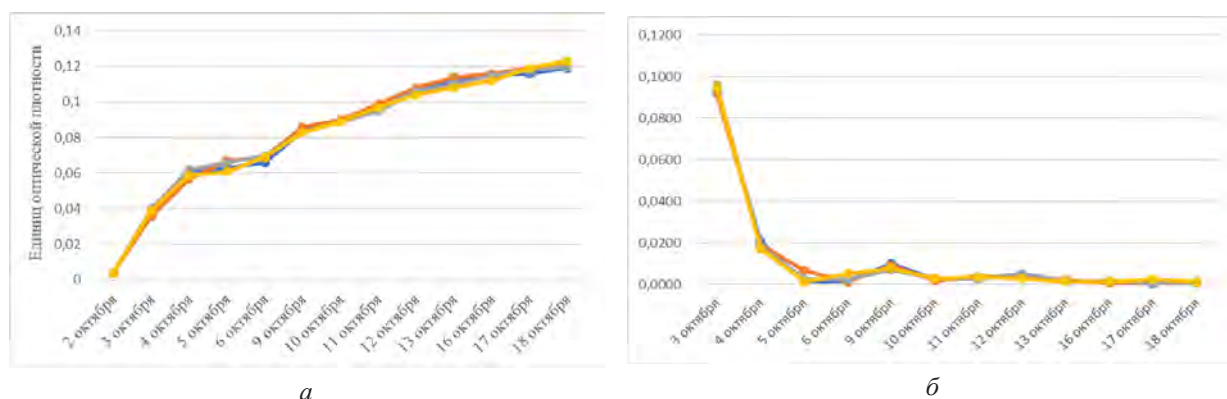


Рисунок 2 – Результаты культивирования *Chlorella vulgaris* IBCEC-19
(а: динамика оптической плотности суспензии; б: темп роста)

Таким образом, применение водорослей для восстановления сельскохозяйственных почв видится перспективным направлением, которое снизит использование минеральных удобрений, что в свою очередь снизит темпы эвтрофикации пресноводных водоёмов. Описанные методы и установка для культивирования водорослей демонстрируют практическую пригодность метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зенова Г.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. М. Изд-во МГУ. 1990. 27 с.
2. Ашихмина Т.Я. Эколого-аналитический мониторинг антропогенно-нарушенных территорий / Т.Я. Ашихмина, Л.И. Домрачева, Л.В. Кондакова, Е.В. Дабах, Г.Я. Кантор, А.А. Калинин, А.И. Вараксина, С.Ю. Огородникова // Вестник Вятского государственного гуманитарного университета, 2006. №14. С.153–169.
3. Кабиров Р.Р. Использование альгологических критериев при экологическом прогнозировании антропогенной нагрузки на наземные экосистемы // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 3. – С. 12.

ЧАСТИЦЫ В ВОЗДУХЕ ГОРОДОВ БЕЛАРУСИ

PARTICULATE MATTER IN THE AIR OF CITIES IN BELARUS

А. Н. Акимов¹, А. М. Людчик¹, Е. А. Мельник², П. Н. Павленко³
A. N. Akimov, A. M. Liudchik, H. A. Melnik, P. N. Paulenka

¹Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы,
Белорусский государственный университет,
г. Минск, Беларусь
liudchikam@tut.by

²Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю
радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды,
г. Минск, Беларусь
kbb@hmc.by

³Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь
pavlenko_pn@mail.ru

National Ozone Monitoring Research Centre of the Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus
Republican Center for Hydrometeorology, Control of Radioactive
Contamination and Environmental Monitoring, Minsk, Republic of Belarus
Belarusian National Technical University,
Minsk, Republic of Belarus

Анализируются некоторые особенности загрязнения воздуха на основании данных автоматических пунктов наблюдений Республиканского центра по гидрометеорологии за содержанием частиц в воздухе областных городов Беларуси и Березинского биосферного заповедника за период 2012 – 2022 гг. Самые высокие уровни загрязнения воздуха частицами наблюдаются в Минске и Гомеле, которые являются также и лидерами по газовым загрязнениям в Беларуси. Самые чистые города – Брест, Гродно, Витебск, Могилев.

Some features of air pollution are analyzed based on data from automatic observation points of the Republican Center for Hydrometeorology for the content of particles in the air of regional cities of Belarus and the Berezinsky Biosphere Reserve for the period 2012–2022. The highest levels of air pollution by particles are observed in Minsk and Gomel, which are also the leaders in gas pollution in Belarus. The cleanest cities are Brest, Grodno, Vitebsk, Mogilev.

Ключевые слова: частицы в воздухе, метеорологические условия, трансграничный перенос.

Keywords: particular matter, meteorological conditions, transboundary transport.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-97-100>

Анализируются некоторые особенности загрязнения воздуха на основании данных автоматических пунктов наблюдений Республиканского Центра по гидрометеорологии (Белгидромет) за содержанием частиц в воздухе областных городов Беларуси и Березинского биосферного заповедника за период 2012 – 2022 гг.

Основными антропогенными источниками попадающих в воздух частиц, как и других загрязняющих веществ, являются транспорт, фабрики, нефтеперерабатывающие заводы и электростанции, строительные площадки, а также сельское хозяйство и добыча полезных ископаемых. Транспорт не только выбрасывает частицы в процессе сжигания топлива, но и способствует поднятию дорожной пыли. Очень эффективным источником частиц, правда, не всегда «антропогенного происхождения» является сжигание биомассы, например, лесные пожары. Следует также понимать, что мелкие частицы хорошо переносятся на большие расстояния вместе с движением воздушных масс

В Беларуси наблюдения за концентрацией частиц в воздухе проводятся в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС) и обобщенные результаты ежегодных наблюдений публикуются [1]. НСМОС предоставляет только среднесуточные значения концентраций. Ряды данных содержат пропуски, обусловленные объективными причинами, поэтому количество лет, месяцев и дней с результатами измерений на разных пунктах наблюдений различается.

На основании имеющихся данных определены среднемесячные значения концентраций частиц и их многолетние средние для всех автоматических пунктов наблюдений в областных городах и Березинском биосферном заповеднике. На большинстве пунктов в названных городах измеряются концентрации частиц до 10 мкм, и только на минском пункте 16 (район Уручья) регистрируются частицы размером менее 2.5 мкм.

Среднемесячные значения рассчитываются на основании данных суточных измерений, если число последних превышает 20. Многолетние средние месячных значений определяются на основании имеющихся для конкретного пункта среднемесячных за весь указанный выше период. Количество лет, использованных для расчета на каждом пункте наблюдений для каждого месяца, указано в табл. 1. В таблице приведены все действующие в каждом городе пункты (их нумерация никак не связана с количеством).

Таблица 1

Количество лет наблюдений, для которых получены среднемесячные значения для конкретного месяца года

Город, пункт	Количество среднемесячных значений последовательно для каждого месяца
Березинский заповедник 01	1,2,3,1,3,3,3,2,2,4,4
Брест 01	2,4,6,6,6,6,4,5,4,4,3,2
Гомель 14	6,5,6,6,5,4,7,5,3,6,7,7
Гродно 07	5,7,7,6,7,5,5,4,4,5,7
Могилев 04	4,7,6,6,6,6,7,7,7,7,7
Могилев 06	4,4,3,2,3,4,4,4,3,4,3,2
Витебск 03	7,6,9,5,6,5,5,5,4,5,4,7
Минск 01	6,5,7,4,7,5,5,6,5,7,4,6
Минск 04	3,2,4,3,5,6,4,5,4,3,1,3
Минск 11	4,3,8,4,7,8,4,6,4,6,6,4
Минск 13	4,7,6,5,6,5,4,8,6,7,6,8
Минск 16 (2.5 мкм)	6,6,6,6,6,6,7,7,6,6,6,6

Среднесуточные концентрации частиц зависят не только от интенсивности местных источников загрязнений, но также и от переноса из близких и удаленных регионов. Поэтому метеорологические условия играют определяющую роль в уровне загрязнения воздуха мелкими частицами: они могут способствовать рассеянию частиц, выбрасываемых местными источниками, и доставке частиц, выброшенных в воздух в удаленных от места наблюдений регионах. Последние ситуации относительно редки, однако часто связаны с очень высоким уровнем загрязнения воздуха частицами. В Беларуси максимальные среднемесячные концентрации частиц регистрируются в основном в весенние месяцы. Причина весеннего максимума не выявлена.

В качестве примера на рис. 1 приведены рассчитанные среднемесячные значения концентраций частиц, полученные за весь период для Березинского биосферного заповедника, Бреста, Гродно, Гомеля и Витебска. Для обозначения данных за 2012 – 2021 гг. использованы цифры от 0 до 9, за 2022 г. – буква А. Наибольший интерес вызывает отсутствие весеннего максимума в Заповеднике. Вместо максимума за все 3 года наблюдений наблюдается минимум. Концентрации частиц, как и следовало ожидать ввиду отсутствия сильных местных источников, – самые низкие.

В Минске на многих пунктах в некоторые годы очень четко проявляется весенний максимум концентраций, приходящийся на март – апрель. Причины его появления не известны. Возможно, это связано с таянием снежного покрова, увеличением интенсивности дорожного движения и поднятием транспортом накопившейся пыли с дорожного покрытия. Такие же весенние максимумы характерны и для других городов. И следует отметить, что весеннее повышение концентраций частиц практически не заметно на минском пункте 01 (Обсерватория).

В Могилеве (на рис. 2 приведены результаты многолетнего усреднения) на обоих пунктах наблюдений также можно обнаружить весеннее повышение концентраций частиц, и естественны их более высокие значения в промышленном районе (пункт 04).

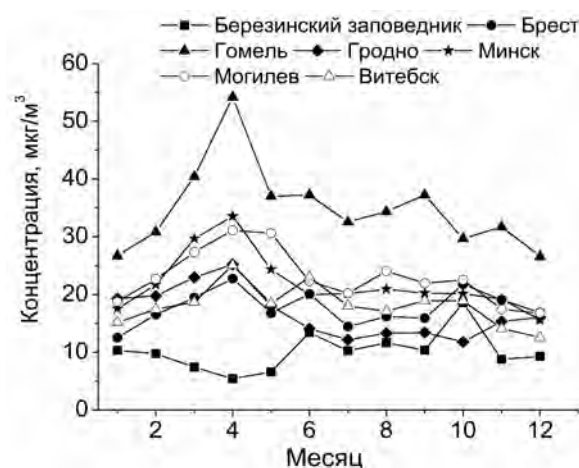


Рисунок 1 – Среднемесячные концентрации твердых частиц в приземном воздухе в Березинском заповеднике, Бресте, Гродно, Гомеле и Витебске в разные годы

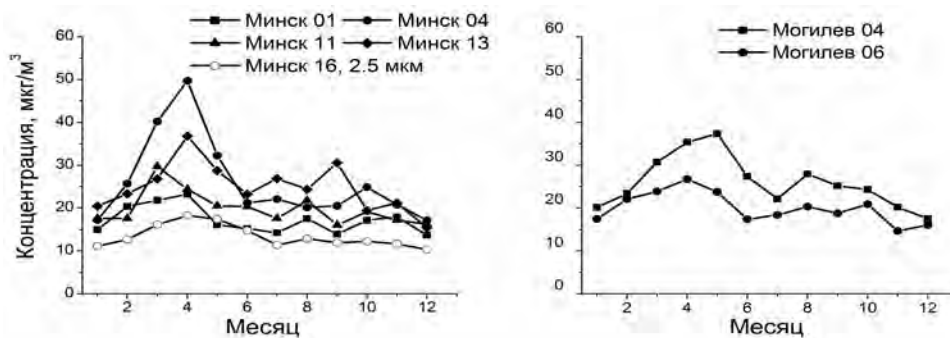


Рисунок 2 – Многолетние средние месячные значения концентраций твердых частиц в приземном воздухе на разных пунктах наблюдений в Минске и Могилеве. На пункте 16 в Минске измерялись концентрации частиц размером до 2.5 мкм. На всех остальных пунктах – до 10 мкм

По поводу весеннего максимума концентрации частиц. Его регистрируют в разных странах, но не везде. В частности, в [2] приведены данные о сезонном ходе концентраций РМ10 в двух районах Афин и Хельсинки. В «чистом» районе Афин весенний максимум проявляется, в более «грязном» – нет. В Хельсинки в районах обоих типов весенние максимумы присутствуют. А в Стамбуле [3], имеющем много пунктов наблюдений, весенние максимумы отсутствуют, и наблюдаются в зимнее время. Такая же ситуация и в Португалии [4].

В Бресте в последние годы (2021 и 2022) замечен рост загрязненности воздуха частицами, а в Гродно – снижение. В Гомеле был очень сильный весенний максимум в 2020 г. (см. рис. 1), и уровень загрязнения в целом выше, чем в других городах. В Гродно и Витебске межгодовые различия невелики. То же можно сказать и о Гомеле, если исключить апрель 2020 г.

Самые высокие уровни загрязнения воздуха частицами наблюдаются в Минске и Гомеле, которые являются также и лидерами по газовым загрязнениям в Беларуси. Самые чистые города – Брест, Гродно, Витебск, Могилев. Однако Брест занимает третье место после Гомеля и Минска по газообразным загрязнениям воздуха. Это подтверждает выводы некоторых зарубежных публикаций, что концентрация частиц не может служить достоверной оценкой общей загрязненности воздуха.

Заметные изменения (падение) концентрации частиц с годами выявлены в Минске только на одном пункте наблюдений. На других пунктах существенных изменений с годами не произошло. То же самое можно сказать и о других областных городах за исключением Бреста, где в последние годы регистрируется рост концентраций частиц в приземном воздухе.

Для городов, где имеется несколько пунктов, на рис. 2 приведены многолетние средние месячные значения концентраций частиц для каждого пункта. В Минске самые высокие концентрации регистрировались на пунктах 04 (район бывшего Радиаторного завода) и 13 (Дражня), а в Могилеве, естественно, – на пункте 04, расположенном в промышленном районе.

Уровень загрязнения воздуха частицами в конкретном месте формируется за счет местных источников и переноса из удаленных районов. Поэтому разница в концентрациях частиц на разных пунктах наблюдений одного и того же города может служить заниженной оценкой вклада местных источников, а оценку вклада за счет переноса воздуха следует считать несколько меньшей результатов наблюдений в самом чистом районе.

Для Минска и Могилева было определено «городское» среднее значение месячных концентраций посредством осреднения по всем городским пунктам наблюдений для сравнения с другими городами (рис. 3). Ясно, что меньше всего частиц регистрируется в Березинском заповеднике, не располагающем мощными источниками их выбросов. Далее, по уровню загрязнения следуют Брест, Гродно и Витебск, затем Могилев и Минск, а самым «грязным» городом является Гомель, в котором многолетнее среднее месячное значение для апреля превышает ПДК.

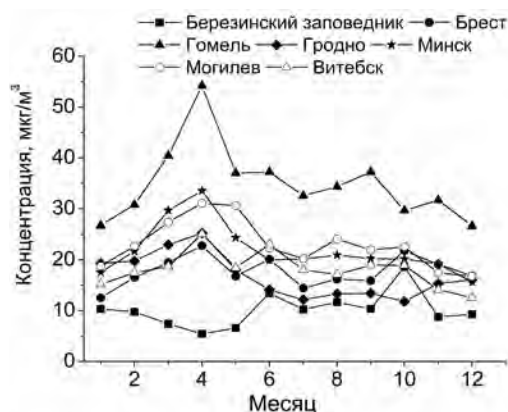


Рисунок 3 – Многолетние средние месячных концентраций частиц в приземном воздухе в областных городах Беларуси и Березинском биосферном заповеднике. Размер – до 10 мкм

ЛИТЕРАТУРА

1. Ежегодник состояния атмосферного воздуха. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rad.org.by/articles/vozduh/>. Дата доступа: 14 июня 2023
2. Vlachogianni, A. J. Evaluation of a multiple regression model for the forecasting of the concentrations of NO_x and PM₁₀ in Athens and Helsinki / A. J. Vlachogianni, Kassomenos, A. Karppinen, S. Karakitsios, J. Kukkonen // J. Science of the Total Environment. – 2001.- Vol. 409. –P. 1559–1571.
3. Unal YuS. Influence of meteorological factors and emission sources on spatial and temporal variations of PM₁₀ concentrations in Istanbul metropolitan area / YuS. Unal, H. Toros, Al. Deniz, S. Incecik // Atmospheric Environment. – 2011. – Vol. 45. – P.5504 - 5513.
4. Russo, A. N₂, PM₁₀ and O₃ urban concentrations and its association with circulation weather types in Portugal/ A. Russo, R.M. Trigo, H. Martins, M.T. Mendes MT//Atmospheric Environment. 2014. – Vol. 89. – P.768–785. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.02.010>.

АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДОВ К УЧЕТУ НЕЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА ОТ МЕТЕОУСЛОВИЙ И ПРЕКУРСОРОВ В УРАВНЕНИИ РЕГРЕССИИ

ANALYSIS OF DIFFERENT APPROACHES TO ACCOUNTING THE NONLINEAR DEPENDENCE OF SURFACE OZONE CONCENTRATION ON METEOROLOGY CONDITIONS AND PRECURSORS IN THE REGRESSION EQUATION

А. Н. Акимов¹, А. М. Людчик¹, П. Н. Павленко², А. Е. Яромов¹
A. N. Akimov, A. M. Liudchik, P. N. Paulenka, A. E. Yarotov

¹Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы
Белорусского государственного университета,
г. Минск, Республика Беларусь
liudchikam@tut.by

²Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
pavlenko_pn@mail.ru

*National Ozone Monitoring Research Centre of the Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus
Belarusian National Technical University,
Minsk, Republic of Belarus*

Сравниваются два варианта уравнения регрессии для концентрации приземного озона, зависящей от метеорологических условий и загрязнений воздуха. В первом варианте уравнением аппроксимируется концентрация приземного озона, во втором ее логарифм. Показано, что в обоих случаях расчеты по уравнению регрессии в рамках концепции, развиваемой ННИЦ МО, приводят к близким результатам. Однако второй вариант более предпочтителен по физическим соображениям.

Two versions of the regression equation for surface ozone concentrations depending on meteorological conditions and air pollution are compared. In the first version, the equation approximates the concentration of surface ozone, in the second its logarithm. It is shown that in both cases, calculations using the regression equation within the framework of the concept developed by the NOMREC lead to similar results. However, the second option is more preferable for physical reasons.

Ключевые слова: приземный озон, уравнение регрессии, нелинейность.

Keywords: surface ozone, regression equation, nonlinearity.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-100-101>

Обоснование методики ННИЦ МО для определения зависимости концентрации приземного озона от прекурсоров и метеоусловий дано в [1]. Методика базируется на построении уравнения регрессии, аппроксимирующей названную зависимость посредством обработки данных наблюдений в областных городах Беларуси. Важной особенностью являлось то, что уравнение регрессии строится только для отклонения концентрации приземного озона от его климатической нормы, определенной для «чистой атмосферы» и средней погоды страны [2]. Для оценки наблюдаемой концентрации озона рассчитанное по уравнению регрессии отклонение складывается с климатической нормой озона для заданных времени суток и дня года.

В [3] были предложены изменения методики в расчете на более эффективный учет нелинейности в обсуждаемой зависимости. С этой целью был осуществлен переход от уравнения регрессии для концентрации приземного озона к уравнению для его логарифма. В последнее время появилось много публикаций, свидетельствующих о перспективности такого перехода.

В представленном докладе проводится сравнение результатов расчетов по обоим вариантам методик. Для этого исходные данные, использованные в [4], были пересчитаны по обновленной методике с тем же набором исходных данных, объясняющих переменных уравнения регрессии и других условий.

Здесь следует обратить внимание на одну существенную особенность методики, используемой в НИИЦ МО, которая не позволяет непосредственно перейти от аппроксимации концентрации приземного озона с помощью уравнения линейной регрессии к аппроксимации логарифма концентрации. Причина в том, что, как отмечалось выше, изначально в методике НИИЦ МО уравнение регрессии использовалось для аппроксимации не зависимости полной наблюдаемой концентрации озона, а зависимости ее отклонения от климатической нормы озона в «чистой атмосфере» региона [2]. Однако в таком случае логарифм концентрации озона есть логарифм суммы климатической нормы озона и отклонения от нормы. Поэтому потребовались дополнительные усилия, чтобы обосновать непротиворечивую методику учета нелинейности в зависимости концентрации приземного озона от метеословий и загрязнений воздуха, не отказываясь от развитого ранее подхода.

Результаты проведенных расчетов иллюстрируют рис. 1-4. Заметим, что в обоих вариантах методик одно и то же уравнение регрессии используется для всех областных городов Беларуси. Результаты расчетов по исходной модели на рисунках обозначены как «линейная модель», расчеты по модернизированной методике – как «логарифмическая модель».

Первое, на что следует обратить внимание, это визуально улучшенное соответствие новых расчетов с экспериментом в случае минимальных (ночных) концентраций озона. Кроме того, в расчетах исчезают нефизические отрицательные значения концентраций озона, иногда появляющиеся в расчетах в рамках «линейной модели». Однако судить о значительном улучшении количественного согласия расчетов по второй модели с экспериментом по представленным рисункам не представляется возможным.

Более объективный подход к оценке эффективности новой методики заключается в сравнении объясненных дисперсий в обоих случаях для отдельных пунктов наблюдений. Различия в объясненных дисперсиях для каждого пункта обусловлены или качеством измерений на каждом пункте наблюдений, или пока неопределенными недостатками методики обработки измерений, и требуют дополнительного анализа.

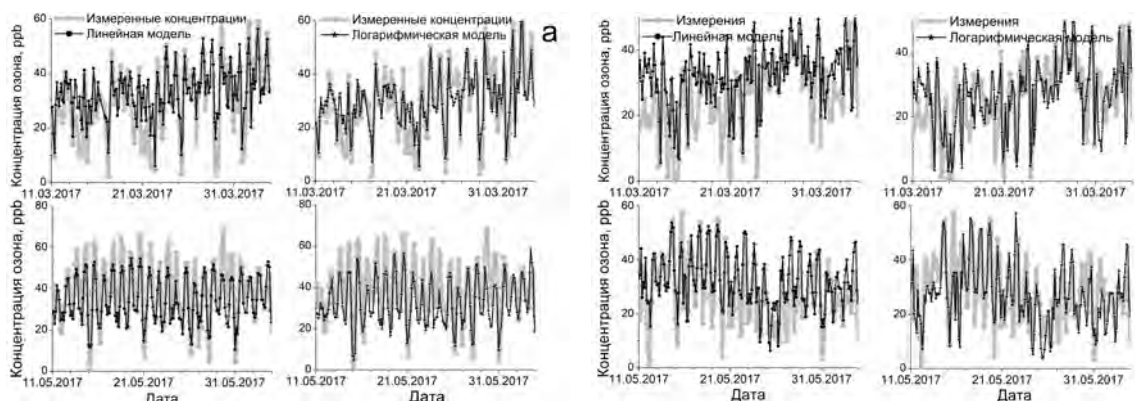


Рисунок 1 – Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными.
(а) г. Брест, пункт 01, 2017 г. (б) г. Гомель, пункт 14, 2017 г.

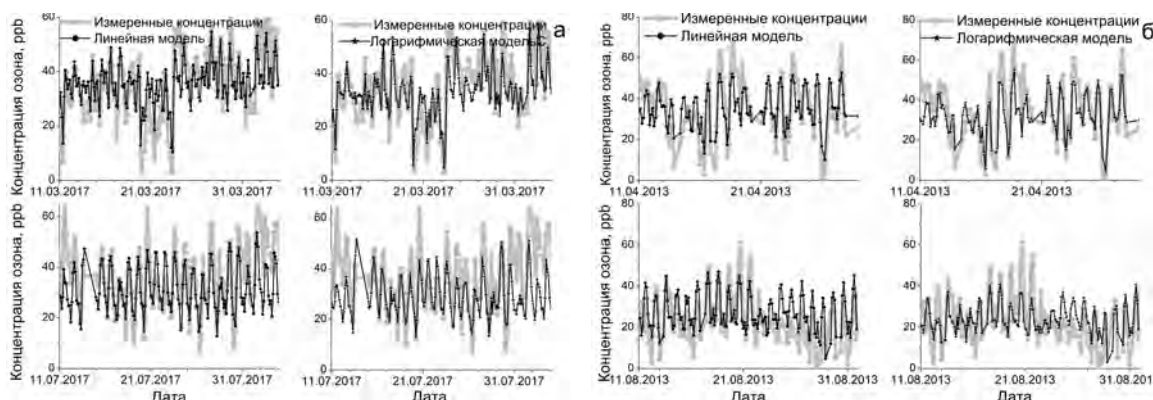


Рисунок 2 – Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными.
(а) г. Гродно, пункт 07, 2017 г. (б) г. Минск, пункт 01, 2013 г.

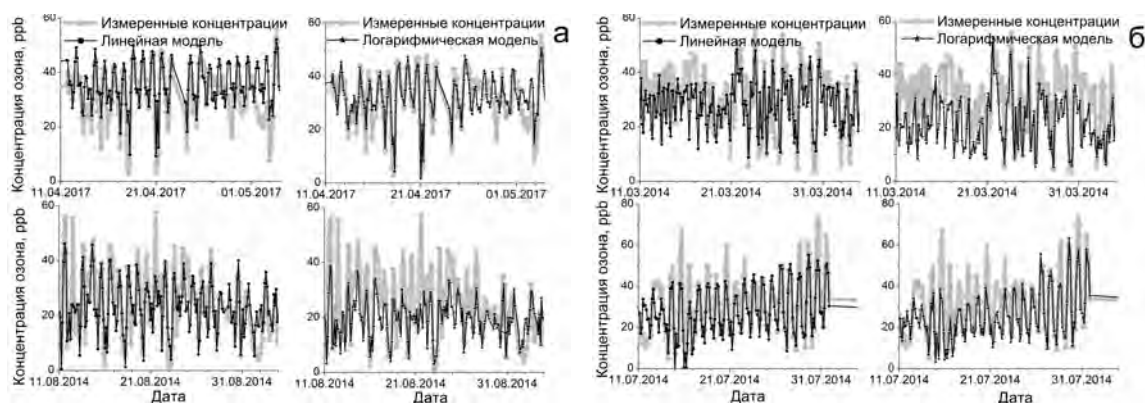


Рисунок 3 – Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными.
(а) г. Минск, пункт 04, 2014, 2017 гг. (б) г. Минск, пункт 11, 2014 г.

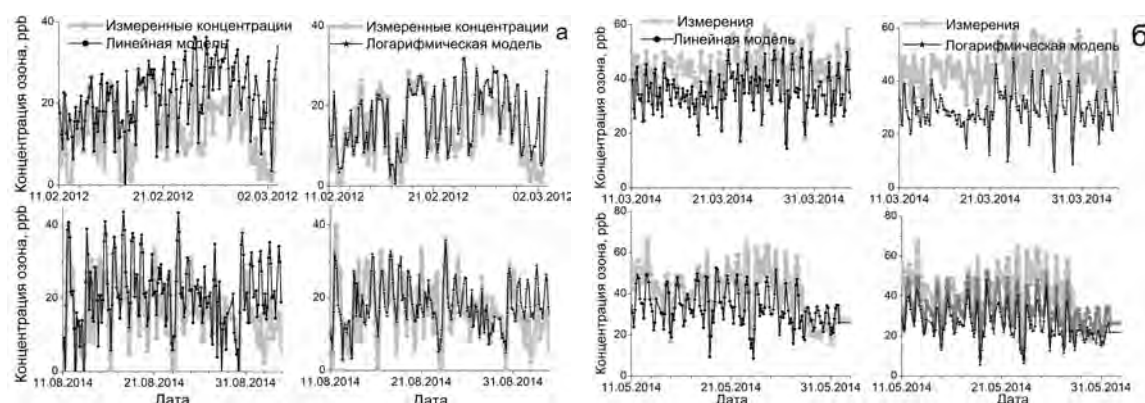


Рисунок 4 – Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными.
(а) г. Минск, пункт 13, 2012, 2014. (б) г. Витебск 03, 2014

Таблица 1
Статистические характеристики линейной и логарифмической моделей зависимости приземного озона от метеоусловий и антропогенного загрязнения воздуха

Пункт	Число данных	Линейная модель, среднее отклонение	Линейная модель, среднеквадратичное отклонение	Логарифмическая модель, среднее отклонение	Логарифмическая модель, среднеквадратичное отклонение
Мо 04	10681	-1,153	7,812	1,311	7,772
Мо 06	228	6,588	11,663	9,735	11,424
Br 01	8851	1,855	9,321	3,097	9,534
Mi 01	5290	-0,065	8,703	3,009	9,548
Mi 04	4956	-2,292	6,937	0,767	7,133
Mi 11	4417	3,652	8,06	6,503	8,881
Mi 13	4482	-2,702	8,136	0,77	8,397
Gr 07	10491	-0,628	9,627	1,038	9,823
Go 14	8332	-1,469	9,125	1,669	9,777
Vi 03	3439	6,078	13,215	10,364	12,661

В табл. 1 приведены сведения о количестве обработанных данных с каждого пункта наблюдений (колонка «Число данных»), среднее значение отклонения рассчитанных концентраций озона от измеренных и среднеквадратичное отклонение (колонки «Среднее отклонение» и «Среднеквадратичное отклонение») для линейной и логарифмической моделей уравнения регрессии для каждого пункта наблюдений (обозначения последних в таблице состоят из первых двух букв названия города и номера пункта). Сразу можно заметить, что в случае логарифмической модели среднее значение отклонений получилось для всех пунктов наблюдений положительным, поскольку минимизировались не сами отклонения, а их логарифмы. Среднеквадратичные отклонения для обоих случаев оказались весьма близкими по величине.

В рамках обеих моделей самые большие средние значения разностей «расчет – измерение» получились для пунктов Могилев 06 и Витебск 03. Величины среднеквадратичных отклонений названной разности также максимальны для этих пунктов. Свидетельствует ли это о неважном качестве измерений на этих пунктах или недостатках обеих использованных моделей – задача дальнейших исследований.

Даже в случае «правильного» уравнения регрессии расчеты по нему, проведенные с использованием некорректных данных о концентрациях прекурсоров озона, будут обнаруживать заметные отклонения от измеренных концентраций приземного озона. И наоборот, неверно измеренные концентрации озона при корректных значениях концентраций антропогенных загрязнений опять приведут к появлению отклонений расчетных значений от измеренных концентраций озона.

И, наконец, следует отметить, что список регистрируемых газовых загрязнений воздуха, оказывающих влияние на приземный озон, значительно более широк, чем номенклатура регистрируемых автоматическими станциями Белгидромета веществ. Уровень влияния неучтенных антропогенных и естественных загрязнений воздуха в условиях Беларуси следует детально исследовать, составить список веществ, играющих определяющую роль, и обеспечить их мониторинг. В частности, регистрируемые данные о среднесуточных концентрациях частиц в воздухе вполне надежны, и их следует включить в число объясняющих переменных уравнения регрессии.

Выше перечислены реальные и возможные недостатки системы регистрации загрязнений воздуха, используемой НСМОС. Однако имеются и существенные недоработки методики применения регрессионного анализа зависимости приземного озона от метеоусловий и прекурсоров озона. Авторы продолжают работу в этом направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Людчик А.М. Статистическая оценка антропогенного воздействия на приземный озон /А. М. Людчик, В. И. Покаташкин, Л. М. Болотко, Р. Н. Бурак, П. Н. Павленко // Природные ресурсы. -2015. - № 1. – С. 95 – 105.
2. Божкова В.В. Климатическая норма приземного озона в чистой атмосфере Беларуси / В. В. Божкова, Л. М. Болотко, А. М. Людчик, Н. Павленко П., С. Д. Умрейко // Природные ресурсы. – 2019. - № 2. – С. 98 – 107.
3. Людчик А. М. Эффективная методика учета нелинейной зависимости концентрации приземного озона от метеопараметров и концентраций антропогенных загрязнителей воздуха / А. М. Людчик, А. Н. Акимов, П. Н. Павленко // 23-я Международная научная конференция «Сахаровские чтения 2023 года: экологические проблемы XXI-го века». 18 – 19 мая 2023. Минск 2023. - С. 257 – 260.
4. Божкова В.В. Флуктуации поля приземного озона в Беларуси, обусловленные метеорологическими условиями и антропогенным загрязнением воздуха / В.В. Божкова, А. М. Людчик, Е. А. Мельник // Природные ресурсы. – 2020. - № 1. – С. 80 - 91.

АНАЛИЗ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ В РАМКАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

ANALYSIS OF THE WOODWORKING INDUSTRY IN THE REPUBLIC OF BELARUS WITHIN THE FRAMEWORK OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

И. В. Акулич, К. М. Мукина

I. V. Akulich, K. M. Mukina

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь, irina.akulich@inbox.ru*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

«Зеленая» экономика трактуется в целом ряде авторитетных международных документов как вариант новой социально-экономической модели, которая ориентирована на принципы устойчивого развития и активно использует инновационные «зеленые» технологии. «Зеленый» рост предполагает стимулирование экономики при сохранении окружающей природной среды и бесперебойном предоставлении ими ресурсов и экосистемных услуг, от которых зависит благополучие настоящего и будущих поколений людей. В Республике Беларусь был принят ряд документов стратегического характера по устойчивому развитию экономики страны, основными из которых являются: Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2035 года и Национальный план действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь на 2021–2025 годы.

The “green” economy is interpreted in a number of authoritative international documents as a variant of a new socio-economic model that focuses on the principles of sustainable development and actively uses innovative

“green” technologies. “Green” growth involves stimulating the economy while preserving the natural environment and uninterrupted provision of resources and ecosystem services on which the well-being of present and future generations of people depends. The Republic of Belarus has adopted a number of strategic documents on the sustainable development of the country’s economy, the main of which are: the National Strategy for Sustainable Socio-Economic Development of the Republic of Belarus for the period up to 2035 and the National Action Plan for the Development of a “green” economy in the Republic of Belarus for 2021–2025.

Ключевые слова: устойчивое развитие, «зеленая» экономика, деревообрабатывающая отрасль, выбросы, сточные воды, технологии.

Keywords: sustainable development, green economy, woodworking industry, emissions, wastewater, technology.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-103-107>

Пятнадцатой целью Национальной стратегии устойчивого развития являются защита и восстановление экосистем суши. В отношении лесов главной задачей является повышение их ресурсного потенциала и обеспечение устойчивого, экологически ответственного и социально ориентированного лесопользования, базирующегося на принципах постоянства и неистощительности лесных ресурсов в интересах живущих и будущих поколений людей. Во взаимосвязи с Национальной стратегией устойчивого развития разработаны основные принципы организации лесной промышленности и направления его развития такие как:

- Концепция Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2030 года [1];
- Государственная программа «Белорусский лес» на 2021 - 2025 годы;
- Стратегический план развития лесохозяйственной отрасли на период с 2015 по 2030 годы;

К 2025 году необходимо внедрить новые технологии в лесохозяйственное производство, оптимизировать соотношение охраняемых и эксплуатируемых лесов, а также улучшить возрастную структуру лесов. Стратегия развития до 2035 годы направлена на создание экологически эффективного лесного хозяйства, которое позволит одновременно сохранить биоразнообразие лесных экосистем и повысить уровень интенсивности лесопользования для удовлетворения растущего спроса на древесину [1].

В целях содействия развитию лесохозяйственной отрасли, эффективного использования лесных ресурсов, сохранения экологической и социальной роли лесов утверждена Государственная программа «Белорусский лес» на 2021–2025 годы. Программа направлена на обеспечение формирования продуктивных и устойчивых лесов, рациональное использование лесных ресурсов, повышение ресурсного потенциала лесов для удовлетворения экономических и социальных потребностей [3].

Программа состоит из четырех подпрограмм:

- Лесное хозяйство;
- Строительство лесохозяйственных дорог;
- Охотничье хозяйство;
- Деревообрабатывающая отрасль.

Модернизация лесозаготовительной, деревообрабатывающей, мебельной, целлюлозно-бумажной и лесохимической промышленности, повышение их эффективности и конкурентоспособности, создание кадрового резерва для развития и роста лесной промышленности являются целью подпрограммы «Деревообрабатывающая отрасль». Подпрограмма по деревообрабатывающей отрасли учитывает следующие приоритеты:

- повышение размера добавленной стоимости от переработки круглых лесоматериалов;
- снижение производственных затрат на выпуск продукции глубокой переработки древесины;
- формирование «зеленой» экономики, базирующейся на энергосбережении, внедрении экологических и эффективных технологий, возобновляемых и альтернативных источников энергии;
- стимулирование инвестиционной активности, повышение эффективности научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию новых видов продукции;
- наращивание экспортного потенциала деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной и мебельной отраслей за счет диверсификации рынков сбыта;
- достижение финансовой стабильности перерабатывающих организаций, обеспечение устойчивого финансово-экономического состояния на основе прибыльности хозяйствования;
- обеспечение подготовки и переподготовки кадрового персонала по основным инженерно-техническим специальностям и рабочим профессиям, востребованным отраслевыми производствами.

В целях совершенствования деревообрабатывающей промышленности проводится её модернизация, разрабатываются различные стратегии и меры для эффективного развития как на уровне президента, так и на уровне промышленности и предприятий. Так, например, в 2007 году Главой государства было принято решение о проведении модернизации деревообрабатывающих предприятий концерна «Беллесбумпром». Это дало толчок к современному развитию лесной промышленности Беларуси. Благодаря этой перестройке, предприятия были оснащены современным оборудованием вследствие чего повысилось качество и практически вдвое увеличился ассортимент выпускаемой продукции. Выпускаемые товары являются как импортозамещающие, так и экспортно-ориентированные.

На данный момент осуществляется Программа развития деревообрабатывающего и мебельного производства концерна «Беллесбумпром» на период до 2025 года. Основные цели – достижение устойчивого, экономически эффективного, конкурентоспособного, инновационного развития деревообрабатывающего и мебельного комплекса, ориентированного на увеличение выпуска соответствующей мировым стандартам продукции, создание высокопроизводительных рабочих мест, рост производительности труда по добавленной стоимости, наращивания экспортного потенциала. При её реализации ожидается увеличение объемов производства деревообрабатывающих и мебельных предприятий на 107,4 %, обеспечение рентабельности продаж на уровне 10–15 % в условиях сдержанного роста цен на продукцию, достижение темпа роста производительности труда по чистой добавленной стоимости, составляющего 122 %, увеличение доли экспорта в объеме производства деревообрабатывающих и мебельных предприятий до уровня 67–68 %, достижение коэффициента фактического использования производственных мощностей не ниже 80 % [3].

Лесная промышленность стала одной из важнейших отраслей народного хозяйства нашей страны. Она состоит из нескольких взаимосвязанных производств: лесозаготовительной промышленности, деревообрабатывающей промышленности, целлюлозно-бумажной промышленности и лесохимической промышленности.

Доля отраслей в структуре лесной промышленности представлена на рисунке 1. Главной отраслью лесной промышленности является деревообрабатывающая (69,5 %), занимающая более две трети от общей доли валовой произведенной продукции, оставшиеся одну треть делят целлюлознобумажная (16,4 %), лесозаготовительная (13,5 %) и лесохимическая (0,6 %) промышленности.

В данной работе исследование проведено по главной деревообрабатывающей отрасли лесной промышленности.

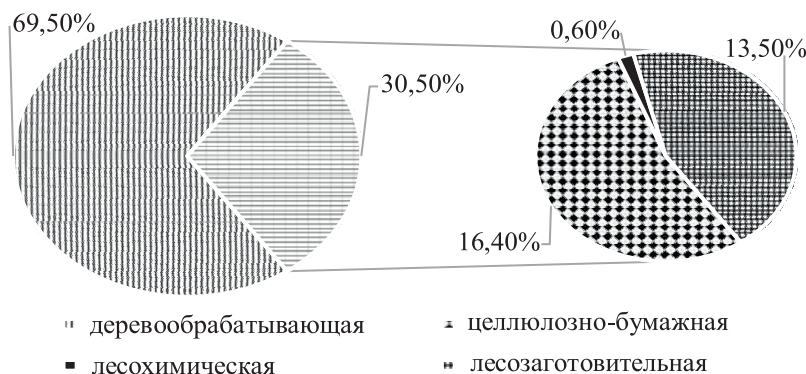


Рисунок 1– Доля отраслей в структуре лесной промышленности

Деревообрабатывающая промышленность – отрасль лесной промышленности, которая включает в себя механическую и химикомеханическую обработку и переработку древесины, используя в качестве сырья для производства различные лесоматериалы. Она занимает самую большую долю в объеме всего лесопромышленного комплекса.

Деревообрабатывающая промышленность включает в себя следующие производства:

1. производства первичной обработки древесины;
2. производства вторичной обработки древесины;
3. производства химико-механической переработки древесины.

В Беларуси работает одиннадцать объединений по производству мебели, шесть фанерных производств и три открытых акционерных общества по производству спичек.

Лесная промышленность Республики Беларусь представлен в основном концерном «Беллесбумпром». Производственная деятельность предприятий концерна в настоящее время подразделяется на три сектора: деревообработка, производство мебели и целлюлозно-бумажная промышленность. Политика предприятий лесопромышленного комплекса основана на наличии собственных древесных ресурсов и их рациональном, высокоэффективном использовании внутри страны. В организациях концерна успешно внедрены системы менеджмента качества, управления окружающей средой, управления охраной труда, а также имеется сертификация Лесного попечительского совета (FSC). Образование загрязняющих веществ происходит как в основных технологических процессах, так и во вспомогательных подразделениях. И практически на всех фазах технологического процесса лесозаготовок, лесопиления и деревообработки образуются древесные отходы различного вида и качества. Древесные отходы подразделяются на: отходы от заготовки древесины, отходы от обработки древесины и отходы от переработки древесины [5].

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха и сточных вод в деревообрабатывающей промышленности являются:

- деревообрабатывающее производство;
- мебельное производство;
- производство древесно-стружечных, древесноволокнистых и ламинированных плит, клееной фанеры.

Основные технологии производства продукции деревообрабатывающих предприятий можно разделить на механическую обработку, склейку, приготовление связующих, отделку, антисептирование и сушку.

На этапе обработки древесины основным загрязняющим веществом, выделяемым в воздух, является древесная пыль, а также пыль неорганическая и твердые частицы. При мокром окорке воды имеют следующие характеристики: температура 20° С, рН 4,5–5,0, концентрация взвешенных веществ до 2,5 г/л, БПК₅ 900–1800 мг/л, ХПК 2,1–4,5 г/л. При приготовлении связующих и в процессе склейки в воздух и сточные воды попадают фенол, формальдегид, аммиак и другие вещества [5].

Мебельное производство является завершающим этапом переработки древесины. При отделке древесины выбросы содержат летучие органические соединения такие как ацетон, бутилацетат, этанол, этилацетат и другие. Основной расход воды в данном производстве связан с обслуживанием гидрофильтров окрашивающих камер. Основными загрязняющими веществами в этом продукте являются красители и растворители.

Объём добычи вод из природных источников за 2010–2021 годы, по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь до 2015 года ведётся раздельно для деревообработки и целлюлозно-бумажной отраслей. В этот период наблюдается, что основной объём изъятых вод приходится на целлюлозно-бумажное производство: добыча воды превышает в 5-8 раз добычу деревообрабатывающих производств. На рисунке 2 представлен график изъятия вод деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленностью. Видно, что из-за сильного проседания в 2014–2019 годах линия имеет большую погрешность.

В 2022 год объём изъятых вод составил 34,46 млн. куб. м, а в 2023 году – 38,36 млн. куб. м. Можно сделать вывод, что если в лесной промышленности сохранится темп увеличения объёмов производства, то с каждым годом добыча вод будет возрастать приблизительно на 4 млн. куб. м. Если темп производства возрастет, особенно в целлюлозно-бумажной отрасли, то данный показатель будет увеличиваться с каждым годом.

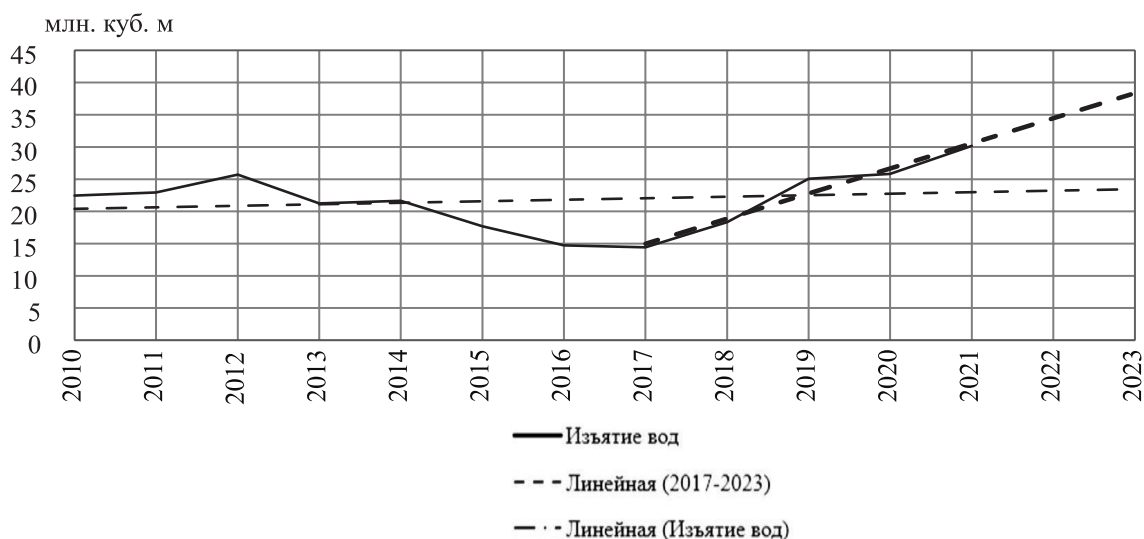


Рисунок 2 – График изъятия вод деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленностью

Анализ отходов деревообрабатывающих и целлюлозно-бумажных производств в период 2016–2021 годы выявил увеличение образования отходов. В 2021 году образовалось в два раза больше отходов чем в 2016 году. При этом количество отходов на млрд. руб. продукции имеет тенденцию к уменьшению. Что может означать использование отходов в качестве сырья для повторного производства.

Проведен анализ образования отходов производства в деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, который представлен на рисунке 3.

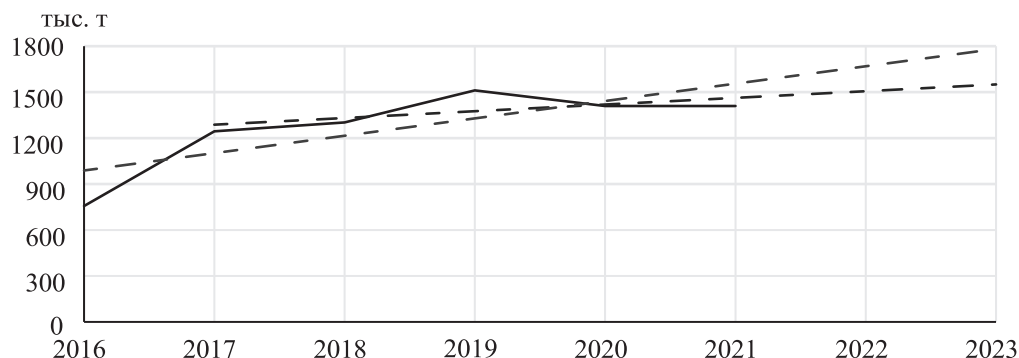


Рисунок 3 – Количество образовавшихся отходов производства в деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности

В результате анализа графика определен темп роста образования отходов за период 2016–2021 годы, который составил 186,24 %. Темп прироста в 2022 и 2023 году составил 4,9 %.

Возможности отечественной переработки сегодня позволяют рационально использовать весь объем заготовленной древесины как внутри страны, так и путем глубокой переработки для получения альтернативного импортно-экспортного продукта с высокой добавленной стоимостью.

Анализ законодательных актов, программ по развитию лесного хозяйства и лесной промышленности выявил, что основным направлением развития является рациональное лесопользование, при котором будет повышаться объём заготовки лесных ресурсов при росте воспроизводства леса, а также развитие эффективной и конкурентоспособной промышленности, для производства продукции с высокой добавочной стоимостью, увеличения поставок товаров в зарубежные страны и повышения использования отходов в качестве сырья.

Основными экологическими направлениями в развитии деревообрабатывающей промышленности являются снижение выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. Утилизация отходов является также перспективным направлением, поскольку она даёт возможность использовать вторично отработанные ресурсы. Существует множество направлений для использования отходов деревообрабатывающей промышленности, например, в качестве удобрений, в производстве древесного газа, технологической щепы и другие. Древесное сырьё содержит органические вещества (лигнин – 18–30 %, целлюлозу – 39–52 %), способствующие гумусообразованию в почве, а также минеральные вещества (фосфор, калий, углерод). Удобрение состоящие только из древесных отходов будет обеднено азотом, поэтому рекомендуется использовать компосты на основе древесно-растительных остатков. Компосты из коры, опилок, стружки и мелкой фракции щепы являются естественным органическим удобрением, обладают способностью удерживать в почве влагу и питательные вещества, способствуют аэрации почвы [5].

Для производства древесного (генераторного) газа применяют термический метод переработки древесных отходов в газогенераторах. Эффективность газификации достигает 85–90 %. Благодаря этому, а также удобству применения газа, газификация является более эффективным и чистым процессом, чем сжигание. Установки газификации могут успешно применяться как для организации новых лесных и деревообрабатывающих предприятий, так и для модернизации действующих предприятий, в том числе в районах, удаленных от электрических и газовых сетей.

Одним из путей комплексного использования древесины является производство технологической щепы из всех кусковых отходов, которая является сырьем для целлюлозно-бумажной промышленности, древесностружечных, древесноволокнистых плит и биотопливной промышленности. Древесные отходы применяются для производства древесно-цементных композитов, а именно в качестве заполнителя для производства древесноминеральных композиционных материалов, при производстве арболита, цементно-стружечных плит, фибrolита и другие. Ещё одним методом утилизации является производство древесного угля, топливных и технологических брикетов и гранул, они используются в качестве бытового и промышленного топлива. Брикеты по сравнению с древесными отходами выделяют в 2-3 раза больше энергии при сгорании.

Таким образом отходы деревообрабатывающей отрасли вследствие их разнообразного химического состава можно использовать в качестве сырья как внутри отрасли, так и на других производствах. В Республике Беларусь концерн «Беллесбумпром». перерабатывает около 250 тыс. т. отходов в год.

Основными направлениями решения задач «зеленой» экономики в деревообрабатывающей промышленности является снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, уменьшение образования отходов производства и максимальное их использование в качестве вторичных материальных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. [Электронный ресурс] // Министерство экономики Республики Беларусь. – Режим доступа: http://www.economy.gov.by/ru/dejst_prognoz_dok-tu/. – Дата доступа: 20.11.2023.
2. О Национальном плане действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 10 дек. 2021 г., № 1710 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/2021/nats.plan-po-razvitiyu-zelenojekonomiki.pdf>; 22.10.2023.
3. О Государственной программе «Белорусский лес» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 28 января 2021 г., № 52 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100052>. – Дата доступа: 22.11.2023.
4. Программа развития деревообрабатывающего и мебельного производства концерна «Беллесбумпром» на период до 2025 года [Электронный ресурс] // Белорусский производственно-торговый концерн лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. – Режим доступа: <http://bellesbumprom.by/ru/dokumenty/programmy>. – Дата доступа: 10.10.2023.
5. Промышленность Белоруссии [Электронный ресурс] / Википедии. Свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://w.wiki/5w6q> – Дата доступа: 28.10.2023.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ЭКСПЛАНТОВ СОРТА ВИНОГРАДА CHARDONNAY В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

STABILIZATION OF cv. CHARDONNAY GRAPE EXPLANTS IN *IN VITRO* CULTURE

М. Д. Марковская¹, Т. А. Красинская^{1,2}
M. Markovskaya, T. Krasinskaya

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь

²РУП «Институт плодоводства» НАН Беларуси
г. Минск, Республика Беларусь
markovskaya.maria.d@gmail.com

¹*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

²*RUE "Institute of Fruit Growing" National Academy of Sciences of Belarus
Minsk, Republic of Belarus*

Маточные растения сорта Chardonnay, являющиеся источниками эксплантов для исследований, соответствовали стандартам ЕРРО и ЕАЭС. Выбранные условия культивирования на этапе введения в культуру *in vitro* способствовали получению высокой доли стерильных и жизнеспособных эксплантов (84,1 %). Доля инфицированных эксплантов составила 15,9 %. Показатели среднее количество развившихся растений-регенерантов из одного экспланта (1,7 %), длина растений-регенерантов (1,8 см) и среднее количество микрочеренков (2,36 шт) говорят о высокой эффективности этапа введения в культуру *in vitro* сорта винограда Chardonnay. На этапе микроразмножения максимальный коэффициент размножения растений-регенерантов составил 2,9 на модифицированной питательной среде MS с 1,1 мг/л 6-БА. Средняя длина стебля растений-регенерантов на средах, содержащих 0,9 и 1,1 мг/л, варьировала от 1,19 и 1,14 см соответственно.

The nuclear stock of the cv. Chardonnay, which were the source of explants for the research, complied with EPPO and EAEU standards. The selected cultivation conditions at the *in vitro* culture stage contributed to obtaining a high rate of sterile and viable explants (84.1 %). The rate of infected explants was 15.9 %. The average number of regenerants developed from an explant (1.7 %), the length of the regenerants (1.8 cm) and the average number of microcuttings (2.36) indicate a high efficiency of the *in vitro* propagation stage of cv. Chardonnay. At the micropropagation stage, the maximum multiplication rate of grape regenerants was 2.9 on modified MS medium containing 1.1 mg/L 6-BA. The mean stem length of the regenerants on media containing 0.9 and 1.1 mg/L was 1.19 and 1.14 cm, respectively.

Ключевые слова: Chardonnay, вирусы винограда, культура *in vitro*, стабилизация.

Keywords: Chardonnay, grape viruses, culture *in vitro*, stabilization.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-108-111>

Виноградарство в Беларуси – это достаточно молодое, но перспективное направление, связанное с импортозамещением как растительного, так и винного материала. На Пинщине и Гомельщине насчитывается около 70 гектаров промышленных плантаций технических сортов винограда, и весь собранный здесь урожай отправляется на винодельческий и ликёро-водочный заводы. Столовый виноград в основном выращивается на частных плантациях.

Одним из сдерживающих факторов развития виноградарства являются сокопереносимые вирусы, которые наносят большой экономический ущерб производителям из-за негативного воздействия на устойчивость к абиотическим и биотическим факторам, урожайность, качество ягод и их биохимический состав. Таким образом мониторинг сокопереносимых вирусов винограда в маточных насаждениях актуален для получения сертифицированного посадочного материала. Контроль вирусных заболеваний растений имеет решающее значение для создания питомников для производства саженцев винограда, дающих стабильный и высокий урожай [1]. Необходимый контроль посадочного материала объясняется еще одной причиной – привоз нового перспективного сортового ассортимента из-за пределов Республики Беларусь, который чаще всего не имеет фитосанитарного документа. Включение в селекционных процесс свободных от вирусов родительских форм винограда также весьма важно для развития виноградарства, снижая себестоимость получаемых перспективных гибридов.

Выделены **основные сокопереносимые вирусы** винограда, которые должны отсутствовать в посадочном материале: вирус короткоузлиия винограда (*GFLV*), вирус скручивания листьев винограда (*GLRaV-1*, *GLRaV-2*,

GLRaV-3), вирус А винограда (*GVA*), вирус пятнистости винограда (*GFkV*), **карантинные вирусы винограда**: вирус кольцевой пятнистости табака (*TRSV*), вирус кольцевой пятнистости томата (*ToRSV*), вирус розеточной мозаики персика (*Peach rosette mosaic virus*). Согласно стандартам ЕРРО (European and Mediterranean Plant Protection Organization) по содержанию маточных насаждений, последние должны ретестироваться каждые 5 лет [2].

Tobacco ringspot nepovirus (*TRSV*), Tomato ringspot nepovirus (*ToRSV*) и Peach rosette mosaic virus (Вирус розеточной мозаики персика) – карантинные вирусы не только на территории Европы, но и на территории Евразийского Экономического Союза (ЕАЭС) [3]. Вредоносность вируса кольцевой пятнистости заключается в том, что растения часто перестают плодоносить уже на втором году после заражения, они чувствительны к холоду и в морозные зимы погибают. Вирус кольцевой пятнистости томата вызывает снижение силы виноградной лозы и задержку роста побегов. Зараженные растения очень чувствительны к повреждению холодом и могут давать небольшие гроздья винограда. Вирус розеточной мозаики персика способен заметно снизить урожайность и качества плодов.

Одним из быстрых методов получения оздоровленного материала сортов винограда – культура *in vitro*. Введение в культуру *in vitro* – первый этап микроклонального размножения. Задача данного этапа – получение максимального количества стерильных и жизнеспособных растений-регенерантов. Успех данного этапа определяется большим количеством факторов: генотипом растения (не только между видами, но и между сортами в пределах одного вида), сроком введения в стерильные условия, состоянием материнского растения, типом эксплантов, выбором стерилизующего агента и его экспозиции, минеральным и гормональным составом питательных сред и т. д. [4].

В РУП «Институт плодоводства» был проведён анализ эффективности этапа введения в культуру *in vitro* эксплантов винограда сортов Regent, Marquette, Mars, Bianca и Агат донской в период их активного роста. По результатам исследования было отмечено достоверное влияние генотипа на регенерационные процессы эксплантов: в зависимости от сорта процент стерильных и жизнеспособных эксплантов варьировал от 27,4 до 48,6 % [5]. Поэтому включение нового сорта винограда в коллекцию геноресурсов для сохранения генофонда и в производственный процесс получения оздоровленного посадочного материала, используя биотехнологические методы – актуальное направление для развития и продвижения виноградарства в Беларуси.

Цель данной работы – подобрать оптимальные условия культивирования сорта Chardonnay на этапах введения в культуру *in vitro* и микроразмножения для длительного сохранения его в стерильных условиях и для получения оздоровленного посадочного материала.

Задачи:

1. Оценить эффективность введения в культуру *in vitro* эксплантов Chardonnay в период активного роста маточных растений;

2. Оценить влияние различных концентраций 6-БА на морфогенез растений-регенерантов.

Объект исследования: свободный от основных и карантинных вирусов технический сорт Chardonnay

Общепринятая гипотеза происхождения, согласно анализу ДНК – это естественное скрещивание сортов *Vitis vinifera* “Gouais Blanc” и “Пино нуар”. Chardonnay был распространен во Франции, в Бургундии и Шампани, культивируется также в Германии, Швейцарии, Венгрии, США. По морфологическим признакам и биологическим свойствам Chardonnay относится к эколого-географической группе западноевропейских сортов винограда. Гроздь средней величины (длиной 11–13, шириной 8–10 см), цилиндро-коническая, плотная, средней плотности и рыхлая в результате сильного осыпания завязей. Ножка грозди короткая, одревесневшая. Масса грозди 90–95 г. Ягода средней величины (диаметром 12–16 мм), округлая и слегка овальная, зеленовато-белая с золотистым оттенком на солнечной стороне, покрыта восковым налетом и мелкими коричневыми точками. Средняя масса 100 ягод 130 г. Кожица тонкая, прочная. Мякоть сочная, с приятным сортовым ароматом. Семян в ягоде 2–3. Сорт популярен среди производителей по причине универсальности: клоны Chardonnay приспосабливаются к разным климатическим условиям и везде из него можно сделать достойное вино практически любого стиля. Помимо этого, Chardonnay входит в тройку сортов, разрешенных для производства шампанского.

Маточные насаждения с закрытой корневой системой были протестированы на следующие вирусы: вирус короткоузлия винограда, вирус скручивания листьев винограда, вирус А винограда, вирус пятнистости винограда, вирус кольцевой пятнистости табака, вирус кольцевой пятнистости томата, вирус розеточной мозаики персика с помощью диагностических наборов фирмы SEDIAG (Франция) и Bioreba (Швейцария) согласно протоколу производителя.

Этап введения в культуру *in vitro*. Сроки введения: период активного роста (июнь). Тип экспланта – узел (почка с кусочком стебля).

Схема стерилизации:

– Промывка черенков проточной водой с использованием хозяйственного мыла;

– Фунгицид с действующим веществом дифенокозол (концентрация 16,7 г/л) (раствор с дистиллированной водой 3 мл/л) – 1 час 10 мин;

– Промывка проточной водой – 40 мин;

– 70 % этиловый спирт – 1 мин;

– Раствор «Domestos» (действующее вещество – гипохлорит натрия) с дистиллированной водой (v/v) 1:5 – 20 мин;

– Трёхкратная промывка стерильной дистиллированной водой по 5 мин.

Питательная среда: модифицированная среда Мурасиге-Скуга (MS) с концентрацией 6-БА 1,1 мг/л.

Длительность культивирования: 24 дня.

Этап микроразмножения. Питательная среда: модифицированная среда MS с различной концентрацией 6-БА: 0,5, 0,7, 0,9, 1,1 мг/л. Культивирование проводили в пробирках, с объемом среды 6 мл.

Длительность культивирования: 32 дня.

Работу в асептических условиях, приготовление и стерилизацию питательных сред проводили по общепринятым методикам.

Условия культивирования – фотопериод 16/8 ч, температура 23–25 °C, освещение 3000–3500 лк (лампы OSRAM L36W/765 Cool Daylight).

Опыты проводили в 3-кратной повторности, по 10–15 растений в повторности в зависимости от опыта.

Статистическую обработку проводили в программе Statistica 10.0. Однофакторный анализ проводили с помощью ANOVA, для сравнения средних значений использовали критерий Дункана.

Эффективность этапа введения в культуру *in vitro*. Выбранные условия культивирования способствовали получению высокой доли стерильных и жизнеспособных эксплантов – 84,1 % (табл. 1). Доля инфицированных эксплантов составила 15,9 %, что является достаточно невысоким значением. Среднее количество растений-регенерантов, развивающихся из одного экспланта, и их средняя длина, составила 1,7 шт. и 1,8 см соответственно. Растения-регенеранты с такими показателями возможно было черенковать в ламинарном боксе. В результате чего количество микрочеренков размером примерно 1 см, полученных при черенковании, составило 2,36, что в два раза увеличивает эффективность этапа микроразмножения. Следовательно, выбранная схема стерилизации и питательная среда оптимальна для получения стерильных и хорошо развитых эксплантов.

Таблица 1

*Эффективность введения в культуру *in vitro* сорта винограда Chardonnay*

Доля инфицированных эксплантов, %	Доля неразвитых эксплантов, %	Доля стерильных и жизнеспособных эксплантов, %	Среднее количество растений-регенерантов, развившихся из экспланта, шт.	Средняя длина растений-регенерантов, см	Среднее количество микрочеренков, шт.
15,9	0,0	84,1	1,7	1,8	2,36

Эффективность этапа микроразмножения. В ходе статистического анализа с высокой степенью достоверности было установлено, что концентрация 6-БА определяла значения всех изучаемых показателей ($p < 0,001$) (табл. 2). Максимальный коэффициент размножения на этапе микроразмножения отмечен при использовании 6-БА в концентрации 1, 1 мг/л и составил 2,9. Максимальное значение средней длины стебля растений-регенерантов отмечены при использовании 6-БА в концентрации 0,9 и 1,1 мг/л: 1,19 и 1,14 см соответственно.

Таблица 2

Влияние 6-БА на эффективность этапа микроразмножения сорта винограда Chardonnay

Концентрация 6-БА, мг/л	Коэффициент размножения	Средняя длина стебля растений-регенерантов, см
	$p < 0,001$	$p < 0,001$
0,5	1,5c	0,82c
0,7	1,3d	0,98bc
0,9	2,0b	1,19a
1,1	2,9a	1,14ab

Таким образом, в процессе исследования согласно стандартам ЕРРО и ЕАЭС были выделены маточные растения сорта Chardonnay свободные от основных и карантинных сокопереносимых вирусов винограда (вирус короткоузлие винограда, вирус скручивания листьев винограда – 1,2,3, вирус А винограда, вирус пятнистости винограда, вирус кольцевой пятнистости табака, вирус кольцевой пятнистости томата, вирус розеточной мозаики персика).

На этапе введения в культуру *in vitro* использование модифицированной питательной среды MS, содержащей 1,1 мг/л 6-БА, эффективно для получения высокой доли стерильных и жизнеспособных эксплантов (84,1 %). Низкая доля инфицированных эксплантов (15,9 %) свидетельствует об эффективном ингибировании грибной и бактериальной инфекций комплексом стерилизующих агентов фунгицида (дифеноконозол) и раствором «Domestos», который является экономически выгодным в использовании. Высокую эффективность этапа введения в культуру *in vitro* сорта винограда Chardonnay характеризуют показатели среднего количества развившихся растений-регенерантов (1,7 %), длины растений-регенерантов (1,8 см) и среднего количество микрочеренков (2,36 шт)

На этапе микроразмножения концентрация 6-БА достоверное влияние оказывала на коэффициент размножения и рост растений-регенерантов. 1,1 мг/л 6-БА в питательной среде активизировал геммогенез и коэффициент размножения составил 2,9. Средняя длина стебля растений-регенерантов на средах, содержащих 0,9 и 1,1 мг/л, варьировала от 1,19 и 1,14 см соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Krasinskaya T. Grape viruses in Belarus / T. Krasinskaya, E. Kolbanova // *Acta Hort.* 2017. 1188. P. 307–312.
2. European and Mediterranean Plant Protection Organization. [Электронный ресурс] // EPPO standards. – Режим доступа: http://www.eppo.int/RESOURCES/eppo_standards. – Дата доступа: 19.02.2024.
3. Об утверждении Единых карантинных фитосанитарных требований, предъявляемых к подкарантинной продукции и подкарантинным объектам на таможенной границе и на таможенной территории Евразийского экономического союза [Электронный ресурс] : решение Совета ЕЭК, 30 нояб. 2016 г., № 157 // Совет Евразийской экономической комиссии. – Режим доступа: <https://gogiskzr.by/quarantine/normative-base/Edinye-fito-trebovaniya-30112016-157-03042023.pdf>. – Дата доступа: 19.02.2024.
4. Змушко А.А. Введение в культуру *in vitro* винограда – критический этап клонального микроразмножения растений / А.А. Змушко, Т.А. Красинская // *Плодоводство*. 2022. 34. 1. С. 228–234.
5. Кухарчик Н.В. Размножение плодовых, ягодных растений, винограда и хмеля в культуре *in vitro* / Н.В. Кухарчик [и др.] ; под общ. ред. Н.В. Кухарчик. – Минск : Колорград. 2021. – 400 с.

РОЛЬ СРЕДОВЫХ ФАКТОРОВ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ПРЕСНОВОДНЫХ ЛЕГОЧНЫХ МОЛЛЮСКОВ ROLE OF ENVIRONMENTAL FACTORS IN THE LIFE CYCLE FRESHWATER PULMONARY MOLLUSCS

А. В. Лукашонок^{1,2}, Д. С. Ляшук^{1,2}, О. А. Бодиловская³
A. V. Lukashonok^{1,2}, D. S. Lyashuk^{1,2}, O. A. Bodilovskaya³

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
daryalyshuk@gmail.com

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus*

Легочные моллюски, обитающие в пресноводных водоемах, играют важную роль в экосистемах и используются как биоиндикаторы состояния окружающей среды. Жизненный цикл этих моллюсков, включая способность к размножению, зависит от различных факторов, таких как температура, освещенность, питание и паразитарная инвазия. Понимание их влияния на популяции пульмонат важно для получения достоверных данных экологических исследований и мониторинга состояния водных экосистем.

Lung mollusks living in freshwater bodies play an important role in ecosystems and are used as bioindicators of environmental conditions. The life cycle of these mollusks, including the ability to reproduce, depends on various factors such as temperature, light, nutrition and parasitic infestation. Understanding their impact on pulmonata populations is important for obtaining reliable data from ecological studies and monitoring the state of aquatic ecosystems.

Ключевые слова: легочные моллюски, оплодотворение, факторы.

Keywords: pulmonary mollusks, fertilization, factors.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-111-117>

Вследствие быстрого увеличения человеческого воздействия происходит изменение биоты водных экосистем, что приводит к уменьшению популяций и исчезновению многих видов животных. Легочные моллюски (лат. Pulmonata) – одна из самых распространенных групп зообентоса в экосистемах пресных водоемов умеренной зоны Евразии. Они имеют высокие адаптивные способности и успешно приспосабливаются к изменяющимся условиям окружающей среды. Это обусловлено способностью пульмонат переходить с перекрестного оплодотворения на альтернативную форму размножения – самооплодотворение.

Многие виды легочных моллюсков активно используются в качестве биоиндикаторов состояния среды и являются модельными видами при проведении широкого спектра экофизиологических, токсикологических и мониторинговых исследований.

Часто получение необходимого количества особей тех или иных видов для проведения лабораторных экспериментов бывает затруднительно или даже вообще невозможно. При этом не редко возникают ситуации, когда при проведении исследований с организмами, отобранными из природных водоемов, последние испытывают

серьезный стресс, что приводит к гибели особей или серьезному искажению полученных данных. Поэтому для снижения стресса и (или) создания устойчивой лабораторной культуры необходимо знать и учитывать факторы среды, а также их влияние на параметры жизненного цикла моллюсков.

Первый и самый важный абиотический фактор – температура. Она имеет особое значение, так как в отличие от других факторов, ее невозможно устранить из среды либо эксперимента, а можно только корректировать. При сдвиге температурного режима водоема происходит изменение таких параметров, как растворимость веществ (в том числе и токсинов, поступающих в данный водоем со сточными и грунтовыми водами) и газовый режим. Но благодаря легочному дыханию, пульмонаты мало чувствительны, например, к снижению содержания кислорода в воде, что является одним из важнейших лимитирующих факторов для гидробионтов с жаберным дыханием.

Температура среды оказывает влияние на большинство физиологических процессов так как под ее влиянием изменяется скорость протекания биохимических реакций. Очень низкая или, наоборот, очень высокая температуры могут приводить к нарушению обменных процессов в организме, образованию ряда токсичных соединений и метаболической депрессии. Температурный режим водоемов оказывает значительное влияние не только на выживаемость моллюсков, но и на сезонность размножения, длительность эмбриогенеза и ювенильного периода.

Температура принимает участие в регуляции размножения пойкилотермных организмов прежде всего благодаря прямому влиянию на гаметогенез. Осенью и зимой низкая температура воды блокирует отделение гониальных клеток, подавляет первичный и вторичный рост ооцитов, а также мейоз в ооцитах и сперматocyтах. По литературным данным, при температуре воды ниже +10 °C (для некоторых видов – +8 °C) сперматогенез и откладка яиц останавливается. Репродуктивные процессы у моллюсков во многом зависят не только от значения температуры, но и от ее изменения. По мнению ряда авторов, именно повышение показателя данного фактора, особенно внезапное, стимулирует особей некоторых видов пульмонат к откладке яиц. У других представителей легочных моллюсков овипозиция усиливается после их длительного содержания при низкой температуре (+5 °C) и последующего перевода в среду при +16 °C – +22 °C.

У разных видов температурные пороги эмбриогенеза неодинаковы. Температура выше +30 °C для кладок большинства моллюсков находится за пределами оптимума. Превышение данного порога у одних видов приводит к гибели зародышей в кладке, у других – к ускорению развития эмбрионов, но при этом появлению физиологических отклонений. Скорости многих биологических процессов определяются не только температурой, но и другими факторами, например, плотностью популяции, размерами тела особей и обеспеченностью их пищей. В то же время, рост и развитие эмбрионов происходит только за счет питательных веществ желтка, запасы которых в яйцах у особей одного вида очень близки. На этом фоне легче выделить влияние температуры. Поэтому длительность эмбрионального развития пойкилотермных животных является удобной моделью для изучения термоллабильности.

Термоустойчивость популяций (средний срок выживания при сублетальной температуре) является одним из важнейших критериев адаптивных способностей легочных моллюсков в изменяющихся условиях среды. Летнее повышение температуры до 35–36 °C и сезонные колебания уровня воды в водоемах приводят к массовой гибели моллюсков в популяциях. Однако немногие выжившие особи, отличающиеся повышенной термоустойчивостью, благодаря переходу на размножение посредством самооплодотворения, способны быстро восстановить их исходную численность. Таким образом в условиях повышения температуры водоема преимущество будут иметь не самые крупные или быстро растущие особи, а особи обладающие повышенной термоустойчивостью. Эксперименты показали, что данный показатель у большого прудовика (*Lymanaea stagnalis*) при размножении перекрестным и самооплодотворением характеризуется высокой наследуемостью. Однако, побочным результатом отбора *L. stagnalis* на повышенную термоустойчивость при самооплодотворении является снижение скорости роста численности его популяций [1].

Фотопериод (соотношение между светлой и темной фазой суток) является следующим важным фактором, оказывающий влияние на жизненный цикл легочных моллюсков. Основным источником света в биосфере Земли – Солнце. В чистых пресноводных водоемах свет может проникать до нескольких десятков метров, в то время как в загрязненных всего лишь до нескольких десятков сантиметров. Годовой характер изменения соотношения темной и светлой фаз суток имеет строгие закономерности, т.к. зависит от вращения Земли вокруг Солнца. Значит, чем выше географическая широта, тем длиннее световой день. Также чем выше географическая широта, тем с большей скоростью идет увеличение светового дня и сокращение ночи. Длительность фотопериода в определенной точке Земли строго постоянно, в отличие от других важных экологических факторов – температуры, количества осадков и др. Биологические адаптации к сезонным изменениям в процессах роста и размножения у пресноводных легочных моллюсков связаны с продолжительностью светового дня. При длинном фотопериоде стимулируется процесс откладки яиц, однако исключение регулярного воздействия света на фоторецепторы пульмонат не подавляет овипозицию полностью, но приводит к резкому снижению ее интенсивности. На процессы размножения оказывает влияние и характер изменения фотопериода: резкий переход от полного затемнения к кратковременному освещению приводит к более ранней откладке яиц.

Световой фактор – важный стимул для начала овуляции. Показано, что при затемнении женская половая активность у моллюсков уменьшается, но в то же время усиливается сперматогенез, копулятивная деятельность особей становится более активной. Постоянное освещение или длинный световой день подавляют сперматогенез, и в то же время стимулируют процессы образования и откладки яиц.

Образование большого количества яиц при длинном световом дне требует больших энергетических затрат. По этой причине при смене освещенности у пульмонат наблюдаются перестройки метаболических процессов.

Интенсивное увеличение массы тела происходит при недостатке освещения, тогда как при длинном световом дне рост подавляется и все питательные вещества из потребляемой пищи, а также внутренние резервы, идут на реализацию репродуктивных процессов. В таком случае организм становится слабее и более восприимчивым к воздействию окружающей среды, что в свою очередь приводит к более ранней или частой гибели особей.

Фотопериод и температура оказывают совместное влияние на организм моллюсков. При низкой температуре и коротком световом дне происходит быстрое накопление гликогена в клетках мантии и других органах тем самым подавляя использование питательных веществ на осуществление половых процессов. Сезонные изменения климатических факторов (светового и температурного) определяют резкое до 1 года и более удлинение продолжительности полового созревания у прудовиков, а также обуславливают относительное приурочение сперматогенеза и оогенеза к определенному времени года [2].

Пища также является важным экологическим фактором. Ее состав и количество оказывает непосредственное влияние на скорость роста особей, продолжительность жизни, плодовитость, смертность и численность в популяциях. Рацион любого организма, или количество пищи, потребленное за единицу времени, в значительной степени определяется массой его тела. Если количество корма в среде находится с избытком, рацион моллюсков возрастает с увеличением массы их тела. Однако увеличение рациона, происходит в значительно меньшей степени, чем массы организма. У всех видов животных, особенно у водных беспозвоночных с фильтрационным питанием, величина рациона в значительной степени зависит от концентрации корма в среде. Как правило, при повышении низких концентраций корма рацион особей пропорционально возрастает. Но дальнейшее увеличение концентрации пищи приводит к замедлению роста рациона и, при достижении определенного уровня, – его стабилизации. Зависимость количества потребленного корма от его концентрации в среде предполагает, что животные способны потреблять корм даже при самом низком его содержании в среде, что справедливо для многих живых организмов, включая моллюсков. Малое количество пищи такие виды компенсируют повышением затрат энергии и времени на ее поиски. Но, чем больше ресурсов организм тратит на добывание и поглощение корма, тем меньше энергии остается на другую активность организма, в частности на размножение.

Даже если не учитывать энергозатраты на поиски партнера при размножении перекрестным оплодотворением, образование половых продуктов, а также яйцевых капсул у легочных моллюсков требует большого количества энергии. В связи с этим pulmonаты выработали способность очень быстро менять синтетическую активность женских придаточных желез. При отсутствии пищи в течение 3-7 дней, не смотря на имеющиеся запасы питательных веществ, происходит резкое снижение активности белковой (отвечающей за формирование яйцевых капсул) и других желез. Повышение концентрации питательных веществ (например, глюкозы) в гемолимфе активирует работу железы и начинается овипозиция. У pulmonат недостаток пищевых ресурсов по-разному сказывается на соматическом росте: одновозрастные особи, содержащиеся в одинаковых условиях, развиваются с разной скоростью. Ограничение поступления пищи также может приводить к задержке полового созревания моллюсков.

В питании важную роль играет не только получение энергии, но и поступление определенных питательных веществ, макро- и микроэлементов. Так, например, ионы K^+ , Na^+ , Ca^{++} и Cl^- являются обязательными в процессах развития яйцеклеток, овуляции и формировании кладок. При голодании их концентрация снижается, что приводит к изменению общего метаболизма, а это в свою очередь сказывается и на размножении [3].

Плотность популяции может оказывать значительное воздействие на процессы роста и размножения живых организмов. В естественной среде распределение легочных моллюсков характеризуется неравномерностью, и чаще всего плотность их популяций бывает очень высокой только во время выхода особей из синкапсул. Малое количество pulmonат на единице площади приводит к увеличению затрат времени и энергии на поиски партнеров для копуляции. Однако они способны переходить на размножение посредством самооплодотворения, что не требует вышеуказанных трат. При этом у ряда видов легочных моллюсков изоляция вызывает более позднее начало овипозиции. Это можно объяснить тем, что вследствие инбредной депрессии при самооплодотворении потомство может быть менее жизнеспособно, и особи «соглашаются» на этот риск только, когда становится высоким риск вообще не встретить полового партнера.

Что касается содержания легочных моллюсков в лабораторных условиях то, в первую очередь нужно учитывать негативное действие на них продуктов собственного обмена. Таким образом важным становится не столько объем сосудов для содержания, а частота смены воды для недопущения накопления этих метаболитов. Как показано в ряде исследований, объем воды, равный 150 – 170 мл в расчете на одну особь *L.stagnalis* при одиночном или групповом содержании, является вполне достаточным для его нормального роста и развития.

Методика лабораторных экспериментов по изучению размножения pulmonат перекрестным оплодотворением на примере модельного вида большого прудовика должна учитывать обнаруженный у *L.stagnalis* эффект Кулиджа. Этот эффект (назван по имени Дж. Кулиджа – 30-го президента США) заключается в том, что самцы проявляют повышенную активность к спариванию с каждой новой готовой к оплодотворению самкой. Поэтому количество спариваний одного самца в большой группе самок выше, чем у содержащегося попарно с самкой или в небольшой группе самок. Эффект Кулиджа вполне обычен у двуполых видов (млекопитающие, птицы, дрозофилы и др.), однако его открытие у гермафродитного и способного к самооплодотворению *L.stagnalis* оказалось достаточно неожиданным. Так, среднее число спариваний одной особи в группе из 8-ми моллюсков было достоверно выше, чем в группе из 2-х моллюсков [4].

Паразитарная инвазия – последний, но немаловажный фактор в этом списке. Легочные моллюски являются промежуточными хозяевами для паразитических плоских червей класса трематод. В тело моллюсков проникает

первая свободноживущая личиночная стадия трематод – мирацидии, где обычно локализуются в печени. Там они сначала превращаются в спороцисту, в которой образуются партеногенетические яйца, дающие начало редиям. Внутри последних развивается новое партеногенетическое поколение – церкарии. Размеры церкарий трематод достаточно велики – от 0,5 мм у видов семейства Echinostomatidae и до 1–1,3 мм у видов родов *Trichobilharzia* и *Bilharziella* семейства Schistosomatidae, а их продукция составляет от нескольких сотен до тысяч в сутки. Для поддержания такой высокой интенсивности образования церкарий редиям необходимы значительные пищевые и энергетические ресурсы. Ими являются запасы гликогена, которые концентрируются преимущественно в печени моллюсков. Поэтому спороцисты и редии трематод при интенсивном партеногенетическом размножении приводят к разрушению печени и нарушению нормального пищеварения моллюсков, что оказывает значительный негативный эффект на их биохимические параметры и физиологическое состояние. В итоге замедляется рост гонады, а также женских и мужских придаточных органов, следовательно – снижается плодовитость. При широком развитии инвазии происходит прямое поражение гермафродитной железы и полная блокада процесса размножения [5]. Таким образом наличие у pulmonat паразитов может исказить результаты исследований на особях из естественных водоемов, либо усложнить получение от них потомства для создания чистой лабораторной культуры.

Перечисленные в статье средовые факторы не единственные, оказывающие влияние на легочных моллюсков, но по сути являются «обязательными», то есть присутствуют в любых местах обитания и не могут быть проигнорированы при проведении научных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Golubev, A.P. Alternative modes of reproduction in populations of *Lymnaea stagnalis* (Gastropoda, Pulmonata) as a factor of temperature adaptation / A.P. Golubev, O.A. Bodilovskaya, L.E. Slesareva // *Doklady Biological Sciences*. – 2011. – Vol. 438. – P. 1–4.
2. Круглов, Н. Д. Моллюски семейства прудовиков (Lymnaeidae Gastropoda Pulmonata) Европы и Северной Азии / Н. Д. Круглов // Смоленск, 2005. – 507 с/
3. Березкина, Г.В. Экология размножения и кладки яиц пресноводных легочных моллюсков / Г.В. Березкина, Я.И. Старобогатов // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – 1988. – Т. 174. – С. 306.
4. Koene, J.M. Energy budgets in the simultaneously hermaphroditic pond snail, *Lymnaea stagnalis*: a trade-off between growth and reproduction during development / J.M. Koene, A.Ter Maat // *Belg. J. Zool.* – 2004. – Vol. 134, № 2/1. – P. 41–45.
5. Fryer, S.E. The effect of *Schistosoma haematobium* infection on the growth and fecundity of three sympatric species of bulinid snails / S.E. Fryer // *J. Parasitol.* – 1990. – Vol. 76, № 4. – P. 557–563.

ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИХ РЕШЕНИЯ

PROBLEMS ASSOCIATED WITH SEWAGE SLUDGE DISPOSAL AND PROMISING DIRECTIONS FOR THEIR SOLUTION

Н. В. Емельяненко, О. И. Родькин
N. V. Emelianenko, A. I. Rodzkin

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
info@iseu.by, attractive675@mail.ru

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

Процессы урбанизации и индустриализации во всем мире привели к резкому увеличению объемов сточных вод и их осадков, образующихся на очистных сооружениях. Основным методом их утилизации является хранение на специальных полигонах, что требует отчуждения земель и негативно влияет на окружающую среду. Поэтому, вопросы, связанные с поиском новых направлений утилизации осадков сточных вод, являются актуальными для исследований. Эффективный, экономически и экологически обоснованный менеджмент в сфере утилизации осадков сточных вод является одной из важнейших задач в сфере охраны окружающей среды для Республики Беларусь [1].

The processes of urbanization and industrialization throughout the world have led to a sharp increase in the volume of wastewater and its sludge generated at wastewater treatment plants. The main method of their disposal is

storage in special landfills, which requires the alienation of land and negatively affects the environment. Therefore, issues related to the search for new directions for recycling sewage sludge are relevant for research. Effective, economically and environmentally sound management in the field of wastewater sludge disposal is one of the most important tasks in the field of environmental protection for the Republic of Belarus

Ключевые слова: осадки сточных вод, утилизация, иловые площадки, очистные сооружения.

Keywords: sewage sludge, recycling, sludge beds, treatment facilities.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-115-116>

В Республике Беларусь эксплуатируется 261 очистное сооружение, из которых 200 сооружений биологической очистки сточных вод различной производительности (рис.1) [3]. Количество осадков, образующихся при очистке сточных вод на современных очистных сооружениях, составляет от 2 до 10 % от объема поступающих вод.



Рисунок 1 – Количество очистных сооружений и полей фильтрации

Суммарная мощность очистных сооружений по областям и г. Минску на 2019 г. составляет 2579 млн м³/год (таблица 1). В то же время фактический объем нормативно-очищенных и недостаточно очищенных сточных вод не превышает 857 млн м³.

Таблица 1

Статистика по суммарной мощности очистных сооружений по областям и г. Минску за 2013–2019 гг., млн м³/год

Регион Беларуси	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Брестская область	305,9	313,7	318,2	332,0	325,8	360,7	384,4
Витебская область	211,9	215,6	215,7	202,1	203,5	360,6	376,1
Гомельская область	238,2	240,0	239,5	241,1	266,7	425,4	442,6
Гродненская область	215,7	215,4	215,2	212,3	210,4	236,7	235,2
г. Минск	334,1	348,1	348,3	378,7	393,9	398,7	414,4
Минская область	271,4	273,5	271,4	227,3	224,6	309,3	432,9
Могилевская область	256,8	264,6	264,6	251,8	259,8	273,5	294,4
Республика Беларусь	1834,0	1871,71	1872,9	1845,4	1884,8	2365,1	2579,9

Степень загрузки очистных сооружений по крупным городам в условиях сохраняющегося неполного использования производственных мощностей крупных предприятий остается на среднем уровне – 76 %, в том числе: Слуцк (94 %), Брест (89 %), Минск (86 %), Витебск (83 %), Гомель (78 %), Солигорск (78 %), Жлобин (77 %), Жодино (77 %), Молодечно (76 %), Дзержинск (76 %) [3].

По средним и малым городам этот показатель снижается в среднем до 50 %.

В результате очистки сточных вод в Республике Беларусь ежегодно образуется около 180–197 тысяч тонн осадков по сухому веществу. Наибольший удельный вес в общей структуре осадков сточных вод имеют избыточный активный ил и сырой осадок, причем объем избыточного активного ила в 1,5–2 раза больше, чем объем сырого осадка [5].

В настоящее время в Республике Беларусь накоплено более 4 млн т осадков, которые размещаются на иловых площадках [3]. Площадь иловых площадок (полигонов) в Республике Беларусь, на которых захораниваются

осадки коммунальных очистных сооружений, в 3–5 раз превышает площадь полигонов твердых коммунальных отходов и составляет более 2000 га.

Однако многие очистные сооружения принимают сточные воды с концентрацией, по отдельным ингредиентам превышающей нормируемые значения. Кроме того, имеются случаи перегрузки некоторых, требующих реконструкции или находящихся в процессе реконструкции очистных сооружений по объему принимаемых стоков (например, г. Гродно). В результате в водные объекты поступают недостаточно очищенные сточные воды, содержащие различные загрязняющие вещества. В осадке сточных вод содержатся не только биогенные элементы, такие как фосфор, азот и углерод, но и загрязняющие вещества, такие как тяжелые металлы (кадмий, ртуть) и органические загрязнители. Их концентрации в осадках сточных вод зависят от характера поступающих на очистку хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод. Высокие концентрации меди и цинка часто поступают с хозяйственно-бытовыми сточными водами, кадмий, хром, ртуть и свинец – с производственными.

В процессах биологической очистки сточных вод на очистных сооружениях образуется значительное количество отработанного активного ила, которое накапливается на иловых полях. Воздействие атмосферных осадков на расположенный на иловых картах отработанный активный ил приводит к загрязнению как поверхностных, так и подземных вод. Складирование активного ила на иловых площадках приводит к накоплению в почве солей тяжелых металлов, они, в свою очередь, загрязняют почвенный покров и, как следствие, оказывают негативное влияние на атмосферный воздух. Все это отрицательно сказывается на состоянии окружающей среды, здоровье человека и животных [3].

В настоящее время в зарубежной практике используется ряд методов утилизации и переработки осадков сточных вод. В частности, перспективным направлением является производство биогаза посредством анаэробного сбраживания. Для стимулирования переработки осадков сточных вод во многих странах Европы предоставляются налоговые льготы. Так, в Дании на этих условиях действует 18 биогазовых заводов [2].

В странах Азии также прослеживается популярность различных способов утилизации в зависимости от региона. Так, в Японии чаще всего ОСВ используют для получения биогаза, в стране более 15 % станций канализационной очистки снабжены резервуарами для сбраживания.

Практический интерес имеет другой пример использования осадков сточных вод в Японии. Так, в центре Сунамати осадки сточных вод трансформируются в топливо из биомассы, после чего оно транспортируется на электростанцию, где смешивается с углем. Полученная смесь сжигается в генераторной установке. Теплотворная способность твердого топлива, изготовленного из осадков сточных вод, сравнима с теплотворной способностью низкокачественного угля. Ежегодно на шламовом заводе перерабатывается до 99000 т обезвоженного осадка, в результате чего получается 8700 т твердого топлива.

В Южной Корее наиболее активно развивается направление использования осадков сточных вод в целях получения бионефти и биогаза. Для этих целей используют более 22 % осадков сточных вод. Порядка 16 % осадков сточных вод сжигается на специализированных заводах. Тем не менее до настоящего времени большая часть (около 37 %) осадков передается для хранения [2].

В КНР около 30 % осадков сточных вод используется в качестве удобрений, 26,7 % сжигается в специальных установках, остальное складировается в отвалы. В США около 55 % образующегося осадка вносят в почву для агротехнических целей и рекультивации земель, оставшиеся 45 % частично размещаются на полигонах твердых бытовых отходов и частично утилизируются на мусоросжигательных заводах или компостируются в специальных установках для получения грунтов.

В России в качестве удобрений из общего объема осадков сточных вод используется не более 5–7 %, большая часть складировается на иловых площадках и в шламонакопителях, где происходит их стабилизация в естественных климатических условиях.

Сжигание осадков сточных вод имеет высокую популярность, так как позволяет избежать отчуждения большого количества площадей для их размещения, а также уменьшить экологическую нагрузку на близлежащих территориях. Однако этот метод также отрицательно воздействует на окружающую среду, так как при сжигании происходит выделение в атмосферу продуктов горения, эмиссия загрязняющих веществ из осадков сточных вод в отходящие газы, а такие химические элементы, как ртуть, мышьяк и селен, могут проходить через систему очистки продуктов сгорания без задержки в достаточно большом количестве, что предполагает дополнительные затраты на доочистку продуктов горения. Образовавшиеся зольные остатки имеют более высокие концентрации некоторых веществ, определяемых в составе осадков сточных вод, например тяжелых металлов, что необходимо учитывать при их дальнейшем размещении или использовании. Помимо этого, требуется предварительная подготовка осадков перед процессом подачи на сжигание, которая определяется типом печи и применяемой технологией сжигания [2].

Кроме того, анаэробное сбраживание осадков сточных вод требует специального крупногабаритного оборудования и энергозатрат на поддержание рабочих характеристик процесса.

Особый интерес для многих стран Европы и Азии вызывает разработка технологий извлечения фосфора из золы осадков сточных вод из-за высокого спроса на него в сельскохозяйственном производстве. Страны ЕС практически полностью зависимы от импорта фосфорных удобрений (91 %). Однако извлечение фосфора из золы осадков сточных вод является дорогостоящим процессом.

В Республике Беларусь, на данный момент, основной способ обработки осадков сточных вод заключается в их обезвоживании и складировании обезвоженных осадков на иловых картах и в илонакопителях. Иловые площадки также имеют существенные недостатки:

- опасность попадания иловой воды, содержащей значительные концентрации загрязняющих веществ, в водонесные горизонты при использовании иловых площадок без искусственного асфальтобетонного основания;
- эмиссия газов, приводящих к распространению запахов на прилегающие территории [2].

Наиболее предпочтительной технологией утилизации осадка сточных вод как с точки зрения экономической эффективности, так и охраны окружающей среды является его переработка в гранулированные органоминеральные удобрения методом известкования. В Республике Беларусь при поддержке правительства РБ совместно с российскими партнерами ведется работа по внедрению указанной технологии на оборудовании, спроектированном и изготовленном с использованием производственных возможностей местной промышленности. Это позволит значительно снизить стоимость установки и в конечном счете решить триединую задачу в республиканском масштабе: утилизацию осадка сточных вод, отходов животноводства и птицеводства, насыщение обедненных почв органикой объемом не менее 10–15 млн. тонн в год и известкование кислых почв [5].

Исходя из вышесказанного, стоит отметить, что вопрос об утилизации осадков сточных вод стоит довольно остро, что обусловлено увеличением их объема в связи с ростом численности городского населения и увеличения количества сточных вод. Метод, предлагаемый нами, заключается в использовании осадков сточных вод в качестве органоминерального азотно-фосфорного удобрения для выращивания растений. Поскольку осадки сточных вод, в независимости от вида, оказывают существенное влияние на показатели потенциального плодородия почвы. Под влиянием осадков сточных вод заметно улучшаются пищевой режим почвы, особенно азотный и фосфорный, биологическая активность. Например, в Брестской области, на сельскохозяйственных угодьях вносится только 35 % от требуемой нормы фосфорных удобрений и 62 % – азотных. В то же время, доля почв с низким содержанием фосфора на пашне составляет 25,6 %, на лугах – 56,4 %. В связи с этим, использование осадков сточных вод в качестве органических удобрений является весьма актуальным [3].

Проблемой является экологически обоснованное использование осадков сточных вод в качестве удобрений. Согласно данным, опубликованным в литературных источниках для осадков сточных вод характерно высокое содержание ряда химических элементов, в том числе тяжелых металлов. Поэтому использование полученной растениеводческой продукции должно осуществляться с учетом факторов накопления загрязнителей в биомассе растений.

Согласно литературным данным, применение осадков сточных вод в качестве удобрений, способствовало повышению урожайности ивы, ячменя овса, озимой пшеницы. В кормах, полученных из растений, при выращивании которых в качестве органических удобрений использовались осадки сточных вод в низких дозах внесения накопление токсических элементов не превышало предельно допустимые уровни содержания их в продукции. Более того, древесные растения, к которым относится ранее упомянутая ива, образующие большую биомассу, способны к длительному произрастанию на загрязненных территориях. Многие из них хорошо приспосабливаются в широком интервале pH почвы, являются декоративными, быстрорастущими и успешно накапливающими поллютанты в тканях своих органах, не являясь при этом гипераккумуляторами. Так, по данным, измененные методами инженерии растения ивы (*Salix viminalis*), в перерасчете на 1 га за счет образования большой биомассы, способны накапливать в 6,2 раза выше Cd, чем гипераккумулятор (*Thlaspi caerulescens*) и в 5 раз больше, чем гипераккумулятор (*Alyssium murale*). Загрязненная биомасса древесных в дальнейшем подлежит сжиганию и захоронению, или использованию как вторичное сырье [4].

Таким образом, применение нетрадиционных видов органических удобрений при соблюдении экологически обоснованных доз внесения является эффективным приемом, позволяющим повысить урожайность кормовых культур и качество кормов, значительно сократить дефицит питательных веществ в земледелии [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Валиев В.С. Анализ мирового опыта утилизации осадка городских сточных вод / В.С. Валиев, Д.В. Иванов, Р.Р. Шагидуллин // Российский журнал прикладной экологии, Экологические биотехнологии. – 2020. – С.43–47.
2. Манжина С. А. Российские и зарубежные практики обращения с осадком сточных вод/ С. А. Манжина // Экология и водное хозяйство. – 2023. – Т. 5, № 1. С. 15–31.
3. Невзорова, А. Б. Влияние изменения климата на сферу обращения с активным илом сточных вод / А. Б. Невзорова. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2022. – 109 с.
4. Автухович Е.И. Повышение фитоэкстракции почвенного кадмия посредством применения ЭДТА/ Е.И. Автухович// Лесной вестник / Forestry bulletin, Экологические биотехнологии. – 2003. – С.134.
5. Проблема утилизации осадков сточных вод городской канализации: обзор методов и новые способы решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://watermagazine.ru/analitika/obzori/27886-problema-utilizatsii-osadkov-stochnykh-vod-gorodskoj-kanalizatsii-obzor-metodov-i-novye-sposoby-resheniya.html?ysclid=lt1pafi68839942124>. – Дата доступа: 24.02.2024.

АНАЛИЗ СИСТЕМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ANALYSIS OF WATER USE AND WASTE MANAGEMENT SYSTEMS IN THE DAIRY INDUSTRY

К. В. Боровец, Е. С. Лён
K. V. Borovets, E. S. Len

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
maskina02@inbox.ru, missiselenas25@yandex.by*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus*

Производство молочной продукции на предприятиях молочной промышленности оказывает воздействие на состояние окружающей среды, обусловленное следующими основными факторами: большие объёмы водопотребления и водоотведения, а также образование отходов производства. Проблема загрязнения водных объектов является одной из наиболее актуальных, так как вода является основой жизни всех форм жизни, используется практически предприятиями всех отраслях промышленности. По объемам водопотребления и концентрации загрязняющих веществ в сточных водах предприятия молочной отрасли пищевой промышленности занимают одно из первых мест. Образующиеся на предприятиях молочной отрасли сточные воды составляют 80–90 % от объемов потребляемой предприятиями воды.

The production of dairy products in the dairy industry has an impact on the environment due to the following main factors: large volumes of water consumption and sanitation, as well as the formation of industrial waste. The problem of pollution of water bodies is one of the most urgent, since water is the basis of life for all forms of life, and is used by enterprises in almost all industries. In terms of water consumption and concentration of pollutants in wastewater, enterprises of the dairy industry of the food industry occupy one of the first places. Wastewater generated at dairy enterprises accounts for 80–90 % of the volume of water consumed by enterprises.

Ключевые слова: молочная промышленность, водопотребление, сточные воды, водоотведение, отходы производства.

Keywords: dairy industry, water consumption, wastewater, wastewater disposal, industrial waste.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-118-121>

Молокоперерабатывающие предприятия, увеличивая перечень выпускаемой продукции, постоянно увеличивают производственные мощности за счет модернизации существующих производств, строительства новых технологических линий, а также увеличения объемов переработки сыровотки. Увеличение количества технологических процессов, оборудования, постоянная смена выпускаемой продукции зачастую затрудняет оптимизацию использования водных ресурсов на молочных предприятиях. Исходя из этого, одной из главных задач для предприятий молочной промышленности при постоянном наращивании объемов производства является снижение удельного водопотребления и водоотведения [1].

Водоснабжение предприятия «Минский молочный завод №1» осуществляется из артезианских скважин, расположенных на территории предприятия, и городского водопровода (УП «Минскводоканал»). Производство потребляет в год 1500 тыс. м³ питьевой воды. Водозаборные сооружения предприятия, предназначенные для добычи подземных вод представлены 3 скважинами, расположенными в бассейне р. Свислочь. Получено разрешение на специальное водопользование №07/00.0045 от 17 апреля 2019 г., действующее 10 лет до 25 апреля 2029 г.

Водопотребление предприятия складывается из производственных и хозяйственно-бытовых нужд.

Водопотребление на производственные нужды предприятия распределяется следующим образом:

- мойка технологического оборудования и тары, в том числе автомобильных и железнодорожных цистерн для перевозки молока.

- приготовление химических растворов,
- приготовление рассола в сыродельные ванны,
- система охлаждения вакуум-выпарных установок,
- выработка пара для котельной,
- нужды производственной лаборатории.

Вода используется на хозяйственно-бытовые нужды, такие как:

- питьевые нужды работников,
- прачечная,
- столовая,
- уборка производственных территорий,
- полив зеленых насаждений [2].

Хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды сбрасываются в городскую хозяйственно-фекальную канализацию (УП «Минскводоканал»). Объем сбрасываемых сточных вод составляет 1200 тыс. м³ в год.

Поверхностные сточные воды, образующиеся на территории предприятия, сбрасываются в сети городской дождевой канализации (ДЭКУП «Реавтодор Партизанского района г. Минска»). В процессе эксплуатации канализационных систем в них скапливается мусор, илистый налет, жировые отложения. Периодически проводится прочистка канализации организацией ЗАО «Доля».

Источником питьевого водоснабжения являются: система городского водопровода, объем потребления из него составляет 235,6 тыс. м³/год, а также 3 артезианские скважины завода, характеристика которых приведена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика артезианских скважин ОАО «Минский молочный завод №1»

Наименование	Глубина скважины, м	Диаметр скважины, мм	Удельный дебит, дм ³ /с	Производительность, м ³ /ч
Скважина №1 0074/2012	277	325	18	65
Скважина №2 0075/2012	75	325	19,4	70
Скважина №3 0076/2012	277	325	18	65

Скважина №1, паспортный номер №13866 «А» пробурена 1995 г.; скважина №2, паспортный номер №36439/83 пробурена 1983 г.; скважина №3, паспортный номер №54622/14 пробурена 2014 г. Учет водопотребления из артезианских скважин производится на каждом водозаборе. Показания приборов об объемах добычи воды в каждой скважине ежедневно фиксируются в журнале по форме ПОД-6 «Журнал учета водопотребления и водоотведения с применением средств измерений расхода (объема) вод». На титульном листе имеется отметка о водомерах, дате его поверки, фиксируется снятие и замена прибора учета. Водоподготовка для достижения необходимого качества воды по содержанию железа производится на станции обезжелезивания производительностью 100 м³/ч, входящей в систему водоснабжения предприятия.

Скважины оборудованы наземными павильонами, обозначенными бирками с указанием номера скважины, наименования буровой организации и года бурения скважины. На напорных водоводах имеется запорная арматура, приборы, предназначенные для измерения и учета объема воды, манометры. Обязательным элементом являются запирающие устройства, герметизация оголовков. В состав сооружений входят: насосная станция второго подъема со станцией обезжелезивания, резервуар чистой воды. Станция обезжелезивания оборудована двумя безнапорными фильтрами, компрессором. Метод очистки воды от избыточного содержания железа основан на фильтрации воды через слой загрузки. В процессе аэрации кислород воздуха окисляет двухвалентное железо в трехвалентное, при этом из воды удаляется углекислота, что ускоряет процесс окисления и последующий гидролиз с образованием хлопьев гидроксида железа (III), выпадающих в осадок. Функционирует УФ-обеззараживание. Промывные воды отводятся в коллектор хозфекальной канализации.

Водопотребление. Учет водопотребления из артезианских скважин производится на каждом водозаборе с помощью приборов учета. Помещения резервуаров для запасов воды должны быть изолированы, опломбированы и содержаться в чистоте.

Вода из артезианской скважины направляется в два резервуара объемом по 1000 м³. Оттуда насосными агрегатами подается на станцию водоподготовки.

Артезианские скважины и накопительные резервуары имеют зону санитарной охраны. Территория огорожена, ворота закрыты на замок. Данные о водопотреблении предприятием ОАО «Минский молочный завод №1» за 2017 – 2021 гг. приводятся в таблице 2.

Таблица 2

Водопотребление предприятия ОАО «Минский молочный завод №1» за период 2017 – 2021 гг.

Наименование показателя	Значение, тыс. м ³ /год				
	2017	2018	2019	2020	2021
Объем изъятый (добытой) и полученной воды, всего	1132	1273	1305	1362	1373
Из подземных вод	1096	1160	1190	1689	1105
Хозяйственно-бытовые нужды	23	27	27	28	29
Производственные нужды	1109	1246	1278	1334	1344

В 2021 г. объем добытой и полученной воды составил 1373 тыс. м³/год, из них на производственные нужды 1344 тыс. м³/год, что составляет 97,9 %, а на хозяйственно-бытовые нужды 29 тыс. м³/год – 2,1 % от общего объема изъятый и полученной воды. Объем изъятый и полученной воды в 2021 г. по сравнению с 2017 г. возрос на 21 %.

Водоотведение. Производственный аналитический контроль качества сточных вод, отводимых в сети коммунальной хозяйственной канализации, осуществляется производственной лабораторией предприятия. Качество сточных вод, отводимых в сети коммунальной канализации в контрольном колодце, контролируется с периодичностью 1 раз в месяц.

Анализ проб сточных вод проводится по следующим показателям: pH, ХПК, БПК₅, взвешенные вещества, сухой остаток, нефтепродукты, азот аммонийный, фосфат-ион, сульфат-ион, хлорид-ион, железо общее. Контролируется также качество сточных вод в контрольных колодцах на выходе из основных цехов с периодичностью отбора 3 раза в неделю по таким показателям как pH, ХПК, фосфат-ион, взвешенные вещества, сухой остаток, азот аммонийный. Динамика водоотведения предприятием ОАО «Минский молочный завод №1» за 2017 – 2021 гг. отражена в таблице 3.

Таблица 3

Водоотведение предприятия ОАО «Минский молочный завод №1» за период 2017 – 2021 гг.

Наименование показателя	Значение, тыс. м ³ /год				
	2017	2018	2019	2020	2021
Объем отведенных сточных вод, всего	1364	1092	1119	1184	1192
1. Хозяйственно-бытовые	33	26	27	28	29
2. Производственные	1322	1057	1083	1147	1154
3. Поверхностные	9	9	9	9	9

В 2021 г. объем отведенных сточных вод составил 1192 тыс. м³/год из них производственных 1154 тыс. м³/год, что составляет 96,8 %, хозяйственно-бытовых 29 тыс. м³/год – 2,4 % и поверхностных 9 тыс. м³/год – 0,8 % от общего объема отведенных сточных вод.

Растущие объемы производимой продукции сопровождаются образованием значительных объемов молочной сыворотки причем масса творога, сыра и казеина составляет 10 - 20 % от массы молока, а 80–90 % приходится на получаемую как побочный продукт молочную сыворотку. Проведенные исследования показали, что в составе сыворотки содержатся различные ценные вещества, что явилось основанием отнесения сыворотки не к отходу, а ко вторичному молочному сырью. Сыворотка содержит усиливающие иммунитет компоненты, такие как лактоферин, иммуноглобулин, полный спектр витаминов группы В, а также витамины С, А, Е, никотиновую кислоту, холин, биотин, макро-и микроэлементы Са, К, Р, Fe, Zn. Состав молочной сыворотки обусловлен видом основного продукта и технологией его получения. В молочной сыворотке содержатся незаменимые аминокислоты. Общее содержание свободных аминокислот в сыворотках, в мг/л: подсырной – 132,7, творожной – 450,0; в белках сыворотки: подсырной – 6490, творожной – 5590.

Молочная сыворотка, получаемая как побочный компонент при производстве кисломолочных продуктов, таких как сыры, творог, казеин, относится именно к вторичному молочному сырью из-за ценных компонентов в её составе [3]. В 2012 году пересмотрели отношение к молочной сыворотке и начали её использовать в производстве.

Первым молокоперерабатывающим предприятием, внедрившим в технологическом производстве процесс деминерализации всех видов сыворотки, был ОАО «Верхнедвинский маслосырзавод». В настоящее время предприятия ОАО «Пружанский молочный комбинат», ОАО «Бабушкина крынка», ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат», ОАО «Савушкин продукт», ОАО «Глубокский молочно-консервный комбинат», ОАО «Минский молочный завод №1» перешли полностью на безотходное производство в плане использования молочной сыворотки для производства продукции и исключения ее сброса в составе сточных вод. В настоящее время в Беларуси перерабатывается порядка 99 % молочной сыворотки.

На рисунке 1 приведены основные показатели качества сточных вод предприятий молочной промышленности в случае сброса сыворотки в составе сточных вод и при отсутствии сброса.

Приведенные на рисунке 1 данные показывают, что фактические концентрации при отсутствии сброса сыворотки значительно ниже значений допустимых концентраций, что отразилось на значениях концентраций ХПК, БПК₅, взвешенных веществ. Данные лабораторного контроля ОАО «Минский молочный завод №1» показывают, что при отсутствии сброса сыворотки в составе сточных вод показатели качества сточных вод улучшаются. Достигается снижение значения БПК₅ в среднем в 30 раз, снижение ХПК в среднем в 20 раз и более, снижение взвешенных веществ от 1,5 до 3 раз. Эти показатели ниже допустимых концентраций, установленных для данной отрасли [4-5].

Обращение с отходами производства. В процессе производственной деятельности на предприятии ОАО «Минский молочный завод №1» образуются отходы производства. По возможности дальнейшего использования отходы производства подразделяются на используемые и неиспользуемые.

К используемым отходам относятся отходы полиэтилена, отходы упаковочного картона, отработанные нефтепродукты, древесные отходы, отработанные шины, аккумуляторы, металлолом и др.

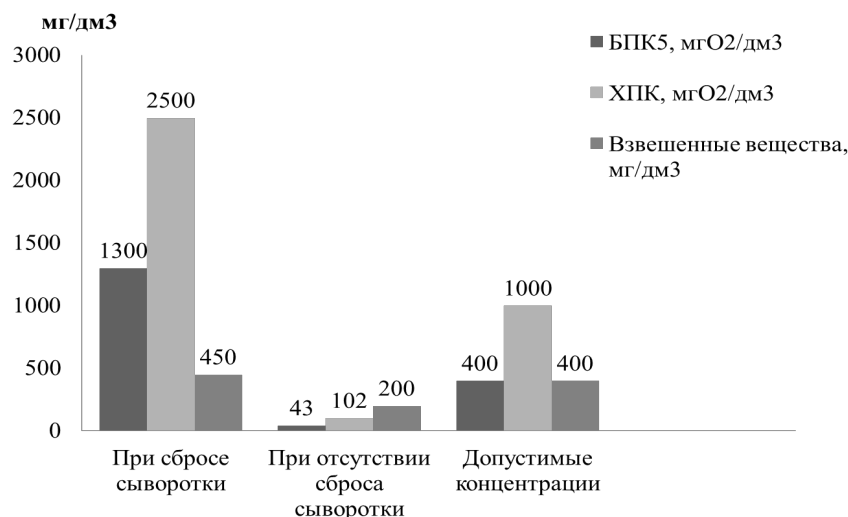


Рисунок 1 – Основные показатели качества сточных вод предприятий молочной промышленности

Используемые отходы сдаются на переработку (обезвреживание) сторонним организациям. Неиспользуемые отходы захораниваются на полигоне.

Источниками образования отходов производства является основное и вспомогательное производство, а также эксплуатация автотранспорта, деятельность медпункта, объектов общественного питания и торговли, ремонтные, строительные работы и прочие. В структуре образования отходов производства основным источником является осуществление основного вида деятельности – производство молочной продукции.

В результате различных видов деятельности ОАО «Минский молочный завод № 1» образуется 66 видов отходов производства, из них:

- 1 класса опасности – 8 видов (свинцовые аккумуляторы отработанные неповрежденные с электролитом, люминесцентные трубки отработанные, компактные люминесцентные лампы отработанные, ртутные лампы отработанные, ртутные термометры отработанные);
- 3 класса опасности – 27 видов (песок, загрязненный органическими веществами, ПЭТ-бутылки, поливинилхлорид, пластмассовая упаковка и др.);
- 4 класса опасности – 19 видов (изношенная спецодежда хлопчатобумажная и другая, отходы (смет) от уборки территорий промышленных предприятий и организаций и др.);
- неопасные – 11 видов (стеклобой ампульный загрязненный, отходы кухонь и предприятий общественного питания, отходы производства, подобные отходам жизнедеятельности населения),
- неопределенный класс – 1 вид (отходы электрического и электронного оборудования).

В общем перечне образующихся отходов производства преобладают отходы 3 класса опасности.

Сбор отходов осуществляется по месту их образования с соблюдением природоохранных, санитарных, противопожарных и иных требований законодательства. Хранение отходов производства на предприятии носит временный характер с целью накопления отходов для их передачи на использование, обезвреживание, захоронение специализированным предприятиям. В Беларуси зарегистрировано около 100 организаций, перерабатывающих отходы пластмасс. Захоронение отходов производства допускается только в санкционированных местах захоронения отходов производства, которые определяются в разрешениях на хранение и захоронение отходов производства. Отходы ОАО «Минский молочный завод №1» передаются по договору в собственность ООО «Спецпредприятие Датком» с целью дальнейшего захоронения на полигоне ТКО УП «Экорес».

ЛИТЕРАТУРА

1. П. Н. Захарко. Анализ водопользования на предприятиях молочной промышленности Республики Беларусь – Минск: ЦНИИКИВР, 2020 – 3 с.
2. ТКП 17.02–13/1–2015 «Правила расчета технологических нормативов. Часть 1. Основные положения. Правила расчета технологических нормативов водопотребления и водоотведения» - 42 с.
3. Г. Б. Пищиков, Е. А. Зенкова /Ценность молочной сыворотки и перспективы её использования – Екатеринбург, 2016 – 5с.
4. Г. И. Маслов Особенности системы водоотведения при переходе на полную переработку молочной сыворотки / Г. И. Маслов, Е. С. Лён Экологическая безопасность 1991 – 2021 : сборник материалов заочной научно-практической конференции, посвященной юбилейной дате образования РУП «Бел НИЦ «Экология» / РУП «Бел НИЦ «Экология»; [сост.: В. М. Конькова]. – Минск, РУП «Бел НИЦ «Экология», 2021. Минск, 2021 г. – С. 25 - 29.
5. Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод. ТКП 17.06–08-2012 (02120). – Введ.01.01.2013. – Минск : Минприроды, 2013. – 69 с.

ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ IN VITRO ЭКСПЛАНТОВ ДРЕВЕСНЫХ ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОКОПЕРЕНОСИМЫХ ВИРУСОВ КОСТОЧКОВЫХ КУЛЬТУР

INTRODUCTION OF EXPLANTS OF WOOD INDICATORS IN VITRO CULTURE FOR THE DIAGNOSIS OF SAP-BORNE VIRUSES OF STONE CROPS

Д. Д. Полейчук^{1,2}, Т. А. Красинская^{1,2,3}

D. D. Paleichuk^{1,2}, T. A. Krasinskaya^{1,2,3}

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ

²РУП «Институт плодоводства» НАН Беларуси

E-mail: darya_poleichuk@mail.ru

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

²RUE “Institute of Fruit Growing” of the National Academy of Sciences of Belarus

Для комплексной диагностики сокопереносимых вирусов в маточных растениях, кроме иммуноферментного и ПЦР анализов, используют древесные индикаторы. Для диагностики вирусов косточковых культур в качестве древесных индикаторов используют сорта *Prunus serrulata* «Shirofugen» и «Kwansan». В исследовании изучали следующие типы эксплантов: щитки, очищенные почки (почки, у которых сняты покровные чешуи), точки роста (экспланты размером 1 мм). Высокая регенерационная активность наблюдалась у эксплантов из точек роста: у сортов «Shirofugen» и «Kwansan» *Prunus serrulata* доля жизнеспособных и развитых эксплантов составила 88,9 %. К концу первого пассажа у сорта Kwansan жизнеспособных эксплантов не отмечалось. У сорта Shirofugen получено 25,0 % развитых и стерильных эксплантов из точки роста.

In addition to immunoenzymatic and PCR analyses, tree indicators are used for complex diagnostics of sap-tolerant viruses in nuclear stock plants. cv. ‘Shirofugen’ and ‘Kwansan’ (*Prunus serrulata*) are used as woody indicators for the diagnosis of stone fruit viruses. The following types of explants were examined in the study: shields, cleaned buds (buds from which the covering scales have been removed) and apex (1 mm explants). High regeneration activity was observed in explants from apex: in cv. ‘Shirofugen’ and ‘Kwansan’, the proportion of viable and developed explants was 88.9 %. By the end of the first passage, no viable explants were observed in cv. ‘Kwansan’. cv. Shirofugen had 25.0 % developed and sterile explants from the apex.

Ключевые слова: вирусы косточковых культур, древесные индикаторы, Shirofugen, Kwansan.

Keywords: stone culture viruses, wood indicators, Shirofugen, Kwansan.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-122-124>

Вирусные инфекции наносят огромный ущерб урожаю плодовых насаждений в современном садоводстве. Интенсивное развитие сельскохозяйственной отрасли, расширение международного обмена семенным и посадочным материалом способствуют распространению вирусов в новые регионы. Число известных вирусов при этом не перестаёт увеличиваться, а глобальное потепление расширяет ареалы насекомых-переносчиков вирусов и увеличивает их численность. Поэтому выявление вирусных заболеваний плодовых и ягодных культур, их оздоровление, размножение и создание сертифицированного посадочного материала является важной задачей не только современного плодоводства, но и защиты растений в целом. В сертифицированном посадочном материале косточковых культур должны отсутствовать следующие вирусы: вирус мозаики яблони (ArMV); вирус карликовости сливы (PDV); вирус некротической кольцевой пятнистости сливы (PNRSV); вирус хлоротической пятнистости листьев яблони (ACLSV); вирус кольцевой пятнистости малины (RpRSV); вирус Шарки сливы (PPV); вирус скручивания листьев черешни (CLRV). Метод иммуноферментного анализа был использован для дальнейшего выделения маточных растений, их включения в схему для получения оздоровленного посадочного материала. По данным исследователей, эти вирусы снижают продуктивность деревьев черешни на 29–48 %, сливы – на 58–99 %, вишни – на 50 % и более [1]. В результате фито мониторинга коллекционных насаждениях вишни и черешни были диагностированы вирусы ArMV, PDV, PNRSV, ACLSV. Наиболее распространенным сокопереносимым вирусом черешни являлся вирус PNRSV, доля зараженных растений варьировала от 25,0 % до 100,0 %. Вирус мозаики яблони (ArMV) диагностирован в следующих сортах черешни: Минчанка, Мария, Булат, Сильвия, Гастинец, Этика, Сюбаровская, Тютчевка.

Из протестированных 13 сортов вишни, в 6 из них (Ласуха, Гриот белорусский, Новодворская, Вянок, Конфитюр, Несвижская) был определен вирус карликовости сливы (PDV). Самым распространенным сокопереносимым вирусом в сортах вишни являлся вирус PNRSV, доля зараженных растений варьировала от 33,3 % до 60,0 %.

Для комплексной оценки фитосанитарного статуса растений необходим комплекс диагностических методов для их идентификации сокопереносимых патогенов. Кроме ИФА (иммуноферментный анализ) используют травянистые и древесные индикаторы, которые являются чувствительными к спектру вирусов [2]. Проверка на древесных индикаторах с помощью прививок позволяет обнаружить поражения всеми известными в настоящее время вирусами и даже фитоплазмами. При проникновении вирусной или фитоплазменной инфекции в растение индикатор сигнализирует об инвазии, даже если течение болезни проходит латентно [3]. Этот метод отличается высокой надежностью и высокой чувствительностью. В качестве древесных индикаторов применяют восприимчивые виды, сорта, специфично и стабильно реагирующие на инфекции и наиболее быстро проявляющие признаки заболевания.

Наиболее распространенными древесными индикаторами являются *Prunus serrulata* “Kwansan” и “Shirofugen”. С помощью древесного индикатора Kwansan можно определить такие вирусы как: зелёная кольцевая крапчатость вишни (CGRMV), карликовость декоративной черешни. Shirofugen обладает высокой чувствительностью ко многим вирусам, вызывающим пятнистости косточковых плодовых: некротическая кольцевая пятнистость сливы (PNRSV); хлоротическая кольцевая пятнистость (ACLSV).

Данные сорта тяжело размножаются традиционным методом, поэтому применение культуры *in vitro* актуально для получения большого количества растений *Prunus serrulata* “Kwansan” и “Shirofugen”. Используемые древесные индикаторы должны быть получены из культуры меристем *in vitro* или путём термотерапевтического оздоровления, по той причине, что есть возможность скрытых инфекций, которые могут влиять на интерпретацию результатов.

Однако, одним из сложных этапов клонального микроразмножения является этап введения в культуру *in vitro*, на котором получение высокого процента жизнеспособного и стерильного материала затрудняется многими факторами [4].

Цель работы – получить стерильные и жизнеспособные экспланты растений сортов “Kwansan” и “Shirofugen» в культуре *in vitro*, способных к активному геммогенезу на этапе микроразмножения.

Задача исследования:

- Оценить влияние стерилизующего агента 30 % перекиси водорода экспозицией 10 минут и модифицированной питательной среды Murashige-Skoog на получение стерильных жизнеспособных эксплантов сортов *Prunus serrulata*;

- Оценить регенерационную способность различных эксплантов в стерильных условиях;

- Оценить жизнеспособность растений-регенератов при их стабилизации в культуре *in vitro*.

Отбор черенков проводили с визуально здоровых растений, без симптомов вирусов, подлежащих контролю в соответствии с нормативными документами ЕРРО, в период ухода растений на покой (октябрь) [5]. В исследовании использовали следующие типы эксплантов: щитки, очищенные почки (почки, у которых сняты покровные чешуи), точки роста (экспланты размером 1 мм).

Среда для введения в культуру *in vitro*: питательная среда Murashige-Skoog (готовые макро- и микросоли, витамины производство Duchefa Biochemie), дополненную аскорбиновой кислотой 1 мг/л, 6-БА 1.0 мг/л, ИМК 0.2 мг/л, pH 5,74.

Длительность культивирования – 8 недель.

Стабилизация развитых эксплантов проводилась на модифицированной среде DKW, дополненной гибберелловой кислотой 0.20 мг/л, 6-БА 1.00 мг/л, ИМК 0.01 мг/л, нистатином (4 таблетки).

Условия культивирования – фотопериод 16/8 ч, температура 23–25 °C, освещение 3000–3500 лк (лампы OSRAM L36W/765 Cool Dailight).

Опыты проводили в 3-кратной повторности, по 8–14 растений в повторности.

Статистическую обработку проводили в программе Statistica 10.0. Двухфакторный анализ проводили с помощью ANOVA, для сравнения средних значений использовали критерий Дункана.

В результате исследования было выявлено, что при введении различных эксплантов сорта Kwansan 28,6 % очищенных почек и 8,3 % щитков были инфицированы (таблица 1). 84,0 % щитков, 57,1 % очищенных почек и 11,1 % точек роста не развились и не были пригодны для дальнейшего культивирования. Наиболее жизнеспособными эксплантами являлись точки роста, у которых 88,9 % эксплантов регенерировали в растения. Одним из негативных явлений при введении эксплантов в стерильные условия являлось выделение фенольных соединений, которые замедляли или останавливали регенерацию эксплантов: у 30,6 % щитков отмечалось выделение фенольных соединений.

У 16,7 % щитков, 30,0 % очищенных почек и 11,1 % точек роста сорта Shirofugen отмечалась инфекция. Достаточно высокий процент эксплантов не развивались: 66,6 % щитков, 70,0 % очищенных почек. Жизнеспособными и стерильными являлись только 88,9 % точек роста и 16,7 % щитков.

Наиболее активная регенерационная активность отмечалась у эксплантов из точек роста: у обоих изучаемых сортов доля жизнеспособных и развитых эксплантов составила 88,9 %.

Отмечено достоверное влияние генотипа на регенерационные способности эксплантов: в среднем по всем типам эксплантов у сорта Kwansan регенерировано 37,6 % эксплантов, у сорта Shirofugen – 35,1 %.

Таблица 1

Эффективность введения в культуру *in vitro* различных эксплантов сортов *Shirofugen* и *Kwansan*

Сорт (фактор А)	Тип экспланта (фактор В)	Доля инфицированных эксплантов, %	Доля не развитых эксплантов, %	Доля жизнеспособных эксплантов, %	Доля фенолов, %
		p<0,2	p<0,5	p<0,7	p<0,001
Shirofugen	щитки	16,7	66,6	16,7	0,0
	очищенные почки	30,0	70,0	0,0	0,0
	точки роста	11,1	0,0	88,9	0,0
Kwansan	щитки	8,3	84,0	0,0	30,6a
	очищенные почки	28,6	57,1	23,8	0,0
	точки роста	0,0	11,1	88,9	0,0
Влияние фактора А (Влияние генотипа)					
		p<0,7	p<0,05	p<0,05	p<0,001
Shirofugen		19,3	45,6b	35,1b	0,0b
Kwansan		12,3	50,8a	37,6a	10,2a
Влияние фактора В (Типы экспланта)					
		p<0,01	p<0,001	p<0,001	p<0,001
Щитки		12,5b	75,3a	8,3b	15,3a
Очищенные почки		29,3a	63,6a	11,9b	0,0b
Точки роста		5,6b	5,6b	88,9a	0,0b

Дальнейшее культивирование развитых эксплантов проводили на модифицированной среде DKW. У сорта Kwansan у 33,3 % эксплантов, развитых из точек роста, отмечалось проявление бактериальной инфекции у основания развитых эксплантов (таблица 2). 66,7 % эксплантов, развитых из почек и точек роста, остановились в развитии и некротизировались. В результате чего, к концу 1 пассажа жизнеспособных эксплантов сорта Kwansan не отмечалось.

У сорта Shirofugen высокая доля инфицированности эксплантов отмечалась у тех, которые развивались из щитков (66,7 %). Высокая доля неразвитых эксплантов (75,0 %), полученных из точек роста, снижала эффективность этапа стабилизации. Только 25,0 % эксплантов развитых из точки роста, продолжили рост и развитие.

Таблица 2

Результаты развития жизнеспособных эксплантов после первого пассажа (стабилизация эксплантов)

Сорт (фактор А)	Тип экспланта (фактор В)	Доля инфицированных эксплантов, %	Доля не развитых эксплантов, %	Доля жизнеспособных эксплантов, %
Shirofugen	щитки	66,7	33,3	0,0
	точки роста	0,0	75,0	25,0
Kwansan	очищенные почки	33,3	66,7	0,0
	точки роста	33,3	66,7	0,0
Влияние фактора А (Сорт)				
		p<0,06	p<0,06	
Shirofugen		33,3	37,5	12,5
Kwansan		16,7	66,7	0,0
Влияние фактора В (Тип экспланта)				
		p<0,2	p<0,8	
Щитки		66,7a	33,3b	0,0
Очищенные почки		33,3a	66,7a	0,0
Точки роста		16,7ab	70,8a	12,5

В результате работы было оценено влияние стерилизующего агента 30 % перекиси водорода экспозицией 10 минут и модифицированной питательной среды Murashige-Skoog на получение стерильных жизнеспособных эксплантов сортов *Prunus serrulata*. После введения в культуру *in vitro* различных эксплантов сорта Kwansan 28,6 % очищенных почек и 8,3 % щитков были инфицированы. Не развились и были непригодны для дальнейшего культивирования 84,0 % щитков, 57,1 % очищенных почек и 11,1 % точек роста. Такие экспланты, как точки роста в 88,9 % проявили жизнеспособность и стерильность. У сорта Shirofugen 16,7 % щитков, 30,0 % очищенных почек и 11,1 % точек роста имели грибную или бактериальную инфекцию. Высокая доля эксплантов не развивались: 66,6 % щитков, 70,0 % очищенных почек. 88,9 % точек роста и 16,7 % щитков данного сорта

были наиболее жизнеспособны и регенерировали в растения. После первого пассажа у сорта Kwansan 66,7 % эксплантов, развитых из почек и точек роста, остановились в развитии. Проявлялась скрытая бактериальная инфекция у 33,3 % точек роста и 33,3 % очищенных почек. У сорта Shirofugen 75,0 % точек роста и 33,3 % щитков не развились, что значительно снизило эффективность этапа стабилизации. Высокая доля инфицированности эксплантов отмечалась у 66,7 % щитков. В результате работы было получено 25,0 % эксплантов сорта Shirofugen развитых из точек роста, которые были стерильны и жизнеспособны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вердеревская, Т. Д. Вирусные и микоплазменные заболевания плодовых культур и винограда / Т. Д. Вердеревская, В. Г. Маринеску. – Кишинёв: Штиинца, 1985. – 311 с.
2. Дамстегт, В.Д. Prunus tomentosa как диагностический хозяин для выявления вируса оспы сливы и других вирусов Prunus / В.Д. Дамстегт // Болезни растений. –2002. – № 81. – С. 329–332.
3. Бунцевич, Л. Л. Диагностика вирусных и вирусоподобных болезней плодовых и ягодных культур в связи с особенностями патогенеза / Л. Л. Бунцевич, М. А. Костюк, Е. Н. Палецкая // Плодоводство и виноградарство. – 2012. –№ 13 (1). – С. 95–110.
4. Митрофанова, О.В. Диагностика вирусных болезней и биотехнологические приемы получения безвирусного посадочного материала косточковых плодовых культур / О.В. Митрофанова/М.: Издательство КГМУ. 2000. – 46 с.
5. EPPO Standards Good plant protection practice // Bulletin OEPP/EPPO. 2004. 33. P. 425–438.

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СЛАБОУАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE ENTERPRISE FOR THE PRODUCTION OF LOW-ALCOHOL BEVERAGES

Д. В. Морозенко¹, Е. Д. Ремез² В. М. Мисюченко¹

D. V. Morozenko¹, E. D. Remez², V. M. Misiuchenka¹

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, Минск, Республика Беларусь

²ОАО «Криница», Минск, Республика Беларусь

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
morozenkoviktor039@gmail.com

²OJSC «Krinitsa», Minsk, Republic of Belarus

Проанализирована деятельность предприятия по производству слабоалкогольных напитков Республики Беларусь в области охраны окружающей среды за период 2019–2022 год и проведена оценка экологических аспектов по их важности. На основании трех методик (Минприроды, БелГИСС, Лундского университета) были оценены экологические аспекты предприятия. Анализ значимости экологических аспектов по методикам показал, что наиболее важными аспектами являются выбросы азотной кислоты, выделение аммиака, риск загрязнения окружающей среды полихлорированными бифенилами. Наименее важными являются использование моющих и дезинфицирующих средств, выбросы твердых частиц, загрязнение почвы нефтепродуктами, выбросы выхлопных газов автотранспорта. Анализ применения методик показал, что наиболее подходящей для предприятий является методика оценки важности экологических аспектов Минприроды. Методика учитывает условия возникновения воздействий на окружающую среду, вид оказываемого воздействия, вероятность потери управления выявленным экологическим аспектом, масштаб воздействия экологического аспекта.

The activity of the enterprise for the production of low-alcohol beverages of the Republic of Belarus in the field of environmental protection for the period 2019–2022 was analyzed and an assessment of environmental aspects according to their importance was carried out. Based on three methods (Ministry of Natural Resources, BelGISS, Lund University), the environmental aspects of the enterprise were evaluated. An analysis of the importance of environmental aspects by methods showed that the most important aspects are nitric acid emissions, ammonia release, and the risk of environmental pollution with polychlorinated biphenyls. The least important are the use of detergents and disinfectants, particulate matter emissions, soil pollution with petroleum products, and vehicle exhaust emissions. The analysis of the application of the methods showed that the most suitable for enterprises is the methodology for assessing the importance of environmental aspects of the Ministry of Natural Resources. The

methodology takes into account the conditions of environmental impacts, the type of impact, the likelihood of loss of control of the identified environmental aspect, the scale of the impact of the environmental aspect.

Ключевые слова: технологический процесс, выбросы, газоочистные установки, отходы, экологические аспекты, методика, важность экологических аспектов.

Keywords: technological process, emissions, waste, wastewater, environmental aspects, methodology, importance of environmental aspects.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-125-128>

Для выявления экологических аспектов предприятия по производству слабоалкогольных напитков, был проведён анализ технологических процессов. На предприятии осуществляются выбросы веществ 2-го, 3-го и 4-го класса опасности. Основными источниками выделения наиболее опасных загрязняющих веществ 2 класса опасности (азот (IV) оксид, азотная кислота) в атмосферный воздух являются моечные машины; сварочный аппарат, а также газорезка. В 2022 году выбросы азота (IV) оксид составляли более 0,011 т/год, азотной кислоты более 0,028 т/год. Основными источниками выделения веществ 3 класса опасности (твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль), уксусная кислота) являются транспортёр ленточный, разгрузочная тележка, сепаратор, выдувные машины, моечное оборудование.

В 2022-м году выбросы твердых частиц составили 2,64 т/год, уксусной кислоты – 0,002 т/год. Вещества 4 класса опасности (аммиак, углерод оксид) образуются в результате работы компрессорных, выдувных машин и линии для фасовки в пакеты. В 2022-м году выбросы углерод оксида составляли 0,307 т/год, аммиака – 0,191 т/год. Согласно программе управления окружающей средой на 2023 г. было запланировано снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух путём очистки воздухопроводов и решеток систем вентиляции, замена фильтрующего материала (уголь, силикагель), а также обеспечение эксплуатации газоочистных установок в соответствии с требованиями нормативных документов посредством проверки эффективности газоочистного оборудования.

В результате производственной деятельности образуется порядка 80 видов отходов производства 1-4 класса опасности и неопасных. По возможности дальнейшего использования отходы подразделяются на используемые (вторичные материальные ресурсы: макулатура, плёнка полиэтиленовая, плёнка полипропиленовая, ПЭТ-бутылки, отработанные масла, изношенные шины, металлолом, стеклобой и другие) и неиспользуемые. Отходы, которые не подлежат использованию, вывозятся на полигон для дальнейшего захоронения. Из всего объёма образующихся отходов, наибольшие объёмы имеют:

- дробина солодовая (пивная) (неопасные);
- дрожжи пивные отработанные (неопасные);
- кизельгур (глина фильтрационная) (3-й класс опасности);
- отходы солода (ростки) (неопасные);
- отходы упаковочного картона незагрязненные (4-й класс опасности);
- смешанные отходы строительства (4-й класс опасности);
- картон фильтровальный отработанный (3-й класс опасности).

В 2022 г. было образовано 28718,67 т отходов, лидирующую позицию по образованию отходов также занимала дробина солодовая (пивная) (90 %), второе место занимали дрожжи пивные отработанные (4 %), далее следуют кизельгур (глина фильтрационная) (2 %) и отходы солода (ростки) (1 %), относящийся к неопасным отходам. Доля остальных отходов составляет менее 3 %.

Переданы (реализованы) организациям такие виды отходов, как:

- дробина солодовая (пивная);
- дрожжи пивные отработанные;
- отходы солода (ростки);
- отходы упаковочного картона незагрязненные;
- изделия из натуральной древесины, потерявшие свои потребительские свойства;
- смешанные отходы строительства;
- отходы зерновые с содержанием зерна до 2 %.

Переданные отходы в дальнейшем продаются для сельскохозяйственного использования (перерабатывается для компонентов корма для животных).

Захоронение отходов производства в 2022 г. составило – 596,15 т. В 2022 г. лидирующую позицию по захоронению отходов занимал кизельгур (глина фильтрационная) (87 %), второе место занимали отходы производства, подобные отходам жизнедеятельности населения (8 %), далее следует картон фильтровальный отработанный (4 %). Доля остальных отходов составляет менее 1 %. На предприятии проводятся мероприятия по снижению захоронения отходов, а также планируется переход на систему мембранной фильтрации пива (безкизельгуровой).

В соответствии с разрешением на специальное водопользование, хозяйственно-бытовая и производственная сточная вода направляются в систему городской канализации без очистки (за исключением станции нейтрализации промышленных стоков). Ливневые сточные воды сбрасываются в городские канализационные сети после очистных сооружений (станция очистки ливневых стоков).

Составлен список аспектов, который включает 10 аспектов по воздуху - выбросы азота (IV) оксида, выделение аммиака, фтористые газообразные соединения, азотная кислота, твердые частицы, железо и его соединения, уксусная кислота, ацетальдегид, выбросы выхлопных газов от автотранспорта, загрязнения воздушного бассейна парами ртути; 4 аспекта по воде - использование пара; риск разгерметизации трубопроводов (течи); риск прорыва трубопровода; сброс сточных вод в системы канализации; 12 аспектов по отходам - дробина солодовая (пивная), дрожжи пивные отработанные, кизельгур, изделия из натуральной древесины, потерявшие свои потребительские свойства, отходы солода, отходы упаковочного картона незагрязненные, смешанные отходы строительства, картон фильтровальный отработанный; риск загрязнения окружающей среды ПХБ (конденсаторы), образование отработанного масла, хранение растворителей и лакокрасочных материалов; 3 Аспекта относящихся к аварийным ситуациям - повышенный уровень шума, повышенный уровень температуры и влажности, риск возникновения взрыва.

После определения экологических аспектов была проведена оценка их важности с использованием методик оценки важности экологических аспектов [1]. Первая анализируемая методика - методика БелГИСС (Беларусь) учитывает категорию значимости каждого аспекта, масштаб воздействий и другие характеристики, но не учитывает вид оказываемого воздействия [2].

На основании анализа условия возникновения экологических аспектов и оценки экологических критериев определяем характер экологического воздействия (ХВ) путем их суммирования:

$$ХВ = УВ + М + П + СП,$$

где *ХВ* - характер воздействия экологических аспектов на окружающую среду, в баллах;

М - масштаб воздействия, в баллах;

П - продолжительность воздействия, в баллах;

С - серьезность последствий, в баллах.

$$ЗЭА = (ХВ \times ЗС) + ЗТ,$$

где *ЗЭА* - Значимость экологического аспекта;

ЗТ - Законодательные и другие требования;

ЗС - Интересы внутренних и внешних заинтересованных сторон.

Анализ значимости экологических аспектов по методике показал, что наиболее важными являются: кизельгур (34 балла), картон фильтровальный отработанный (30 баллов), выбросы азота (IV) оксид (32 балла), риск загрязнения окружающей среды ртутью (30 балла), выбросы гидроксида натрия (30 баллов), риск возникновения взрыва (30 баллов), риск засора канализации (36 балла), риск загрязнения окружающей среды ПХБ (34 балла), выбросы углерод оксида (30 баллов), риск загрязнения окружающей среды аммиаком (34 балла). Это связано с тем, что они имеют высокую степень опасности, региональный масштаб распространения и аномальные условия возникновения, продолжительное воздействие. Наименее важными получились следующие аспекты: Использование моющих и дезинфицирующих средств (18 баллов), выбросы твердых частиц (20 баллов), загрязнение почвы нефтепродуктами (19 баллов), выбросы выхлопных газов автотранспорта (20 баллов), хранение растворителей и лакокрасочных материалов (17 баллов), отходы солода (21 балл). Их низкая важность связана с малым масштабом воздействия (локальный), минимальным воздействием на окружающую среду и низким шансом возникновения. Важным экологическим аспектом считается величиной балла с 29 по 58, маловажным считается величиной балла с 23 по 28, неважным считается аспект с величиной балла с 14 по 22.

Следующая анализируемая методика - методика Минприроды Республики Беларусь, которая учитывает условия возникновения воздействий на окружающую среду, вид оказываемого воздействия, вероятность потери управления выявленным экологическим аспектом, масштаб воздействия экологического аспекта, но не учитывает интересы внутренних и внешних заинтересованных сторон [3]. Расчет проводится по формулам:

$$ХВ = М + П + С,$$

где *ХВ* - характер воздействия экологических аспектов на окружающую среду, в баллах;

М - масштаб воздействия, в баллах;

П - продолжительность воздействия, в баллах;

С - серьезность последствий, в баллах.

$$СВ = УВ + ВВ + ХВ,$$

где *СВ* - степень воздействия экологических аспектов на окружающую среду, в баллах;

УВ - условия возникновения воздействия экологических аспектов на окружающую среду, в баллах;

ВВ - вид оказываемого воздействия экологических аспектов на окружающую среду, в баллах.

Анализ значимости аспектов по рассматриваемой методике показал, что важными экологическими аспектами являются: кизельгур, картон фильтровальный отработанный, выбросы азота (IV) оксид (13 баллов), выбросы углерод оксида (13 баллов), выбросы гидроксида натрия (13 баллов), риск возникновения взрыва (13 баллов), риск засора канализации (15 баллов), риск загрязнения окружающей среды ПХБ (14 баллов), выбросы углерод оксида (13 баллов), риск загрязнения окружающей среды аммиаком (14 баллов). Это связано с тем, что они имеют высокую степень опасности, региональный масштаб распространения и аномальные условия возникновения. Наименее важными получились следующие аспекты: использование моющих и дезинфицирующих

средств (10 баллов), выбросы твердых частиц (11 баллов), загрязнение почвы нефтепродуктами (11 баллов), выбросы выхлопных газов автотранспорта (12 баллов), хранение растворителей и лакокрасочных материалов (11 баллов), отходы солода (10 баллов). Их низкая важность связана с малым масштабом воздействия (локальный), минимальным воздействием на окружающую среду и низким шансом возникновения. Экологические аспекты со значением степени воздействия от 13 баллов и более вносят в реестр важных экологических аспектов. Реестр важных экологических аспектов должен постоянно актуализироваться (не реже чем один раз в год) в целях выявления новых и пересмотра ранее выявленных экологических аспектов.

И последняя анализируемая методика - методика Лундского университета (Швеция) не учитывает условия возникновения экологического аспекта и вид оказываемого воздействия, но достаточно проста в применении и реализуется посредством одной формулы, что крайне удобно и понятно для персонала организации [4]. Расчет важности экологического аспекта (далее – ВЭА) производится по формуле:

$$\text{ВЭА} = 3 + (3\text{С} \times \text{М} \times \text{Вр} \times \text{О}),$$

где 3 - требования международных конвенций, законодательных и других требований в области охраны ОС;

3С - местные проблемы, требования внешних и внутренних заинтересованных сторон;

М - масштаб воздействия экологического аспекта на ОС;

Вр - продолжительность или вероятность воздействия экологического аспекта на ОС;

О – опасность или степень воздействия экологического аспекта на ОС.

Анализ значимости аспектов по методике Лундского университета показал, что наиболее важными экологическими аспектами являются: риск возникновения взрыва, риск засора канализации, выбросы гидроксида натрия, риск загрязнения окружающей среды ПХБ, выделение аммиака. Это связано с тем, что они имеют высокую степень опасности и региональный масштаб распространения. Использование моющих и дезинфицирующих средств (19 баллов), выбросы твердых частиц (20 баллов), загрязнение почвы нефтепродуктами (18 баллов), выбросы выхлопных газов автотранспорта (20 баллов), хранение растворителей и лакокрасочных материалов (18 баллов), отходы солода (19 баллов). Их низкая важность связана с малым масштабом воздействия (локальный), минимальным воздействием на окружающую среду и низким шансом возникновения. Важным экологическим аспектом считается величиной балла с 29 по 56, маловажным считается величиной балла с 21 по 28, неважным считается аспект с величиной балла меньше 21.

В соответствии с полученными результатами – по всем методикам важными аспектами являются: кизельгур, картон фильтровальный отработанный, выбросы азота (IV) оксид, выбросы углерод оксида, выбросы гидроксида натрия, риск возникновения взрыва, риск засора канализации, риск загрязнения окружающей среды ПХБ, возможность загрязнения воздуха парами ртути, риск загрязнения окружающей среды аммиаком. Такие аспекты как выбросы твердых частиц, отходы упаковочного картона незагрязненные оказались маловажными, а все остальные неважными по всем трем методикам.

Для снижения воздействия на окружающую среду предприятием внедряются природоохранные мероприятия:

- техническое обслуживание систем вентиляции и газоочистного оборудования (используют циклоны различных моделей, постоянный контроль работы компрессора;

- оборудование с полихлорированными бифенилами больше не используется, а его остатки отправили на уничтожение за границу;

- обеспечение раздельного сбора отходов по видам и классам опасности, закупка контейнеров и емкостей для сбора отходов производства.

Учитывая все аспекты предприятия методика оценки важности экологических аспектов Минприроды является наиболее подходящей для предприятия. Методика учитывает условия возникновения воздействий на окружающую среду (нормальные, переходной режим, экстремальные), вид оказываемого воздействия (прямое или косвенное воздействие), вероятность потери управления выявленным экологическим аспектом, масштаб воздействия экологического аспекта, но не учитывает интересы внутренних и внешних заинтересованных сторон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Выявление экологических аспектов ОАО «Минскпроектмебель» и определение их значимости [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://revolution.allbest.ru/ecology/00427069_1.html - Дата доступа 02.11.2023.

2. Бирюк, В.В. Методики идентификации экологических аспектов: учеб.-метод. пособие/ В.В. Бирюк – Минск «БелГИМ», 2015. – 11 с.

3. ТКП/РП «Охрана окружающей среды. Выявление экологических аспектов технологических процессов. Часть 1. «Общие положения».

4. Толстик, Л.И. Методики идентификации экологических аспектов: учеб.-метод. пособие/ Л.И. Толстик – Минск «БелГИМ», 2015. – 34 с.

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ОАО «МИНСКИЙ ТРАКТОРНЫЙ ЗАВОД»

ANALYSIS OF THE SYSTEM OF WATER CONSUMPTION AND WASTEWATER TREATMENT OF ELECTROPLATING PRODUCTION OF JSC “MINSK TRACTOR WORKS”

Ю. В. Котковец, Е. С. Лён

Y. V. Kotkovets, E. S. Len

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь*

yl.kot@mail.ru , missiselenas25@yandex.by

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Belarusian state University, ISEU BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Рассматривается система водопотребления предприятия ОАО «Минский тракторный завод». Проведенный анализ данных водопотребления предприятия показал, что наибольшее количество воды питьевого качества и воды из оборотных систем водоснабжения потребляется на производственное водоснабжение, а технической – на подпитку оборотной системы. Основными загрязняющими веществами в составе сточных вод предприятия являются тяжелые металлы: никель, цинк, хром, кадмий, медь, кобальт; нефтепродукты. С целью очистки сточных вод гальванического производства от загрязнения тяжелыми металлами функционируют очистные сооружения, где применяется метод очистки ферроферригидрозоле.

The article discusses the system of water consumption of the Minsk Tractor Works enterprise. The analysis of the company's water consumption data showed that the largest amount of drinking water and water from circulating water supply systems is consumed for industrial water supply, and technical water is used to feed the circulating system. The main pollutants in the company's wastewater are heavy metals: nickel, zinc, chromium, cadmium, copper, cobalt; Petroleum products. In order to purify electroplating wastewater from contamination with heavy metals, there are treatment facilities where the ferroferrihydrosol treatment method is used.

Ключевые слова: водопотребление, сточные воды, загрязняющие вещества, метод очистки ферроферригидрозоле.

Keywords: wastewater, water consumption, pollutants, ferroferrihydrosol purification method.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-129-132>

Водоснабжение ОАО «Минский тракторный завод» на хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные нужды осуществляется с помощью собственного водозабора и водопровода городской централизованной системы водоснабжения.

В настоящее время водозаборные сооружения представлены 12 артезианскими скважинами глубиной от 61 до 78 м, производительностью 4,4 – 36,0 м³/час, 2 скважины законсервированы. Артезианские скважины оборудованы водомерными устройствами. Оголовки артезианских скважин загерметизированы.

На хозяйственно-питьевые нужды, включающие: душевые нужды, нужды столовых, работу прачечной и медпунктов, противопожарные нужды, мойку полов, нужды арендаторов и субарендаторов расходуются вода хозяйственно-питьевого качества.

Источником производственного водоснабжения завода является Чижовское водохранилище на реке Свислочь (водозабор МТЭЦ-3), а также очищенная вода после очистных сооружений дождевых и условно-чистых стоков завода [1].

Обеспечение производственных нужд предприятия технической водой на территории МТЗ осуществляется из 5 самостоятельных оборотных систем водоснабжения, состоящих из основной (центральной) производственно-оборотной системы и четырех местных оборотных систем водоснабжения:

- оборотная система водоснабжения 20-я насосная;
- оборотная система водоснабжения цеха точного стального литья;
- оборотные системы водоснабжения газокompрессорной станции;
- оборотная система водоснабжения гидрошламоудаления.

Оборотные системы водоснабжения состоят из общезаводского напорного производственно-оборотного водопровода, самотечно-оборотного водопровода, производственно-дождевой канализации с очистными сооружениями и дренажной канализацией.

Все из перечисленных систем технического водоснабжения представляют собой самостоятельную сеть трубопроводов, насосных станций, резервуаров и других сооружений, предназначенных для подвода технической воды к потребителям, отведения воды после использования на производствах, очистки воды на очистных сооружениях и возвращение в оборотный цикл.

Объем водопотребления предприятия составляет 9582 м³/сутки, в том числе:

– на хозяйственно-питьевые нужды – 5013 м³/сутки;

– на производственные нужды:

а) вода питьевого качества – 3184 м³/сутки;

б) вода технического качества – 1385 м³/сутки.

Для охлаждения термического оборудования, охлаждения деталей, приготовления растворов, увлажнения формовочной смеси, увлажнения полов цехов, улавливания пыли в аспирационных установках, охлаждения вентиляторов, компрессоров, трансформаторов, гальванического производства, используется вода, прошедшая систему оборотного водоснабжения.

На предприятии ОАО «МТЗ» существует единая хозяйственно-фекальная производственная канализация. Хозяйственно-фекальные и производственные сточные воды от предприятия отводятся в городскую систему канализации по шести выпускам, три из которых оборудованы счетчиками учета воды.

Производственные сточные воды, образующиеся в гальванических, эмульсионных отделениях, на мойке и обезжиривании деталей, собираются и направляются на станцию нейтрализации.

Станция нейтрализации состоит из резервуара-усреднителя, нефтеловушки и двух вертикальных отстойников. Пройдя нейтрализацию и отстаивание, сточные воды сбрасываются в общезаводскую хозяйственно-фекальную канализацию. Хозяйственно-фекальные стоки от цехов, не требующие очистки, сбрасываются непосредственно в заводскую канализационную сеть с последующим направлением их на городские очистные сооружения.

Производственно-дождевая канализация охватывает всю территорию предприятия и служит для сбора дождевых, талых, дренажных и условно-чистых производственных стоков завода.

По двум самотечным коллекторам производственно-дождевые сточные воды с территории тракторного завода и моторного завода поступают в приемный резервуар объемом 400 м³. Очистка производственно-дождевых сточных вод производится на очистных сооружениях проектной производительностью 12500 м³/сутки.

Сточные воды подвергаются механической очистке от взвешенных частиц и нефтепродуктов, а далее физико-химической очистке с использованием коагулянта сернокислого железа и извести. Далее очищенная вода подается на охлаждение в градирню. После охлаждения в градирне вода поступает в резервуар чистой воды емкостью 2000 м³, из которого подается в систему общезаводского производственно-оборотного водопровода для пополнения недостающего объема воды.

Система гидрошламоудаления функционирует в сталелитейном цехе и литейном цехе № 1. Осветленная вода, пройдя через пылеуловители, очищается и уже в виде шламовых стоков поступает в накопитель шламовых стоков емкостью 10 м³ шламовой насосной станции. С помощью песковых насосов шламовые стоки подаются в три радиальных отстойника диаметром 16 м. После осаждения шлама вода поступает в приемник осветленных стоков емкостью 36 м³, из которого насосами подается в цеха. Сырой осадок шлама подается в три двухсекционных илоуплотнителя, после чего поступает на барабанные вакуум-фильтры, где обезживается [2].

Система шламовой насосной функционирует в литейном цехе № 2. Шламовые стоки цеха поступают в водобойный колодец, из которого самотеком сливаются в радиальные отстойники. Из отстойников стоки песковыми насосами подаются в илоуплотнитель объемом 50 м³, и далее вода поступает в колодец осветленной воды объемом 8 м³, из которого уже осветленная вода подается на нужды литейного цеха № 2.

С целью исключения загрязнения тяжелыми металлами сточных вод построены и функционируют очистные сооружения гальванических производств в цехе № 93, механическом цехе № 4, механосборочном цехе № 3.

Основными загрязняющими веществами в составе сточных вод предприятия являются нефтепродукты, тяжелые металлы, такие как никель, цинк, хром, кадмий, медь, кобальт, органические вещества. Применяемые на предприятии методы очистки сточных вод, а именно, механические, химические и физико-химические позволяют добиваться показателей сбрасываемых сточных вод, соответствующих допустимым концентрациям.

Для очистки сточных вод гальванических производств применен метод их обработки электрогенерированным коагулянтom – ферроферригидрозоле, получаемым из отходов стали путем электролиза.

Объем, количественный и качественный состав сточных вод гальванического производства зависит от применяемой схемы процесса и расхода воды на промывку, следовательно, рационализация водопотребления через выбор применяемого оборудования и схем промывки определяет объем, количественный и качественный состав промывных и сточных вод, а, соответственно, и состав очистного оборудования, эффективность его работы. Гальванические производства имеют два вида сточных вод: концентрированные отработанные растворы гальванических ванн и ванн химической обработки; промывные воды ванн горячей и холодной промывки. Разнообразный ассортимент применяемых гальванических покрытий обуславливает многообразие загрязняющих веществ, находящихся в сточных водах.

С целью исключения загрязнения тяжелыми металлами сточных вод гальванического производства в МЦ-4, МСЦ-3, Ц-93 функционируют очистные сооружения.

На сегодняшний день в мировой практике существуют следующие технологии очистки: ферроферритизация, электрокоагуляция, гальванокоагуляция, электролиз, реагентный метод, ионный и мембранный обмен, осмос. Однако все технологии, кроме ферроферритизации, не решают проблемы дальнейшего использования образующихся отходов. При выборе технологии очистки сточных вод гальванического производства основными критериями являлись высокая эффективность и законченный цикл процесса очистки.

Суть метода ферроферритизации состоит в обработке стоков электрогенерированным коагулянтом – ферроферригидрозоле (ФФГ), получаемым из отходов стали путем электролиза. Получение коагулянта из отходов стали также является преимуществом данного способа очистки сточных вод.

Технологический процесс очистки сточных вод подразделяется на несколько стадий:

- приготовление коагулянта ФФГ;
- приготовление рабочих растворов;
- усреднение стоков;
- обработка сточных вод в реакторе (восстановление шестивалентного хрома, образование гидроокисей двухвалентных металлов и их сорбирование, седиментация и флокуляция);
- слив очищенной воды и отделение осадка;
- обезвоживание осадка.

Композиция ФФГ является высокоэффективным сорбентом и коагулянтом, обладающий также свойствами восстановителя и химического реагента. ФФГ очищает воду, содержащую практически любой набор тяжелых металлов даже в присутствии сильных комплексообразователей. ФФГ сохраняет рабочие свойства в течение года и более, может применяться на стандартных реагентных станциях. Композиция прошла экспертизу в ряде стран Европы и находит все более широкое применение [3].

Таблица 1

Сравнение обезвреженных сточных вод традиционным реагентным методом и при помощи ФФГ

Основные критерии оценки технологии	Традиционный реагентный метод	Метод очистки ферроферригидрозоле
Достижение ПДК	Достижение мягких норм ПДК	Достижение ПДК в соответствии с требованиями ЕС
Возврат воды в производство	Не возвращается	Возвращается в техническую или оборотную системы
Количество очищенной воды	Дополнительное засоление. Тест с дафниями дает отрицательный результат	Нет дополнительного засоления. Тест с дафниями дает положительный результат
Депонирование металлов	На полигонах опасных отходов	На полигонах безопасных отходов
Утилизация осадка	Отсутствует	В керамику, пигмент, черепицу
Использование токсичных реагентов	Используются кислота, щёлочь, бисульфит и др.	Используется незначительное количество щёлочи для доведения pH
Необходимость раздельной обработки стоков	Отдельно обрабатываются кислотнo-щелочные и хромсодержащие стоки	Всё в одном потоке
Очистка в присутствии комплексообразователей	Металлы не осаждаются из комплексов до ПДК	Тяжёлые металлы осаждаются до ПДК
Спектр загрязнений	Узкий	Широкий: тяжёлые металлы очищаются в присутствии органических веществ, красителей, детергентов и пр.
Зависимость осаждения от степени кислотности раствора (pH)	Разные металлы осаждаются в разных интервалах pH	Все металлы - в одном диапазоне pH
Необходимость отстойников	Отстаивание в течение 4- 24 ч	Отстойники не требуются, что снижает объём строительно-монтажных работ и занимаемых площадей

Преимуществами ФФГ являются:

- ФФГ успешно решает проблему очистки воды;
- по глубине очистки воды ФФГ намного превосходит традиционные реагенты, в отличие от них при обезвреживании промышленных стоков не вызывает дополнительного засоления воды, что облегчает ее возврат в производство;
- обеспечивается совместное осаждение тяжелых металлов в одном диапазоне pH, что упрощает технологическую схему и управление процессом;
- ФФГ не является химически агрессивным веществом и не представляет опасности для обслуживающего персонала очистных сооружений.

Общий объем сточных вод составляет 7973 м³/сутки, в том числе:

- хозяйственно-бытовых – 5908 м³/сутки;
- производственных – 2065 м³/сутки.

Показатели качества сточных вод на сбросе в сети коммунальной хозяйственно-фекальной канализации ОАО «Минский тракторный завод» представлены в таблице [4].

Таблица 2

Показатели качества сточных вод на сбросе в сети коммунальной хозяйственно-фекальной канализации

Наименование показателя, мг/дм ³	Выпуск №1	Выпуск №2	Выпуск №3	Выпуск №4	Выпуск №5	Нормированное значение определяемого компонента
1	2	3	4	5	6	7
рН, ед.	8,09	7,76	8,63	7,85	7,86	6–9
Взвешенные вещества	138	171	214	94	59	300
Сухой остаток	490	537	692	561	366	1000
Азот аммонийный	3,81	3,66	2,38	1,61	1,83	10
Нефтепродукты	1,00	0,73	0,80	0,67	0,49	1,2
ХПК	192	167	150	119	92	400
ПАВ	0,72	0,22	0,85	0,17	0,39	4,0
Фосфаты	1,1	1,37	0,67	1,95	<0,100	5,0
Хром (VI)	0,07	<0,02	–	–	–	0,1
Хром общий	0,22	0,14	<0,100	<0,100	<0,100	0,5
Железо	1,41	1,69	1,88	1,12	0,91	2,0
Медь	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	1,0
Цинк	0,90	0,99	0,64	0,32	0,37	2,0
Никель	<0,100	0,52	<0,100	0,21	<0,100	1,0
Кадмий	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,5
Кобальт	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,1

Превышений допустимых концентраций указанных загрязняющих веществ на сбросе в сети коммунальной хозяйственно-фекальной канализации не выявлено [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Экологический паспорт предприятия ОАО «Минский тракторный завод». – Минск, 2019. – 65 с.
2. Требования к системам водоснабжения и водоотведения на предприятии ОАО «Минский тракторный завод»: СтП 228–2247-2015 – Общие положения. – Минск: Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2015. – 20 с.
3. Экологически безопасное гальваническое производство / С. С. Виноградов. – Москва. 2012. – 337 с.
4. Санитарные нормы и правила «Требования к системам водоотведения населенных пунктов» от 15.05.2012 № 48.
5. Герасимчук, И. И. Анализ систем водоснабжения и водоотведения на ОАО «Минский тракторный завод» / И. И. Герасимчук, Е. С. Лёв // Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века: материалы 19-й международной научной конференции, 23–24 мая 2019 г., г. Минск, Республика Беларусь: в 3 ч. / МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ; под ред. С. А. Маскевича, С. С. Позняка – Минск, 2019. – Ч.3. – С. 21–24.

АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА СРЕДНЕГОДОВОГО, МАКСИМАЛЬНОГО И МИНИМАЛЬНОГО СТОКА РЕКИ ПРИПЯТЬ ANALYSIS OF THE LONG-TERM HYDROLOGICAL REGIME OF THE AVERAGE ANNUAL, MAXIMUM AND MINIMUM FLOW OF THE PRIPYAT RIVER

К. М. Мукина, А. Е. Кленовская
K. M. Mukina, A. E. Klenovskaya

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
kem@iseu.by, klenovskaaanastasia8@gmail.com
International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus

В данной статье представлен анализ данных Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды по результатам наблюдений изменений гидрологического режима среднегодового, максимального и минимальных стоков реки Припять в створах г. Мозырь за период 1963–2021 годы и г. Пинск за период 1979–2021 годы. В ходе работы были выявлены изменения гидрологического режима среднегодового, максимального и минимального стока. Построены кривые обеспеченности по фактическим данным наблюдений, а также теоретические кривые обеспеченности по методу моментов и методу Алексеева.

This article presents an analysis of the data from the Republican Center for Hydrometeorology, Radioactive Pollution Control and Environmental Monitoring based on the results of observations of changes in the hydrological regime of the average annual, maximum and minimum flows of the Pripjat River in Mozyr for the period 1963–2021 and Pinsk for the period 1979–2021. During the work changes in the hydrological regime of the average annual, maximum and minimum runoff were revealed. The security curves based on actual observational data, as well as theoretical security curves using the method of moments and the Alekseev method are drawn .

Ключевые слова: бассейн реки Припять, мониторинг поверхностных вод, среднегодовой сток, физико-географическая характеристика.

Keywords: Pripyat river basin, surface water monitoring, average annual runoff, physical and geographical characteristics.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-132-137>

Гидрологические исследования имеют важное значение для народного хозяйства Беларуси. Они позволяют обеспечивать различных водопотребителей во всех отраслях экономики необходимыми данными по водным ресурсам, водообеспеченностью и загрязнением водных объектов.

В последнее время все больший интерес вызывает изучение гидрологического режим водных объектов в связи с увеличением использования водных ресурсов в народном хозяйстве (на хозяйственные, сельскохозяйственные, производственные нужды, в целях рекреации и др.) и изменением климата.

Припять –одна из крупнейших рек Беларуси, ее бассейн занимает почти 1/3 страны. Значительный экономический потенциал несут водные, транспортные, биологические и рекреационные ресурсы реки.

Во второй половине XX века в бассейне Припяти активно поводилась мелиорация, в ходе которой осушено до половины всех болотных массивов, что повлияло на гидрологический режим в бассейне.

Все это обуславливает важность изучения гидрологического режима реки Припять в целом, антропогенного и природного воздействия на речной сток.

Вода бассейна реки Припять используются многочисленными и разнообразными потребителями (табл. 1). Это промышленность, коммунально-бытовое и сельское хозяйство, рыбозаводство, судоходства, лесосплав, рекреация.

В результате анализа использования воды в бассейне реки Припять по видам деятельности выявило использование на хозяйственно-питьевые нужды 466 млн. м³, производственное водоснабжение 281, рыбное прудовое хозяйство 217, сельскохозяйственное водоснабжение 77 и орошение 4,1 млн. м³.

Анализ физико-географических условий бассейна реки Припять показал, что на территории бассейне преобладает умеренно- континентальный климат, плоский равнинный рельеф увеличивает продолжительность половодья и площадь затопляемых земель, Бассейн р. Припять характеризуется высокой (более 30 %) заболоченностью, которая уменьшает амплитуду колебаний уровня. Проведен анализ температуры воздуха и количество осадков как значимых факторов влияющих на формирование стока рек.

Таблица 1

Использование воды в бассейне реки Припять по видам деятельности

Вид хозяйственной деятельности	Использование воды
	%
Хозяйственно-питьевое	42,3
Производственное водоснабжение	25,5
Рыбное прудовое хозяйство	19,7
Сельскохозяйственное водоснабжение	7,0
Орошение	0,37
Итого	94,87

В среднем за последнее двадцать шесть лет в теплое время недобор осадков отмечен в апреле, июне, и особенно в августе – в республике их выпало соответственно 91 %, 98 % и 90 % от нормы, а также в сентябре, ноябре и декабре (97 %, 94 %, 98 % от нормы соответственно). Число дней с осадками на территории Беларуси за период потепления уменьшилось с 175 до 167 дней. Уменьшение общего числа дней с осадками произошло в основном из-за уменьшения числа дней с осадками от 0,1 до 0,4 мм. Общие закономерности климата нарушаются

аномальным метеорологическими явлениями, которые часто имеют негативные последствия и приводят к стихийным бедствиям. Прежде всего это засухи, ливни, необычные холода, ураганы и т.д. В засушливые годы снижается водность рек, при обильных осадках бывают наводнения. Начавшееся потепление наблюдается последние 30 лет и наметилась тенденция увеличения продолжительности безморозкового периода.

Среднегодовой сток реки Припять является одним из ключевых показателей, характеризующих ее водный режим. Он представляет собой среднее количество воды, которое протекает через реку за год. Анализ среднегодового стока реки Припять важен для понимания ее гидрологических особенностей и для принятия решений в области водопользования.

Анализ среднегодового, максимального и минимального стока реки Припять позволяет оценить ее водный ресурс, способность обеспечивать водой население и отрасли экономики и возможность стихийных бедствий (Рис. 1,2).

Таким образом, анализ среднегодового стока реки Припять является важным инструментом для понимания ее гидрологических характеристик и принятия обоснованных решений в области водопользования.

Промышленные предприятия и население выпускают сточные воды в реку Припять. Эти стоки могут содержать загрязняющие вещества, такие как тяжелые металлы, нефтепродукты, химические вещества и другие отходы. Это загрязнение может иметь серьезные последствия для водной экосистемы и здоровья людей, использующих воду из реки.

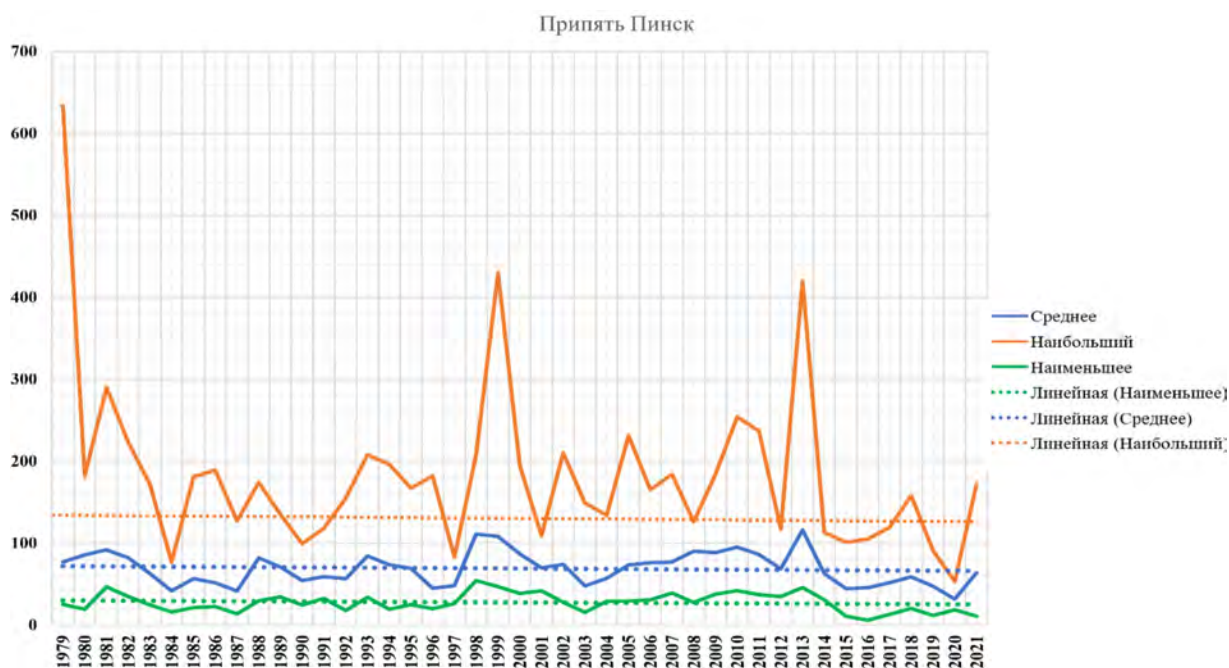


Рисунок 1 – Гидрограф среднегодового, максимального и минимального стока реки Припять – г. Пинск за период 1979–2021 гг.

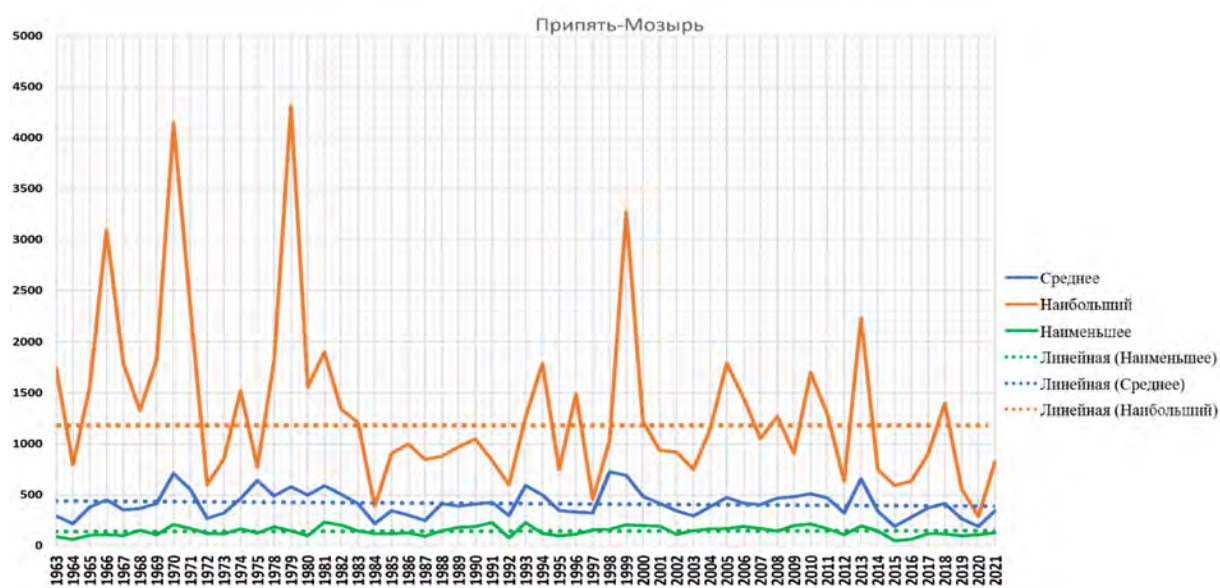


Рисунок 2 – Гидрограф среднегодового, максимального и минимального стока реки Припять – г. Мозырь за период 1979–2021 гг.

Проведен анализ изменений речного стока Припяти в створах г. Пинск и г. Мозырь за многолетний период наблюдений с 1963 по 2021 гг., который показал наличие постоянных колебаний характерных расходов воды по годам. Эти колебания проявляются в форме последовательных изменений многолетних и маловодных групп годовых отрезков. Указанные группы создают циклы различной продолжительности и размаха колебаний водности.

На основе анализа в створах г. Пинск и г. Мозырь можно сделать вывод, что колебания среднегодовых расходов воды за период наблюдений ниже среднемноголетнего значения оказались 15 лет в створе г. Пинска и 12 лет в створе г. Мозырь.

Учитывая, что максимальные расходы характеризуют сток (в основном) весеннего половодья, можно заключить, что на протяжении последних 32 лет доля весеннего стока во внутригодовом распределении неуклонно снижается. Расходы воды в г. Пинск за 19 лет из 32 лет оказался ниже среднемноголетнего значения, а в г. Мозырь 26 лет.

На минимальных значениях снижение расходов воды отразилось в меньшей степени и минимальным сток колеблется на уровне средних значений. Причиной влияния на незначительные изменения минимального стока является высокая заболоченность, которая уменьшает амплитуда колебания уровня воды в реке и ее минимальные расходы.

Построенные кривые обеспеченности по фактическим данным наблюдений в двух створах г. Пинск и г. Мозырь, а также рассчитанные теоретические кривые обеспеченности по методу моментов и методу Алексева позволяют определить значения расхода воды любой обеспеченности в том числе средних (50 %), максимальных (1-5 %) и минимальных (95-99 %). Кривые вероятности построенные за весь период фактических наблюдений отражают изменения стока маловодного периода за последние 30 лет. На рисунке 3,4 показан среднегодовой расход воды по фактическим и теоретическим кривым обеспеченности в двух створах г. Пинск и г. Мозырь

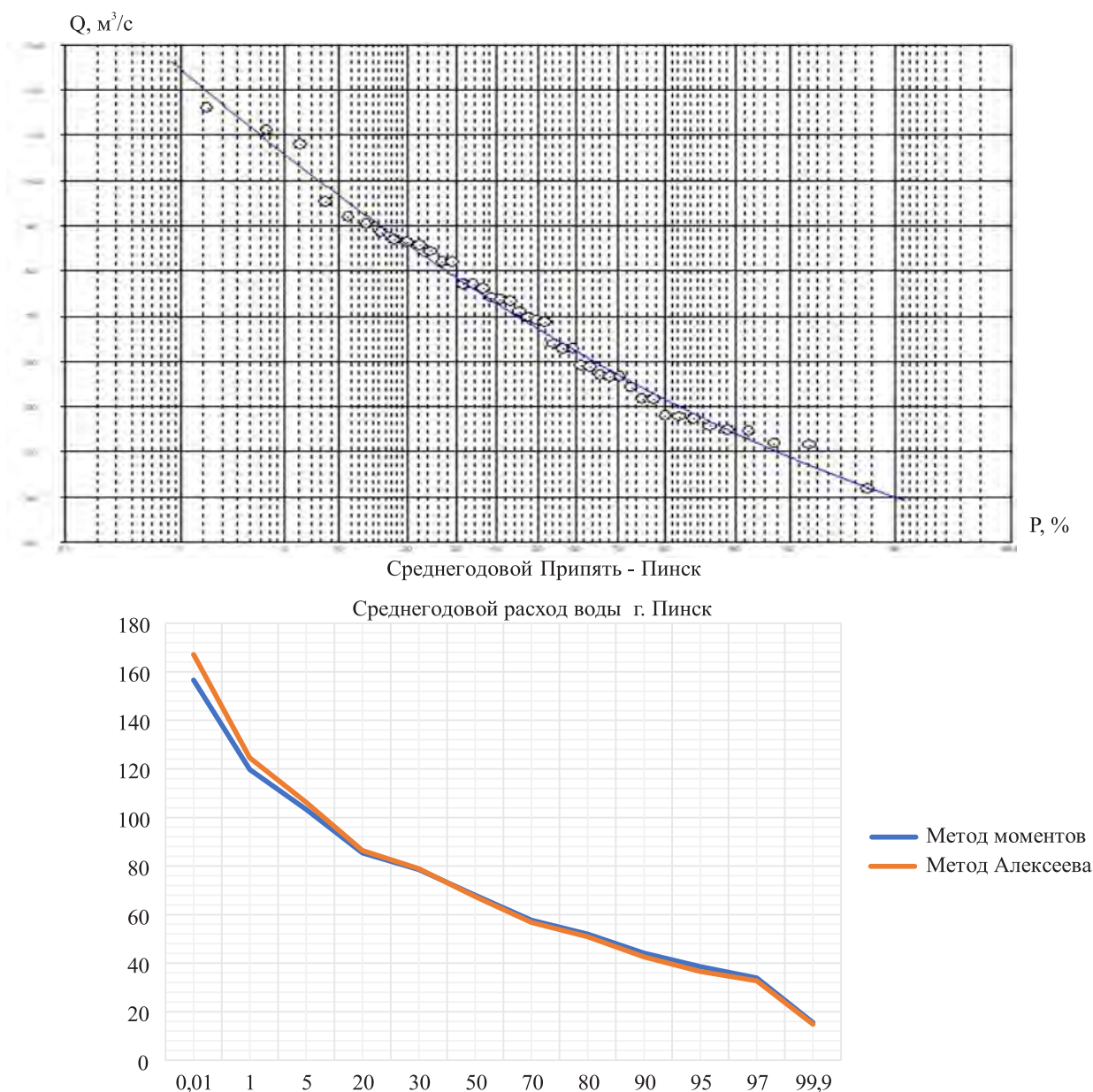


Рисунок 3 – Фактическая и теоретическая кривая обеспеченности среднегодового расхода воды в створе Припять – г. Пинск за период 1979–2021 гг.

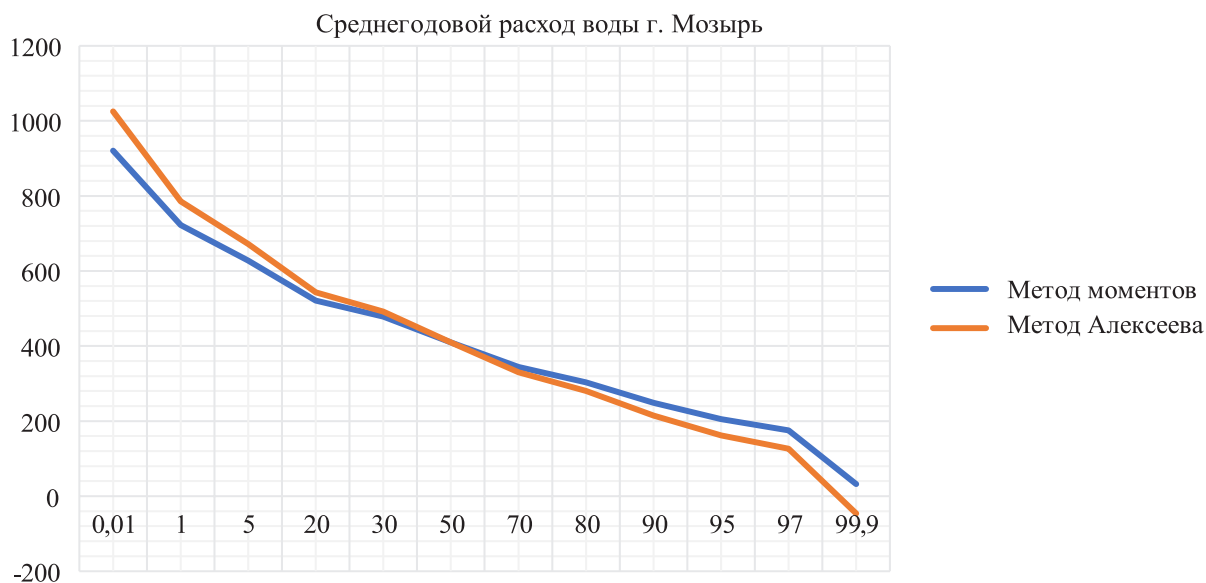
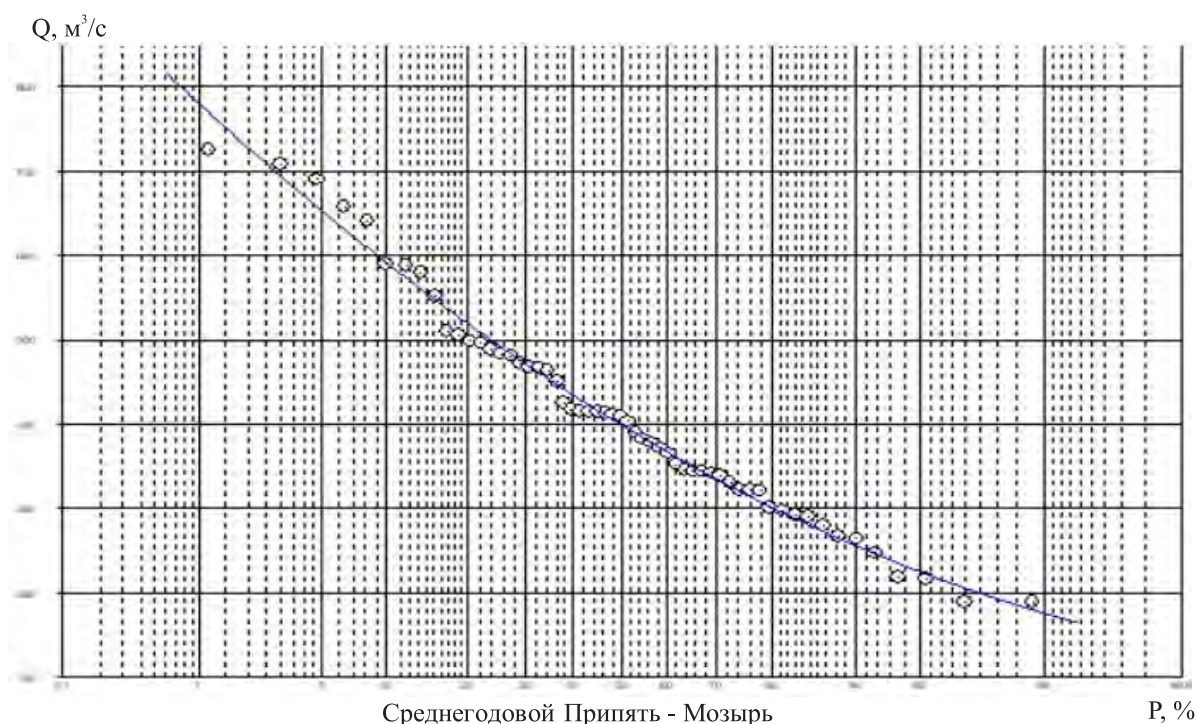


Рисунок 4 – Фактическая и теоретическая кривая обеспеченности среднегодового расхода воды в створе Припять – г. Мозырь за период 1979–2021 гг.

Современный уровень гидрологических исследований не позволяет однозначно говорить о степени и направлении антропогенного воздействия на сток реки Припять. Эта проблема продолжает быть актуальной и изучение гидрологического режима рек необходимо продолжить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс]: 30 апреля 2014 г., N 149-З: принят Палатой представителей 2 апреля 2014 г.; одобрен Советом Республики 11 апреля 2014 г.; в ред. Закона Республики Беларусь от 24 окт. 2016 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. Центр правовой информ. Республики Беларусь. – Минск 2022. Источник: <https://pravo.by> – Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. - Дата доступа: 15.09.2023
2. Исследование, расчёты и прогнозы речного стока / Под ред. А. В. Щербакова, В. Ф. Грищенко. – М.: Гидрометеиздат, 1990
3. Национальная система мониторинга окружающей среды [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.nsmos.by/content/175.html>
4. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 11.01.2017 г. № 5 «Об определении количества и местонахождения пунктов наблюдений локального мониторинга

окружающей среды, перечня параметров, периодичности наблюдений и перечня юридических лиц, осуществляющих хозяйственную и иную деятельность, которая оказывает вредное воздействие на окружающую среду, в том числе экологически опасную деятельность, осуществляющих проведение локального мониторинга окружающей среды» (в редакции Постановления Минприроды от 10.07.2018 г. № 18)

5. ТКП 17.10–08/1-2008 (02120) Правила проведения Гидрологических наблюдений и работ

6. ТКП 45-3.04–168-2009 Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь: Минск 2010

МОНИТОРИНГ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИИ *OXYTROPIS INCLUDENS* BASIL. В ЗАПОВЕДНИКЕ «ХАКАССКИЙ» MONITORING OF THE ONTOGENETIC STRUCTURE OF THE *OXYTROPIS* *INCLUDES* BASIL POPULATION. IN THE KHAKASSKY NATURE RESERVE

Т. В. Леонова, Е. С. Малкова

T. V. Leonova, E. S. Malkova

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования»
Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова»

г. Абакан, Россия

geoides76@mail.ru

lenamalkovva@mail.ru

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

“N.F. Katanov Khakass State University”

Abakan, Russia

Представлены результаты исследования онтогенетической структуры популяции малоизученного редкого *Oxytropis includens*, включённого в Красную книгу России. Выявлены динамические процессы в пространственной организации растительного сообщества. Описана многолетняя динамика структуры популяции вида в связи с климатическими показателями. Показано, что темпы развития особей, несбалансированный оборот поколений, ускоренный процесс партикуляции, обусловленные температурой и осадками конкретного года, изменяют онтогенетическую структуру популяции.

The results of the study of the ontogenetic structure of the population of the little-studied rare *Oxytropis includens*, included in the Red Book of Russia, are presented. Dynamic processes in the spatial organization of the plant community are revealed. The long-term dynamics of the population structure of the species in connection with climatic indicators is described. It is shown that the rate of development of individuals, the unbalanced turnover of generations, the accelerated process of articulation, due to the temperature and precipitation of a particular year, change the ontogenetic structure of the population.

Ключевые слова: *Oxytropis includens*, реликт, растительное сообщество, популяция, онтогенетическая структура, мониторинг, заповедник.

Keywords: *Oxytropis includens*, relict, plant community, population, ontogenetic structure, monitoring, nature reserve.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-137-139>

Введение. В современном мире существует проблема сохранения видового разнообразия. При этом особого внимания заслуживают виды, которые имеют статус редких и исчезающих, зачастую эти виды менее устойчивы к изменениям окружающей среды. Мониторинг особей и популяций позволяет осуществлять прогноз их развития и реакции на неблагоприятные воздействия.

Семейство *Fabaceae* Lindl. – одно из крупнейших семейств двудольных растений. Род *Oxytropis* DC. сформировался на границе миоцена и плиоцена. Предковым типом рода *Oxytropis* был многолетний мезофит с многолисточковыми листьями, опушением из простых белых волосков, светлыми цветками, собранными в рыхлые кисти, и одногнездными, многосемянными, вверх торчащими бобами. Род *Oxytropis* – один из наиболее полиморфных родов семейства *Fabaceae* [4]. Виды рода *Oxytropis* произрастают в умеренной и арктической зонах северного полушария и насчитывают примерно 378 видов и подвидов. Для Сибири указано 119 видов [5].

Объектом научного исследования являются особи и популяция реликта *Oxytropis includens* Basil. (остролодочник заключающий), который занесён в Красную книгу Российской Федерации (2008) со статусом 3 - редкий вид.

Цель исследования – изучение онтогенетической структуры *O. includens*, анализ динамики популяции.

Вид встречается только в России. Основной ареал его находится в Республике Хакасии, где в степях известно более 40 местонахождений [2]. В Республике Тыва вид встречается только в Центрально-Тувинской котловине в бассейне реки Сенек. Популяция характеризуется малой численностью особей [5].

Популяция *O. includens* исследована на участке «Отлахты» Государственного природного биосферного заповедника «Хакасский», на южном склоне холма вблизи Красноярского водохранилища. Характеристика популяций редких видов наиболее эффективна на особо охраняемых природных территориях, так как в ненарушенных растительных сообществах возможен многолетний мониторинг, а результаты исследований являются наиболее достоверными.

Динамические процессы в популяции изучались на протяжении шести лет (2018 – 2023 гг.). Структуру популяции описывали в 2018, 2022, 2023 гг., в июне, во время цветения *O. includens*. Онтогенетические состояния выделены согласно онтогенезу, описанному Е.А. Лебедевым [3] на примере *O. bracteates*. Описывая онтогенез этого вида, автор указал на его сходство с индивидуальным развитием *O. includens*. Характеристика онтогенетической структуры популяции осуществлялась по Л.Б. Заугольной [1] на стационарной площади в 16 м². Данные по температуре и количеству осадков для ближайшей метеостанции получены из общедоступных источников.

Результаты исследования. *O. includens* – многолетний розеточный короткостержнекорневой поликарпик с ассимилирующими побегами несуккулентного типа, с моноцентрическим типом биоморфы. Размножается только семенами.

Популяция вида описана в копеечниково-разнотравно-злаковой петрофитной степи, видовой состав которой не претерпевал изменений за годы исследования. Доминантные и сопутствующие виды: *Caragana pygmaea* (L.) DC., *Stipa capillata* L., *Festuca valesiaca* Gaudin, *Agropyron pectinatum* (M.Bieb) P. Beauv., *Carex duriuscula* C.A. Mey., *Carex pediformis* C.A. Mey., *Hedysarum minussinense* B. Fedtsch., *Artemisia frigida* Willd., *Thymus petraeus* Serg. Проективное покрытие *O. includens* в растительном сообществе составляет менее 1 %.

Изменения пространственной структуры растительного сообщества проявляются, в основном, в общем проективном покрытии (ОПП) травяного яруса и ветоши. В 2018 г. на ОПП травяного яруса приходится 20–25 %, выходы материнской породы составляют 7–10 %, щебень – 20–30 %, почва – 10–15 %, ветошь – 15–20 %. К 2022 г. ОПП травяного яруса увеличивается на 5–10 % (достигая 25–30 %). Проективное покрытие травяного яруса увеличивается за счёт разрастания дерновин злаков, осок и разнотравья (преимущественно *Hedysarum minussinense*). К концу вегетативного сезона побеги *H. minussinense* разрастаются, особи вида образуют куртины диаметром от 20 до 30 см. К весне следующего года сухие побеги этого вида составляют 15–20 % от всей ветоши. Увеличение проективного покрытия травяного яруса приводит к уменьшению ОПП щебня на 13–20 % (7–9 %), почвы на 3–8 % (5–7 %), выходов материнской породы на 1–2 % (7–9 %) и, наоборот, к значительному увеличению, на 25–27 %, ветоши (40–47 %).

Динамические процессы в пространственной организации растительного сообщества с участием *O. includens* напрямую согласуются с показателями температуры и осадков за исследуемый период. Анализ температуры и количества осадков в период 2018–2023 гг. показал, что наиболее влажным является 2020 г. (рис.1). Именно в этот год в петрофитной степи наблюдался интенсивный рост растений, образующих травяной ярус, что привело к увеличению ОПП яруса и последующему накоплению ветоши.

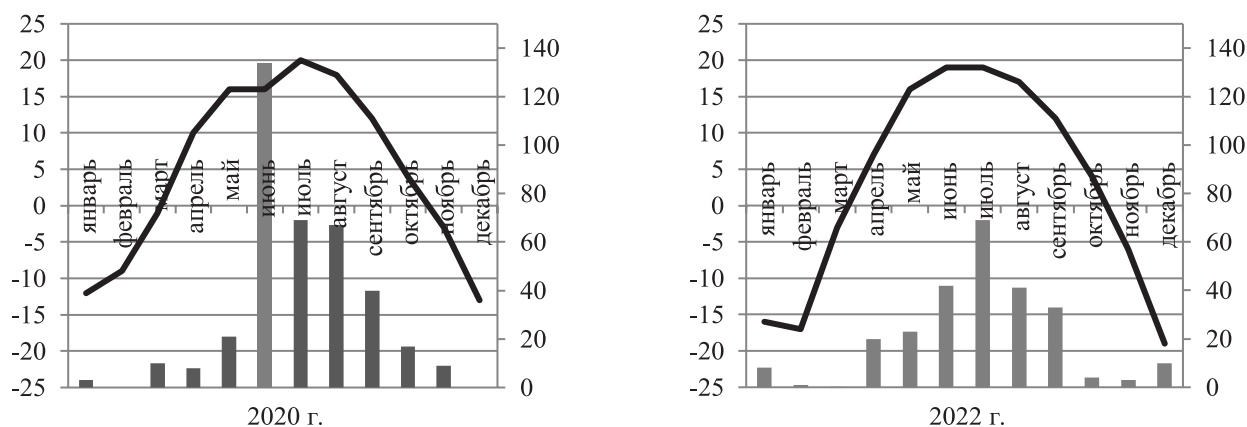


Рисунок 1 – Среднемесячные температуры и количество осадков по данным метеостанции Хакасская (https://world-weather.ru/pogoda/russia/ust_abakan/july-2023/).

Примечание. Гистограмма – осадки, мм; график – температура; по оси ОХ – месяц; по основной оси ОУ (а) – температура, в °С; по вспомогательной оси ОУ (б) – количество осадков, в мм.

Самым засушливым был 2022 г. (рис. 1). В этот год в один из самых жарких месяцев, в июне, осадков выпало в 3,2 раза меньше (42 мм), чем в 2020 г. (134 мм). Засушливые условия 2022 г. приводят в 2023 г. к уменьшению ОПП травяного яруса на 5–10 % (составляя 20–25 %). ОПП ветоши увеличивается ещё на 12–15 %, достигая максимальной величины – 55–59 %.

Влажные условия 2020 г. изменили онтогенетическую структуру популяции *O. includens*. В 2018 г. в исследуемой популяции *O. includens* у особей выделены лишь: виргинильное онтогенетическое состояние, молодое, зрелое и старое генеративные онтогенетические состояния (рис. 2). Достаточное увлажнение 2020 г. приводит к обсеменению и пополнению популяции *O. includens* молодыми особями, а к 2022 г. уже появляются особи им-матурных и виргинильных онтогенетических состояний (рис. 2).

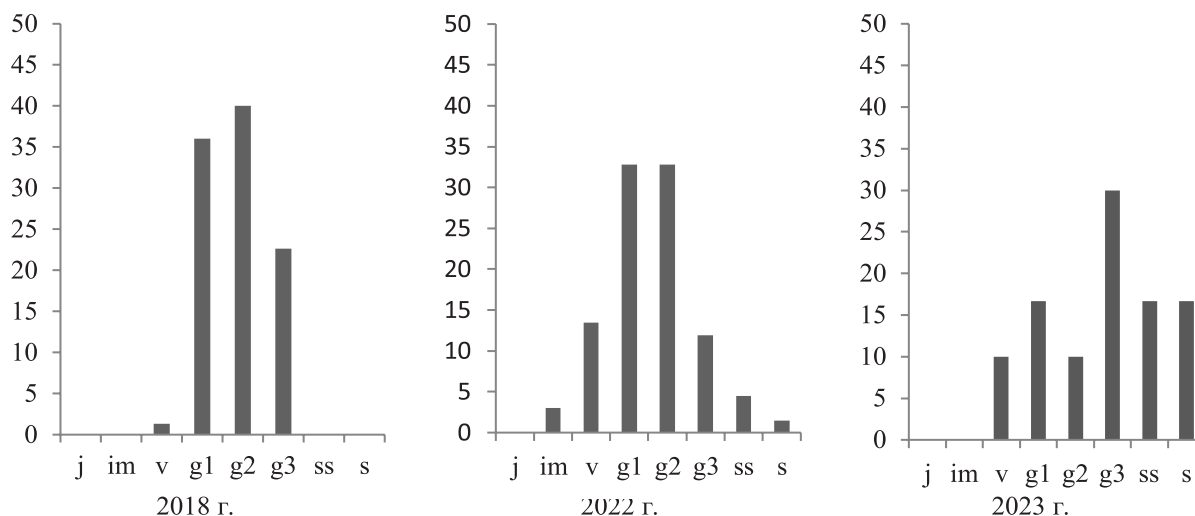


Рисунок 2 – Онтогенетические спектры популяции *Oxytropis includens*

Примечание. По горизонтали: онтогенетические состояния: j – ювенильное; im – им-матурное; v – виргинильное; g₁ – молодое генеративное; g₂ – зрелое генеративное; g₃ – ста-рое генеративное; ss – субсенильное; s – сенильное. По вертикали: количество особей, в %.

В 2022 г., в период высоких температур и недостаточного количества осадков, особи молодого и зрелого генеративных состояний переходят в старое генеративное, либо, в результате партикуляции, появляются осо-би субсенильного и сенильного онтогенетических состояний. Количество зрелых особей становится меньше (в 1,4 раза), а количество старых особей возрастает (в 5,6 раз). Картирование особей показало, что часть из них в этот год погибла.

В популяции *O. includens* в течение пяти лет (2018–2022 гг.) наблюдался центрированный онтогенетический спектр (с максимумом на зрелых генеративных особях). В 2022 г. в спектре проявляются два максимума (на моло-дых и зрелых генеративных онтогенетических состояниях), тем не менее, спектр определён как центрированный (U>D). Тип спектра характеризовали по соотношению особей v, g₁, g₂ (U) и g₃, ss, s (D). Пополнение популяции молодыми особями осуществляется не ежегодно.

В 2023 г., после засушливого 2022 г., сформировался нехарактерный для данного вида правосторонний онто-генетический спектр. Сокращается доля прегенеративной фракции в 1,6 раза (с 16,4 % до 10,0 %). На долю особей генеративной фракции приходится в 1,3 раз меньше, чем в начале 2022 г. (56,7 %); на долю постгенеративной – в 5,5 раз больше, чем в начале 2022 г. (33,3 %). В результате этих флуктуаций популяция охарактеризована как неустойчивая.

Таким образом, основные динамические процессы в популяции *O. includens* отражают влияние абиотиче-ских факторов – низкая влажность в вегетационный период приводит к невыровненным темпам развития особей, несбалансированному обороту поколений, ускоренным процессам партикуляции.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 22–17-20012 <https://rscf.ru/project/22-17-20012/> при паритетной финансовой поддержке Правительства Республики Хакасия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заугольнова, Л. Б. Структура популяций семенных растений и проблемы их мониторинга: дис. ... д-ра биол. наук. СПб, 1994. – 32 с.
2. Кравцова, Л.П. Остролодочник заключающий – *Oxytropis includens* Basil. // Красная книга Республики Хакасия: редкие и исчезающие виды растений и грибов. Москва: ООО «Студия онлайн», 2022. – С. 65.
3. Лебедев, Е. А. Виды родов *Astragalus* L. и *Oxytropis* DC. (Сем. *Fabaceae*) во флоре Хакасии и вопросы охраны редких видов. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1988. – 18 с.
4. Малышев, Л. И. Разнообразие рода остролодка (*Oxytropis*) в Азиатской России // *Turczaninowia*, 2008. – Т. 11(4). – С. 5–141.
5. Положий, А.В. *Oxytropis* DC. // Флора Сибири. – Новосибирск, 1994. – Т. 9. – С. 74–151.
6. Шауло, Д.Н. Флора Западного Саяна // *Turczaninowia*, 2006. – Т. 9. – Вып. 1–2. – С. 5–336.

ESG – ПОВЕСТКА – НАША НОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

ESG – AGENDA – OUR NEW REALITY

А. А. Ровенская, В. Н. Копица

A. A. Rovenskaya, V. N. Kapitsa

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь
v_kapitsa@iseu.by*

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

Модель устойчивого развития обеспечивает одновременное развитие общества по трем ключевым направлениям: экономическому, социальному и экологическому. Реализация этих направлений начинается за счет внедрения экологических, социальных и управленческих стандартов (ESG-стандартов), которое лоббируется программами ООН. ESG как концепция может быть рассмотрена как способ ответственного ведения бизнеса. Поэтому наличие стандартов ESG может использоваться как пропуск к мировому рынку. ESG-повестка изначально возникла как ответ на глобальные диспропорции экономического роста и потребления ресурсов. Сейчас ESG-повестка продолжает развиваться, и компании, осознающие ее важность, смогут оставаться на вершине успеха в условиях нашего так быстро меняющегося мира. В Беларуси 60 % ВВП получается за счет экспорта. В связи с этим, у экспортно-ориентированных предприятий страны, и государства в целом, есть непосредственная заинтересованность в ведении экономической деятельности с учетом ESG-факторов.

The sustainable development model ensures the simultaneous development of society in three key areas: economic, social and environmental. The implementation of these areas is beginning to be carried out through the introduction of environmental, social and governance standards (ESG standards), which is lobbied by UN programs. ESG as a concept can be considered as a way to conduct business responsibly. Therefore, the presence of ESG standards can be used as a gateway to the global market. The ESG agenda initially emerged as a response to global imbalances in economic growth and resource consumption. Nowadays the ESG agenda continues to evolve, the companies that recognize its importance will be able to remain at the forefront of success in our rapidly changing world. In Belarus 60 % of GDP comes from exports. In this regard, export-oriented enterprises of the country, and of the state as a whole, have a direct interest in conducting economic activities taking into account ESG factors.

Ключевые слова: устойчивое развитие, ESG-повестка, ESG-рейтинг, ESG-стандарт, социальные и экономические инвестиции.

Keywords: sustainable development, ESG agenda, ESG rating, ESG standard, social and economic investments.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-140-143>

Цели устойчивого развития (ЦУР) нашли отражение во многих международных и национальных документах и стали важным ориентиром для государств, бизнеса и граждан. Решение проблем экологического, социального и управленческого характера, положенное в основу ЦУР, призвано способствовать экономическому росту стран, повышению уровня и качества жизни людей при минимизации негативного воздействия на окружающую среду. При этом важным является именно сбалансированное сочетание всех трех аспектов, без акцента на каком-либо одном. Постепенно принципы устойчивого развития стали проникать и в финансовую сферу, что нашло проявление в формировании такого подхода, как ответственное инвестирование (например, стали функционировать фонды, ставящие своей целью привлечение социальных и экологических инвестиций, применяться специальные оценочные показатели). [1]

В Беларуси сформирована комплексная архитектура устойчивого развития. Важное место в данной архитектуре занимает реальный сектор экономики, в котором большое внимание уделяется созданию условий для максимального вовлечения субъектов хозяйствования в вопросы управления экологическими, социальными и корпоративными (ESG) факторами, обеспечивающими наибольший вклад в достижение Целей устойчивого развития. Адаптация ESG-повестки под национальные приоритеты, учет ESG-факторов в деятельности компаний, их участие в достижении Целей устойчивого развития – комплексная задача, требующая системного, последовательного и скоординированного подхода к ее решению.

Что же такое ESG-повестка?

ESG-повестка представляет собой концепцию, которая выделяет три основных критерия, по которым оценивается деятельность компаний:

– **Environmental (окружающие) аспекты** оценивают влияние компании на окружающую среду, включая управление отходами, энергопотребление, выбросы в атмосферу и потребление воды. Компании, принимающие на себя ответственность за уменьшение своего экологического следа и заботящиеся о сбалансированном отношении с природой, попадают в фокус интереса инвесторов и потребителей.

– **Social (социальные) аспекты** отражают важность участия компании в социальной жизни и ее отношение к сотрудникам, клиентам, обществу и общественным проблемам. Под этим понимаются такие факторы, как рабочие условия, разнообразие и включение, общественная ответственность, отношения с клиентами и приверженность социальным целям.

– **Governance (управленческие) аспекты** касаются системы управления компании, ее прозрачности, корпоративной ответственности и степени контроля за действиями руководства. Качественное корпоративное управление способствует увеличению доверия со стороны инвесторов и уменьшает вероятность рисков, связанных с недобросовестным управлением. [2]

В основу ESG-концепции была положена забота об окружающей среде, к которой добавились идеи открытости корпоративного управления, социальной заботы о человеке и коллективе. Ее подхватили предприятия, организации, представители бизнеса, а люди стали ориентироваться на компании, которые следят за качеством продукции, минимизируют вредные выбросы и др., т. е. сформировался новый пласт потребителей. Одновременно появился и новый тип инвесторов – инвесторы, вкладывающие ресурсы в безопасные и «чистые» производства, в компании, отличающиеся эффективным управлением и учитывающие социальные интересы работников и других людей, возлагающие на себя ответственность за будущее.

Важно выработать унифицированную и эффективную систему оценки компонентов ESG, чтобы в целом данная концепция не превратилась в исключительно маркетинговый инструмент. Одним из вариантов решения этой задачи видится развитие ESG-рейтингов.

ESG-рейтинг представляет собой оценку устойчивости компаний к долгосрочным экологическим, социальным и управленческим рискам.

Еще в 2015 году было проведено масштабное исследование во главе с Оксфордским университетом, которое показало, что более 88 % компаний, которые сосредоточились на устойчивом развитии, смогли улучшить свои операционные показатели и увеличить размеры денежных потоков.

А в 2020 году ведущая аудиторская компания Ernst & Young провела исследование среди институциональных инвесторов, в результате которого было определено, что 98 % инвестиционных фондов и крупных частных инвесторов отслеживают ESG-рейтинг компании. При этом данный шаг также обосновывается четкой связью между ответственным инвестированием, доходностью ценных бумаг и возможностью минимизации экологических и инвестиционных рисков.

Именно для достижения долгосрочного успеха инвесторы все чаще обращаются к ESG критериям и оценивают потенциальные объекты инвестирования по критическим нефинансовым факторам. И эти ESG факторы являются удобным индикатором измерения устойчивости деятельности компании и ее воздействия на внешний мир. [3]

Каждому из компонентов стратегической цели устойчивого развития, закрепленной в Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 года (экономика, экология, общество), государством уделяется серьезное внимание на всех уровнях власти. В стране сформирована комплексная архитектура устойчивого развития. Важное место в такой архитектуре, безусловно, занимает реальный сектор экономики.

В Республике Беларусь стремятся создать условия для максимального вовлечения субъектов хозяйствования в финансирование направлений развития и проектов, обеспечивающих наибольший вклад в достижение национальных целей в области устойчивого развития.

Как подчеркнула представитель Минэкономики Беларуси, одновременно во всем мире отмечается растущее внимание к вопросам управления экологическими, социальными и корпоративными, более известными всем как ESG, факторами непосредственно организациями. Интерес к ESG-повестке наблюдается и со стороны белорусского реального сектора.

Именно поэтому адаптация ESG-повестки под национальные приоритеты, учет ESG-факторов в деятельности компаний, их участие в достижении целей устойчивого развития – комплексная задача, требующая системного, последовательного и скоординированного подхода к ее решению. [4]

Наиболее перспективными направлениями развития рейтинговой индустрии в Республике Беларусь в рамках ESG-повестки видятся следующие:

- совершенствование национального законодательства о рейтинговой деятельности, в том числе в части установления для рейтинговых агентств дополнительных требований к методологии в отношении кредитных рейтингов и методологии в отношении некредитных рейтингов (включая ESG-рейтинги);

- применение ESG-рейтингов в различных сферах деятельности (банковская деятельность, строительство, энергетика и др.);

- профессиональное сотрудничество со специалистами банков различных стран и обмен опытом в целях совершенствования норм регулирования рейтинговой деятельности с учетом социально-экономических особенностей функционирования экономики нашей страны;

- осуществление мероприятий, популяризирующих институт кредитных рейтингов и ESG-рейтингов среди граждан и субъектов хозяйствования.

ESG как концепция может быть рассмотрена как способ ответственного ведения бизнеса, в рамках которого учитывается влияние компании на окружающую среду, общество и корпоративное управление. При таком рассмотрении концепция ESG представляет собой набор стандартов ответственного ведения бизнеса (ESG-стандартов).

При этом необходимо разделять стандарты отчетности в сфере устойчивого развития и ESG и стандарты деятельности. К стандартам отчетности относятся документы, в рамках которых устанавливаются правила и процедуры разработки нефинансовой отчетности в сфере устойчивого развития и ESG.

С целью определения состояния и степени применения экологических, социальных и управленческих стандартов (ESG-стандартов) субъектами хозяйствования в различных отраслях экономики Республики Беларусь в 2023 году были проведены исследования.

Были опрошены 102 субъекта хозяйствования Республики Беларусь, представляющие сектора машиностроения, пищевой промышленности и сельского хозяйства, банки и финансовые учреждения, а также иные отрасли экономики. Проведены интервью с представителями 10 бизнес-ассоциаций и государственных органов и организаций. Были проинтервьюированы представители 31 местного исполнительного органа власти, трех министерств, Национального банка, 7 подведомственных министерствам организаций и 7 специальных экономических зон.

В соответствии с разделением стандартов на традиционные темы и новые вызовы в рамках исследования рассматривались следующие экологические ESG-стандарты:

Традиционные темы:

- 1 Энергосбережение и ресурсоэффективность;
- 2 Отходы;
- 3 Образование, подготовка кадров и социальная вовлеченность в экологические вопросы.

Новые вызовы:

- 1 Развитие экономики замкнутого цикла;
- 2 «Зеленое» финансирование;
- 3 Изменение климата;
- 4 Низкоуглеродное развитие и декарбонизация;
- 5 Биоразнообразие.

Наибольшее число респондентов (54,5 %) назвали актуальным энергосбережение и ресурсоэффективность, а также внедрение принципов устойчивого потребления и производства, включая вопросы, связанные с отходами (44,6 %). Кроме того, более трети респондентов (35,6 %) отметили важность образования, подготовки кадров и социальной вовлеченности в экологические вопросы. Прочие экологические факторы не превысили уровня 20 % ответов. Среди новых вызовов из экологических факторов – только экономика замкнутого цикла (представляет интерес для 19,8 % респондентов). Высокая доля положительных ответов в отношении циркулярной экономики связана с тем, что респонденты обеспокоены вопросами управления отходами, которые являются одной из наиболее актуальных экологических тем. Финансово-экономические мотивы актуальны лишь для 18,5 % респондентов, прочие мотивы являются нефинансовыми. При этом ключевым мотивом является минимизация воздействия организации на окружающую среду, которое заключается в сокращении образования отходов, сокращении энерго- и ресурсопотребления. Низкая доля ответов в отношении получения экономической выгоды связана с тем, что наиболее актуальные экологические вопросы являются обязательными с точки зрения законодательства. Экономическая выгода в данном контексте воспринимается как возможный, но не неотъемлемый результат. [5]

В настоящее время подготовлен проект постановления Совета Министров Республики Беларусь «О критериях «зеленых» и адаптационных (переходных) проектов и требованиях к системе верификации «зеленых» и адаптационных (переходных) проектов и финансовых инструментов». Разработана Концепция государственных «зеленых» облигаций Республики Беларусь. Первый выпуск «зеленых» государственных облигаций осуществлен в декабре 2022 года (5 млрд руб., 3 года, 12,5 % годовых). Проходит развитие «зеленого» банкинга (5 банков с ESG-рейтингом ОАО «Белинвестбанк», ОАО «БНБ-Банк», ОАО «Сбер Банк», ЗАО «БСБ Банк», ОАО «Технобанк»). В Национальном плане по «зеленой» экономике предусмотрено расширение линейки инструментов финансирования «зеленых» проектов, совершенствование механизма финансирования «зеленых» проектов и др.

22 ноября 2023 года в Минске прошла конференция «На пути к устойчивому будущему: ESG вызов». Данное мероприятие было посвящено обсуждению перспективам внедрения в отечественном корпоративном секторе учета экологических, социальных и управленческих факторов, более известных как ESG-факторы. При разработке Национальной стратегии устойчивого развития до 2040 года будут интегрированы принципы ESG.

В 2024 году Минэкономики планирует подготовить рекомендации по интеграции ESG в деятельность субъектов хозяйствования, чтобы оказать методологическую поддержку реальному сектору в данном направлении. Таким образом, «бизнесу, хочется ему этого или не хочется, придется заниматься этими вопросами более серьезно», констатировал заместитель министра экономики Андрей Картун.

Эксперты ПРООН и консалтинговой компании ASER представили результаты исследования на 2023 год по применению ESG-стандартов субъектами хозяйствования Беларуси. Результаты опроса более 100 белорусских компаний из разных отраслей показали, что в стране ESG-повестка представлена фрагментарно. В Беларуси на опережение идет банковский сектор. Так, практически все системообразующие банки Беларуси имеют ESG-рейтинги.

Заключение. В Беларуси большинство бизнесов масштабируются за счет внешних рынков, 60 % ВВП получается за счет экспорта. Основные рынки для нас – это страны ЕАЭС, Азия, Ближний Восток, страны «Дальней дуги». Эти государства, так же, как и мы, во многом растут за счет внешнего спроса, который генерируется крупными странами, где конкуренция усиливается и предъявляются все большие требования к контрагентам.

Для выхода на китайский и европейский рынки необходимо доказать через нефинансовую отчетность, что показатели компании соответствуют социально-экономическому, климатическому и корпоративному компонентам ESG. У зарубежных инвесторов в приоритете всегда находятся те компании, функционирование которых не связано с какими-либо экологическими рисками и, следовательно, убытками. Кроме того, между доходностью ценных бумаг и ответственным инвестированием существует прямая зависимость.

ESG подходы в ведении бизнеса в Республике Беларусь имеют стратегическое значение и направлены на освоение новых внешних рынков сбыта как товаров и услуг, так и финансов.

Белорусская компания, осваивая новые рынки, стремится получить статус глобального игрока и заинтересована во внедрении ESG-принципов и присвоении ESG-рейтинга.

Подводя итог, можно утверждать, что сегодня мы становимся свидетелями и участниками процесса перехода к новой парадигме ведения экономической деятельности с учетом ESG-факторов, и чем быстрее белорусский бизнес примет и начнет использовать эту концепцию, тем ближе мы сможем подойти к достижению целей устойчивого развития нашей страны, а этого можно достичь только осознанными действиями и общими усилиями государства, общества, бизнеса и каждого из нас.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веренько Н., Гришанкова С., Каменков А. ESG-рейтинги: сущность, значение и возможности применения. Научные публикации. Банковский вестник. 23.09.2022
2. Прохоров Н., Что такое ESG-повестка и почему мы будем слышать о ней всё чаще и чаще. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/future/785207-cto-takoe-esg-povestka-i-pochemu-my-budet-slyshat-o-ney-vse-chashche-i-chashche>. – Дата доступа: 20.02.2024.
3. Что такое ESG рейтинги и зачем они нужны белорусским компаниям. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://myfin.by/stati/view/cto-takoe-esg-rejtingi-i-zacem-oni-nuzny-belorusskim-kompaniam>. – Дата доступа: 20.02.2024.
4. Болигатова Е., Беларуси интересен российский опыт адаптации ESG-повестки под национальные приоритеты. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://economy.gov.by/ru/news-ru/view/elena-boligatova-belarusi-interesen-rossijskij-opyt-adaptatsii-esg-povestki-pod-natsionalnye-prioritety-48367-2023/>. – Дата доступа: 20.02.2024.
5. Руководство по применению экологических, социальных и управленческих стандартов (ESG-стандартов) субъектами хозяйствования в Республике Беларусь – Минск: UNDP, - 2023 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.undp.org/ru/belarus/publications/rukovodstvo-po-primeneniyu-ekologicheskikh-socialnykh-i-upravlencheskikh-standartov-esg-standartov-subektami-khozyaystvovaniya-v> – Дата доступа: 20.02.2024.

АНАЛИЗ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL PROTECTION ACTIVITIES OF FOOD INDUSTRY ENTERPRISES OF THE REPUBLIC OF BELARUS

А. А. Гаўдаш¹, Е. В. Шавяка², В. М. Мусюченко¹
A. A. Gajdash¹, Y. Y. Shavyaka², V. M. Misiuchenka¹

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
gajdassasa28@gmail.com

²СОО «Коммунарка»

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEU BSU,
Minsk, Republic of Belarus
SOJSC «Kommunarka»

Проанализирована природоохранная деятельность предприятия пищевой промышленности специализирующегося на производстве кондитерских изделий: шоколадных конфет, шоколада, вафель. Установлено, что на предприятии функционирует 9 производственных комплексов. Наибольшее количество экологических аспектов связано с ремонтно-механическим, транспортным цехами и участком по перемотке электродвигателей. Некоторые из производственных комплексов требуют оптимизации и модернизации в особенности

ремонтно-механический цех, в результате деятельности которого выбрасываются загрязняющие вещества первого-четвертого классов опасности и образуется целый ряд отходов производства третьего класса опасности. Загрязняющие вещества выбрасываемые в результате деятельности ремонтно механического цеха: твёрдые частицы (недифференцированная по составу пыль, аэрозоль), натрий гидроксид (натр едкий, сода каустическая), железо (II) оксид, марганец и его соединения, пыль неорганическая, фтористые газообразные соединения, гидрофторид, азот (IV) оксид, углерод оксид, медь (II) оксид. Для снижения негативного воздействия на окружающую среду были предложены такие мероприятия как установка эффективных систем вентиляции, установка масляных фильтров и фильтров HEPA H14 на постах сварки и газовой резки; внедрение на предприятии отдельного участка (комнаты) для сварочных работ и использования газовой резки; регулярное обслуживание и чистка оборудования в четком соответствии регламента и графиков планово-предупредительных работ.

The environmental activities of a food industry enterprise specializing in the production of chocolate and caramel candies and chocolate are analyzed. It has been established that the enterprise operates 9 production complexes. The largest number of environmental aspects are associated with the mechanical repair, transport shops and the electric motor rewinding area. Some of the production complexes require optimization and modernization, especially the mechanical repair shop, as a result of which pollutants of the first to fourth hazard classes are emitted and a number of production wastes of the third hazard class are generated. Pollutants emitted as a result of the activities of the mechanical repair shop: solid particles (dust, aerosol, undifferentiated in composition), sodium hydroxide (caustic soda, caustic soda), iron (II) oxide, manganese and its compounds, inorganic dust, fluoride gaseous compounds, hydrofluoride, nitrogen (IV) oxide, carbon oxide, copper (II) oxide. To reduce the negative impact on the environment, measures such as installing effective ventilation and exhaust systems, installing oil filters and HEPA H14 filters at welding and gas cutting stations were proposed; introduction at the enterprise of a separate building (room) for welding work and the use of gas cutting; regular maintenance and cleaning of equipment.

Ключевые слова: технологический процесс, загрязняющие вещества, выбросы, экологически опасный участок, отходы производства, водопотребление и водоотведение предприятия, ремонтно-механический цех.

Keywords: technological process, pollutants, emissions, environmentally hazardous area, production waste, water consumption and wastewater disposal of the enterprise, repair and mechanical shop.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-143-146>

Рассмотрена деятельность одного из предприятий Республики Беларусь по производству и продаже кондитерских изделий: шоколадных конфет, шоколада, вафель. Предприятие оснащено поточно-механизированными линиями и автоматизированными процессами производства. Деятельность направлена на производство кондитерских изделий: ириса (около 1 %), конфет глазированных, сладости сахарные (около 45 %); конфеты не глазированные, восточные сладости (около 3 %); шоколад и шоколадные изделия, шоколадные конфеты (около 48 %); другие изделия (около 2 %).

На предприятии обследовано 121 действующий источник выбросов загрязняющих веществ в атмосферу:

- Организованные - 117
- Из них оснащенные ГОУ-10
- Неорганизованные -4

Источники предприятия выбрасывают загрязняющие вещества двадцати трех наименований. Суммарный валовый выброс загрязняющих веществ составляет $V=2,826020$ т/год.

Согласно постановлению Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 11.10.2017 г. №91 «Санитарные нормы и правила «Требования к санитарно-защитным зонам организаций, сооружений и иных объектов, оказывающих воздействие на здоровье человека и окружающую среду» базовая санитарно-защитная зона предприятия составляет 100 м. По результатам расчёта категории объектов воздействия промышленная площадка предприятия относится к IV категории. Зона воздействия всех источников выбросов промышленной площадки предприятия составляет 270 м.

Основные объёмы загрязняющих веществ выбрасываются от постов сварки, пайки и газовой резки, здесь выбрасываются загрязняющие вещества хром (VI), фтористые газообразные соединения (в пересчёте на фтор): гидрофторид, азот (IV) оксид, медь и её соединения (в пересчёте на медь), железо (II) оксид (в пересчёте на железо), марганец и его соединения (в пересчёте на марганец (IV) оксид), пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния менее 70 %), углерод оксид (окись углерода, угарный газ) из 23 образующихся на предприятии пищевой промышленности. Анализ воздействия на атмосферный воздух показал, что деятельность анализируемого предприятия оказывает воздействие в результате таких технологических процессов как:

- приём сырья и полуфабрикатов, приготовление шоколадных масс, подача кондитерской глазури и шоколадной массы в цеха основного производства, производство конфет с помадными, фруктовыми, желейными корпусами, переработка какао-бобов на зерноочистительной машине – твёрдые частицы (недифференцированная по составу пыль, аэрозоль);
- промывка оборудования инвентаря – натрий гидроксид (натрий едкий, сода каустическая);

- упаковка коробок картонных с конфетами в термоусадочную плёнку – формальдегид (метаналь);
- сварка, пайка, газовая резка - железо (II) оксид (в пересчёте на железо); марганец и его соединения (в пересчёте на марганец (IV) оксид); пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния менее 70 %, хром (IV), фтористые газообразные соединения (в пересчёте на фтор): гидрофторид; углерод оксид (окись углерода, угарный газ).
- ремонт электродвигателей и покрытие лаком МЛ-92 - ксилолы (смесь изомеров о-, м-, п-ксилол), 2-Метилпропан-1-ол (изобутиловый спирт), углеводороды ароматические, углеводороды предельные алифатического ряда C1-C10, углеводороды алициклические, углеводороды непредельные алифатического ряда, бута-1-ол (спирт бутиловый);

Рассмотрев перечень образующихся выбрасываемых загрязняющих веществ за последний год по классам опасности можно сделать следующие выводы:

- основную долю загрязняющих веществ составляют вещества III класса опасности (порядка 99,05 % (30,73 т/год);
- единственным загрязняющим веществом I класса опасности является хром IV выбрасываемый в результате сварки, пайки и газовой резки;
- 8 видов из 23 выбрасываемых загрязняющих веществ на предприятии пищевой промышленности приходится на транспортный, ремонтно-механический цех и электроучасток (участок перемотки электродвигателей).

Загрязняя статистику воздействия на атмосферный воздух, особое влияние оказывает ремонтно-механический цех, в котором выбрасываются загрязняющие вещества I класса опасности и образуются отходы полимеров III класса опасности.

На предприятии за последнее десятилетие образовалось около 20,8 тыс.т. отходов, которые представлены различными классами опасности. Общее количество видов отходов образованных на предприятии 67, из них 8 видов относят к I классу опасности, 59 видов отходов III-IV классов опасности.

Было рассмотрено движение отходов производства на предприятии за период с 2012 года, когда на захоронение поступало свыше 50 % образующихся отходов производства. В 2021 году ситуация полностью изменилась в части передачи на использование основной массы образующихся отходов: отправлено на повторное использование 92,67 %, обезврежено на предприятии 0,13 %, отправлено на захоронение 7.2 %. Связано это, главным образом, с образованием отходов лужки мягкой, которая в 2012 году не могла в полном объёме быть переработана. Основные отходы, передаваемые на использование сторонним организациям в настоящее время: специи, ароматизаторы, наполнители испорченные, лужка мягкая, технологические потери, опилки натуральной чистой древесины, древесные отходы строительства, незагрязнённые отходы бумаги, стеклобой всех видов, абразивные круги отработанные, лом стальной несортированный, проволока медная, свинцовые аккумуляторы неповреждённые, элементы питания различных моделей, синтетические и минеральные масла, изделия из полистирола и его сополимеров, полиэтилентерефталат и иные.

За период 2012–2021 год рассматриваемое предприятие направило около 19,87 % отходов производства на захоронение. На захоронение передаются в настоящее время следующие виды отходов производства: технологические потери, образующиеся в результате транспортировки полуфабрикатов, шоколадных масс; опилки древесные промасленные – образуются в результате уборки территории, отходы бумаги и картона с пропиткой и покрытием – образуются при упаковке продукции; обтирочные материалы (загрязнённые маслами) – образуются в результате шлифовки, полировки электродвигателей, отходы медпункта, отходы кухонь и предприятий общественного питания, отходы производства подобные отходам жизнедеятельности населения. На уменьшение захоронения отходов производства повлияло снижение образования таких отходов производства как технологические потери (сметки), отходы бумаги и картона с пропиткой и покрытием. Уменьшение образования отходов бумаги и картона с пропиткой и покрытием связано с применением новых методов стикерки продукции пищевой промышленности.

Анализ документации в области водопотребления и водоотведения показал, что источником воды, обеспечивающим потребности предприятия, являются артскважины Минского водоканала. За период 2012–2021 год водопотребление предприятия уменьшилось на 100 тыс. м³, что обусловлено установкой водосберегающих устройств и оборудования, оборотного использования воды, проведением образовательной работы и повышением осведомлённости, проведением мониторинга и контроля потребления воды, проведением анализа полученных данных и выявлением области, где можно сократить потребление воды, а также проведением проверки водопроводных систем на наличие утечек и других проблем.

Основная часть изъятой воды расходуется на хозяйственно-бытовые и производственные нужды. За период 2012–2021 год на хозяйственно-бытовые нужды было направлено 16,88 %, на производственные нужды 83,12 %. На предприятии функционирует оборотное водоснабжение. Оборотное водоснабжение установлено в холодильно-компрессорном отделении. После использования воды предприятие направляет свои сточные воды в общую канализационную сеть города без доочистки.

В результате анализа природоохранной деятельности предприятия был определен основной объект производственных наблюдений - ремонтно-механический цех, который выбрасывает вещества всех классов опасности на постах пайки, сварки и газовой резки. Ремонтно-механический цех не оборудован газоочистными установками. По этому объекту нами были предложены мероприятия по снижению негативного воздействия на окружающую среду:

- обустройство на предприятии отдельного помещения для сварочных работ и использования газовой резки;
- установка эффективных систем вентиляции и вытяжки, установка масляных фильтров и фильтров HEPA H14 на постах сварки и газовой резки;
- увеличение продолжительности работы систем вентиляции и вытяжки (за пол часа до начала работ и час после окончания работ);
- регулярное обслуживание и чистка оборудования (до ведения работ и после).

На данный момент на предприятии в ремонтно-механическом цеху расположены пост пайки, пост сварки, пост газовой резки, станки (шлифовальный, заточный, фрезерный, сверлителный, токарный). Для концентрации выбросов загрязняющих веществ от постов сварки и газовой резки нами было предложено мероприятие по отделению данных постов от иных видов работ (устройство отдельного помещения, исключающего установку каких либо станков в помещении). Данное мероприятие снизило бы вероятность распространения загрязняющих веществ по всему ремонтно-механическому цеху.

Следующий этап в уменьшении распространения загрязняющих веществ: установка эффективных систем вентиляции и вытяжки на постах пайки, сварки и газовой резки. Обязательная установка систем вентиляции и масляных фильтров с фильтрами HEPA H14 в отведённом помещении. Установка масляного фильтра без фильтра HEPA H14 не целесообразна, так как масляной фильтр улавливает твёрдые частицы от 1-5 мкм, а фильтр HEPA H14 улавливает частицы до 0,3 мкм с эффективностью до 99,975 % [1].

Основной функцией масляного фильтра в отведённом помещении для сварки, пайки и газовой резки является удаление металлических осколков, карбоновых отложений и других частиц крупного размера. Фильтры HEPA H14 соответствуют высоким стандартам эффективности фильтрации. Установка этих фильтров может быть необходима в определенных отраслях, таких как медицина, фармацевтика, лаборатории и производственные предприятия. При использовании масляного фильтра и фильтра HEPA H14 позволяет улучшить качество воздуха внутри помещения более чем на 99 % [2,3].

Увеличение продолжительности работы систем вентиляции и вытяжки позволило бы уменьшить концентрацию загрязняющих веществ в отведённом помещении.

Регулярное обслуживание и чистка оборудования позволило бы избавиться от остатка загрязняющих веществ в помещении после прошлых работ и уменьшение вероятности их нахождения после выполнения работ.

В результате проведения анализа природоохранной деятельности на предприятии изучены технологические процессы предприятия и проведен анализ природоохранной деятельности. Были сделаны следующие выводы:

- При анализе технологических процессов предприятия было установлено, что некоторые из них требуют оптимизации и модернизации. В особенности ремонтно-механический цех, который является наиболее экологически опасным участком производства. Здесь выбрасываются вещества I класса опасности (хром (IV)), образуются отходы полимеров III класса опасности.
- При анализе воздействия предприятия на атмосферный воздух было установлено, что предприятие выбрасывает загрязняющие вещества 23 наименований. Среди них наиболее опасными являются хром (IV), азот (IV) оксид, марганец и его соединения (в пересчёте на марганец (IV) оксид), медь и её соединения (в пересчёте на медь), серная кислота, углеводороды ароматические, фтористые газообразные соединения (в пересчёте на фтор): гидрофторид, формальдегид (метаналь). Основные загрязняющие вещества выбрасываются от участка по ремонту электродвигателей, ремонтно-механического и транспортного цеха.
- Анализ водоснабжения и водопотребления показал, что водопотребление осуществляется от артскважин Минского водоканала и отсутствуют системы оборотного и повторного водоснабжения. Сброс сточных вод осуществляется в системы городской коммунальной канализации. В связи с установкой оборотной системы водоснабжения водопотребление предприятия снизилось на 100 м³.
- Анализ обращения с отходами производства показал, что перечень образующихся отходов составляет 69 наименований, из них 52 вида поступает на использование, 8 видов на захоронение. Отмечено значительное снижение объемов образования отходов, поступающих на захоронение в последние годы, что связано в частности, с такими видами отходов как опилки древесные промасленные, отходы бумаги и картона с пропиткой и покрытием, технологические потери.
- На предприятии требуется установка эффективных систем вентиляции и вытяжки, установки масляных фильтров и фильтров HEPA H14 на постах сварки и газовой резки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чупалов В.С. Воздушные фильтры. - 1 изд. - СПГУТД. С.-Петербург. 2005: 167 с.
2. Буцкий Ю.И., Волков В.И. О воздушных фильтрах - элементарно. - AUDITORIA, 2018 г. . - 48 с.
3. HEPA фильтры и характеристики URL: <https://xn--90aifdm6al.xn--plai/blog/hepa-filter-harakteristiki-princip-raboty-mify-i-fakty?ysclid=isp3sg6gki948715714> (дата обращения: 09.11.2023).

ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ

FORMATION AND DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF EVALUATION ECOSYSTEM SERVICES

П. А. Миренцова, С. Е. Головатый
P. A. Mirentsova, S. E. Golovatyi

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
polinamirencova@gmail.com*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus*

Показано, что выделения и оценки экосистемных услуг, их учет в планировании хозяйственной деятельности является быстро развивающимся направлением. Официальное начало этому было положено в 2005 г. по инициативе ООН. Оценка экосистемных услуг проводится с конечной целью обеспечить устойчивое развитие общества и благосостояние человека. Развиваемые эколого-экономические подходы призваны усилить роль рыночных механизмов в деле защиты окружающей среды. В Республике Беларусь разработан технический кодекс установившейся практике о порядке проведения стоимостной оценки экосистемных услуг и определения стоимостной оценки биологического разнообразия.

It is shown that the direction of allocation and evaluation of ecosystem services, their consideration in the planning of economic activity is rapidly developing. The official beginning of this direction was laid in 2005. on the initiative of the UN The evaluation of ecosystem services is carried out with the ultimate goal of ensuring the sustainable development of society and the well-being of a person. Developing environmental and economic approaches are designed to strengthen the role of market mechanisms in the protection of the environment. In the Republic of Belarus a technical code of established practice was developed on the order of carrying out cost evaluation of ecosystem services and determination of cost evaluation of biological diversity.

Ключевые слова: экосистемные услуги, лесные экосистемы экосистемные функции, экономическая оценка, экологическая выгода.

Keywords: ecosystem services, forest ecosystems, ecosystem functions, economic assessment, environmental benefits.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-147-150>

За последние десять лет в мире проблематика экосистемных услуг стремительно развивалась, что нашло отражение не только в научных разработках, но и в концептуальных официальных документах ведущих международных организаций.

Термин «экосистемные услуги» (ecosystem services) стал важным в экономических и политических частях этих документов. Так, в фундаментальной концепции ООН «Будущее, которое мы хотим» (The future we want) [United Nations, 2012], определяющей основные направления развития человечества в XXI в., в качестве основы перехода к устойчивому развитию определена «зеленая» экономика (green economy), важной чертой которой является сохранение экосистемных услуг. Этот документ принят на глобальной конференции ООН и одобрен всеми странами мира.

Важное значение экосистемным услугам придается во многих Целях устойчивого развития ООН (Sustainable Development Goals) на период 2016–2030 гг. [United Nations, 2015], в частности в Целях 14 (сохранение морских экосистем) и 15 (сохранение экосистем суши) [2].

Эти Цели должны быть реализованы всеми странами. В концепции экономического развития стран ОЭСР приоритетное внимание уделяется «зеленому» росту, который предусматривает сохранение экосистемных услуг [OECD, 2013]. Среди международных структур следует отметить Всемирный банк, который активно включает экономическую оценку экосистем и их услуг в свои проекты [The World Bank, 2016]. Европейское сообщество в своих документах об основных направлениях развития европейской экономики до 2050 г. также выделяет экосистемы и их услуги [European Environment Agency, 2013]. Международный бизнес все более широко привлекает проблематику экослужб в свою деятельность, в частности это хорошо видно на примере Всемирного совета бизнеса по устойчивому развитию [The World Business Council for Sustainable Development, 2012] [1].

Воздействие человека на окружающую среду колоссально, значительная часть ее ресурсов уже деградировала или находится на грани способности к восстановлению. Быстрый рост населения планеты и повышение уровня

жизни сопровождаются активным вовлечением новых экосистем в промышленных и сельскохозяйственных целях, для жилищных нужд [2].

Увеличивается спрос на ресурсы экосистем – пресную воду, продовольствие, древесину, истощаются возможности ассимиляционного потенциала экосистем по нейтрализации и поглощению загрязнений воды и воздуха, отходов, парниковых газов. В результате за последние полвека около 60 % мировых экосистемных услуг деградировали [UNEP, 2005].

Утрата экосистем и их услуг приводит к огромным экономическим потерям. По имеющимся оценкам, сумма глобального экологического ущерба составляет 7 трлн долл. США в год, то есть 11 % мировой экономики [The World Business Council for Sustainable Development, 2011] [4].

Первый наиболее известный опыт глобальной оценки экосистемных услуг, вызвавшей многочисленные дискуссии (Costanza et al., 1997), дал суммарную годовую оценку всех функций естественных экосистем планеты в среднем в 33 трлн долл. США, что почти вдвое превышает созданный человечеством ВВП (18 трлн долл. США в год) (Таблица 1).

При этом основная часть стоимости функций экосистем находится вне рынка, и расчеты велись достаточно сложными и косвенными методами. Исследование вызвало многочисленные дискуссии и даже критику со стороны некоторых традиционных экономистов.

Тем не менее, оно показало гигантские выгоды и необходимость сохранения для экономики экосистем. Важен оказался также и методологический подход к оценке экологических услуг.

Таблица 1

Экономическая ценность экосистемных услуг

Экосистемные услуги	Ценность (трлн долл. США)
Почвообразование	17,1
Рекреация	3,0
Кругооборот азота	2,3
Водооборот и водообеспечение	2,3
Регуляция климата (температура и влажность)	1,8
Местообитания	1,4
Защита от наводнений и штормов	1,1
Пища и сырье	0,8
Генетические ресурсы	0,8
Баланс атмосферного воздуха	0,7
Опыление	0,4
Все другие услуги	1,6
Общая ценность экосистемных услуг	33,3

Результаты первых попыток оценки общей стоимости услуг планетарных экосистем, выполненные группой американских ученых под руководством Роберта Констанзы, опубликованы в 1997 г. в журнале *Nature*. В ходе исследований были оценены такие УЭ как процессы почвообразования, водооборот и водообеспечение, кругооборот азота, регулирование климата (температура и влажность), баланс атмосферного воздуха, местообитания, защита побережий от наводнений и штормов, поставка продуктов питания и сырья, генетические ресурсы, рекреация, опыление и др.

По расчетам, общая стоимость УЭ составила 33 трлн долл. США, т. е. оказалась сопоставимой с мировым валовым продуктом 1994 г. Цифры вызвали потрясение мировой общественности и неоднозначно были приняты в научных обществах. Начались острые дискуссии по результатам оценок, а также непредсказуемости последствий для экономики в случае включения УЭ в цены на товары.

И все же, несмотря на противоречивость оценок, американские ученые достигли цели: оценки в денежном эквиваленте более наглядно показали уровень экологических угроз, возникающих в результате истощения природного капитала. Они свидетельствовали о растущем экологическом долге в результате неполной компенсации вреда, причиняемого окружающей среде.

Процесс совершенствования методологии и методов адекватных стоимостных оценок природного капитала продолжился. Появлялись новые свидетельства о том, что внешние (*экстернальные*) для рынка УЭ могут получить денежную или иную оценку, понятную для лиц, принимающих решения в сфере природопользования.

Политики вынуждены были отреагировать на результаты оценки стоимости УЭ. В рамках подготовки к Саммиту тысячелетия Генеральным секретарем ООН были инициированы широкомасштабные исследования по Оценке экосистем на пороге тысячелетия (ОЭПТ). Они были проведены UNEP в 2000–2005 гг. с участием более 1300 исследователей из стран пяти континентов.

Результатами работ стали: диагноз состояния планетарных экосистем в динамике; классификация экосистем по типам и их операционные характеристики; перечень услуг и функций по типам экосистем; оценка

роли экосистем в разных областях деятельности и борьбе с бедностью; принципиальный подход к методам экономической оценки услуг экосистем [3].

Одновременно с оценками UNEP по ОЭПТ во многих странах мира, включая Россию, изучались возможности применения оценки УЭ на практике. По принятой ОЭПТ классификации выгоды от УЭ, подлежащие ценностной оценке, включают обеспечивающие услуги (пища, вода, природное сырье и т. д.); регулирующие услуги (контроль наводнений, погоды и т. п.); культурные услуги (природные красоты, духовные, рекреационные и т. д.); поддерживающие услуги (первичная продуктивность, трофические связи, круговорот питательных веществ, депонирование CO₂, способность к ассимиляции загрязнений и т. д.). В таблице 2 приведен примерный перечень услуг лесных экосистем и их получателей [1].

Таблица 2

Перечень услуг лесных экосистем

Услуга лесной экосистемы	Выгоды	Получатель выгод
Поглощение CO ₂	Предотвращение изменения климата	Мировое сообщество
Предотвращение эрозии почв	Увеличение урожая	Сельское хозяйство
Водорегулирование в водоохран-ных зонах	Предотвращение наводнений	Расположенные вниз по течению поселения и экономические объекты
Очищение воздуха от загрязнений	Здоровье населения	Локальные
Сохранение биоразнообразия	Продовольствие, медицинские товары, эстетика	Сообщества различных уровней; добывающий, перерабатывающий, медицинский секторы товаров и услуг
Продуцирование побочных продуктов леса	Сбор грибов, ягод, лекарственных растений	В основном локальные сообщества

На основе анализа мирового опыта в Республике Беларусь разработан и принят нормативный акт о проведение стоимостной оценки - технический кодекс установившейся практики ТКП 17.02–10-2013 (02120) «Порядок проведения стоимостной оценки экосистемных услуг и определения стоимостной ценности биологического разнообразия».

В мире все больше осознавался факт, что повышение устойчивости экономического развития можно обеспечить только в случае оценки реальной стоимости природного капитала в системах национального богатства и отношения к нему также как к другим капитальным активам, в частности, к основным фондам, для которых формируются амортизационные отчисления для восстановления в случае физического износа. Проведение ценностной оценки любой экосистемной услуги и последующее использование ее результатов в экономике предполагает выполнение, как минимум, следующих этапов:

- идентификация экосистемной услуги;
- определение ее ценности и выгод, связанных с ней;
- определение получателя выгод от услуги;

Формирование механизма платежей за экологические услуги обоснование иных направлений использования результатов оценки.

Основная цель экономических оценок различных элементов природного капитала - определение экономической целесообразности природоохранной деятельности и/или деятельности по совершенствованию процессов природопользования. Основные претензии специалистов в области экологической экономики к таким оценкам состоят в том, что они не отражают истинной ценности живой природы, и принятие решений на основе этих оценок может привести к экологической деградации, и необратимым изменениям.

Тем не менее, во многих случаях экономические оценки живой природы, природных ресурсов и функций экосистем могут быть получены и использованы для решения конкретных задач [1]. Даже комплексная экономическая оценка - не есть количественное выражение истинной ценности природных комплексов.

Многие из экологических благ не продаются на рынках и не имеют рыночных цен. Кроме того, иногда люди готовы частично отказаться от них, если им за это заплатят. Это может выражаться, например, в том, что за повышенную зарплату люди готовы работать в неблагоприятных экологических условиях. В этом случае мы имеем дело с «готовностью принять компенсацию» (willingness to accept, WTA) [4].

Некоторые люди готовы платить за то, чтобы предотвратить ухудшение состояния окружающей среды. Таким образом, существует возможных подхода к количественной оценке предпочтений:

- готовность платить за получение «экологических выгод»;
- готовность принять компенсацию за отказ от «экологических выгод»;
- готовность платить за то, чтобы предотвратить экологические потери;
- готовность принять компенсацию за экологические потери.

Анализируя, почему могут отличаться эти величины, Пирс и Тернер ссылаются на известный психологам феномен, называемый «познавательным диссонансом»: люди по-разному, воспринимают выигрыши и проигрыши.

Предположим, что E - некоторая количественная характеристика, определяющая качество природной среды. Мы можем попытаться методом опроса определить величину WTP - готовности платить за улучшение состояния среды на AE . Аналогично, можно методом опроса определить величину WTA - готовность принять компенсацию за то, что качество среды снизится на AE . Данные, которые приводят Пирс и Тернер в своей книге показывают, что величина WTA обычно превышает WTP в несколько раз.

Возможны несколько вариантов объяснения. Экономическая теория неверна и люди на самом деле асимметрично оценивают выигрыши и потери; они придают последним гораздо большее значение, чем первым. Соответствующие опросы проведены некорректно и не могут служить основой для оценок.

Опросы касаются больших, дискретных изменений и в то же время требуют немедленных оценок. Экономическая теория делает заключение о близости WTA и WTP в своем другом контексте [4].

В литературе, как отмечается, нет единого мнения о том, какое из этих объяснений правильно. Психологи полагают, что неплохой ответ на вопрос об отличиях между WTP и WTA дает теория перспектив. Согласно этой теории, индивидуальные оценки выгод и потерь всегда связаны с некоторой точкой отсчета, ориентиром.

Это не вполне соответствует неоклассическому представлению о том, что потребитель «максимизирует полезность». Этот ориентир, относительно которого оцениваются потери и выгоды, чрезвычайно важен.

Теория перспектив также говорит и о том, что отрицательным отклонениям от ориентира приписывается большее значение, чем положительным. Наконец, большое значение имеют и причины потерь и выгод. Например, потери, которые вас заставили понести, обычно авторы считают, что если поставить людей в такие условия, когда они скажут правду относительно их представлений о ценности окружающей среды, то разница между WTP и WTA исчезнет.

Одним из вариантов «правдивого ответа» является приобретение экологических благ по рыночным ценам. Рынки обладают «встроенными механизмами», заставляющими покупателей и продавцов выявлять свое отношение к товарам. Гипотетический рынок, имитируемый опросами, такими средствами не наделен [2].

Общим для оценки стоимости многих экологических услуг является метод, называемый «готовностью платить». Он особенно востребован в тех случаях, когда экологические услуги не имеют рыночной стоимости, альтернативных и заменяющих величин, но представляют большую ценность для уровня жизни людей. Другое его название «метод декларированных предпочтений» (условно-опросный метод). Может быть проведен опрос определенной группы людей об их готовности платить, например, за различные сценарии изменения водопользования.

Возможно, люди будут согласны платить за содержание водоема в хорошем функционирующем состоянии. Плата за услуги, получаемые от речного бассейна, подразумевает защиту водотоков, которые обеспечивают озера и водосбор водой надлежащего качества. Тем самым плата побуждает к устранению влияния негативных факторов, вызывающих изменение гидрологического режима, загрязнение и др.

Заключение. Результатом более чем 20-летнего периода появления понятия «экосистемных услуг» стали множественные разработки их экономической оценки, признание и учет их значимости при принятии управленческих решений в сфере природопользования.

Глобальная и масштабная деградация экосистем и их услуг наносит значительный ущерб благосостоянию людей. В настоящее время в разработках и исследованиях международных организаций, научных трудах уже накоплен значительный опыт в области идентификации экосистемных услуг и их экономической оценки.

Этот опыт нашел отражение в концептуальных документах ООН, Всемирного банка, ОЭСР, Европейского сообщества, международного бизнеса, формулирующих задачи на отдаленную перспективу. Идентификация экономической ценности экосистем и их услуг является сложнейшей и актуальнейшей задачей для экономической науки.

Решение этой задачи позволит повысить устойчивость мировой экономики и экономик отдельных стран на основе комплексного учета экономического, социального и экологического факторов.

Необходимо минимизировать риски деградации экосистем и их услуг, что требует адекватного учета экологического фактора при принятии экономических решений. Экономическая оценка экосистемных услуг должна лежать в основе международного и национальных механизмов платежей (компенсаций) за экосистемные услуги, учитывать потенциал стран – экологических доноров.

ЛИТЕРАТУРА

1. CBD - Convention on Biological Diversity. Global Biodiversity Outlook. CBD Secretariat, Montreal, 2010, p. 9. Available at: <https://www.cbd.int/doc/publications/gbo/gbo3-final-en.pdf>
2. Касимов, Д.В. Некоторые подходы к оценке экосистемных функций (услуг) лесных насаждений в практике природопользования/Д.В.Касимов, В.Д.Касимов Монография.- М.: Мир науки, 2015. - 91 с.
3. Бобылев, С.Н. Экосистемные услуги и экономика./ С.Н. Бобылев, В.М. Захарова – М.: ооо б 72 «Типография ЛЕВКО», Институт устойчивого развития/Центр экологической политики России, 2009. – 72 с.
4. TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity Report for Business – Executive Summary 2010.

ТОКСИЧНЫЕ ЦВЕТЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В ВОДОЕМАХ И ВОДОТОКАХ БЕЛАРУСИ

TOXIC BLOOMS OF PHYTOPLANKTON IN WATER BODIES AND STREAMS OF BELARUS

Б. В. Адамович, М. А. Мыслейко
B. V. Adamovich, M. A. Myslejko

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
belaqualab@gmail.com
Belarusian State University, Minsk, Belarus*

Проблема массового развития планктонных микроводорослей и цианобактерий является в настоящее время одной из наиболее актуальных мировых проблем в области изучения и рационального использования водных ресурсов. Продуцирование токсинов цианобактериями было уставлено для ряда озер, водохранилищ, рек и рыбоводческих прудов. Токсичные цветения были обнаружены, в том числе, в водохранилищах Вилейско-Минской водной системы, активно используемых в рекреационных целях. В ряде водоемов токсичные цветения приводят к ухудшению состояния и даже гибели рыбы, и, следовательно, к существенным экономическим потерям. Масштаб и влияние токсичных цветений на гидробионтов и пользователей водных объектов известен только в общих чертах и требует дальнейшего изучения. Очевидна также необходимость разработки и установления нормативов по содержанию токсинов цианобактерий в поверхностных водах и также выработка механизмов снижения негативных последствий от токсичных цветений в водоемах республики.

The problem of mass development of planktonic microalgae and cyanobacteria is currently one of the most pressing global issues in the field of studying and rational use of water resources. The production of toxins by cyanobacteria has been observed in a number of lakes, reservoirs, rivers, and fish farming ponds. Toxic blooms have been detected, including in the reservoirs of the Vileyka-Minsk water system, which are actively used for recreational purposes. In some water bodies, toxic blooms lead to deterioration of the state and even death of fish, and therefore to significant economic losses. The scale and impact of toxic blooms on hydrobionts and users of water bodies are known only in general terms and require further study. It is also evident the need for the development and establishment of norms for the content of cyanobacterial toxins in surface waters, as well as the development of mechanisms to reduce the negative consequences of toxic blooms in the republic's water bodies.

Ключевые слова: водные экосистемы, цианобактерии, цветение воды, токсины.

Keywords: aquatic ecosystems, cyanobacteria, water bloom, toxins.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-151-153>

Одним из основных богатств Беларуси является большое количество водных объектов, что создает предпосылки для развития уникального рекреационного потенциала нашей страны. Однако, в результате многократного воздействия гидростроительства, промышленного и бытового водопользования, химического и теплового загрязнения, промысла к настоящему времени трансформированы экосистемы почти всех крупных рек республики и многих крупных водоемов. При этом происходит изменение гидрохимического и санитарно-гигиенического режимов, нарушается структура биологических сообществ, изменяется степень эвтрофирования.

Поступление alloхтонных органических веществ с водосборного бассейна стимулирует развитие первичных продуцентов в водных экосистемах, и как следствие интенсифицирует их самоочистительную способность. В то же время, постоянный приток alloхтонной органики и ответ на это экосистемы в виде увеличения первичной продукции может приводить к тому, что сам фитопланктон становится причиной вторичного органического загрязнения. Причем, как показали многие исследования, развитие в фитопланктоне определенных групп организмов (в основном цианобактерий) может служить фактором существенного вторичного токсического загрязнения [1–2]. Самоочистительная способность экосистемы может не справляться с постоянным и все более нарастающим органическим и токсическим загрязнением. Первичные планктонные продуценты, обеспечивающие новообразование органического вещества и обогащение воды кислородом в результате процесса фотосинтеза играют определяющую роль в экосистеме водоема. Однако чрезмерное развитие микроводорослей нередко приводит к резким негативным изменениям и отражается на всех звеньях трофической цепи. В особенности это относится к гиперразвитию в воде цианопрокариот, способных в считанные дни, а иногда и часы, достигать огромных величин биомассы.

Проблема массового развития планктонных микроводорослей и цианобактерий является в настоящее время одной из наиболее актуальных мировых проблем в области изучения и рационального использования водных

ресурсов. Быстрое увеличение биомассы водорослей часто приводит к массовой гибели рыбы, загрязнению рыбопродуктов токсинами, отрицательно влияет на экосистемы и оказывает другие негативные воздействия, которые в настоящее время получили названия «вредоносное цветение водорослей» (Harmful Algal Bloom – HAB). Основной объем исследований по данной тематике посвящен различным зонам мирового океана [1], однако в последние годы появляется все больше работ по изучению водорослей, вызывающих «цветение» (преимущественно цианобактерий), в озерах различных регионов [1-3].

В качестве основы для национальных стандартов и нормативных значений для питьевой воды большинство стран ориентируется на рекомендации ВОЗ. При использовании в качестве источника питьевой воды содержание микроцистин-LR не должно превышать 1 мкг/л (в случае единовременного употребления), или 0,04 мкг/кг суточной дозы (Tolerable Daily Intake, TDI). Для рекреационного использования водоемов большинство стран основывают нормативы на параметре, отражающем биомассу цианобактерий, чтобы не привязывать нормативы к конкретному варианту цианотоксина. Если в нормативы включена непосредственно концентрация микроцистина, то принятие мер в таких случаях инициируется при значении от 12,5 до 100 мкг/л. При этом уровни и типы мер могут быть разными. В ряде стран (Канада, Чехия, Сингапур, Южная Африка, Уругвай) регулируется только микроцистин-LR, в то время как в ряде других прямо или косвенно используют это значение по умолчанию и для других микроцистинов. В ряде стран нормированы также показатели по другим цианотоксинам (Австралия, Бразилия, Канада, Новая Зеландия и др.) Для источников питьевого водоснабжения в качестве контролируемых параметров используются концентрации непосредственно самих токсинов и численность клеток цианобактерий. Для рекреационных источников – численность клеток цианобактерий, концентрация хлорофилла, % цианобактерий, наличие потенциально токсичных видов. В некоторых странах также используются концентрации непосредственно самих токсинов (Франция, Италия, Германия, Венгрия, Дания, Канада, Новая Зеландия и др.) [2].

В НИЛ гидроэкологии БГУ впервые были проведены исследования по выявлению очагов токсичных цветений в водоемах Беларуси [3]. Продуцирование токсинов цианобактериями было уставлено для ряда озер, водохранилищ, рек и рыбоводческих прудов [4]. Особенно важно, на наш взгляд, обнаружение сильных и токсичных цветений в водохранилищах Вилейско-Минской водной системы, активно используемых в рекреационных целях (рис 1). В рыбоводческих прудах токсичные цветения могут приводить к ухудшению состояния и даже гибели рыбы, и, следовательно, к существенным экономическим потерям. Исследования на реке Вилия показали, что формирования очагов токсичных цветений устьевых участков крупных рек, в частности Куршского залива, может формироваться в верхних течениях водотоков [5]. Также было показано, что быстрый переход озера из макрофитного в эвтрофный водоем может сопровождаться регулярным токсичным цветением фитопланктона [6]. Цианобактерии, имеющие гены белков мультиферментного комплекса синтеза микроцистинов, выявлены во многих исследованных нами водоемах. При этом, судя по данным световой микроскопии, в этих водоемах именно цианобактерии занимали доминирующее положение в формировании очагов цветения.



Рисунок 1 – Цветение фитопланктона в оз. Комсомольское в г. Минске, 30.06.2022.
Содержание хлорофилла-а в воде – 1901 мкг/л.

Метод ПЦР позволяет быстро и с малыми затратами установить, является ли изучаемый водоем потенциально опасным. Однако, этого еще недостаточно для оценки реальной токсикологической обстановки. В этой связи перспективным видится использование методов количественного анализа токсинов в среде. Среди них: иммуноферментный анализ проб воды и высокоэффективная жидкостная хроматография. Данные методы позволяют получить количественные данные о концентрации токсина непосредственно в пробах воды. Однако они более дорогостоящие, требуют сложного оборудования и временных затрат. Поэтому, видится целесообразным применение комплексного подхода в оценке безопасности водоемов, включающего: методы световой микроскопии и ПЦР на первой стадии, выявляющих потенциально опасные образцы воды, и методы количественного анализа (иммуноферментный анализ (ИФА) и высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) с масс-спектрометрией) этих образцов для оценки их токсичности (рис. 2). Кроме того, важным видится изучение основных факторов среды, определяющих развитие фитопланктона (содержание биогенных элементов, органического вещества и т.п.), что позволит установить сочетание условий наиболее благоприятных для массового развития цианобактерий в водоемах и водотоках Беларуси.

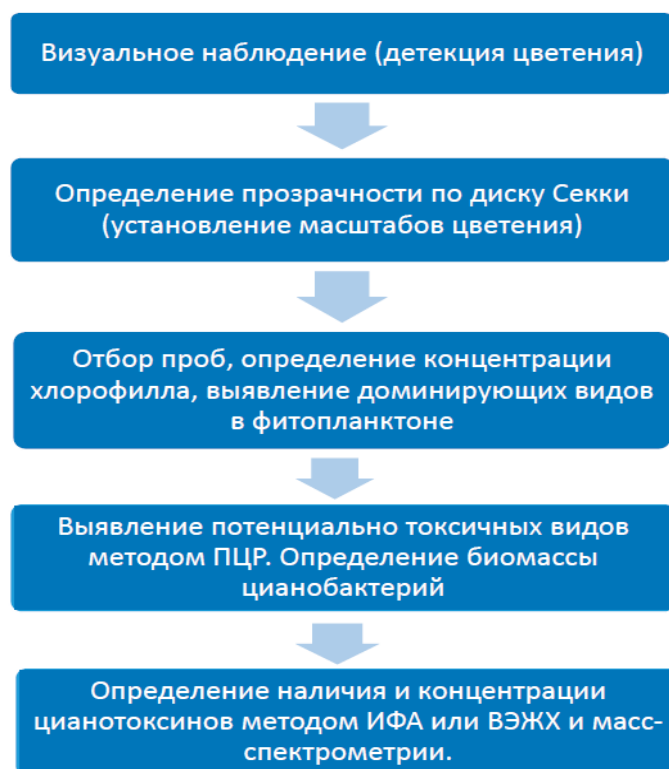


Рисунок 2 – Предлагаемая схема рационального мониторинга цветений фитопланктона

Таким образом, установлено, что токсичные цветения являются распространённым явлением в водоемах Беларуси. Их масштаб и влияния на гидробионтов и пользователей водных объектов известен только в общих чертах и требует дальнейшего изучения. Очевидным также является необходимость разработки и установления нормативов по содержанию токсинов цианобактерий в поверхностных водах и также выработка механизмов снижения негативных последствий от токсичных цветений в водоемах республики.

Отдельные этапы работы выполнены при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Министерства образования Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. GEONAB (Global Ecology and Oceanography of Harmful Algae Blooms), Science Plan / Eds P. Glibert, G. Pitcher. – Baltimor, Paris: SCOR and IOC, 2001. – 86 p.
2. Current Approaches to Cyanotoxin Risk Assessment, Risk Management and Regulations in Different Countries / Ed. I. Chorus. – Berlin: Umweltbundesamt, 2012. – 151 p.
3. Михеева Т.М. Первые исследования наличия цианотоксинов в водоемах и водотоках Беларуси. Журнал Белорусского государственного университета / Т.М. Михеева // Экология. – 2021. – №1. – С.52–61.
4. Выявление потенциально токсичных цианобактерий в водоемах Беларуси методом полимеразной цепной реакцию / С.В. Ризевский [и др.]. // Труды БГУ. – 2016. – Том 11, часть 2. – С. 368–372
5. Phytoplankton of the transboundary River Viliya (Neris): community structure and toxic cyanobacterial blooms / B. Adamovich [et al.]. // Baltica. – 2021. – Vol.34 (2). – P. 174–184.
6. Phytoplankton of Lake Bol'shie Shvakshty (Belarus) during the Shift of the Ecosystem from a Macrophyte–Weakly Eutrophic to a Phytoplankton–Hypereutrophic State / T. M. Mikheyeva [et al.]. // Contemporary Problems of Ecology, 2018. – 11. – P. 563–575.

**ОЦЕНКА ЭЛЕМЕНТОВ ГЕОХИМИЧЕСКОГО БАЛАНСА АГРОЛАНДШАФТОВ
И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ С РАСТИТЕЛЬНЫМ ПОКРОВОМ
(НА ПРИМЕРЕ ПРИГОРОДА ТОМСКА, РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ)**
**ASSESSMENT OF THE ELEMENTS OF THE GEOCHEMICAL BALANCE OF
AGRICULTURAL LANDSCAPES AND THEIR INTERRELATIONSHIPS WITH VEGETATION
(ON THE EXAMPLE OF THE SUBURB OF TOMSK, RUSSIAN FEDERATION)**

О. Г. Савичев, Е. Ю. Пасечник
O. G. Savichev, E. Yu. Pasechnik

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
osavichev@tpu.ru, paseyu@tpu.ru
Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

В статье рассматриваются элементы геохимического баланса агроландшафтов и их взаимосвязи с растительным покровом. Выявлено, что растительный покров оказывает значимое влияние на состав атмосферных осадков, которые поступают на земную поверхность, что необходимо учитывать при оценке элементов геохимического баланса территорий. Многообразие гидрологических и геохимических процессов в агроландшафте приводит к тому, что статистически значимые связи между «входным» воздействием на водосбор и гидрохимическим стоком малого водотока в расчетном створе практически отсутствуют; имеется лишь общее повышение значений тех или иных геохимических показателей.

The elements of the geochemical balance of agricultural landscapes and their relationship with vegetation are considered in the article. It has been revealed that vegetation has a significant effect on the composition of atmospheric precipitation that reaches the Earth's surface. This fact must be taken into account when assessing the elements of the geochemical balance of territories. The variety of hydrological and geochemical processes in the agricultural landscape leads to the fact that statistically significant links between the "input" effect on the catchment and the hydrochemical runoff of a small watercourse are practically absent in the calculated range; there is only a general increase in the values of certain geochemical indicators.

Ключевые слова: агроландшафты, геохимический баланс, Западная Сибирь.

Keywords: agricultural landscapes, geochemical balance, Western Siberia.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-154-158>

Введение. Планирование мероприятий по комплексному использованию и охране природных ресурсов и территорий различного назначения, так или иначе, базируется на составлении и анализе фактических и перспективных водохозяйственных и геохимических балансов [1]. Этот подход целесообразно использовать и при оценке экологической и экономической эффективности агромероприятий для оптимизации технологий внесения удобрений и пестицидов и снижения возможного негативного воздействия на окружающую среду.

Нами этот вопрос в первом приближении рассмотрен на примере территории в пригороде Томска (Российская Федерация, Сибирский федеральный округ). Рассматриваемый участок расположен в водосборе малого водотока р. Малая Киргизка (элемент речной системы: Малая Киргизка – Киргизка (Большая) – Томь – Обь), в северо-восточной части г. Томска. Площадь водосбора водотока в створе наблюдений – 3.5 км², из которых: открытый участок без растительности – 2.01 км² (57.43 %); садовые участки – 1.10 км² (31.43 %); лес – 0.30 км² (8.57 %); производственные территории – 0.07 км² (2.00 %); дороги – 0.02 км² (0.57 %).

Цель исследования – оценка многолетних изменений (2019 – 2023 гг.) элементов водохозяйственного и геохимического баланса участка малого водотока, значительная часть которого (31.43 %) используется для локального ведения сельскохозяйственных работ (выращивание овощей и ягод). Антропогенное воздействие связано с: 1) использованием подземной воды для полива садовых культур (скважина глубиной 42 м из отложений четвертичного возраста расположена в 170 м ниже расчетного створа; вода при положительных температурах атмосферного воздуха с мая по октябрь подается по водоводу на садовые участки; с учетом небольшого расстояния от скважины до расчетного створа и активного водопотребления химический состав воды в водоводе и непосредственно в скважине практически идентичны с учетом погрешности измерений); 2) внесением удобрений и пестицидов, поступлением хозяйственно-бытовых отходов; 3) изменением условий формирования водного и гидрохимического стока, в том числе путем изменения почвенно-растительного покрова, включая выращивание растений, не характерных для современной Сибири. Задачи исследования: 1) количественная оценка атмосферного увлажнения, испарения с поверхности водосбора и водного стока (смеси естественного водного стока и поливных вод); 2) определение физико-химических показателей атмосферных осадков, воды в малом водотоке и водоводе

и оценка влияния растительного покрова на состав атмосферных осадков; 3) ориентировочная оценка элементов геохимического баланса водосбора – гидрохимического стока и поступления с атмосферными осадками на единицу поверхности водосбора. В целом, рассматриваемый участок водосбора малого водотока представляет собой модельную территорию с условиями ведения садового и приусадебного хозяйства, характерными для юга Западной и Средней Сибири.

Методика исследования. Наблюдения за составом атмосферных осадков, воды в малом водотоке и водоводе и измерение расходов воды в малом водотоке проводились с учетом требований [2] с мая 2019 г. по октябрь 2023 г., наблюдения за уровнями грунтовых вод в пойме водотока – с 2021 по 2023 гг. Отбор проб атмосферных вод осуществлялся раз в неделю в течение теплого периода при помощи пластиковых осадкомеров с диаметром входного отверстия 44 мм, установленных на высоте 30 см над поверхностью земли: 1) на открытом участке поймы водотока с травяным покровом не более 30 см ближайшее дерево – сосна – расположена в 7 м; 2) на открытом участке для выращивания картофеля на удалении от деревьев не ближе 9 м; 3) под сосной (сосна обыкновенная, возраст – 28 лет) в 0.5 м от ствола; 4) под дубом (дуб черешчатый, возраст – 30 лет) в 0.5 м от ствола; 5) под калиной (возраст 20 лет) в 0.5 м от основного ствола. Сосна расположена в 19 м от дуба и 18 м от калины; между сосной и калиной расположены створ на водотоке и осадкомер в пойме; осадкомер на картофельном поле – в 5 м от водотока.

Расход воды в водотоке (при наличии течения) измерялся объемным методом или с использованием поплавков (в большую часть года сток отсутствовал). Проба воды из водовода отбиралась после выпуска 30 литров воды. Сразу после отбора проводилось измерение температуры воды измерителем HI 98127 (HANNA Instruments) и удельной электропроводности измерителем TDS 5 (HM Digital, Южная Корея). Кроме того, 05.08.2023 г. шесть проб воды были проанализированы в аккредитованной гидрогеохимической лаборатории Томского политехнического университета с использованием масс-спектрометрического метода с индуктивно связанной плазмой (масс-спектрометр NexION 300D; определение HCO_3^- титриметрическим методом; также было проведено исследование состава воды из водовода 23.07.2017 г.). Более подробные сведения о методике определения состава вод приведены в [3]. На основе полученных данных о составе вод были выполнены расчеты индексов насыщения SI (1) относительно ряда минералов:

$$SI = \lg \lg PA - \lg \lg K_{neq}, \quad (1)$$

где PA – произведение активностей группы веществ; K_{neq} – константа неустойчивости.

Расчет элементов водного баланса выполнен с использованием исходной модели вида (мм/год, мм/месяц):

$$P_r + P_{smf} - E_{wp} - E_{sp} - Y_{sf} - Y_{gr} + Y_{A+} - Y_{A-} \approx \Delta V, \quad (2)$$

где P_r – жидкие атмосферные осадки; P_{smf} – водоотдача из сезонного снежного покрова; E_{wp} и E_{sp} – испарение с поверхности водосбора за холодный и теплый периоды; Y_{sf} и Y_{gr} – поверхностная и подземная составляющие суммарного водного стока Y ; Y_{A+} и Y_{A-} – поступление и изъятие поверхностных и подземных вод в результате хозяйственной деятельности (поступление – поступление поливных и сточных вод, утечки из водовода; изъятие – забор воды из водотока и колодцев; перехват дождевых вод с твердых поверхностей для полива); ΔV – изменение влагозапасов в водосборе [4].

Возможность оценки Y_{gr} , Y_{A+} и Y_{A-} ограничена из-за отсутствия достоверных количественных данных о подземном стоке, объемах полива (а также вносимых химикатов). Фактическая оценка при ряде допущений и на основе данных сайта <https://tr5.ru> (метеостанция Томск/ аэропорт Богашево); суточные данные о температуре T_a и влажности U_a атмосферного воздуха, влагосодержании атмосферных осадков P_a , толщине снежного покрова S_a , скорости ветра V_a , видимости VS_a) выполнена только для P_r , P_{smf} , E_{wp} , E_{sp} , Y_{sf} и соответствующих элементов геохимического баланса при следующих допущениях: 1) атмосферные осадки при $T_a < 0$ рассматривались как снег; 2) испарение с поверхности снега оценивалось по уравнению (3) в зависимости от дефицита влажности d_a согласно Рекомендациям по расчету испарения..., 1976 г.; 3) суточное испарение с поверхности водосбора при отсутствии снега рассчитано по уравнению Харгрейва (4):

$$E_{wp} = 0.37 \cdot d_a, \quad (3)$$

$$E_{sp(H)} = a_0 + a_1 \cdot (0.023 R_a \cdot (T_{a,a} + 17.8) \cdot \sqrt{T_{a,max} - T_{a,min}}), \quad (4)$$

где $E_{sp(H)}$ – слой испарения по Харгрейву, мм/сут; R_a – внеземная радиация, МДж/(сут·м²); $T_{a,a}$, $T_{a,max}$, $T_{a,min}$ – среднее, максимальное и минимальное (за расчетный интервал времени) значения температуры атмосферного воздуха; a_0 , a_1 – эмпирические коэффициенты, определяемые по данным конкретной метеостанции для перевода к месячному и годовому расчетному интервалу [5]; 4) водоотдача из снежного покрова рассчитана по уравнениям (5, 6):

$$P_{smf,i} = \begin{cases} 0, & WS_{i-1} - WS_i \leq 0 \\ WS_{i-1} - WS_i, & WS_{i-1} - WS_i > 0 \end{cases}, \quad (5)$$

$$WS_i = WS_{i-1} + (P_{sn,i} - k_{sm} \cdot T_{a,i} \cdot N_{s,i} - E_{wp,i}), \quad (6)$$

где WS_i – влагозапасы в снежном покрове за i -й период (если $WS_i < 0$, то $WS_i = 0$); $P_{sn,i}$ – атмосферные осадки в виде снега (влагозапас), мм/период; k_{sm} – обобщенный коэффициент снеготаяния и водоотдачи (мм/(°C·сут)); N_s – длительность расчетного периода; для суток $N_s = 1$ [4].

Элементы геохимического баланса в части сопоставления поступления и оттока минеральных солей G_t за сутки t рассчитывались умножением суточных значений элементов водного баланса на величину суммы главных ионов Σ , рассчитанную в зависимости от удельной электропроводности EC по уравнению регрессии $\Sigma=(1.01\pm0.12)\cdot EC$ (квадрат корреляционного отношения $R^2=0.93$). Расчеты средних за период (месяц, год, период с 2019 по 2023 гг.) проводились по значениям G_t .

Анализ полученных данных (включая использование различных зависимостей между геохимическими, физико-химическими, метеорологическими и гидрологическими параметрами) включал расчет статистик и погрешностей их определения с учетом требований СП 529.1325800.2023, в частности погрешностей среднего арифметического δ_a (7) и коэффициента корреляции δ_r (8), корреляционный и регрессионный анализ при условии (9), проверку данных на однородность по критериям Стьюдента K_S (10), Фишера K_F (11) и случайность по критерию Питмена K_P (12) для линейной зависимости величины Φ (14) от координаты времени t (даты с 01.01.1900 г. или суток от первого января абстрактного года):

$$\delta_a \approx \frac{1}{\sqrt{N}}, \quad (7)$$

$$\delta_r \approx \frac{1-r^2}{\sqrt{N-1}}, \quad (8)$$

$$|r| \geq 2 \cdot \delta_r, |k_r| \geq 2 \cdot \delta_{kr}, N > 6 \dots 7, \quad (9)$$

$$K_S = \frac{|A_1 - A_2|}{\sqrt{N_1 \cdot D_1 + N_2 \cdot D_2}} \cdot \sqrt{\frac{N_1 \cdot N_2 \cdot (N_1 + N_2 - 2)}{N_1 + N_2}}, \quad (10)$$

$$K_F = \frac{\max(D_1; D_2)}{\min(D_1; D_2)}, \quad (11)$$

$$K_P = \frac{r_a \cdot \sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r_a^2}}, r_a = a \cdot \sqrt{\frac{D_t}{D_\Phi}}, \Phi(t) = at + b + \zeta, \quad (12)$$

где A_1, A_2, D_1, D_2 – средние арифметические значения и дисперсии для двух выборок объемами N_1 и N_2 (проводилось сравнение одинаковых выборок $N_1=N_2=N$); ζ – среднее квадратическое отклонение; a, b – эмпирические константы, в общем виде – коэффициенты регрессии k_r ;

ζ – случайная величина. Критическое значение $K_\chi(\alpha)$ находится как квантиль того или иного распределения (Стьюдента или Фишера) при заданном уровне значимости α и числе степеней свободы. Ориентировочный вывод об отклонении гипотезы о нарушении гипотезы однородности с уровнем α формулируется при условии $K_F(f)/K_F(\alpha) > 1$ и $K_S(f)/K_S(\alpha) > 1$.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ полученных результатов показал, что в летний период исследуемые воды, согласно классификациям О.А. Алекина (1989), пресные, гидрокарбонатные кальциевые I типа (реже – II), способны растворять целый ряд минералов, причем эта способность уменьшается в ряду от атмосферных осадков до подземных вод (вод в водоводе), хотя и сохраняется во всех случаях (табл. 1). С учетом выявленной зависимости между удельной электропроводностью EC и суммой главных ионов подобная ситуация может наблюдаться в течение всего теплого периода.

Таблица 1

Характеристика насыщенности вод относительно ряда минералов

Показатель	Ед. изм.	Объект и дата отбора проб воды*						
		пойма	сосна	дуб	калина	водоток	водовод	
		05.08.23						23.07.17
pH	ед. pH	5.64	5.39	6.01	6.74	7.08	7.56	7.57
EC	мкС/см	10	23	24	8	276	484	362
Сумма главных ионов	мг/дм ³	10.3	14.0	19.1	23.7	267.8	383.1	519.4
Индексы насыщения SI (1)								
$\text{CaCO}_3(\text{calcite}) = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$		-10.7	-9.8	-10.4	-9.7	-1.1	-0.3	-0.2
$\text{SiO}_2(\text{quartz}) + 2 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{H}_4\text{SiO}_4^0$		-1.0	-0.8	-1.0	-0.7	0.6	0.8	0.8
$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8(\text{anorthite}) + 2 \cdot \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{2+} + \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{kaolinite})$		-33.4	-32.5	-31.2	-27.1	-23.6	-21.4	-18.8
$2 \cdot \text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}\text{OH}_2(\text{muscovite}) + 2 \cdot \text{H}^+ + 3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 2 \cdot \text{K}^+ + 3 \cdot \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{kaolinite})$		-6.5	-4.4	-2.5	-2.6	-0.7	-0.5	-0.7

Примечание: * здесь и далее имеются ввиду атмосферные осадки, отобранные в пойме водотока, под сосной, дубом, калиной, на картофельном поле, в водотоке, в водоводе

Более подробные исследования наблюдений за удельной электропроводностью воды показали, что изменения величины EC в течение 2019–2023 гг. в целом носят случайный характер. Но в то же время очевидны существенные отличия между подземной водой в водоводе, водами малого водотока и атмосферными осадками в разных условиях. Гипотеза об однородности с уровнем значимости 5 % была отклонена даже для рядов наблюдений в пойме и на картофельном поле – отношения $K_F(f)/K_F(5\%)$ и $K_S(f)/K_S(5\%)$ во всех рассмотренных парах объектов была больше единицы (рис. 1). Объяснение этим различиям возможно связано с разной степенью запыленности крон деревьев и, следовательно, большей площадью взаимодействия воды с твердым веществом. Хвоя сосны обыкновенной за зимний и весенний периоды собирает большое количество пыли. Соответственно, удельная электропроводность атмосферных осадков, проходящих через ее крону, имеет большие значения с большим разбросом, чем у других деревьев.

Удельная электропроводность под калиной в среднем меньше, чем под другими деревьями (т.к. у нее меньше крона, чем у сосны и дуба), но больше, чем на открытых участках. Здесь результаты – в среднем 40 мкС/см на картофельном поле и 17.2 мкС/см в пойме с травяным покровом (рис. 1). Площадь и время взаимодействия в системе вода–порода еще больше увеличиваются при формировании речных (в малом водотоке) и, особенно, подземных вод, что отражается в средних значениях удельной электропроводности и степени насыщения вод относительно ряда минералов (табл. 1, рис. 1).

Существенное влияние на удельную электропроводность атмосферных осадков оказывают и метеосостояния (табл. 2) с учетом выявленной обратной зависимости между значениями EC и объемом воды в осадкомере между сроками наблюдений (коэффициенты корреляции: на пойме -0.33 ± 0.13 ; под сосной -0.35 ± 0.13 ; под дубом -0.39 ± 0.12 ; под калиной -0.41 ± 0.12 ; на картофельном поле -0.44 ± 0.12) и различий между этими объемами для разных объектов (коэффициенты корреляции со средней интенсивностью осадков на метеостанции: на пойме 0.48 ± 0.11 ; под сосной 0.29 ± 0.13 ; под дубом 0.57 ± 0.10 ; под калиной 0.48 ± 0.11 ; на картофельном поле 0.71 ± 0.07).

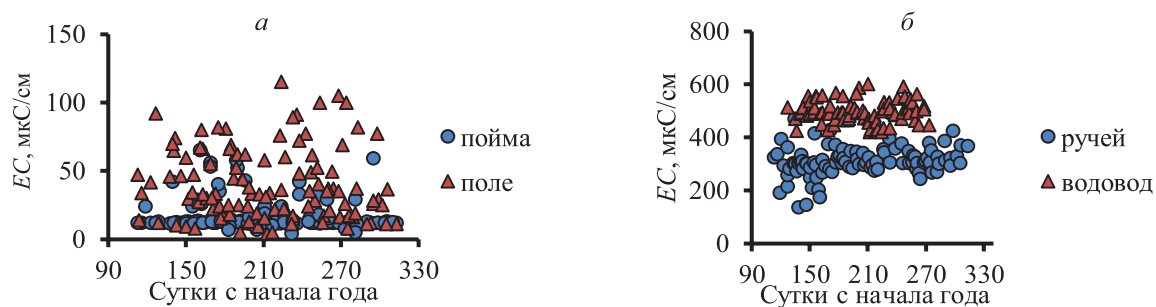


Рисунок 1 – Внутригодовое изменение (с 1 января каждого года за 2019 – 2023 гг.) удельной электропроводности EC атмосферных осадков (а), а также воды в малом водотоке и водоводе (б)

Следует отметить и интересные особенности внутригодового распределения удельной электропроводности вод малого водотока и общего солевого стока. Обычно для рассматриваемой территории характерно снижение минерализации и удельной электропроводности речных вод в весенне-летний период [4]. Но в данном случае выявлен достаточно большой разброс значений EC , что объясняется поступлением в русло поливных вод. Исходная подземная вода содержит заметно большее количество растворенных солей, что и сказывается на состоянии малого водотока. Но даже несмотря на это влияние, расчетный вынос солей с поверхностными водами существенно меньше их поступления с атмосферными осадками на участки с разными типами растительного покрова (табл. 2), что связано не только с погрешностью вычислений и биопотреблением солей на рассматриваемой территории, но и их аккумуляцией в грунтах и вынос в подземные водоносные горизонты. Последнее обстоятельство свидетельствует о том, что расчетные значения испарения в теплый период завышены. Средний слой стока р. Киргизка в створе с. Кузовлево за 1982 – 1994 гг. составляет 196 мм/год, а слой его подземной составляющей – 70 мм/год [4]. Если принять это значение и для рассматриваемой территории, то среднее испарение в безснежный период составляет 432 мм, а в целом за год – 502 мм (табл. 2).

Таблица 2

Элементы водного и геохимического баланса водосбора в среднем за 2019 – 2023 гг.

Период	T_a	P_{smf}	P_r	E_{wp}	E_{sp}^*	Y_{sf}	$G(p)$	$G(n)$	$G(c)$	$G(d)$	$G(k)$	$G(o)$
	°C	мм					мг/(сут·м²)					
I	-15.4	0	0	4	0	0.0	–	–	–	–	–	–
II	-13.0	0	0	6	0	0.0	–	–	–	–	–	–
III	-4.5	31	4	10	6	0.0	–	–	–	–	–	–
IV	3.7	115	8	4	45	0.4	2.31	11	–	5	–	18
V	12.3	1	37	0	97	0.2	0.53	89	462	56	36	35
VI	16.0	0	72	0	106	0.2	0.63	101	244	46	38	69

Период	T_a °C	P_{smf}	P_r	E_{wp}	E_{sp}^*	Y_{sf}	$G(p)$	$G(n)$	$G(c)$	$G(d)$	$G(k)$	$G(o)$
		мм					мг/(сут·м²)					
VII	19.0	0	77	0	109	0.1	0.07	68	325	75	39	61
VIII	17.1	0	49	0	82	0.0	0.05	87	447	90	40	53
IX	9.8	0	54	0	41	0.0	0.01	73	392	67	37	76
X	3.4	2	37	3	15	0.0	0.08	67	302	81	52	26
XI	-7.7	6	10	5	1	0.0	0.15	90	398	49	53	83
XII	-14.2	0	0	4	0	0.0	—	—	—	—	—	—
Год	2.2	155	348	36	502 (432)	0.8	—	—	—	—	—	—

Примечание: T_a – температура атмосферного воздуха на метеостанции Томск; Y_{sf} – сток малого водотока по данным измерений; расчетные значения: P_{smf} – водоотдача из снежного покрова; P_r – дождь; E_{wp} – испарение с поверхности снега; E_{sp}^* – испарение с открытой поверхности водосбора (без снега) с учетом поправки в предположении, что подземный сток и изменение влагозапасов в водосборе стремятся к нулю; 432 мм – с поправкой на предполагаемую инфильтрацию; G – вынос по водотоку (р) и поступление минеральных солей с атмосферными осадками на квадратный метр в сутки на пойме (п), картофельном поле (о), под сосной (с), дубом (д) и калиной (к)

Выводы. Выявлено, что растительный покров оказывает значимое влияние на состав атмосферных осадков, которые поступают на земную поверхность, что необходимо учитывать при оценке элементов геохимического баланса территорий. Многообразие гидрологических и геохимических процессов в агроландшафте приводит к тому, что статистически значимые связи между «входным» воздействием на водосбор и гидрохимическим стоком малого водотока в расчетном створе практически отсутствуют; имеется лишь общее повышение значений тех или иных геохимических показателей.

Работа выполнена за счет средств гранта РНФ № 23–27–00039.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика расчета водохозяйственного баланса водных объектов. – М.: МПР России, 2007. – 41 с.
2. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:200000 / отв. ред. Э.К. Буренков. – М.: ИМГРЭ, 2002. – 92 с.
3. Пасечник Е.Ю., Гусева Н.В., Савичев О.Г., Лыготин В.А., Балобаненко А.А., Домаренко В.А., Владимирова О.Н. Микроэлементный состав подземных вод верхней гидрогеодинамической зоны в бассейне Верхней Оби как фактор формирования их эколого-геохимического состояния // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 4. 54–63. DOI 10.18799/24131830/2020/4/2593.
4. Савичев О.Г. Гидроэкологическое обоснование водохозяйственных решений: монография. – Томск: Изд-во ТПУ, 2021. – 166 с. <https://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2021/m63.pdf>
5. Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage. Water Resources, Development and Management Service FAO, 1998, no. 56, pp. 1–276.

ЭЛЕМЕНТЫ УГЛЕРОДНОГО БАЛАНСА МЕЗОТРОФНОГО ОЗЕРА МЯСТРО (НАРОЧАНСКИЕ ОЗЕРА, БЕЛАРУСЬ)

THE CARBON BALANCE ELEMENTS OF MESOTROPHIC LAKE MYASTRO (NAROCH LAKES, BELARUS)

Ю. К. Верес, Б. В. Адамович
Y. K. Veres, B. V. Adamovich

Белорусский государственный университет, БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
veres.julia.naroch@gmail.com
Belarusian State University, BSU
Minsk, Republic of Belarus

Круговорот углерода, как основного элемента органического вещества, является одним из ключевых факторов функционирования водных экосистем земного шара. Однако изучение пресноводных экосистем в этом направлении развито слабо. Мезотрофное озеро Мястро входит в состав Нарочанской группы озер и имеет богатую историю гидробиологических наблюдений. Результаты этих наблюдений, а также

специально выполненные исследования легли в основу составления углеродного баланса экосистемы озера, а также определения количественного вклада каждого элемента баланса в общий бюджет углерода водоема. В годовом цикле озеро Мястро аккумулирует углерод из внешней среды, объем накопления составляет 605,85 т С или 46,2 г С/м²/год. Основной путь поступления углерода в экосистему озера Мястро – полупогруженная растительность.

Carbon cycle as organic matter's main element is main of the key factors of aquatic ecosystems functioning in a global scale. Besides, researches of freshwater ecosystems in this field are weak. Lake Myastro is a part of Naroch lake system and has mesotrophic level. It has long history of hydrobiological researches. These results and special investigations formed the basis for compiling the carbon balance of the lake's ecosystem, as well as determining the quantitative contribution of each element of the balance to the total carbon budget of the waterbody. In the annual cycle, Lake Myastro accumulates carbon from the environment, the accumulation volume is 605,85 t C or 46,2 g C/m²/year. Submerged plants are the main route of carbon input into the ecosystem of the lake Myastro.

Ключевые слова: Нарочанские озера, трофический статус, парниковые газы, макрофиты, органический углерод, цикл углерода, притоки.

Keywords: Naroch lakes, trophic status, greenhouse gases, macrophytes, organic carbon, carbon cycle, tributaries.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-158-161>

В последние годы особенную актуальность приобрела проблема изучения углеродного цикла, в связи с анализом многочисленных данных о существенных изменениях в атмосфере Земли и влиянии на эти процессы парниковых газов, основным из которых является диоксид углерода. При этом основное внимание при изучении водных объектов было сконцентрировано на углеродном цикле Мирового океана, занимающего 70 % поверхности планеты. Исследований, посвященных озерным экосистемам, занимающим около 2 %, значительно меньше. Однако в отдельных областях, где озера могут составлять 10–20 % общей площади, углеродный обмен является значимым компонентом углеродного цикла. Так в Национальном парке «Нарочанский» озера занимают 19 % территории и являются структурообразующим элементом региона.

Для определения роли озерной экосистемы в углеродном цикле и направленности происходящих в них процессов трансформации и потоков углерода наиболее эффективным, но при этом крайне трудозатратным, является подход, предполагающий составление общего баланса углерода в экосистеме озера, т. е. учет всего попадающего в озеро углерода и выходящего из него. Этот подход дает наиболее полную и всеобъемлющую оценку потоков углерода в озерной экосистеме, но при этом требует проведения огромного количества исследований всевозможных процессов, имеющих отношений к углеродному циклу (количество поступающего углерода с водосбора, поступающего с осадками, органическим загрязнением, стока из атмосферы, и выходящего в результате газообмена, вылова рыбы и т. д.), причем эти исследований должны быть проведены в течение годового цикла.

Таким образом, несмотря на достаточно хорошую изученность отдельных звеньев углеродного цикла, углеродный баланс в лимнических системах разного геоморфологического и трофического типа является одним из главных вопросов на современном этапе развития лимнологии и гидроэкологии. Комплексные исследования углеродного баланса в конкретно взятых водоемах являются существенным вкладом в развитие современной теории функционирования водных экосистем.

Проводимые на Нарочанских озерах многолетние наблюдения, с учетом полученных в последние годы данных о сезонной продукции планктона, седиментации взвешенного и органического вещества, количественному учету полупогруженных макрофитов и т. д., дают возможность сконцентрироваться на исследованиях, необходимых для составления углеродного баланса, но не проводившихся в Нарочанских озерах ранее, либо проводившихся давно и не позволяющих использовать эти данные для составления баланса – вклад ручьевого стока и атмосферных осадков в углеродный баланс водоема, анализ депонирования углерода в погруженных макрофитах и седиментах и т. д.

В настоящей статье представлены этапы изучения углеродного цикла на примере одного из модельных водоемов для изучения широкого круга гидроэкологических проблем – оз. Мястро. Общая схема углеродного баланса экосистемы оз. Мястро может быть представлена в соответствии с рисунком 1.

На схеме представлены наиболее значимые потоки углерода оз. Мястро. Поступления углерода в озеро с листовым опадом и пылью, а также с водными животными (земноводными и птицами) и вынос углерода из озера естественным путем (без участия человека), обусловленный вылетом имаго насекомых и миграцией на сушу взрослых стадий земноводных, изъятием органического вещества с пищей птицами и другими животными, должны быть невелики и примерно уравновешены и не должны существенно повлиять на общий углеродный баланс озера.

В ходе комплексной работы коллектива гидробиологов биологического факультета БГУ за период 2016–2020 гг. были установлены и рассчитаны количественные значения основных элементов углеродного баланса оз. Мястро (рис. 2).



Рисунок 1 – Основные потоки углерода, связанные с внешней средой, в оз. Мястро

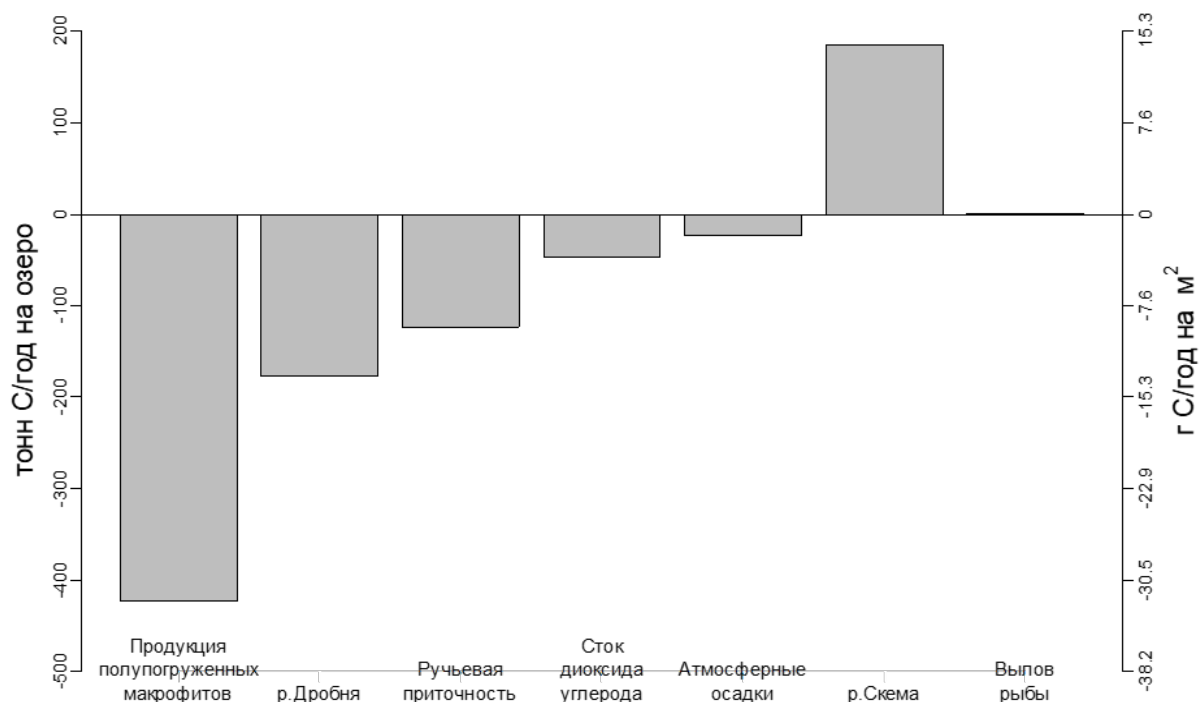


Рисунок 2 – Элементы баланса углерода в оз. Мястро

Потоки диоксида углерода и метана через поверхность водоема оценены методом закрытых камер в рамках НИР, выполненной на модельных водных объектах лабораторией инструментальной диагностики природных систем и объектов ГНПО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам». Инструментальные измерения эмиссии и стоков диоксида углерода на Нарочанском полигоне осуществляли методом закрытых камер в вегетационные периоды 2016–2018 гг. В период ледостава на озерах эмиссия газов приравнивалась к нулю. По полученным данным, суммарный баланс потоков углерода в виде газов через поверхность воды в озере Мястро был сдвинут сторону стока и составил 31,9 т С/год. Основную роль в стоке углерода принадлежала пелагиали (30,7 т С/год).

Притоки и вытекающие водотоки. Содержание органического вещества в ручьевом стоке оценивалось по данным ежемесячных наблюдений во время вегетационного сезона (апрель–октябрь) в 2017 г. на восьми водотоках оз. Мястро. Среднесезонное значение составило $22,24 \pm 11,27$ мг С/л. Ввиду отсутствия современных данных по водному балансу оз. Мястро, для расчетов были использованы последние имеющиеся в литературе

сведения [1]. Внешнее поступление органического вещества с водосборной территории в оз. Мястро составило 299,5 т С/год, т. е. 22,9 г С/м²·год.

Атмосферные осадки. Для оценки вклада атмосферных осадков во внешнее поступление органического вещества в озера Нарочь, Мястро и Баторино проводился мониторинг за основными гидрохимическими показателями режима углерода (общее содержание органического вещества, активная реакция среды (рН) и общая минерализация воды, определяемая по электропроводности) в пробах снега и дождя. Отбор проб проводили в 2016–2019 гг. на территории Нарочанская биологическая станция им. Г.Г. Винберга БГУ с помощью специально оборудованной площадки для сбора атмосферных осадков. Принимая во внимание, что атмосферные осадки составляют в приходной части водного баланса оз. Мястро 32,0 %, учет данного источника поступления в балансе углерода водоема представляется необходимым. По полученным данным среднее содержание органического вещества в атмосферных осадках региона составило $2,34 \pm 1,78$ мг С/л. С учетом среднегодового объема осадков, выпадающих на акваторию оз. Мястро, составляющую 9,7 млн м³, в экосистему водоема поступает 11,5 т С в год.

Макрофиты. Количество углерода, поступающего путем ассимиляции из воздуха полупогруженными макрофитами и последующего его поступления в воду при отмирании надводных частей макрофитов, было оценено по суммарной чистой сезонной продукции полупогруженных макрофитов озера. Чистая продукция за сезон, т. е. количество органического вещества, которое непосредственно поступит в озеро после отмирания надводной части, принималось равным биомассе в период максимальной вегетации. Натурные измерения и оценки проводились в 2017 году.

Оз. Мястро характеризуется умеренным зарастанием, с обильным развитием растительности в районах мысов и полуостровов. По данным пространственной съемки, заросли воздушно-водной растительности вдоль береговой линии часто не образуют сплошной зоны, размещаясь участками различной величины и густоты от уреза воды до глубины 1,5–1,8 м. По данным 2017 г. в год в озеро поступает 938,09 т отмирающих побегов макрофитов в расчете на воздушно-сухую массу. Учитывая, что воздушно-сухая масса составляет по нашим данным 90 % от абсолютно сухого веса, а среднее содержание углерода в абсолютно сухом весе составляет 50 % [2], в оз. Мястро в год поступает 422,7 т или 32,3 г С/м²·год с продукцией воздушно-водных макрофитов. Изъятия биомассы макрофитов на оз. Мястро не ведется.

Вылов рыбы. Если принимать во внимание антропогенное вмешательство, то в балансе следует еще учесть изъятие углерода из экосистемы озера с выловом рыбы. По данным за 2017 г. [3] промысловый вылов рыбы из оз. Мястро составил 29,36 ц. Любительский вылов рыбы оцененный в 2011 г. [4], составляет ежегодно еще 37 ц. Учитывая, что содержание органического вещества в пресноводной рыбе составляет около 20 % [5], и 2,15 мг органических веществ соответствует 1 мг углерода, из озера с выловом рыбы выносятся 0,62 т углерода в год или 0,05 г С/м²·год.

Таким образом, в озере Мястро приходная часть баланса составляет 792,12 т или 60,5 г С/м²·год, расходная часть – 185,65 т или 14,2 г С/м²·год. Объем аккумулированного за год углерода составляет 605,85 т или 46,2 г С/м²·год. Аккумуляция органического вещества составляет 76 % внешнего поступления. Если в балансе не учитывать углерод, изымаемый из экосистемы с любительским выловом рыбы, то объем аккумулированного за год углерода в оз. Мястро составляет 606,47 т или 46,3 г С/м²·год. Аккумуляция углерода из воздуха воздушно-водными растениями и последующее его попадание в водную толщу при отмирании побегов, является основным путем вноса углерода в экосистему оз. Мястро.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жукова, Т.В. Роль биогенных веществ в биотическом круговороте и евтрофировании Нарочанских озер : автореф. дис... канд. биол. наук. : 03.00.18 / Т.В. Жукова ; Ин-т гидробиологии АН УССР – Киев, 1987. – 23 с.
2. Распопов, И.М. Фитомасса и продукция макрофитов Онежского озера / И.М. Распопов // Микробиология и первичная продукция Онежского озера. / под. ред. И.И. Николаева. – Л., 1973. – Гл. 10. – С. 123–142.
3. Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мястро, Баторино (2017 год) / Т.В. Жукова [и др.]; под общей редакцией Т.М. Михеевой. – Мн.: БГУ, 2018. – 119 с.
4. Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мястро, Баторино (2011 год) / А.П. Остапеня [и др.]; под общей редакцией А.П. Остапени. – Мн.: БГУ, 2012. – 103 с.
5. Биохимический состав тела сеголетков форели / М.В. Книга., Я.И. Шейко, М.Н. Тютюнова, Л.М. Вашкевич, Д.А. Микелевич, Е.В. Таразевич, Е.П. Глеб, Е.С. Гук // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сборник научных трудов / РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». – Минск, 2007. – Вып. 23. – С. 69–74.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД МИНСКОЙ ОБЛАСТИ БЕЛАРУСИ И АВТОНОМНОГО КРАЯ ВОЕВОДИНА СЕРБИИ

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE STATE OF GROUNDWATER IN THE MINSK REGION OF BELARUS AND THE AUTONOMOUS REGION OF VOJVODINA, REPUBLIC OF SERBIA

В. Н. Копица¹, Я. Агбаба²

V. N. Kapitsa¹, J. Agbaba²

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
v_kapitsa@iseu.by

²Университет Нови Сад, Республика Сербия

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus

²University Novi Sad, Novi Sad, Republic of Serbia

Подземные водные источники являются одним из важнейших ресурсов пресной воды для обеспечения потребностей населения, промышленности, сельского хозяйства. Наличие загрязнителей в грунтовых и артезианских водах представляет существенный экологический риск, а также риск для здоровья населения. Содержание химических элементов в подземных водах зависит как от геологических особенностей региона, где формируются подземные источники, так и от антропогенной деятельности. Проведено сравнение состояния грунтовых вод Минской области Беларуси и автономного края Воеводина, Сербия. Показано наличие различия в составе химических соединений в составе подземных вод обоих регионов, которое зависит от геологических условий, различий в акцентах выполняемого мониторинга и особенностях антропогенной деятельности.

Underground water springs are one of the most important fresh water resources to meet the needs of the population, industry, and agriculture. The presence of contaminants in groundwater and artesian waters poses a significant environmental and public health risk. The content of chemical elements in groundwater depends both on the geological features of the region where groundwater sources are formed, and on anthropogenic activities. A comparison was made of the state of groundwater in the Minsk region of Belarus and the autonomous region of Vojvodina, Serbia. It is shown that there are differences in the composition of chemical compounds in the composition of groundwater in both regions, which depends on geological conditions, differences in the emphasis of the monitoring performed and the characteristics of anthropogenic activities.

Ключевые слова: Подземные воды, экологический риск, загрязнители, пресная вода, качество подземных вод, тяжелые металлы

Keywords: Groundwater, environmental risk, pollutants, fresh water, groundwater quality, heavy metals.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-162-165>

За последние несколько десятилетий грунтовые воды стали одним из важнейших ресурсов. Грунтовые воды широко используются для удовлетворения потребностей в пресной воде населения, промышленности и сельского хозяйства. В некоторых местах, они являются единственным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения. Большинство сельских жителей (3,2 млн. человек) Беларуси потребляет воду из шахтных колодцев, в основном неглубоких. От количества грунтовых вод, их качественного состояния и использования, а также антропогенных изменений во многом зависит экологическая обстановка территории, а во многих случаях и здоровье человека. Поэтому актуальной проблемой в Республике Беларусь является сохранения качества грунтовых вод.

В естественных условиях химический состав грунтовых вод формируется и остается фактически неизменным под эффектом ряда естественных факторов, таких как физические, географические, геологические и гидрогеологические.

Загрязнение грунтовых вод в подавляющем большинстве случаев является прямым следствием загрязнения окружающей среды. Практически любое вмешательство человека в природу и любой вид хозяйственной деятельности (гидротехническое и гражданское строительство, вырубка леса, внесение удобрений в почву и др.) неизбежно сказывается на качестве и ресурсах грунтовых вод. Поэтому загрязнение грунтовых вод, и, главное, вопросы охраны грунтовых вод от загрязнения, тесно связаны с общей проблемой охраны окружающей среды и являются ее составной частью.

Основные гидрогеологические закономерности формирования подземных вод определяются многими факторами, важнейшее место среди которых принадлежит климатическим особенностям территории, ее положению в общей геоструктурной схеме и геолого-литологическому строению осадочной толщи [].

Мониторинг подземных вод представляет собой комплексную систему сбора, накопления, хранения, обработки и выдачи органам управления и хозяйствования аналитической информации о состоянии подземной гидросферы под влиянием естественных и техногенных факторов для решения общегосударственных задач охраны окружающей среды и рационального недропользования, предусматривающей периодически повторяющиеся наблюдения за состоянием подземных вод, изменением их гидродинамического и гидрогеохимического режима для разработки мер по охране и рациональному использованию подземных вод [1].

Беларусь

Мониторинг подземных вод в Беларуси в настоящее время проводится на 101 гидрогеологическом посту по 355 наблюдательным скважинам.

Оценка качества подземных вод проводится в соответствии с требованиями санитарных правил и норм «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы СанПиН 10–124 РБ 99, и Гигиеническим нормативом «Показатели безопасности питьевой воды», утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 № 37.

Оценке подлежат следующие показатели: Водородный показатель pH, Общая минерализация, мг/дм³, Сухой остаток, мг/дм³, Жесткость, мг-экв/дм³, Окисляемость перман., мгО 2/дм³, Натрий (Na +), мг/дм³, Калий (K +), мг/дм³, Аммоний-ион (NH₄ +), мг/дм³, Кальций (Ca²⁺), мг/дм³, Магний (Mg²⁺), мг/дм³, Хлориды (Cl -), мг/дм³, Сульфаты (SO₄ 2-), мг/дм³, Нитрат-ион (по NO₃ -), мг/дм³, Нитрит-ион (NO₂ -), мг/дм³, Карбонаты (CO₃ 2-), мг/дм³, Гидрокарбонат-ион (HCO₃ -), мг/дм³, Углекислота свободная (CO₂), мг/дм³, Окись кремния, мг/дм³, Железо (Fe, суммарно), мг/дм³, Мутность, мг/дм³, Фториды (F -), мг/дм³, Фосфор фосфатный, мг/дм³, Цветность, градусы, Кремний, мг/дм³, Осадок Запах, баллы Температура при отборе проб, °C [1].

В бассейне р. Днепр (Минская область) наблюдения за качеством подземных вод в 2022 г. проводились по 7 г/г постам на 7 наблюдательных скважинах, оборудованных на грунтовые (4 скважины) и артезианские (3 скважины) воды. В 2022 г. качество подземных вод бассейна р. Днепр, в основном, соответствовало установленным нормам СанПиН 10–124 РБ 99 [2], и значительных изменений по химическому составу подземных вод не выявлено. Величина водородного показателя изменялась в пределах 7,06–8,0 ед., из чего следует, что подземные воды в пределах бассейна обладают от нейтральной до слабощелочной реакцией. Исключение составили скважина 103 Хоновского и скважина 1255 Высоковского г/г постов, в которых по результатам химического анализа подземные воды обладают кислой реакцией, величина pH составляет 4,38 и 4,6 ед. соответственно. Показатель общей жесткости изменялся в пределах от 1,34 до 5,93 ммоль/дм³, что свидетельствует об изменении жесткости подземных вод (от мягких до среднежестких). Результаты анализов показали, что в 2022 г. содержание основных макрокомпонентов в целом невысокое (рисунок 3.13). Грунтовые воды бассейна р. Днепр, в основном, гидрокарбонатные кальциевые. Содержание сухого остатка составляло 105,0–380,0 мг/дм³, хлоридов – 16,7–48,2 мг/дм³, сульфатов – 7,0–24,7 мг/дм³, нитрат-ионов –

Сербия

Сербское агентство по охране окружающей среды отвечает за систематический мониторинг качества подземных вод в стране, а мониторинг количества подземных вод входит в компетенцию Республиканской гидрометеорологической службы Сербии. Однако только около 20 % очерченных объектов подземных вод (GB, классифицированных в соответствии с Рамочной директивой ЕС по водным ресурсам) находятся под систематическим наблюдением. [3]. В соответствии с Приложением 8 Рамочной директивы мониторингу подземных вод подлежат:

1. Органогалогеновые соединения и вещества, которые могут образовывать такие соединения в водной среде.
2. Фосфорорганические соединения.
3. Оловоорганические соединения.
4. Вещества и препараты или продукты распада того, что, как было доказано, обладает канцерогенными или мутагенными свойствами, а также свойствами, которые могут влиять на стероидную, репродуктивную функции организма, функции щитовидной железы или другие функции, связанные с эндокринной системой, в водной среде или через водную среду.
5. Устойчивые углеводороды, устойчивые и биоаккумулируемые органические токсичные вещества.
6. Цианиды.
7. Металлы и их соединения.
8. Мышьяк и его соединения.
9. Биоциды и средства защиты растений.
10. Материалы во взвешенном состоянии.
11. Вещества, способствующие эвтрофикации (в частности, нитраты и фосфаты).
12. Вещества, неблагоприятно влияющие кислородный баланс (которые можно измерить, используя такие параметры как БПК, ХПК и т.д.).

Учитывая специфику геологического строения горных пород Балканских стран (молодое геологическое сложение горных пород с высоким уровнем содержанием тяжелых металлов) при мониторинге подземных вод Сербии

очень большое внимание уделяется мониторингу содержания мышьяка. Содержание данного элемента в грунтовых водах вносит серьезные ограничения в использование подземных пресных вод в качестве питьевой воды [5].

По данным Министерства Природных ресурсов Автономного края Воеводина [4], в 2014 г. оценивались следующие параметры качества подземных вод, представленные в таблице 1:

Таблица 1

Показатели качества подземных вод, определяемые при проведении экологического мониторинга

Наименование	единица измерения	Наименование	единица измерения
Общая жесткость	мг/л	Общее количество растворенных солей	мг/л
Растворенный CO ₂	мг/л	Нитриты (NO ₂ -N)	мг/л
Электропроводность	мСм/см	Нитраты (NO ₃ -N)	мг/л
pH		Органический азот (N)	мг/л
Растворенные силикаты (SiO ₂)	мг/л	Общий азот (N)	мг/л
Натрий (Na +)	мг/л	Ортофосфаты (PO ₄ -P)	мг/л
Калий (K +)	мг/л	Общий фосфор (P)	мг/л
Кальций (Ca ⁺⁺)	мг/л	Аммоний (NH ₄ -N)	мг/л
Магний (Mg ⁺⁺)	мг/л	Хлориды (Cl -)	мг/л
Железо (Fe) мг/л	мг/л	Сульфаты (SO ₄ - -)	мг/л
Марганец (Mn)	мг/л	Карбонаты (CO ₃ --)	мг/л
Цинк (Zn)	мг/л	Бикарбонаты (HCO ₃ -)	мг/л
Медь (Cu)	мг/л	Общая щелочность (CaCO ₃)	мг/л
Хром (Cr)-общ	мг/л	Химическое потребление кислорода из KMnO ₄ (HPKMn)	мг/л
Свинец (Pb)	мг/л	Химическое потребление кислорода от K ₂ Cr ₂ O ₇ (HPKCr)	мг/л
; Кадмий (Cd)	мг/л	Биологическое потребление кислорода (БПК-5)	мг/л
Ртуть (Hg)	мг/л	Общий органический углерод (TOC)	мг/л
Никель (Ni)	мг/л	Сурьма (Sb)	мг/л
Алюминий (Al)	мг/л	Мышьяк (As)	мг/л
Кобальт (Co)	мг/л	Бор(B)	мг/л

Кроме того наблюдению подлежат более 10 органических пестицидов, относящихся к CO₃.

Интересной особенностью края является довольно высокая температура подземных вод (13–15 °C), высокая щелочность воды во многих точках наблюдения (за счет чего развито курортное использование подземных вод). Везде наблюдалось низкое содержание нитратов (не более 10 мг/л), нитритов (не более 0,021 мг/л), хлориды (не более 110 мг/л). Около 10 % проб характеризуются превышением порогового уровня по мышьяку (10 мкг/л), а в северных районах края такое наблюдается почти в 50 % проб (рис.1).

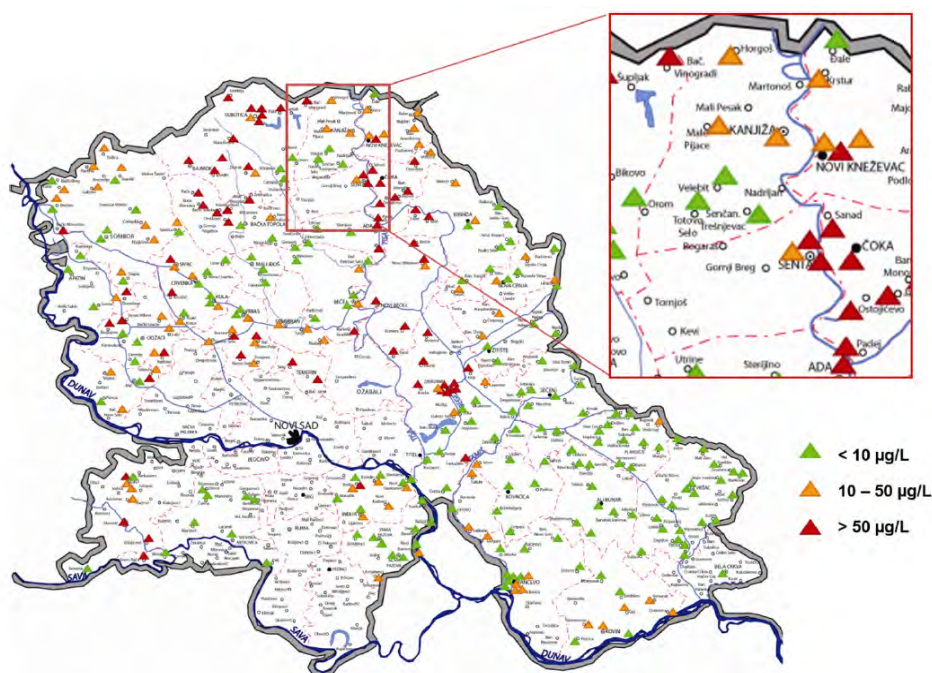


Рисунок 1 – Содержание As в подземных водах, используемых для водоснабжения в Воеводине (врезка: муниципалитеты Канижа и Сента). Муниципалитеты Канижа и Сента) [5]

Заключение. Сравнительная характеристика результатов мониторинга подземных вод показала довольно существенные различия в подборе анализируемых параметров, так и в результатах измерений. В Беларуси наблюдается превышение органогенных загрязнителей, что связано с фильтрацией веществ, возникших в результате хозяйственной деятельности (грунтовые воды). В Автономном крае Воеводина (Республики Сербия) акцент делается на оценке артезианских источников (глубина 100 м и более). Здесь существенное региональное значение имеет загрязнение тяжелыми металлами, особенно мышьяком, что вносит существенные ограничения в использование подземных вод в качестве питьевой воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мониторинг подземных вод <https://nsmos.by/environmental-monitoring/monitoring-podzemnykh-vod> [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 15.02.2024
2. «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы СанПиН 10–124 РБ 99», - Постановление главного государственного санитарного врача Республики Беларусь 19 октября 1999 г. N 46 О введении в действие санитарных правил и норм (с изм., внесенными постановлением Минздрава от 14.12.2007 N 164
3. Директива Европейского парламента и Совета 2000/60/ЕС от 23 октября 2000 г., устанавливающая рамочные положения о деятельности Сообщества в области водной политики <https://wecoop.eu/wp-content/uploads/2020/04/Директива-Европейского-парламента-и-Совета-200060ЕС.pdf> [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 15.02.2024
4. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА КВАЛИТЕТА ПОВРШИНСКИХ И ПОДЗЕМНИХ ВОДА ЗА 2013. ГОДИ-НУ / Министарство пољопривреде и заштите животне средине Агенција за заштиту животне средине/ БеоградБ 2014. – 408 с. <https://www.ekourbapv.vojvodina.gov.rs/wp-content/uploads/2018/09/REZULTATI-ISPITIVANJA-KVALITETA-POVR%C5%A0INSKIH-I-PODZEMNIH-VODA-ZA-2013.-GODINU-.pdf> [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 15.02.2024
5. Agbaba, J.; Watson, M.; Kragulj Isakovski, M.; Stankov, U.; Dalmacija, B.; Tubić, A. Water Supply Systems for Settlements with Arsenic-Contaminated Groundwater–Making the Right Choice. *Appl. Sci.* 2023, 13, 9557. <https://doi.org/10.3390/app13179557> [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 15.02.2024

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЫСТРОРАСТУЩИХ КЛОНОВ ИВЫ ДЛЯ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ЗЕМЕЛЬ USE OF FAST-GROWING WILLOW CLONES FOR PHYTOREMEDIATION OF LANDS CONTAMINATED WITH HEAVY METALS

**О. Родькин¹, Е. Урошевич², Д. Станкович³, Г. Триван², Б. Крстич⁴
A. Rodzkin¹, J. Urošević², D. Stanković³, G. Trivan², B. Krstić⁴**

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь
info@iseu.by,

²ЧП «Электропривреда Србие» (Электроснабжающая компания), Колубарский горнодобывающий бассейн, Светог Сава 1, Лазаревац, Республика Сербия
urosevicj75@gmail.com

³Институт междисциплинарных исследований Белградского университета, Кнеза Вишеслава 1, 11030 Белград, Республика Сербия
dstankovic@imsi.bg.ac.rs, gorantrivan@gmail.com

⁴Университет Нови Сад, Факультет Биологии и экологии, Trg Dositeja Obradovića 2, г. Novi Sad 21000, Республика Сербия
borivoj.krstic@dbe.uns.ac.rs

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

²ПЕЭлектропривреда Србие “ (Electrical Power Supply Company), Kolubara Mining Basin, Svetog Sava 1, Lazarevac, Republic of Serbia

³Institute for Multidisciplinary Research, University of Belgrade, Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade, Republic of Serbia

⁴University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Biology and Ecology, Trg Dositeja Obradovića 2, г. Novi Sad 21000, Republic of Serbia

Проблема загрязнения окружающей среды соединениями тяжелых металлов является одной из наиболее значимых, так как загрязнители могут интенсивно накапливаться в произведенной продукции. Одним из направлений решения является метод фиторемедиации или использование растений. Полученная с загрязненных территорий биомасса не может использоваться как продовольствие или корм, но пригодна для технических или энергетических целей. Представленные в публикации исследования направлены на оценку эффективности использования быстрорастущих клонов ивы для фиторемедиации загрязненных тяжелыми металлами почв.

The problem of environmental pollution with heavy metal compounds is one of the most significant, since pollutants can intensively accumulate in food products. One of the solutions is the phytoremediation method or the use of plants. The biomass obtained from contaminated areas cannot be used as food or feed, but is suitable for technical or energy purposes. The studies presented in the publication are aimed at assessing the effectiveness of using fast-growing willow clones for phytoremediation of the soils contaminated with heavy metals.

Ключевые слова: Тяжелые металлы, загрязненные почвы, фиторемедиация, ива, биологическое накопление.

Keywords: Heavy metals, contaminated soils, phytoremediation, willow, accumulation.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-165-169>

Загрязнение окружающей среды обуславливает увеличение содержания вредных соединений в почве, воздухе и воде, а следовательно в растениях и продуктах питания, которые потребляет человек. Наиболее негативное воздействие на организм связано с тяжелыми металлами. Одним из перспективных решений данной проблемы является применение растений для реабилитации загрязненных металлами территорий, то есть создание в таких местообитаниях устойчивых биоценозов, которые обеспечивают фиторемедиацию, то есть восстановление почвенных характеристик, а также позволяют эффективно использовать полученную фитомассу [1].

Название метода происходит от греческого слова «фитон» (растение) и латинского «ремедиум» (восстанавливать). Скорость восстановления или ремедиации почв будет тем выше, чем быстрее растение способно аккумулировать загрязнители. Принципиально важным фактором для фиторемедиации является возможность дальнейшего безопасного использования или утилизации биомассы. Например, хороший потенциал с точки зрения накопления тяжелых металлов имеют растения семейства крестоцветных, как дикорастущих, так и культурных видов. Но, в этом случае остается проблема эффективного использования полученной загрязненной биомассы, потенциально загрязненной соединениями тяжелых металлов. Использование такой биомассы на продовольственные или кормовые цели увеличивает риск накопления загрязнителей в продукции в пищевых цепях.

Таким образом, при оценке эффективности фиторемедиации надо учитывать ряд экологических, а также и экономических факторов. Активная аккумуляция загрязнителя и высокий уровень его содержания в биомассе в сочетании с интенсивным ростом культуры обеспечит быстрые темпы дезактивации почв. Но если биомассу нельзя использовать, то ее экологически целесообразная утилизация сопряжена с дополнительными экономическими затратами. В противном случае, например, при запашке биомассы ее захоронении на полигонах или сжигании речь идет только о перераспределении загрязнителей в экосистемах, и кроме того такая деятельность является экономически нецелесообразной.

В связи с этим более эффективным является направление фиторемедиации которое позволяет постепенно не только улучшать почвенные характеристики, но и одновременно обеспечивать использование биомассы. С этой точки зрения относительно невысокая скорость аккумуляции загрязнителей в продукции позволяет менее интенсивно, но неуклонно очистить почву и рационально использовать выращенную биомассу. Одним из направлений, отвечающих таким требованиям, является выращивание «энергетических» культур, биомасса которых может быть использована как возобновляемый источник для производства зеленой энергии.

Термин энергетические культуры включает травы, деревья и кустарники, выращиваемые для энергетических нужд. Такие культуры характеризуются значительной биомассой и высокими темпами роста. Среди травянистых культур потенциал для фиторемедиации имеют как культурные виды (мискантус), так и тростник, и другие виды естественной болотной растительности. С 70-х годов прошлого века, проводятся исследования по оценке эффективности использования быстрорастущих подвидов и гибридов древесных растений (ивы, тополя, осины, эвкалипта и других) для энергетических целей. Быстрые темпы роста таких видов возможны при селекции и использовании специальных быстрорастущих сортов или клонов. Энергетические или короткоцикловые посадки древесных культур (так как они могут быть использованы уже на 2-3 год после посадки) главным образом используют для получения биотоплива для целей возобновляемой энергетики.

Ивовые плантации, что установлено рядом исследований могут выращиваться на землях, загрязненных тяжелыми металлами. Растения ивы не обладают выраженными аккумулялирующими способностями, но вследствие быстрого прироста биомассы способны эффективно очищать почвы загрязненные Pb, Cd и другими элементами. Например, с одного гектара пашни при выращивании плантации на загрязненных землях с известкованных почв, с древесиной ивы выносилось 170 грамм кадмия и 13,4 кг цинка за пять лет, а с кислых почв 47 г кадмия и 14,5 кг цинка за два года [2].

В таксономическом отношении род ивы *Salix* представляет собой большой комплекс и по некоторым данным включает 350–370 видов [3], тогда как по другим литературным данным отмечается, что насчитывается даже более 400 видов ивы с более чем 200 гибридами [4].

Ива, используемая для производства биоэнергии, изучается как возможная фиторемедиационная культура с 1990-х годов [5]. Исследования показали весьма выраженную способность этих видов поглощать и накапливать большие количества цинка (Zn) и кадмия (Cd), и в то же время растения ивы обеспечивают значительный выход биомассы с единицы площади.

По результатам большого количества исследований можно сделать вывод, что каждый отдельный случай загрязнения тем или иным тяжелым металлом предполагает использование определенных генотипов ивы. Так, исследования, проведенные в различных экологических условиях, показали, что клоны видов *Salix alba* и *Salix dasyclados*, а также гибриды *Salix aurita* и *Salix dasyclados* являются перспективными энергетическими растениями для производства биомассы на деградированных, в том числе загрязненных почвах [5].

В настоящее время в доступной научной литературе не так публикаций посвященных влиянию тяжелых металлов на физиологические и морфометрические показатели растений ивы различных видов.

Целью наших исследований было изучение потенциала генотипов и сортов ивы на основе вида *Salix alba* в отношении фитоэкстракции и адаптации к присутствию в почве ряда тяжелых металлов.

Условия, объекты и методы исследований

В качестве объекта исследований использовались сорта и перспективные клоны ивы белой *Salix alba*

Растения ивы этого вида все более активно используются в селекционном процессе получения быстрорастущих клонов, которые могут быть эффективно использованы для энергетических целей. В частности, три сорта энергетической ивы, полученные на основе сортообразцов *Salix alba* сербской селекции (Бачка, Волмянка, Дрина) включены в национальный реестр Республики Беларусь. Исследования по оценке коэффициентов накопления тяжелых металлов в фитомассе этих сортов ивы проводились в условиях вегетационного эксперимента который был заложен на опытно-экспериментальной площадке Института природопользования НАН Беларуси. в МГЭИ им. А. Д. Сахарова. В качестве почвенного субстрата использовали иловые осадки сточных вод которые имеют повышенные концентрации таких тяжелых металлов как кадмий, свинец, никель, цинк, хром. Растения выращивали в вегетационных сосудах объемом 0,019 м³ [6].

В исследованиях, проведенных на факультете лесного хозяйства Белградского университета, изучались перспективные клоны *Salix alba*: В-44, 347 и NS 73/6. Растения высаживались на двух участках: контроль – незагрязненная почва и почва загрязненная тяжелыми металлами. Для дополнительного загрязнения использовали водные растворы солей ряда тяжелых металлов, а именно: Cd(NO₃)₂, CuSO₄, K₂Cr₂O₇, Na₂HAsO₄, NiCl₂·6H₂O и Pb(NO₃)₂ в концентрациях 10⁻³ моль/дм³ или в пересчете Cd – 112,4; Cu – 63; Cr – 104; As – 74,9; Ni – 58,7 и Pb – 207,2 мг/кг. Растения выращивали в контейнерах объемом 10 л. [7].

В качестве контрольного объекта в обоих экспериментах использовали растения ивы *Salix viminalis*. Растения этого вида наиболее интенсивно используются при селекции энергетической ивы в настоящее время.

Результаты исследований и их обсуждение. Тяжелые металлы, как установлено в многочисленных исследованиях оказывают неблагоприятное воздействие на морфологические показатели растений. Это воздействие в основном выражается в нарушении структуры хлоропластов, синтеза хлорофилла, каротиноидов, деструктивном действии на пигмент-белковые комплексы, конформацию и активность ферментов, перенос электронов в транспортных цепях дыхания и фотосинтеза и другие процессы.

Более интенсивное накопление кадмия и никеля в молодых листьях ивы приводит к нарушению фотосинтетического и дыхательного обмена. Этот уровень сохраняется некоторое время, а по мере старения листа он начинает снижаться, в результате чего старые листья вносят меньший вклад в продукцию органического вещества, чем молодые.

В результате экспериментов на опытном участке в Сербии установлено, что по средним значениям растения всех клонов, полученные на незагрязненной почве, по высоте и другим морфологическим параметрам на 70–90 % превосходили растения, выращенные на почве загрязненной тяжелыми металлами (таблица 1).

Таблица 1

Высота клонов ивы на незагрязненной и загрязненной почве

Контроль - незагрязненная почва			
	2019 год	2020 год	2021 год
I - <i>Salix viminalis</i> – Ива прутовидная	104.2	187.7	206.9
II - <i>Salix alba</i> – клон Б-44	106.8	191.3	216.9
III - <i>Salix alba</i> – клон 347	140.4	272.3	293.5
IV - <i>Salix alba</i> – клон НС 73/6	129.1	162.3	177.4
Загрязненная почва			
	2019 год	2020 год	2021 год
I - <i>Salix viminalis</i> – Ива прутовидная	56,5	114,8	122,1
II - <i>Salix alba</i> – клон Б-44	43,8	111,2	110,4
III - <i>Salix alba</i> – клон 347	61,4	132,8	125,5
IV - <i>Salix alba</i> – клон НС 73/6	66,1	119,4	119,8

Полученные результаты показывают, что растения, выращенные на загрязненной почве, почти в два раза меньше по высоте ($H_{sr} = 120$ см), чем контрольные (незагрязненной почве) растения ($H_{sr} = 223$ см). При этом наблюдалась специфичность клонов к условиям произрастания. Если на незагрязненной почве выделялись растения варианта № 3, то на загрязненной растения 4-го варианта.

Специфичность сортов ивы к накоплению тяжелых металлов подтверждается результатами экспериментов, проведенных в условиях Беларуси (рисунок 1). В соответствии с полученными результатами можно констатировать наличие сортовой специфичности к накоплению тяжелых металлов на почвенных субстратах на основе твердых осадков сточных вод. Более низкие показатели содержания кадмия, свинца, никеля и хрома установлены для сорта Дрина. Содержание в биомассе сорта Дрина цинка незначительно отличалось от сорта Бачка. Наиболее интенсивная аккумуляция тяжелых металлов наблюдалась у сорта Ингер, который относится к сортам интенсивного типа.

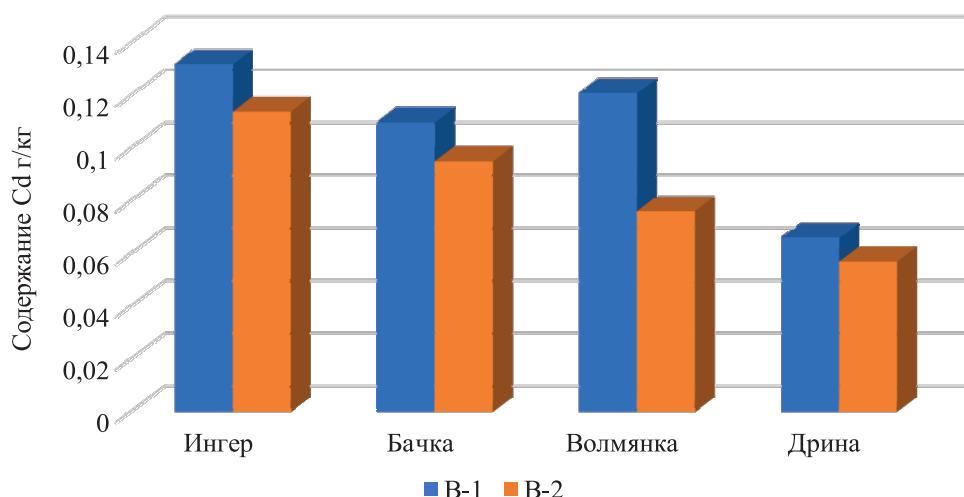


Рисунок 1 – Содержание кадмия в фитомассе сортов ивы на двух типах почвы

Коэффициенты биологического накопления тяжелых металлов также зависят от сорта растений. Наиболее низкие коэффициенты биологического накопления характерны для сорта Дрина (таблица 2).

Таблица 2
Коэффициенты биологического накопления тяжелых металлов в фитомассе растений ивы

Сорт	Cd		Pb		Ni		Cr		Zn	
	В-1	В-2	В-1	В-2	В-1	В-2	В-1	В-2	В-1	В-2
Ингер	0,066	0,050	0,058	0,068	0,057	0,059	0,262	0,131	3,013	4,600
Бачка	0,055	0,041	0,049	0,057	0,069	0,071	0,160	0,080	1,808	2,849
Волмянка	0,061	0,033	0,044	0,063	0,046	0,047	0,058	0,029	1,904	2,907
Дрина	0,033	0,025	0,019	0,023	0,034	0,035	0,044	0,022	1,570	2,551

Наиболее высокие коэффициенты биологического накопления наблюдались для сорта Ингер. Рассчитанные показатели биологического накопления позволяют прогнозировать содержание тяжелых металлов в биомассе растительной продукции. Очевидно, что этот фактор необходимо принимать во внимание при планировании использования субстратов на основе твердых осадков сточных вод для получения биомассы различного назначения.

Заключение. Основным фактором, определяющим поиск альтернативных технологий рекультивации, в том числе фиторемедиации является стоимость. Необходимо, также, чтобы процедуре фиторемедиации предшествовал учет таких факторов, как свойства почвы, наличие и тип загрязняющих веществ, климат, тип растений и т. д.

В соответствии с представленными по результатам экспериментов данными можно сделать следующие выводы:

- Быстрорастущие клоны ивы могут эффективно использоваться для получения биомассы на загрязненных тяжелыми металлами землях, но необходимо учитывать фактор снижения продуктивности, величина которого зависит от клона и вида растений. Полученные результаты показывают, что растения, выращенные на загрязненной почве, почти в два раза меньше по высоте ($H_{sr} = 120$ см), чем контрольные (незагрязненной почве) растения ($H_{sr} = 223$ см). Тем не менее рубку (уборку) можно производить у растений после второго года жизни на обоих вариантах – загрязненной и незагрязненной почве;

- Коэффициенты биологического накопления тяжелых металлов в фитомассе растений ивы также зависят от вида растений ивы. Проведенный дискриминантный анализ (КДА) на содержание тяжелых металлов (мг/кг) в органах растительного материала четырех генотипов ивы свидетельствуют о том, что способность накапливать тяжелые металлы у биомассы на незагрязненной и загрязненной землях различий между анализируемыми

органами и генотипами ивы. Этот фактор необходимо учитывать при оценке возможности хозяйственного использования биомассы в том числе в энергетических целях.

- Для эффективной рекультивации загрязненных тяжелыми металлами почв с учетом использования наземной биомасс необходимо учитывать ряд экологических и экономических факторов. К экологическим факторам относится дезактивация почв от загрязнителей, которую рекомендуется осуществлять при одновременном использовании растительной биомассы. Быстрые темпы дезактивации почв может обеспечить интенсивная аккумуляция загрязнителя в биомассе культуры в сочетании с быстрыми темпами роста и накоплением биомассы. Экологически целесообразная утилизация несмотря на дополнительные экономические затраты позволит производить продукцию на основе биомассы для дальнейшего использования;

- Одним из направлений, отвечающих таким требованиям, является выращивание «энергетических» культур, биомасса которых может быть использована как возобновляемый источник для производства зеленой энергии. Перспективным направлением биоэнергетики является использование короткоциклового плантаций древесных культур для целей рекультивации, эффективность которого обуславливается быстрыми темпами роста и соответственно накопления биомассы и тем, что однократно заложенная плантация может расти на том же месте более 20 лет не теряя продуктивности, при этом уборка биомассы осуществляется каждые 3-4 года. Следовательно, перераспределение загрязнителей в другие экосистемы за этот период будет минимальным. Кроме того, экспериментально установлено, что себестоимость единиц энергии производимой из биомассы короткоциклового плантаций ивы существенно ниже по сравнению с другими энергетическими культурами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pilon-Smiths, E. (2005): Phytoremediation. Annual Review of Plant Biology 56: p. 15–39.
2. Landberg, T., Greger, M. (1996): Differences in uptake and tolerance to heavy metals in *Salix* from unpolluted and polluted areas. Appl. Geochem, 11, p. 175–180.
3. Тахтаджян, Л. А. (1981): Цветковые растения (Flowering plants) Том пятый, Часть вторая, Просвещение, Москва, 81–86.
4. Newsholme, C. (1992): Willows: The Genus *Salix*. Batsford. London. Ltd. p. 224. No 129, 7-16.
5. Landberg T, Greger M. (1994): Can heavy metal tolerant clones of *Salix* be used as vegetation filters on heavy metal contaminated land? In: Aronsson, P., Perttu, K. (Eds.). Willow vegetation filters for municipal wastewaters and sludges. A biological purification system. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, pp. 133–144.
6. Urošević J.D., Rodzkin O.I., Stanković D.M. ... Trivan G.Dj. Jovanović, F. A The influence of heavy metals on morphological and physiological parameters of *Salix* clones. Journal of the Belarusian State University. Ecology 2023,4,104–113.
7. Urošević J, Stanković D, Jovanović D, Trivan G, Rodzkin A, Jović Đ, Jovanović F. Phytoremediation Potential of Different Genotypes of *Salix alba* and *S. viminalis*. Plants. 2024; 13(5):735.

ЗАВИСИМОСТЬ ДЛИТЕЛЬНОСТИ МЕЖЛИНОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ ОТ МАССЫ ТЕЛА У МРАМОРНОГО РАКА *PROCAMBARUS VIRGINALIS*

DEPENDENCE OF THE LENGTH OF THE INTER-LARVAL INTERVAL ON THE BODY WEIGHT OF THE MARBLED CRAYFISH *PROCAMBARUS VIRGINALIS*

Е. А. Улащик, Джу Юй

E. A. Ulashchik, Zhu Yu

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
ulasikekaterina@gmail.com

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus*

В настоящей работе описана зависимость длительности межлиночных интервалов от массы тела у речных раков, на примере мраморного рака *Procambarus virginalis*, который быстро распространяется по пресным водоемам Евразии и Африки с начала XXI столетия. Было выяснено, что длительность межлиночных интервалов возрастает с увеличением массы тела особей и сокращается с ростом температуры.

This paper describes the dependence of the duration of interfinal intervals on body weight in river crayfish using the example of the marbled crayfish *Procambarus virginalis*, which has spread rapidly in freshwaters of Eurasia and Africa since the beginning of the 21st century. It has been found that the duration of interfinal intervals increases with the body weight of the individuals and decreases with increasing temperature.

Ключевые слова: биологические инвазии, инвазивный потенциал, мраморный рак, длительность межлиночных интервалов, температурные пределы.

Keywords: biological invasions, invasive potential, marbled crayfish, duration of inter-lining intervals, temperature limits.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-169-173>

Введение. Рост ракообразных является динамическим процессом, который сопровождается периодически линьками. Во время линьки ракообразные сбрасывают старые внешние покровы, которые мешают их росту. После этого происходит скачкообразное увеличение массы тела в первые несколько суток после линьки, пока новые внешние покровы не затвердеют. Однако на протяжении остальной части межлиночного периода масса особей остается весьма стабильной.

Благодаря частоте линек и величинам приростов массы тела за отдельные межлиночные интервалы можно реконструировать кривые соматического роста десятиногих раков (Голубев, Улащик, 2022) [1]. Недавно были проведены исследования в этом направлении на примере партеногенетического мраморного рака *Procambarus virginialis* Lyko, 2017, который начал быстро расселяться по пресным водоемам Евразии и Африки со времени начала XXI столетия (Kouba et al., 2014) [2].

Таким образом, мы можем заключить, что линька является необходимой составляющей процесса роста ракообразных. Изучение её частотности и характеристик приростов массы тела может помочь нам более глубоко понять динамику развития этих животных.

Материал и методы. В период с 2015 по 2023 годы были проведены исследования на особях из лабораторной культуры *P. virginialis*, которые содержались в МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ. Данная культура была получена от единственной материнской особи и находилась в помещении с плохой системой отопления зимой и высокой температурой летом, где температура колебалась от 13 до 16 °C в декабре-феврале и до 28 – 32 °C в июле-августе. Однако такие условия позволили оценить воздействие температурного фактора на частоту линек у *P. virginialis*.

Ювенильные особи в возрасте 2-3 недель рассаживались поодиночке в сосуды объемом 1 литр, а затем по мере роста переводились в более крупные аквариумы с объемом воды до 5 литров. Все емкости проверялись не реже чем один раз за 1-2 дня для регистрации дат отдельных линек и вымета самками яиц на плеоподы. После каждой линьки и выхода молодых особей из яиц, животных взвешивали. Для дальнейшего анализа использовали значения только длительности промежутков времени между двумя последовательными линьками, при условии, что самки не выметывали яйца и не вынашивали их.

Ежедневно температура воды определялась для расчета средних значений за отдельные периоды эмбрионального развития и межлиночные интервалы. Животных кормили живыми личинками хирономид *Chironomus sp.*, а также молодью дафний *Daphnia magna*, которые задавались с избытком питательных элементов. Не менее дважды за неделю проводилась полная смена воды во всех емкостях.

Весь анализ статистических показателей проводился программным обеспечением STATISTICA 8, а для оценки достоверности средних значений использовался непараметрический критерий Манна-Уитни при уровне значимости $p < 0,05$ для определения различий между параметрами животных.

Результаты и обсуждение. Длительность межлиночных интервалов (D_m) у всех видов ракообразных возрастает с увеличением массы тела особей и сокращается с ростом температуры (Хмелева, Голубев 1984) [3]. Поэтому для устранения воздействия температурного фактора на величины D_m все имеющиеся данные для *P. virginialis* были разделены на отдельные температурные интервалы (таблица 1). Для каждого из них рассчитаны уравнения зависимостей между массой особей сразу же после линьки (W_i , г) и последующего межлиночного интервала (D_m сутки).

Таблица 1

Параметры уравнения (1) зависимости длительности межлиночных интервалов от массы тела *Procambarus virginialis*

Температурный интервал, °C	Средняя температура, °C	Диапазон массы особей, г	p	q	r*	W_{i+1}/W_i
15,3 – 17,1	16,5	0,148-9,484	45,0	0,2871	0,6382	1,41439
17,5 – 18,9	18,2	0,064-6,950	41,8	0,2185	0,5481	1,28005
19,1 – 20,8	19,7	0,063-6,650	34,0	0,3353	0,7642	1,36185
21,0 – 22,8	22,0	0,200-4,786	24,9	0,5480	0,7100	1,30294
22,9 – 25,2	23,9	0,246-20,52	31,4	0,4275	0,7479	1,33281
25,3 – 28,9	26,2	0,154-4,538	28,3	0,4478	0,7736	1,33145

* - коэффициент корреляции между $\lg D_m$ и $\lg W$

Как оказалось (рисунок 1), во всех температурных интервалах зависимость между указанными параметрами у *P. virginialis*, как и у других видов ракообразных, хорошо аппроксимируется степенным уравнением:

$$D_m = pWq, \quad (1)$$

где p и q – эмпирические коэффициенты.

В двойных логарифмических координатах уравнение (1) трансформируется в уравнение прямолинейно регрессии вида:

$$\lg D_m = \lg p + q \lg W \quad (2)$$

Значения степенных коэффициентов q находятся в пределах от 0,2185 до 0,5480, что говорит о достаточно слабом возрастании длительности межлиночных интервалов с массой особей. Тем не менее значения коэффициентов корреляции r достаточно высоки от 0,5481 до 0,7736, что говорит о статистически значимой связи между этими параметрами.

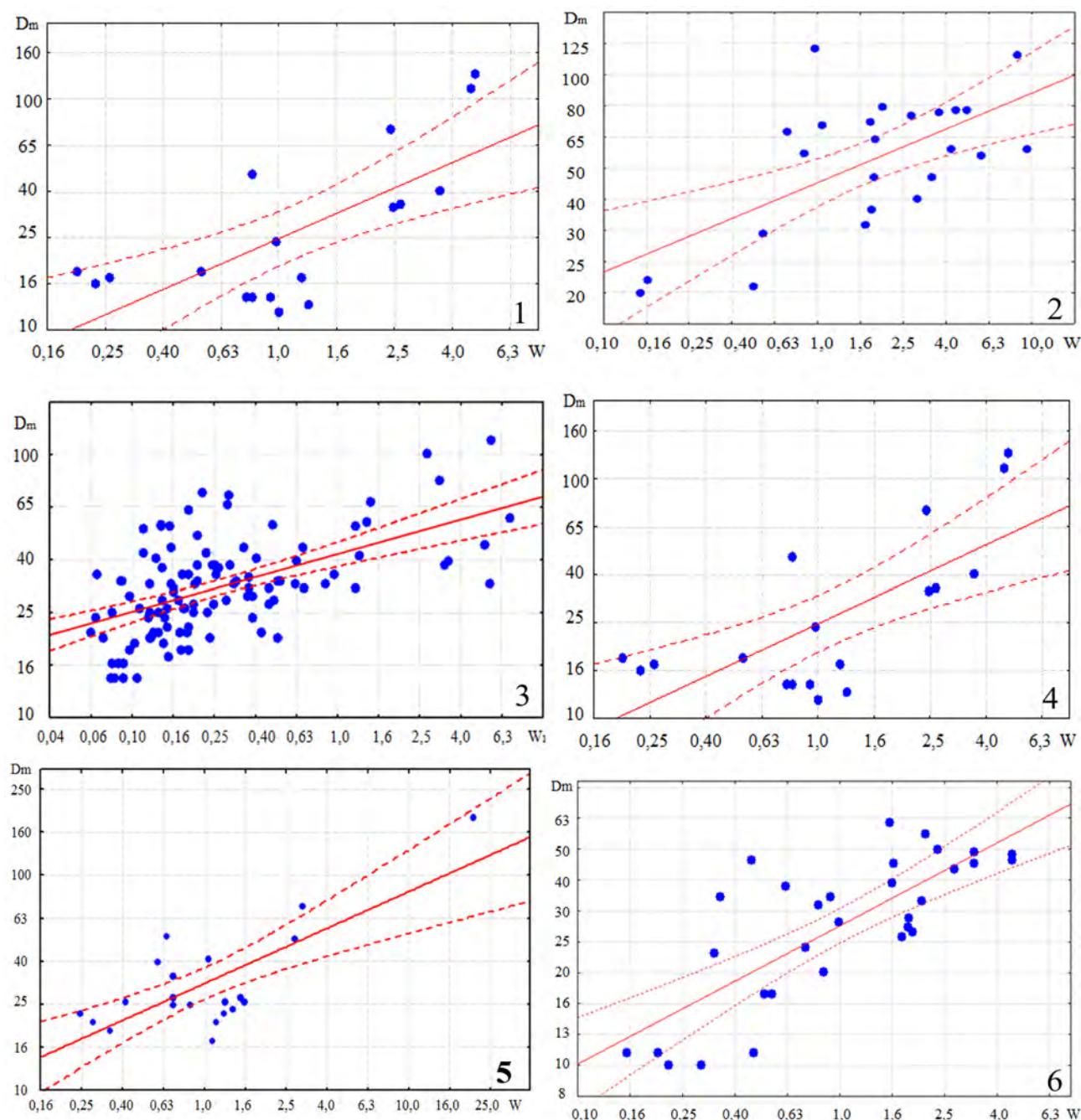


Рисунок 1 – Зависимость межлиночных интервалов (D_m , сутки) от массы тела (W , г) перед предыдущей линькой у мраморного рака в различных температурных интервалах:
1. 15,3–17,1 °C; 2. 17,5–18,9 °C; 3. 19,1–20,8 °C; 4. 21,0–22,8 °C; 5. 22,9–25,2 °C; 6. 25,3–28,9 °C

В связи с значительными диапазонами изменений W обе шкалы представлены в логарифмических координатах. Прямые – линии регрессии уравнения (2), пунктир - уровень значимости 95 %.

Соотношение между массой тела у особей после последующей ($W_{i+1,г}$) и предыдущей ($W_i, г$) во всех сериях экспериментов изменялись в очень широких пределах (рисунок 2). Однако статистически значимых различий между любыми парами сравнений в сериях установлены не были (во всех случаях $p > 0,1$).

Среднее значение W_{i+1}/W_i для всех полученных нами данных составило 1,34. Этот показатель соответствует таковому для многих видов речных раков. Например, у широкопалого рака *Astacus astacus* он составлял 1,43 (Голубев, Улащик, 2022) [1].

Для особей из разных температурных интервалов, номера которых соответствуют таковым на рисунке 1. Кружки – среднее значение, прямоугольники – ошибка средней, усы – стандартное отклонение.

Для нахождения нижних температурных пределов протекания линек целей определена связь между частотой линек ($1/D_m$, сутки⁻¹) и средней температурой (t , °C) у особей *P. virginalis* из пяти размерных групп – 0,2 г, 0,5 г, 1,0 г, 1,5 г и 3,0 г (рисунок 3). Первые две группы представляют ювенильных особей, две последующих – особи, достигшие половой зрелости, но производившие чаще всего абортивные кладки. Особи пятой, самой крупной размерной группы уже начинают производить жизнеспособные кладки.

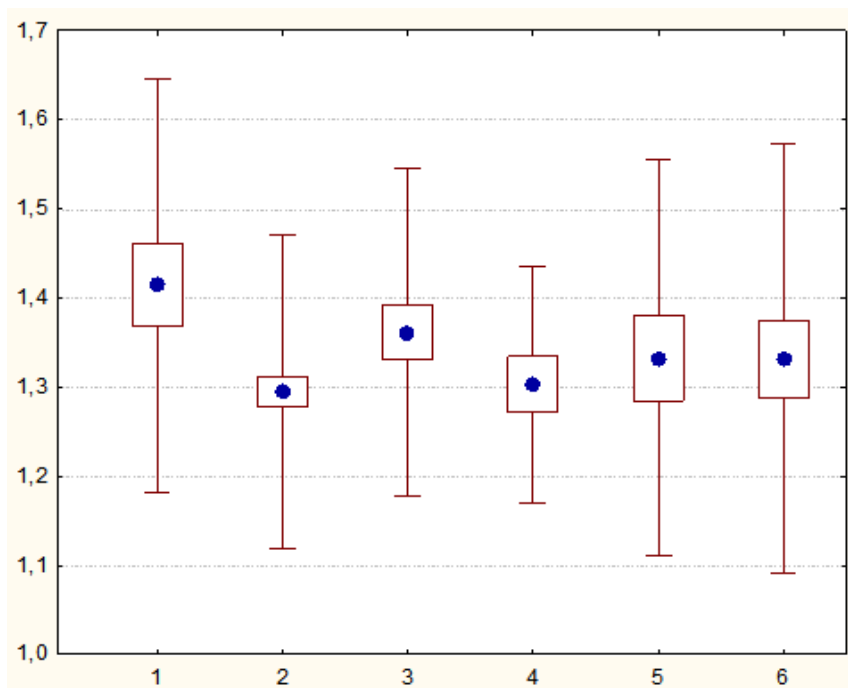


Рисунок 2 – Изменение соотношения между массой тела особей после последующей (W_{i+1}) и предыдущей (W_i) линек

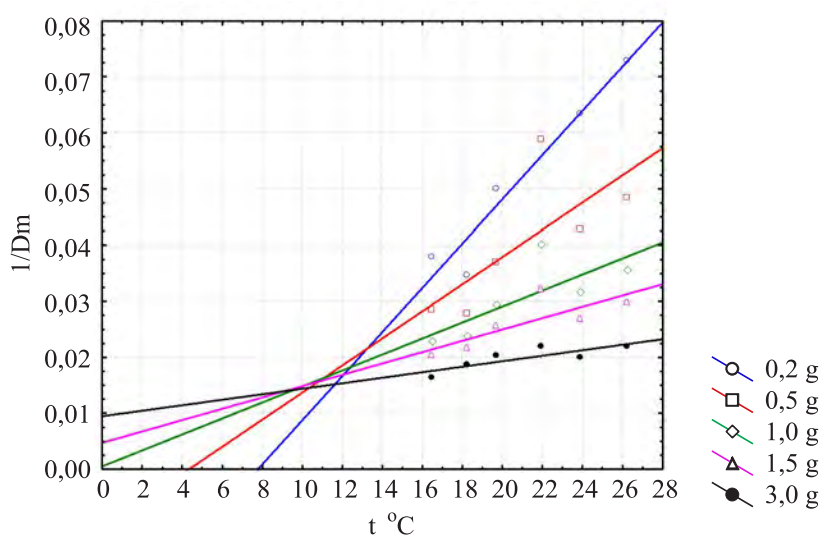


Рисунок 3 – Соотношения частоты линек ($1/D_m$, сутки⁻¹) от средней температуры (t , °C) у особей *P. virginalis* из пяти размерных групп: 0,2 г, 0,5 г, 1,0 г, 1,5 г и 3,0 г

Видно, что температура биологического нуля для $1/D_m$ для ювенильных особей *P. virginalis* (4 – 8 °C) существенно выше, чем для более крупных размножающихся (около 0 °C). Следовательно, по нашим данным особи данного вида могут линять, т.е. расти при температурах ниже 8 °C, что подтверждается и данными других авторов. Так, в экспериментах, проведенных в Эстонии с половозрелыми самками *P. virginalis*, содержащихся зимой в емкости на открытом воздухе, по меньшей мере, одна особь облиняла за 30-дневный период, когда температура воды изменялась в пределах 5,1 – 9,5 °C (Kaldre, 2018) [4].

Значения температурного коэффициента Вант-Гоффа (Q_{10}) в интервале 16,5 – 26,2 °C для величин $1/D_m$ снижаются с увеличением массы особей (рисунок 4). Следовательно, по мере увеличения массы *P. virginalis* влияние повышения температуры на скорость соматического роста этого вида снижается.

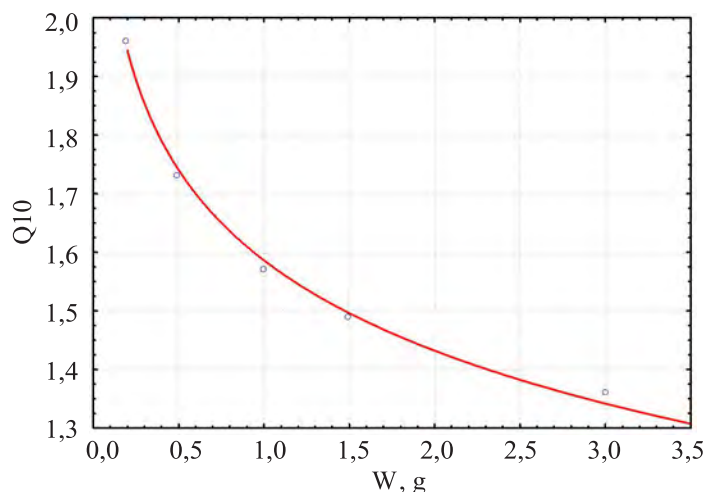


Рисунок 4 – Значения температурного коэффициента Вант-Гоффа (Q_{10}) в интервале 16,5 – 26,2 °C для *P. virginalis*

Заключение. С увеличением массы особи увеличивается длина межлиночного интервала. Так как рост рака напрямую зависит от процесса линьки, то на основе полученных данных можно разработать рекомендации по прогнозированию потенциальных возможностей роста *P. virginalis* в условиях непрерывного выращивания. Также для прогнозирования процессов роста у реальных и потенциальных инвазивных видов десятиногих раков за пределами их материнских ареалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубев, А. П., Улащик, Е. А. Математическое моделирование процессов непрерывного роста широкопалого рака *Astacus Astacus* (Decapoda, Astacidae) в условиях аквакультуры / А. П. Голубев, Е. А. Улащик // Актуальные проблемы охраны животного мира в Беларуси и сопредельных регионах : материалы II Международной научно-практической конференции, Минск, 11–14 октября 2022 г., г. Минск, Республика Беларусь / Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам»; ред. колл. : А.В. Кулак [и др.]. – Минск : А. Н. Вараксин, 2022. – С. 106–112.
2. Kouba, A. Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps / A. Kouba, A. Petrusek, P. Kozák // Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems. – 2014. – Vol. 413, N 5. – p.31. <https://doi.org/10.1051/kmae/2014007>.
3. Хмелева Н.Н., Голубев А.П. Продукция кормовых и промысловых ракообразных. Минск: Наука и техника. 1984. – 216 с.
4. Kaldre, K. Invasive non-indigenous crayfish species as a threat to the noble crayfish (*Astacus astacus* L.) populations in Estonia / K. Kaldre // A thesis for application for the degree of Doctor of Philosophy in Agricultural Sciences. – 2018. – 124 p.

**THE CURRENT STATE OF THE PROCAMBARUS CLARKII,
(DECAPODA, ASTACIDEA) AQUACULTURE IN CHINA**
**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АКВАКУЛЬТУРЫ PROCAMBARUS CLARKII,
(DECAPODA, ASTACIDEA) В КИТАЕ**

Zhu Yu, A. P. Golubev, K. A. Ulashchuk
Джу Юй, А. П. Голубев, Е. А. Улащик

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus
zhuyu@iseu.by

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ*
г. Минск, Республика Беларусь

This research provides a detailed analysis of the economic importance and environmental impact of freshwater crayfish farming, with particular emphasis on the rapid development of China's crayfish farming industry and the challenges it faces, such as environmental pollution, ecosystem damage, and the need for sustainable farming practices. The paper explores farming practices in different regions, including pond farming and rice field farming, and points out issues such as low reproductive survival rates, seedling breeding issues, immature overwintering techniques and invasive species control. Finally, future research directions are proposed, including environmental change, biodiversity conservation, and aquaculture technology.

В данном исследовании представлен подробный анализ экономического значения и воздействия на окружающую среду разведения пресноводных раков с особым акцентом на быстрое развитие раководческой отрасли в Китае и стоящие перед ней проблемы, такие как загрязнение окружающей среды, разрушение экосистемы и необходимость применения устойчивых методов ведения хозяйства. В статье рассматриваются методы разведения раков в различных регионах, в том числе в прудовом хозяйстве и на рисовых полях, и отмечаются такие проблемы, как низкая репродуктивная выживаемость, проблемы выращивания рассады, методы перезимовки незрелых особей и борьба с инвазивными видами. Наконец, предлагаются направления будущих исследований, включая изменение окружающей среды, сохранение биоразнообразия и технологии аквакультуры.

Keywords: Crayfish, Freshwater crayfish, Crayfish farming, Current status.

Ключевые слова: раки, пресноводные раки, разведение раков, современное состояние.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-174-177>

Introduction. In the era of globalization, global trade and human mobility have led to the cross regional spread and invasion of a large number of biological species. Freshwater red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, native to North America, is a freshwater crustacean that is widely farmed and has consumed worldwide. Over the past few decades, freshwater crayfish have become an important part of the aquaculture industry around the world due to their strong adaptability, rapid growth rate and good market demand. Especially in China, freshwater crayfish are not only loved by consumers as an important aquatic food, but also become an important industry to promote rural economic development [1].

The rapid growth of freshwater crayfish farming has not been without problems, however. Environmental pollution, ecosystem destruction and biological invasion have become increasingly prominent, posing a threat to local ecosystems and biodiversity. In addition, with the advancement of aquaculture technology and the growth of market demand, the freshwater crayfish farming industry is facing more and more challenges, including how to achieve sustainable development, reduce environmental impact, improve farming efficiency and quality control. These challenges require farmers, researchers and policymakers to work together to find solutions to ensure the healthy development of freshwater crayfish farming [2].

This research aims to comprehensively analyze the current situation of freshwater crayfish culture, and examine its economic value, environmental impact and main challenges from a domestic and international perspective. Through a review of existing literature and case studies, this research will provide insight into trends in freshwater crayfish farming and explore possible paths to sustainable farming practices.

Overview of crayfish farming. Crayfish, also called *Procambarus clarkii* [3], is an omnivorous aquatic animal that first entered the lakes, ponds and rivers of the Yangtze River Basin in China. Under normal circumstances, animal food and plant food can be eaten at the same time. Have strong climbing and digging abilities. The breeding cycle is one year, and the breeding seasons are mainly from April to June and August to October, that is, the three seasons of spring,

autumn and winter. Although crayfish grow at an alarming rate, the number of eggs each female shrimp carries is very small, only about 200 to 300 eggs. And there is no guarantee that every shrimp fry will survive successfully. The process of farmers cultivating shrimp seedlings into shrimps takes two months in the alpine regions of northern China. The size of the shrimp seedlings can reach 25 to 50 g, and they have reached commercial standards and can be harvested and sold. In China, artificial breeding has gradually expanded to many places across the country, and now dominant populations have been formed in many places. It is an important aquatic economic breeding animal in China, and it also a famous and high-quality aquatic product popular with consumers. Because the efficiency of breeding in the Yangtze River Basin provinces such as Hubei, Anhui, Jiangsu, Hunan, and Jiangxi are very significant, and the profit of crayfish farming in rice fields is more than 2,000 yuan per mu, it has attracted great attention from aquaculture operators and rice growers in the Northeast region.

The development history of crayfish farming in Northeast China is relatively short, especially in Heilongjiang Province, where the farming history is no more than five years as of 2019. Although it started late, crayfish farming has spread rapidly in the province and currently has more than 2,000 acres of farming area. Most of these farms are located in ponds and rice fields. Specifically, there are crayfish in the suburbs of Jiamusi City, Huachuan County, Boli County, Shuangcheng District, Tonghe County, Shuangyashan City, Anda City, Songhuajiang Farm, Qianfeng Farm, Qindeli Farm and other places. Farming activities indicate that crayfish farming is geographically dispersed.

In terms of breeding scale, although farmers are generally scattered, larger entities like Jiamusi Senjia Aquaculture Co., Ltd. and the Xincun Zhonghe Rice Farmers Professional Cooperative Federation in Xiangshun Town, Tonghe County have emerged. These enterprises, through their large-scale and professional operations, serve as models and leaders in the regional crayfish farming industry.

In terms of farming mode, crayfish farming in Heilongjiang Province mainly adopts two methods: pond farming and rice field farming. Pond culture facilitates the management and control of the culture environment, while rice field culture takes advantage of the complementarity between the rice field ecosystem and the growth needs of crayfish to achieve an agri-fishery complex culture model. In addition, a few farmers are also trying to stock crayfish in lakes and reservoirs to explore more diversified farming methods. In the future, with technological advancement and increasing market demand, the crayfish farming industry in Heilongjiang Province and even the entire Northeast region is expected to further develop and expand.

Pond culture. Using pond culture requires certain requirements for pond conditions. Farmers must first choose flat, clay, silt, sand soil with moderate content. According to the actual situation, dig a shallow pond with a depth of about 1.5 meters and a slope ratio of about 1:2.5. Before stocking shrimp seed, the pond needs to be disinfected. Quicklime or bleaching powder can be dissolved and put into the pond water [4]. Following the disinfection and drainage process, ensuring optimal water conditions is crucial, including testing for quality to guarantee an adequate supply and maintaining clear drainage channels to prevent pollution. Additionally, enriching the pond with approximately 500 kilograms of livestock manure per 667 square meters fosters the growth of natural crayfish feed. Surrounding the pond with plastic films also helps in preventing crayfish escape. In 2018, Senjia Aquaculture Co., Ltd., situated in Jiamusi City of Heilongjiang Province in Northeast China, initiated a groundbreaking pilot project to assess the viability of crayfish pond farming in the area, focusing on overwintering strategies.

The company selectively used three ponds for this purpose, conducting thorough experiments on crayfish cultivation and overwintering. These efforts not only confirmed the practicality of crayfish farming under the local cold temperate climate conditions but also offered valuable technical insights for effective overwintering, thereby establishing a groundwork for the sustainable growth of crayfish farming in colder regions. Encouraged by the positive outcomes of the 2018 trial, Senjia Aquaculture Co., Ltd. decided to broaden the extent and reach of crayfish farming in 2019, building on its initial findings. The company persisted in its breeding trials and ventured into creating a dedicated crayfish seed-breeding facility, aimed at securing a consistent availability of high-quality larvae, thereby enhancing the efficiency and survival rates of breeding. The establishment of a seed-breeding center marked a significant step towards developing a comprehensive industry chain, encompassing everything from seed breeding to mature crayfish cultivation, substantially elevating the specialization and scale of the farming operations [5].

To further enhance breeding scale and advance the local crayfish sector, Senjia Aquatic Products has embraced a “company + farmers” collaborative approach. This strategy involves the company supplying top-grade shrimp seedlings and also taking responsibility for purchasing mature crayfish, thereby minimizing market risks for farmers and boosting their enthusiasm towards cultivation. Leveraging this model, the company utilizes over 150 acres of its own ponds for crayfish farming and has motivated local farmers with an additional 400 acres of pond space to engage in crayfish cultivation, significantly propelling the growth and expansion of the local crayfish farming industry.

The initiatives undertaken by Senjia Aquaculture Co., Ltd. have been transformative, not just for crayfish pond farming in Heilongjiang Province and the wider Northeast region, but also in terms of economic stimulation and job creation for the local fishing community. Moreover, their efforts have beneficially impacted local agriculture and the fisheries sector’s sustainable growth. Through ongoing technological advancements and explorations of new models, Senjia Aquatic Products not only drives the regional crayfish industry forward but also offers insightful experiences and benchmarks for other areas looking to develop similar ventures.

Rice farming. To raise crayfish in rice fields, you need to plant rice straw. The more straw you plant, the more crayfish will grow in the pond. However, the area planted with rice straw should not be too large to avoid underwater hypoxia caused

by too much rice straw, thereby inhibiting the growth of crayfish. Therefore, rice straw can have been planted in shallow water around the pond, such as hydrilla *Hydrilla verticillata*, water hyacinth *Eichornia crassipes* and other aquatic plants. It not only provides good nutrition for crayfish, but also provides a good place for molting, habitat and hiding.

Since 2016, Heilongjiang Province has made significant progress in cultivating crayfish in rice fields, with Songhuajiang Farm being an example. The farm uses 34.5 acres of rice fields to stock crayfish and releases 500 kilograms of shrimp seedlings. This “commercial shrimp + organic rice” farming model not only increases the profit per mu to 3,400 yuan, which is 2,600 yuan higher than the profit per mu of traditional rice cultivation, but also provides new ideas for the sustainable development of local agriculture. The successful practice of this model not only increases farmers’ income, but also promotes the development of ecological agriculture. By 2019, this integrated rice and crayfish farming model has been further promoted and applied in Zhonghe Rice Farmers Professional Cooperative Federation, Xincun, Xiangshun Town, Tonghe County. In the rice demonstration area of more than 500 acres, 4,000 kilograms of crayfish seedlings have been stocked. At the same time, it is planned to build a 2,000-square-meter nursery workshop to raise seedlings by itself, aiming to further expand the scale and influence of the rice-shrimp model. In addition, the Xue Qiang Family Farm in Youyi Village, Xianyuan Township, Anda City also placed 550 kilograms of crayfish seeds in its 22-acre rice demonstration area, further verifying the applicability and effectiveness of the rice-shrimp model in different regions. The Key Laboratory of Comprehensive Planting and Breeding of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs (located at the Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences) has also conducted experiments on a new model of integrated planting and breeding in cold areas - the shrimp-rice model. On June 13, 2019, the Brothers Ecological Planting and Breeding Cooperative of Hongwei Township, Lindian County, released 900 kilograms of crayfish seeds in a 38-acre rice demonstration area. The test of this new model not only enriches the comprehensive cultivation practice of rice and crayfish in cold areas, but also provides strong support for the innovation of agricultural production methods in the region. As one of the pioneers of this model, Jiamusi Senjia Aquatic Products Company not only implements integrated rice and crayfish farming in its own breeding base, but also drives more than 300 acres of surrounding farmland to adopt this model, significantly improving the overall benefits of local agriculture and the ecological environment.

On June 27, 2019, the 10,000-acre shrimp-rice high-efficiency agricultural industry demonstration project base in Daliu Village, Xiaowuzhan Town, Boli County introduced 2,250 kilograms of high-quality crayfish seeds from Xuyi, Jiangsu. This move not only verified the possibility of exploring the potential of crayfish farming in cold areas, but also explored a new operating model - government + company + base (cooperative) + farmers. This model is planned and implemented by Heilongjiang Huizhifeng Technology Co., Ltd., which not only covers the investment, construction and operation of the shrimp and rice industrial park, but also provides technical training and services to personnel and farmers throughout the industry chain. By ensuring the purchase of shrimp seedlings, adult shrimp and shrimp rice at the base through orders, this model effectively integrates resources, promotes the efficient operation of the industrial chain, and provides new impetus and direction for the agricultural development of the local and even the entire Northeast region.

Problems faced by crayfish farming:

Low Breeding Survival Rate. Since crayfish seeds are completely dependent on seeds from other provinces, small lobster seeds are not resistant to long-distance transportation, and there will be certain delays during transportation. mortality rate. Even if the surviving seedlings are transported, the initial stocking during this period, especially in the first week, the mortality rate is as high as 30 %. Other in addition, exotic crayfish species carry diseases.

Problems with seed breeding. In China, the crayfish industry in the Yangtze River Basin provinces has a long history. The crayfish in these areas mainly rely on self-propagated seedlings, forming a mature self-propagated and self-breeding system. As the crayfish farming industry expands northward, regions like Heilongjiang Province in the Northeast have started engaging in this sector. Despite the climate here being quite different from that in the Yangtze River Basin, sightings of egg-bearing crayfish and naturally reproducing crayfish in Heilongjiang Province over the past two years suggest the potential for crayfish farming in colder area.

While Heilongjiang Province shows promising signs of crayfish self-reproduction, large-scale production remains elusive. Challenges such as the cold climate’s adverse effects on juvenile crayfish, impacts on their reproductive cycles and survival rates, and the need to effectively mimic their natural habitat for successful egg-laying and hatching are significant. These issues highlight that crayfish farming in the North is still in its infancy, with self-reproduction and breeding techniques far from the advanced stages seen in the Yangtze River Basin.

Breeding and overwintering technology is immature. As crayfish farming expands northward into regions like Heilongjiang, its growth catches widespread interest. Breeders, eager to dive into this new territory, often replicate the farming techniques from the South. Yet, overlooking the stark climate and water environment differences leads to subpar outcomes and numerous failures. Heilongjiang’s long, harsh winters, spanning nearly half a year, demand unique adaptations for crayfish growth cycles and breeding conditions. Unlike the southern provinces, where the warmer climate allows for two crayfish farming cycles annually, such a double-crop model is nearly impossible in Heilongjiang due to its harsh winters. A major challenge for local farmers is mastering overwintering techniques to ensure crayfish survival through the long winter months.

Given the shorter suitable farming season, it’s crucial that crayfish farming techniques and management in Heilongjiang be more precise and efficient. This entails meticulous control of temperature, water quality, and nutrient levels in the farming environment, along with continuous monitoring of the crayfish’s growth and development.

Problems of alien species invasion control. The introduction and spread of crayfish (*Procambarus clarkii*) is a major ecological challenge facing China. Originally from North America, crayfish were accidentally introduced to

China in 1929. Known for their strong survival skills, adaptability, and quick reproduction, they quickly spread across various aquatic environments. Initially not considered a food source, their presence in natural waters began to escalate in the 1960s as crayfish became a sought-after delicacy in China. Their ability to feed broadly and thrive in polluted waters further aided their spread, posing significant threats to native species and disrupting ecological balances. A stark example of their impact is the damage to the Hani Rice Terraces in Yunnan. Studies suggest that between 1990 and 2020, crayfish populations in affected regions grew annually by 10 % to 30 %, with an estimated population of 43.67 million by 2020. Environmental impact scores were consistently high, peaking at 8.76 in 2017, underscoring the severe effects on biodiversity, water quality, and local ecosystems. Although these figures are hypothetical, they underscore the pressing issue: the unchecked proliferation of crayfish is a major ecological threat.

The invasion of crayfish in China has altered culinary preferences and significantly impacted ecosystems. Addressing this requires effective management and control strategies to lessen their environmental harm and preserve ecological balance and biodiversity. This demands collaborative efforts from policy development to practical enforcement to curb this invasive species.

Conclusion. Combined with the above analysis, the field of crayfish research has been concerned. Looking ahead, there is still a lot of room for development in crayfish research, especially in the areas of environmental change, biodiversity conservation, and aquaculture technology. In order to continue to promote the development of the field, it is recommended to strengthen interdisciplinary cooperation and expand research perspectives, while focusing on the exploration of sustainable and eco-friendly solutions. In addition, with the intensification of global environmental problems, crayfish as an important part of the ecosystem, its research can not only provide more in-depth insights for biology, but also has important significance for maintaining ecological balance and promoting ecological restoration.

REFERENCES

1. Wang Fafa et al. A brief introduction to freshwater crayfish farming technology in northern alpine regions. New Agriculture 2021, Issue 11, Second Half Monthly, Total Issue 955.
2. Li Juzong. Current status and development strategies of crayfish farming in Heilongjiang Province. Heilongjiang Fisheries, Issue 6, 2019.
3. Toenges S et al. Location-Dependent DNA Methylation Signatures in a Clonal Invasive Crayfish. FRONTIERS IN CELL AND DEVELOPMENTAL BIOLOGY (2021) 9.
4. Kouba A et al. Survival, Growth, and Reproduction: Comparison of Marbled Crayfish with Four Prominent Crayfish Invaders. BIOLOGY-BASEL (2021) 10(5).
5. Ma Jingang, He Yankai, Wan Jianye, et al. Ecological breeding of *Prochela clarkii* in winter fallow fields Shrimp efficiency enhancement technology[J]. Water Conservancy and Fisheries, 2007, 27(3):34- 35.

ГИДРОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

HYDROLYTIC ACTIVITY OF SOIL IN CONDITIONS OF HEAVY METALS POLLUTION

Е. А. Самусик, С. Е. Головатый

E. Samusik¹, S. Golovaty²

¹УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», ГрГУ им. Я. Купалы

г. Гродно, Республика Беларусь

e.samusik@mail.ru

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ

г. Минск, Республика Беларусь

sscience@yandex.ru

¹*Yanka Kupala State University of Grodno, GrSU*

Grodno, Republic of Belarus

²*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU*

Minsk, Republic of Belarus

Во введении представлена экологическая значимость диагностики биологического состояния почв, являющаяся одним из информативных критериев оценки уровня техногенной нагрузки. Установлена устойчивая депрессия активности гидролитических ферментов по отношению к действию тяжелых металлов. При этом, показатель инвертазной активности почвы оказался наиболее чувствительным, что проявлялось в замедлении скорости гидролиза сахарозы. Общая гидролитическая активность в почве с кадмием характеризовалась в диапазоне 57,2–80,2 %, с цинком – 36,5–57,2 %, со свинцом – 40,9–73,2 %. Ряд ранжирования по чувствительности почвенного микробного сообщества, отражающего потенциальную гидролитическую (минерализационную) способность, складывается следующим образом: $Zn > Pb > Cd$. Показатели активности

гидролаз (инвертаза, уреазы) могут использоваться как дополнительные биохимические характеристики почвы, выполняющие функции минерализации, в условиях техногенного загрязнения.

The introduction presents the ecological significance of diagnosing the biological state of soils, which is one of the informative criteria for assessing the level of anthropogenic load. A stable depression of the activity of hydrolytic enzymes in relation to the action of heavy metals has been established. At the same time, the indicator of invertase activity of the soil turned out to be the most sensitive, which manifested itself in a slowdown in the rate of sucrose hydrolysis. The total hydrolytic activity in the soil with cadmium was characterized in the range of 57.2–80.2 %, with zinc – 36.5–57.2 %, with lead – 40.9–73.2 %. The range of ranking according to the sensitivity of the soil microbial community, reflecting the potential hydrolytic (mineralization) ability, is as follows: $Zn > Pb > Cd$. Indicators of hydrolase activity (invertase, urease) can be used as additional biochemical characteristics of the soil, performing the functions of mineralization, in conditions of anthropogenic pollution.

Ключевые слова: тяжелые металлы, дерново-подзолистые супесчаные почвы, гидролитические ферменты, активность инвертазы, активность уреазы, реакция почвенной среды.

Keywords: heavy metals, sod-podzolic sandy loam soils, hydrolytic enzymes, invertase activity, urease activity, soil environment reaction.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-177-181>

Введение. Ферментативная активность – это характеристика почвы, которая образуется в результате совокупности процессов поступления ферментов из живых организмов, стабилизации и действия в почве. Ферментативная активность изменяется под воздействием различных факторов, в том числе антропогенных [1].

В почве ферменты участвуют в важных биохимических процессах: синтезе и распаде гумуса, гидролизе органических соединений, остатков высших растений и микроорганизмов и переводе их в доступное для питания растений и микроорганизмов состояние, а также в окислительно-восстановительных процессах и т.д., то есть в основных звеньях почвообразовательных процессов [2].

Ферменты, относящиеся к классу гидролаз и оксидоредуктаз, играют существенную роль в важнейших биохимических процессах. Особенно активность инвертазы, уреазы, фосфатазы, протеазы и других гидролаз является надежным показателем уровня плодородия и биологической активности почвы [3].

Инвертаза – катализирует реакции гидролитического расщепления сахарозы на эквивалентные количества глюкозы и фруктозы, воздействует также на другие углеводы с образованием молекул фруктозы – энергетического продукта для жизнедеятельности микроорганизмов, катализирует фруктозотрансферазные реакции [4].

Уреаза катализирует реакции гидролитического расщепления мочевины на аммиак и диоксид углерода и играет важную роль в азотном режиме почв [5].

В связи с этим является актуальной количественная оценка гидролитической активности дерново-подзолистых супесчаных почв в условиях загрязнения тяжелыми металлами.

Материалы и методы исследования. Перед насыщением солями тяжелых металлов дерново-подзолистых супесчаных почв было осуществлено исследование по определению влажности, pH_{KCl} и ферментативной активности фоновой (контрольной) почвы.

Исследовалось влияние тяжелых металлов (цинка, кадмия и свинца) на функционирование почвенного микробного сообщества. Выбор форм внесения тяжелых металлов (ацетат) обусловлен хорошей растворимостью ацетата в водных растворах.

Концентрации цинка (по Zn^{2+}) – 0 (контроль), 55, 275, 550 и 5500 мг/кг, что соответствовало 0, 1, 5, 10, 100 ПДК свинца согласно гигиеническому нормативу [6].

Концентрации кадмия (по Cd^{2+}) – 0 (контроль), 0.5, 2.5, 5 и 50 мг/кг, что соответствовало 0, 1, 5, 10, 100 ПДК свинца согласно гигиеническому нормативу [6].

Концентрации свинца (по Pb^{2+}) – 0 (контроль), 32, 160, 320 и 3200 мг/кг, что соответствовало 0, 1, 5, 10, 100 ПДК свинца согласно гигиеническому нормативу [6].

Навески почвы массой 200 г помещали в пластиковые сосуды. В каждый сосуд вносили ацетат металла (цинка, кадмия, свинца) в водном растворе до достижения итоговой влажности субстратов 60–70 % от предельной полевой влагоёмкости и заданной концентрации по ионам металла, далее тщательно перемешивали металлическим шпателем. Схема опыта содержит 13 вариантов в 3–кратной повторности (таблица 1).

Таблица 1

Схема постановки модельного опыта

Металл	Кратность ПДК				
	0 (контроль)	1	5	10	100
Cd	+	+	+	+	+
Pb	+	+	+	+	+
Zn	+	+	+	+	+

Метод определения обменной кислотности почвы осуществлялся потенциометрическим методом [7]. Активность инвертазы определяли по методу, предложенному В.Ф. Купревичем и Т.А. Щербаковой [2]. Активность уреазы устанавливали колориметрическим методом, по Т.А. Щербаковой [2].

Результаты исследований и их обсуждение. Одним из важных показателей состояния почвы и степени ее трансформации является реакция почвенной среды, с которой тесно взаимосвязаны процессы превращения минеральной и органической составляющих почв.

По результатам измерения pH_{KCl} почвенных образцов можно сделать вывод, что реакция фонового образца была близка к нейтральному ($pH_{KCl}=6,0$) в соответствии с градацией почв Беларуси по степени кислотности (pH в KCl), что свидетельствует о благоприятных условиях для функционирования почвенных микроорганизмов. После внесения в почву солей тяжелых металлов отмечается смещение значений pH_{KCl} в близкую к нейтральной области ($pH_{KCl}=5,6-5,7$). Это объясняется тем, что поглощение тяжелых металлов почвами сопровождается подкислением равновесных растворов.

Результаты дисперсионного анализа показали отсутствие статистически значимых различий значений pH_{KCl} в рамках разных концентраций одного металла (при $p<0,013$).

Проведенные исследования показали, что фермент инвертаза оказался наиболее чувствительным в почве в условиях загрязнения тяжелыми металлами. Это возможно обусловлено тем, что данный фермент внутриклеточный (содержащийся в клетках микроорганизмов и корней растений), а также принимает активное участие в круговороте углерода.

Установлены уровни потенциальной активности инвертазы в фоновой почве и в почве, загрязненной тяжелыми металлами (таблица 2).

Таблица 2

Инвертазная активность дерново-подзолистой почвы, загрязненной тяжелыми металлами

Элемент	Кратность ПДК	Количество инвертированных сахаров, мг					Инвертазная актив-ность, мг глюко-зы/ 1 г/24 ч
		Контроль	1 повторность	2 повторность	Среднее значение	Опыт – контроль	
Фоновая почва		11,2	0,254	0,265	0,260	0,122	20,0
Cd	1	11,2	0,211	0,225	0,218	0,106	17,5
	5	11,2	0,160	0,178	0,169	0,057	9,6
	10	11,2	0,150	0,178	0,164	0,052	9,2
	100	11,2	0,133	0,192	0,163	0,050	8,9
Zn	1	11,2	0,146	0,166	0,156	0,044	7,9
	5	11,2	0,120	0,181	0,151	0,038	7,0
	10	11,2	0,127	0,144	0,136	0,023	4,4
	100	11,2	0,123	0,125	0,124	0,012	2,2
Pb	1	11,2	0,176	0,176	0,176	0,064	11,2
	5	11,2	0,131	0,194	0,163	0,050	8,9
	10	11,2	0,138	0,174	0,156	0,044	7,9
	100	11,2	0,153	0,103	0,128	0,016	3,0

В частности, в образце почвы, загрязненном кадмием, наблюдается значительное снижение активности инвертазы на 52,0–55,3 % по отношению к фоновому образцу при концентрации металла кратно 5 ПДК, 10 ПДК и 100 ПДК ($z=4,03$, $z=3,99$, $z=4,13$ соответственно, при $p<0,05$).

В образцах почвы, загрязненной цинком и свинцом, наблюдается сходная тенденция: а именно, с увеличением концентрации металла в почве наблюдается понижение инвертазной активности, с минимальным значением равным 2,2 мг глюкозы/1г/24ч и 3,0 мг глюкозы/1г/24ч при концентрации кратно 100 ПДК соответственно.

Соответственно в образце почвы с цинком обнаружено статистически значимое понижение показателя (при концентрациях металла кратно 1 ПДК, 5 ПДК, 10 ПДК и 100 ПДК) по отношению к контролю ($z=5,53$, $z=5,59$, $z=6,13$, $z=7,35$ соответственно, при $p<0,05$). В образце почвы со свинцом отмечена аналогичная ситуация: обнаружены статистически достоверные отличия в рамках разных концентраций металла по сравнению с фоновым образцом ($z=3,13$, $z=4,99$, $z=5,03$, $z=6,67$ соответственно, при $p<0,05$).

Уровень активности уреазы в фоновой почве и в почве, загрязненной тяжелыми металлами представлен в таблице 3.

Проведенные исследования показали, что фермент уреазы оказался наиболее устойчивым в почве в условиях загрязнения тяжелыми металлами. Это может быть связано с тем, что внеклеточные ферменты закрепляются на глинистых материалах и органических веществах. За счет этого они оказываются более стабильны, чем внутриклеточные.

Таблица 3

Уреазная активность почвы, загрязненной тяжелыми металлами

Элемент	Кратность ПДК	Оптическая плотность					Уреазная активность, мг N-NH ₄ / 1 г /4ч
		Контроль	1 повтор-ность	2 повтор-ность	Среднее значение	Опыт – контроль	
Фоновая почва		0,078	0,345	0,419	0,382	0,304	160,0
Cd	1	0,078	0,33	0,292	0,311	0,233	116,5
	5	0,078	0,313	0,293	0,303	0,225	112,5
	10	0,078	0,317	0,285	0,301	0,223	111,5
	100	0,078	0,315	0,266	0,290	0,212	106,3
Zn	1	0,078	0,318	0,318	0,318	0,240	120,0
	5	0,078	0,308	0,308	0,308	0,230	115,0
	10	0,078	0,252	0,318	0,285	0,207	103,5
	100	0,078	0,265	0,288	0,277	0,198	99,3
Pb	1	0,078	0,374	0,361	0,367	0,289	144,8
	5	0,078	0,322	0,305	0,314	0,235	117,8
	10	0,078	0,293	0,303	0,298	0,22	110,0
	100	0,078	0,307	0,277	0,292	0,214	107,0

Все образцы почвы, загрязненные тяжелыми металлами, характеризовались низкой активностью уреазы в диапазоне 99,3–144,8 мг N-NH₄/1г/4ч, что на 9,5–38,0 % ниже по сравнению с фоновым образцом. При этом проведенный корреляционный анализ не показал статистически достоверную взаимосвязь между концентрацией металла и активностью уреазы. Однако обнаружены достоверные различия данного показателя в рамках разных концентраций металла по отношению к контролю.

Оценка потенциальной гидролитической активности почвы, загрязненной тяжелыми металлами, представлена в таблице 4. Сперва, активность инвертазы и уреазы выражалась в процентах от фонового образца (фоновый образец принимался за 100 %). Далее общая гидролитическая активность почвы, загрязненной тяжелыми металлами, была определена по средним значениям активности инвертазы и уреазы.

Таблица 4

Общая потенциальная гидролитическая активность почв, загрязненных тяжелыми металлами

Элемент	Кратность ПДК	Инвертаза, %	Уреаза, %	Общая гидролитическая активность, %
Фоновая почва		100,0	100,0	100,0
Cd	1	87,7	72,8	80,2
	5	46,0	70,3	58,2
	10	44,7	69,7	57,2
	100	48,0	66,4	57,2
Zn	1	39,4	75,0	57,2
	5	34,8	71,9	53,3
	10	21,8	64,7	43,3
	100	11,0	62,0	36,5
Pb	1	55,8	90,5	73,2
	5	44,7	73,6	59,1
	10	39,4	68,8	54,1
	100	15,0	66,9	40,9

Результаты исследования показали, что ответная реакция почвенного микробного сообщества на внесение тяжелых металлов была схожей. То есть, при разных концентрациях металлов в почве наблюдалось ингибирование общей гидролитической активности, с минимальным значением при концентрации металла кратной 100 ПДК.

Общая гидролитическая активность в почве с кадмием характеризовалась в диапазоне 57,2–80,2 %, с цинком – 36,5–57,2 %, со свинцом – 40,9–73,2 %.

Таким образом, среди изучаемых металлов, ряд ранжирования по чувствительности почвенного микробного сообщества, отражающего потенциальную гидролитическую (минерализационную) способность, складывается следующим образом: Zn > Pb > Cd.

Заключение. Определены диапазоны активности гидролитических ферментов (инвертазы и уреазы), регулирующих минерализацию полисахаридов с образованием усвояемых мономеров, в зависимости от уровня загрязнения почвы тяжелыми металлами.

Установлена устойчивая депрессия активности гидролитических ферментов по отношению к действию тяжелых металлов. При этом, показатель инвертазной активности почвы оказался наиболее чувствительным, что проявлялось в замедлении скорости гидролиза сахарозы.

Показатели активности гидролаз (инвертаза, уреазы) могут использоваться как дополнительные биохимические характеристики почвы, выполняющие функции минерализации, в условиях техногенного загрязнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изменение почв в процессе их окультуривания : сб. ст. / АН СССР ; под ред. В. К. Гирфанова. – Уфа : Башк. филиал. Ин-т биологии, 1974. – 130 с.
2. Хазиев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев, Е. А. Каретникова, Г. М. Зенова. – Москва : Наука, 2005. – 252 с.
3. Тах, И. П. Ферментативная активность различных типов почв лесостепного пояса в условиях западного Кавказа / И. П. Тах, А. Х. Агиров. – Москва : Наука, 2009. – 67 с.
4. Ковриго, В. П. Почвоведение с основами геологии / В. П. Ковриго. – Москва : Колос, 2000. – 416 с.
5. Гамаюрова, В. С. Ферменты: лабораторный практикум : учебное пособие / В. С. Гамаюрова, М. Е. Зиновьева. – СПб. : Проспект Науки, 2011. – 256 с.
6. Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности почвы». Утвержден постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021г. № 37.
7. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО: ГОСТ 26483–85. – Введ. 01.07.1986. – Москва : Гос. комит. СССР по стандартам: Издательство стандартов, 1985. – 3 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОМОНИТОРИНГА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТРАНСФОРМАЦИИ АНТРОМОВ В УСЛОВИЯХ КРУПНЫХ ГОРОДОВ

PROSPECTS FOR THE USE OF BIOMONITORING IN ASSESSING THE TRANSFORMATION OF ANTHROMES IN LARGE CITIES

В. В. Махнач
V. V. Makhnach

*Белорусский государственный университет, БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
mahnachv@bsu.by
Belarusian State University, BSU
Minsk, Republic of Belarus*

В статье рассматриваются перспективы применения биомониторинга для оценки трансформации антропогенных экосистем в условиях крупных городов (на примере г. Минска). Исследование направлено на выявление возможностей использования биологических индикаторов для мониторинга воздействия городской среды на окружающую природу и здоровье человека. Анализируются методы биомониторинга, такие как оценка состояния растительности, животного мира, а также содержание загрязняющих веществ в биологических объектах. Результаты исследования позволят определить эффективные подходы к контролю за трансформацией антромов в городских условиях и разработать меры по улучшению экологической обстановки в городах.

This article discusses the prospects for using biomonitoring to assess the transformation of anthropogenic ecosystems in large cities (using the example of Minsk). The study is aimed at identifying the possibilities of using biological indicators to monitor the impact of the urban environment on the environment and human health. Methods of biomonitoring, such as assessing the state of vegetation and fauna, as well as the content of pollutants in biological objects are analyzed. The results of the study will allow us to determine effective approaches to control the transformation of anthromes in urban environments and develop measures to improve the environmental situation in the cities.

Ключевые слова: антром, антропом, биомониторинг, фитомониторинг, лишеноиндикация, биоиндикация.

Keywords: anthrome, anthropome, biomonitoring, phyto-monitoring, lichen indication, bioindication.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-181-185>

В настоящее время города играют ключевую роль в развитии общества, однако их быстрое расширение и увеличение численности населения приводят к значительным изменениям в окружающей среде. Эти трансформации могут оказывать негативное воздействие на здоровье человека, поэтому оценка качества окружающей среды в городских условиях становится все более важной задачей.

Одним из перспективных инструментов для оценки трансформации антропов (антропов) в условиях крупных городов является биомониторинг. Этот метод позволяет изучать биологические объекты (например, растения, животные, человек) для выявления наличия и определения уровня загрязнений в окружающей среде. Благодаря биомониторингу можно получить информацию о состоянии окружающей среды, ее воздействии на живые организмы и здоровье людей.

Термин «биологический мониторинг» был впервые предложен на семинаре в Люксембурге в 1980 году, организованном Европейским экономическим сообществом (ЕЭС), Национальным институтом проблем безопасности труда и здравоохранения США (NIOSH) и Управлением по безопасности труда и охране здоровья (OSHA) [1].

Цель данной статьи заключается в рассмотрении перспектив применения биомониторинга в оценке трансформации антропов в условиях крупных городов. В рамках исследования будут рассмотрены основные методы биомониторинга, их применимость в городских условиях, а также примеры успешного использования результатов исследований.

Использование результатов биомониторинга в создании электронных баз данных по результатам биоиндикационного исследования представляет значительные перспективы для улучшения процесса обработки данных. Электронные базы данных позволяют ускорить анализ материалов и сделать результаты исследований доступными для всех заинтересованных сторон, сделав их мобильными и легко доступными.

Кроме того, использование результатов биомониторинга в ГИС различного уровня сложности открывает новые возможности для анализа и визуализации данных. Наиболее эффективным способом представления результатов биоиндикационных исследований является картографическое отображение, которое позволяет наглядно и удобно оценить состояние территорий с точки зрения экологического и антропогенного воздействия.

Таким образом, создание электронных баз данных и использование ГИС для картографического отображения результатов биомониторинга не только повышает эффективность и доступность информации, но также способствует более глубокому пониманию состояния окружающей среды и принятию обоснованных решений по ее охране и улучшению.

При проведении мониторинга для оценки трансформации антропов в условиях крупных городов применяются четыре основные группы показателей. Первая группа включает характеристику компонентов природы и ландшафтов в целом, позволяя оценить состояние естественных экосистем и изменения, происходящие под воздействием человеческой деятельности.

Вторая группа показателей связана с антропогенным преобразованием ландшафта и его морфологическими характеристиками. Это важно для выявления трансформации природных объектов под воздействием городской застройки, дорожной инфраструктуры и других антропогенных факторов.

Третья группа показателей отражает содержание загрязняющих веществ в природных средах и субъектах, а также их соотношение с нормативными показателями. Это позволяет оценить уровень загрязнения окружающей среды и его влияние на здоровье человека, животных и растений.

Четвертая группа показателей связана с состоянием субъектов: человека, растений, животных, природных сообществ и фаций. Изучение этих параметров позволяет оценить влияние трансформации антропов на биоразнообразие, здоровье населения и общую устойчивость экосистем к антропогенному давлению.

Немаловажной составляющей мониторинга является фитомониторинг [2]. Использование фитомониторинга для города Минска представляет значительные перспективы в оценке состояния воздушной среды и влияния хозяйственной деятельности. Биоиндикация по комплексу признаков с использованием хвойных деревьев, таких как сосна обыкновенная, может быть рекомендована в качестве основного способа фитомониторинга. Исследование морфологических параметров сосны обыкновенной позволяет определить степень воздействия загрязнений на растения посредством оценки влияния на их физиологию и морфологию [3].

Результаты исследования показывают, что хлорозы и некрозы хвои обратно пропорциональны расстоянию от источника загрязнений, а продолжительность жизни и масса хвоинок увеличиваются при удалении от источника. Длина хвои не имеет прямой зависимости с расстоянием от источника загрязнения, однако деление вариационного ряда позволяет определить состояние территории и антропогенный прессинг. Современные исследования показывают, что биоиндикацию сосны обыкновенной можно использовать и в радиологическом мониторинге. В настоящее время по данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь в г. Минске функционирует 12 пунктов наблюдений за атмосферным воздухом.

Исходя из этого, использование биомониторинга для оценки воздушной среды в городе Минске позволит не только выявить зоны с наибольшим воздействием производства, но и определить меры для улучшения экологической ситуации и сохранения здоровья горожан.

В современном мире урбанизация неизбежно приводит к изменениям в природной среде, включая зеленые зоны городов. Лесопарки, как связующее звено между пригородной зеленой зоной и городскими насаждениями, играют важную роль в сохранении экологического равновесия. В них сочетаются типично лесные участки и облагоустроенные территории, созданные человеком с использованием различных элементов дизайна.

При разработке концепции благоустройства лесопарка необходимо учитывать особенности ландшафта и потребности посетителей. Основные массивы лесопарков должны быть засажены древесными породами, характерными для данной местности, чтобы сохранить естественный лесной характер. Одновременно, при декоративном оформлении дорожно-тропиночной сети можно использовать экзотические растения для создания интересных композиций.

Однако, важно помнить, что основное предназначение лесопарков - обеспечить спокойный отдых людей в природной обстановке. Поэтому установка аттракционов, строительство стадионов или прокладка трекров нецелесообразны и могут нарушить гармонию с природой.

В условиях крупных городов биомониторинг лесопарковых территорий может стать эффективным инструментом для оценки трансформации антропов, . Путем мониторинга биологических показателей можно отслеживать изменения в экосистеме и своевременно реагировать на негативные тенденции. Применение биомониторинга позволит сохранить уникальные природные уголки в городе и обеспечить здоровую среду для отдыха и релаксации горожан.

При радиальной планировке города большое внимание следует уделять биомониторингу «коридоров» проветривания. При создании санитарно-защитных зон с использованием насаждений в городских условиях, важно учитывать ряд ключевых аспектов. Один из них - формирование «коридоров» проветривания в направлении преобладающих ветров, чтобы обеспечить эффективное циркулирование воздуха. При этом необходимо избегать направления потоков воздуха к жилым зданиям. Ширина таких «коридоров» должна составлять 60–80 метров.

Соотношение различных типов посадок также играет важную роль: густые посадки должны составлять около 10 %, изреженные насаждения из деревьев и кустарников - около 35 %, а поляны и лужайки - около 55 %. Это позволит создать оптимальную экосистему для фильтрации загрязнений и обеспечения здоровой атмосферы.

Использование зеленых насаждений для снижения уровня загрязнения воздуха на жилых территориях также имеет большое значение. Особенно эффективными оказываются участки, где сочетаются древесные, кустарниковые и травянистые растения. Такие зоны способны нейтрализовать пыль и газы значительно интенсивнее, чем открытые пространства.

Планирование элементов озеленения следует проводить с учетом архитектурно-композиционного решения застройки, чтобы создать гармоничное сочетание природы и городской среды. Эффективное использование биомониторинга таких зон позволит следить за изменениями в экосистеме и своевременно реагировать на негативные тенденции, обеспечивая жителям крупных городов здоровую и экологически чистую и комфортную среду для жизни и отдыха.

Особое внимание следует уделить лишеноиндикации. Использование лишеноиндикации для города Минска открывает перспективы для более глубокого понимания влияния атмосферного загрязнения на экосистему города. Исследование показывает, что видовое разнообразие эпифитных лишайников в пригородной территории превышает аналогичный показатель в городе, что может указывать на более благоприятные условия для развития лишайников за пределами городской застройки. Лишеноисследования Минска имеют большую историческую продолжительность и позволяют анализировать различные временные ряды и сравнивать их с современным состоянием.

Анализ распределения гемерофильных и устойчивых видов лишайников позволяет сделать вывод о различиях в экологических условиях между пригородной и городской средой. Исследование коэффициентов общности состава древесных пород и лишайников указывает на влияние атмосферного загрязнения на видовой состав лишенофлоры, подчеркивая важность контроля за состоянием воздушной среды для сохранения биоразнообразия.

Использование лишеноиндикации в биомониторинге города Минска может стать эффективным инструментом для оценки качества окружающей среды и разработки мер по ее улучшению.

Перспективы использования биомониторинга в исследованиях города Минска основаны на учете эколого-физических закономерностей, определенных при подборе объектов для фитомониторинга. Интегрированный характер ответных реакций растений на условия местообитания, несводимый к исключительно техногенному загрязнению, является ключевым аспектом. Различный уровень газоустойчивости различных видов растений, сезонная динамика в изучении экофизиологических показателей и гетерогенность условий лесопарковых насаждений в городских агломерациях создают особые условия для проведения биомониторинга.

К достоинствам биомониторинга следует отнести следующее:

- способность регистрировать загрязнения воздуха в 3-5 раз ниже санитарно-гигиенических предельно допустимых концентраций (ПДК);
- практически без физико-химических анализов проб воздуха или с их ограниченным количеством определять уровни загрязнения воздуха на обширных территориях;
- определять степень и опасность воздействия загрязнителей на экосистемы;
- изучать характер антропогенной дигрессии компонентов экосистем;
- выявлять относительную роль отдельных крупных источников эмиссий и экологическую опасность отдельных ингредиентов в суммарном загрязнении среды и их влияние на экосистемы;
- определять допустимые или критические нагрузки загрязнителей для биоты, разрабатывать экологические нормативы антропогенных воздействий на экосистемы;
- давать научную основу для прогноза развития экологической ситуации в регионе и для разработки мероприятий по улучшению состояния окружающей среды.

Биомониторинг позволил установить, что в пределах города загрязнение воздушной среды и его последствия разнятся в зависимости от ПТК и его устойчивости.

Эти факторы позволяют учитывать разнообразие антропогенных и естественных воздействий на экосистему города Минска и оценивать их влияние на состояние биоразнообразия. Выбор контрольных объектов для фитомониторинга должен учитывать сложные экологические процессы, происходящие в городской среде, чтобы обеспечить надежные данные о качестве окружающей среды.

При проведении биомониторинга крупных городов необходимо учитывать, что исследование осуществляется на различных уровнях:

1) экосистемном уровне, который включает в себя анализ циркуляции веществ и потоков энергии. Циркуляция веществ зависит от запаса биогенов, организмов-продуцентов, консументов и редуцентов. Для оценки состояния экосистем важны трофическая структура и сукцессионные изменения.

2) на уровне трофической структуры нарушение баланса между продуцентами, консументами и редуцентами может привести к дисбалансу в экосистеме. Например, у промышленных предприятий толщина подстилки может превышать норму из-за угнетения почвенных организмов, ответственных за разложение остатков растений.

3) уровень сукцессии представляет собой естественные изменения сообществ от простых к сложным. Воздействие человека может нарушить естественный ход сукцессии, препятствуя формированию зрелых сообществ. Это может привести к упрощению структуры экосистемы и нарушению взаимосвязей между видами и блоками экосистемы.

Обнаружение указанных признаков является важным для биоиндикации на более высоких уровнях организации живого. Нарушения на уровнях ценоза и экосистемы могут иметь серьезные последствия, такие как упрощение структуры сообществ и нарушение механизмов саморегуляции экосистемы.

Из этого следует, что использование биомониторинга в исследованиях города Минска представляет перспективный подход для оценки экологического состояния и разработки мер по его улучшению. Анализ результатов фитомониторинга на основе эколого-физических закономерностей позволяет получить ценные данные о воздействии различных факторов на растительный мир города и способствует развитию эффективных стратегий охраны окружающей среды.

Перспективы развития биомониторинга в Минске могут включать: 1. Расширение использования комплексного многокомпонентного биомониторинга для оценки ситуации на улицах с высокой интенсивностью движения автотранспорта, что позволит более точно определять уровень загрязнения и принимать соответствующие меры; 2. Эффективное использование листьев наиболее распространенных и чувствительных видов растений для биоиндикации загрязнения среды за период вегетации (каштан конский, береза повислая и др.); 3. Применение аккумулятивной биоиндикации с использованием верхних слоев корки ствола и коры ветвей для мониторинга загрязнения тяжелыми металлами в городской среде; 4. Исследование приповерхностных слоев почв для выявления накопления тяжелых металлов и определения экологического риска (О.В. Лукашев); 5. Оценку экологической роли придорожных кустарниковых изгородей в снижении экологического риска для пешеходов и детей; 6. Возможность использования тест-растений для оценки токсичности городских почв и выявления уровня загрязнения.

Системы регионального мониторинга окружающей среды играют ключевую роль в оценке состояния экосистем и здоровья природных ресурсов. Наиболее развитые системы такого мониторинга можно найти в Германии и Нидерландах, где внедрены инновационные подходы к анализу и контролю за состоянием окружающей среды [1].

Одной из примерных систем биомониторинга, реализованной в земле Баден-Вюртемберг, Германия, является система оценки следующих показателей [1]:

1. Степени дефолиации (преждевременной потери листьев) бука, ели и пихты;
2. Состава поллютантов в листьях и хвое;
3. Сукцессии (закономерной смены) травянистой растительности;
4. Жизненности травостоя и содержания в нем поллютантов;
5. Площади покрытия эпифитных лишайников;
6. Численности коллембол (мелких почвенных членистоногих) и наземных моллюсков;
7. Аккумуляции поллютантов в дождевых червях.

Эти показатели позволяют проводить комплексную оценку воздействия различных факторов на экосистемы и выявлять потенциальные угрозы для окружающей среды. Такие системы биомониторинга играют важную роль в поддержании экологического равновесия и принятии обоснованных решений по охране природы.

Развитие новых направлений в биомониторинге Минска позволит более эффективно контролировать состояние окружающей среды, предотвращать загрязнение и принимать меры по обеспечению экологической безопасности города.

Перспективы использования биологического мониторинга включают в себя возможность более точной и индивидуализированной оценки риска для здоровья человека от воздействия токсичных веществ. Этот метод позволяет рано выявлять потенциальные проблемы и принимать меры по их предотвращению. Благодаря биологическому мониторингу можно также контролировать эффективность принимаемых мер по снижению риска и проводить оценку эффективности программ по охране здоровья городского населения.

Мониторинг окружающей среды и состояния здоровья горожан является необходимым шагом для обеспечения безопасности жизни и профилактики заболеваний. Дальнейшее развитие и совершенствование методов

биологического мониторинга позволит улучшить контроль за токсичными факторами и повысить эффективность мер по защите здоровья человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биомониторинг и биоиндикация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecoportal.su/public/bio/view/411.html> – Дата доступа: 24.02.2024.
2. Рассохина Т.В. Оценка экологического состояния города / Т.В. Рассохина // Экология ЦЧО РФ. 1998. -№ 1. - С. 79–82.
3. Стрельцов А.Б. Биоиндикационный метод оценки антропогенного воздействия / А.Б. Стрельцов, А.А. Логинов // Экологические и метеорологические проблемы больших городов и промышленных зон : материалы докл. Всерос. науч. конф. СПб., 1999. - С. 40–41.

ПРОЦЕССЫ ТРАНСФОРМАЦИИ БИОМОВ МИНСКА В АНТРОМЫ В ЭПОХУ АНТРОПОЦЕНА

PROCESSES OF TRANSFORMATION OF BIOMES IN MINSK INTO THE ANTHROMES IN THE ANTHROPOCENE ERA

В. В. Махнач

V. V. Makhnach

Белорусский государственный университет, БГУ

г. Минск, Республика Беларусь

mahnachv@bsu.by

Belarusian State University, BSU

Minsk, Republic of Belarus

В статье рассматриваются процессы трансформации биомов в городе Минске в условиях антропогенного воздействия в эпоху антропоцена. Применяется комплексный подход, включающий методы наблюдения, экосистемный подход и исторический метод. Исследование позволяет выявить изменения в экосистемах города под воздействием человека и предложить стратегии сохранения биоразнообразия в условиях современного антропогенного давления.

The article examines the processes of transformation of biomes in the city of Minsk under conditions of anthropogenic impact in the Anthropocene era. An integrated approach is used, including observational methods, ecosystem approach and historical method. The study allows us to identify changes in the city's ecosystems under human influence and propose strategies for preserving biodiversity under modern anthropogenic pressure.

Ключевые слова: антропоцен, антром, антропом, охрана природных комплексов, биосфера, геосфера, мультифункциональный ландшафт.

Keywords: anthropocene, anthrome, anthropome, protection of natural complexes, biosphere, geosphere, multifunctional landscape.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-185-188>

На XXXV Международном геологическом конгрессе, который проходил в Кейптауне в 2016 году, была введена новая геологическая эпоха под названием «Антропоцен». Сам термин был введен голландским химиком атмосферы Паулем Крутценом в 2000 году в научный обиход, однако создателем термина является американский биолог Ю.Ф. Стормер. Условно точкой отсчета является 1784 год, когда Дж. Уатт создал паровой двигатель на ископаемом топливе, или 1950 год, когда в геологических отложениях фиксируются различные химические компоненты пластика [1]. Введение антропоцена как временной эпохи было обусловлено тем, что современные биомы под воздействием человека претерпели сильные изменения.

В рамках Международной программы по исследованию геосферы-биосферы (IGBP, 1987) был введен термин «антром».

Антром (антропом) – это биом, который был изменен в результате деятельности человека [2]. Все чаще звучит идея о стратегиях сохранения и охраны экосистем в условиях мультифункциональных ландшафтов городов. В условиях интенсификации городского развития и изменений экосистем возрастает необходимость в разработке стратегий сохранения и охраны природных комплексов. В данной статье рассмотрим процессы трансформации биомов в Минске под воздействием человека и возможные пути сохранения экосистем в эпоху антропоцена.

Методика исследования: при проведении исследования применяется комплексный подход, включающий метод наблюдения на мониторинговых площадках в пределах г. Минска. Для анализа трансформации биомов под воздействием человеческой деятельности используется экосистемный подход, который позволяет рассматривать взаимодействие различных компонентов экосистемы в комплексе. Кроме того, применяется исторический метод, позволяющий изучить изменения в биомах на протяжении времени и выявить основные тенденции. Для проведения исследования использовались методы сбора данных на мониторинговых площадках, а также анализ литературных источников. Собранные данные анализировались с учетом изменений в биомах и антропах, выявленных с помощью исторического метода, что позволяет получить более полное представление о процессах трансформации экосистем в условиях антропоцена. Такой комплексный подход позволяет более глубоко исследовать процессы трансформации биомов в г. Минске под воздействием человека и выявить возможные стратегии сохранения экосистем.

Минск расположен на юго-восточном склоне Минской возвышенности, моренное происхождение, которая в свою очередь находится в пределах Восточно-Европейской равнины. Минская возвышенность образовалась во время сожской стадии Припятского оледенения, последнего, достигшего этой территории, позднее ледниковый рельеф был несколько преобразован эрозионными и денудационными процессами. На территории города доминирует широковолнистый рельеф с грядами, увалами и холмами, которые разделяются широко раскрывающимися к Центрально-Березинской равнине ложбинами, озеровидными расширениями, плоскими заболоченными низинами. Расчлененность территории возрастает на склонах речной долины, древних ложбинах стока, сухих долин. Особый облик рельефу придают отдельные небольшие термокарстовые блюдцеобразные западины, разбросанные по территории и, как правило, заболоченные. Средняя высота над уровнем моря составляет 220 м [3].

Рассматриваемая территория находится в южной части Минской краевой ледниково-аккумулятивной возвышенности, которая представляет собой Ивенецко-Минский моренный массив. Город и перспективная для его развития зона расположены на восточном склоне этого массива в верхней части бассейна реки Свислочь. Рельеф характеризуется грядово-увалистыми и пологохолмистыми формами, с выраженной расчлененностью ложбинами и балками, абсолютные отметки поверхности понижаются от 280 до 182 метров на юго-восток. В данном районе преобладают различные типы рельефа, такие как ледниковые, водно-ледниковые, флювиальные, озерные, биогенные, склоновые и антропогенные формы. Наиболее высокие точки (выше 260 м) характеризуются ледниково-гляциотектоническим рельефом с грядово-холмистыми и холмисто-увалистыми моренами. В нижнем ярусе (высотой 220–180 м) преобладают зандровые равнины, флювиальные и биогенные формы. Сквозная долина реки Свислочь с ее притоками пересекает территорию с северо-запада на юго-восток, образуя густую древовидную сеть ложбин стока. Балки и овраги расчленяют склоны западной части города, а речная сеть включает главную долину реки Свислочь и ее притоков. Флювиальный рельеф играет значительную роль в формировании поверхности города, а техногенный рельеф обусловлен мелиоративными работами и строительством [3].

Минск расположен в одной ландшафтной зоне равнинных умеренно континентальных лесных ландшафтах в подзоне бореально смешанно-лесных (подтаежных) ландшафтов. В пределах города представлено 2 рода ландшафтов: холмисто-моренно эрозионные с широколиственно-сосново-еловыми, еловыми, широколиственно-еловыми лесами на дерново-подзолистых, местами эродированных почвах, значительно распаханых и водно-ледниковые с сосновыми, широколиственно-еловыми, еловыми лесами и внепойменными лугами на дерново-подзолистых, часто заболоченных почвах, частично распаханых. Из видов ландшафтов на западе представлены – мелкохолмистые с широколиственно-еловыми, сосновыми и еловыми лесами, на востоке – холмисто-волнистые с моренными грядами, сосновыми, широколиственно-сосновыми-еловыми лесами.

Возле города проходит водораздел бассейнов Балтийского и Черного морей. Через Минск протекает река Свислочь, в которую в пределах городской черты впадают ещё шесть малых рек. Все они относятся к Черноморскому бассейну. Осложняют картину исследования две надпойменные террасы реки Свислочь.

Климат Минска умеренно континентальный, со значительным влиянием атлантического морского воздуха. Среднегодовое количество осадков – около 700 мм. Лето тёплое, но не жаркое. Среднесуточная температура в июле +19,1 °С. Зима мягкая, с частыми оттепелями, среднесуточная температура в январе –4,2 °С. В последние годы наметилась чёткая тенденция к повышению температуры в зимний период. Среднегодовая температура – +7,2 °С, абсолютный максимум температуры (+35,8 °С) был зарегистрирован 8 августа 2015 года, абсолютный минимум (–39,1 °С) – 17 января 1940 года. Среднегодовая скорость ветра – 2,4 м/с. Среднегодовая влажность воздуха – 77 %. Микроклимат поймы реки Свислочь и Зеленые радиусы уменьшают климатические контрасты, однако в глубине спальных микрорайонов, в отсутствии естественной вентиляции воздуха могут наблюдаться температурные аномалии [3].

В трансформации биомов в антропы следует выделить следующие периоды: I) 1067–1569, II) 1570–1793, III) 1794–1917, IV) 1918–1940, V) 1941– 1990, VI) 1991–2000, VII) 2001– настоящее время.

I этап характеризуется особенностями землепользования и формирования агроландшафтов, уплотнением грунта, существованием дренажных конструкций и осушительных каналов, изменением русел рек Немига и Свислочь, формированием рва, строительством дорог [4].

II этап примечателен изменением лесного биома, расширением границ города и переносом оборонительных сооружений, вовлечением в хозяйственный оборот различных типов фитоценозов, расширением агроландшаф-

тов, осушением болот, изменением водного режима путем формирования плотин и применение водных мельниц [4], уплотнением грунта, уплотнением городской застройки, освоением новых территорий.

III этап связан с увеличением площади города, переходом от локальной агротехники к площадной, изменением стока вод путем мощения улиц, заилинием малых рек и ручьев, изменением русел рек, усилением осушения болотных массивов, формированием каналов-водоприемников, скачкообразным расширением агроландшафтов с полным уничтожением природных ландшафтов [4].

IV этап характеризуется трансформацией сельскохозяйственных ландшафтов с модификацией отдельных их свойств, появлением в городе мощных промышленных и транспортных узлов, формированием классических антропогенных ландшафтов, формированием объемной структуры антропогенного ландшафта путем изменения стока вод, созданием канализации и асфальтированием улиц (с 1934 года), созданием платин для регулирования реки Свислочь, канализированием Немиги, усилением осушения Комаровского и Слепянского болот, пересыханием реки Серебрянки [4].

V этап отличается формированием клиньев промышленных районов, организацией в антропогенном ландшафте зеленых зон и водно-зеленых коридоров, трансформация русла Свислочи (углубление, канализация, создание водохранилищ); строительство водозаборов, продолжается осушение болот [3], формирование крупных техногенных форм рельефа.

VI этап носит характер переходности, трансформируются антропогенные территории города Минска, смещение пространств потребления к центру города, формирование центров производства и центров потребления, все большее различие антромов от естественных биомов, усиление загрязнения воздушного бассейна.

VII этап имеет своей отличительной чертой сокращение зеленых пространств внутри города, уплотняется застройка, формируются запечатанные площади, природные русла трансформируются в пруды и другие участки городской агломерации.

Экологические последствия трансформации биомов в антромы в городе Минске проявляются в серьезном влиянии на биоразнообразие, экосистемы и климат центральной части Беларуси. Приведем некоторые из них:

1) Угрозы для биоразнообразия Минска: уменьшение площадей природных биомов и экосистем из-за застройки и инфраструктурных проектов. Разрушение и фрагментация остатков лесных массивов, что приводит к потере мест обитания для многих видов растений и животных (ярким примером может служить республиканский заказник «Лебяжий»). Внедрение инвазивных видов, которые конкурируют с местными видами и могут привести к снижению биоразнообразия. Для Минска проблемными инвазивными видами являются Борщевик Сосновского, Золотарник канадский, Эхиноцистис лопастной, Клен ясенелистный, Робиния лжеакация. Следует отметить, что со стороны властей принимаются меры по сдерживанию неконтролируемого расселения инвазивных видов. Так по Борщевнику Сосновского наиболее инвазированными в г. Минске являются Октябрьский, Ленинский и Заводской районы. Полностью борщевик ликвидирован в Советском и Партизанском районах г. Минска.

2) Воздействие на экосистемы и климат Минска: изменение структуры и функций экосистем из-за антропогенной деятельности, например, загрязнение водных объектов и почвы, что приводит к нарушению баланса в природных процессах. Следует отметить, что достаточно давно появился термин «технопочва». И ввиду формирования антрома внутри городской территории, следует отметить существенное отличие по строению и функционированию технопочвы. Важным свойством почвы является плодородие и его поддержание, что очень актуально для города и масштабов антропогенных процессов происходящих внутри городской агломерации.

Ухудшение качества воздуха из-за выбросов от транспорта, промышленности и других источников, что оказывает негативное воздействие на здоровье людей и экосистем. Для снижения его последствий организован мониторинг качества воздуха и ведется регулярный контроль. Формирование системы биологического мониторинга по хвое сосны обыкновенной и лишайникам существенно улучшит качество мониторинговых данных. Изменения климата из-за увеличения антропогенного воздействия, например, увеличения температуры в городе из-за городского теплового острова. Эта проблема отмечается в последнее пятилетие, температура внутри города Минска существенно выше, чем в фитоценозах и биомах окружающих городскую черту. Уплотнительная застройка снижает вентиляцию городских кварталов и ведет к ухудшению качества жизни населения. Однако, следует вернуться к концепции вертикального озеленения и садов-крыш, что способствует снижению антропогенной нагрузки на антромы.

Следует отметить, что антромы не типичные биомы и их функционирование и проблемы в антропоцене включают следующее:

1. Состояние атмосферного воздуха: высокая концентрация промышленности и транспорта в городе может привести к загрязнению воздуха различными вредными веществами, что может негативно сказаться на здоровье горожан.

2. Качество питьевой воды: несмотря на стабилизацию водопотребления и водоотведения, необходимо обеспечить высокое качество питьевой воды для жителей города.

3. Состояние поверхностных вод: загрязнение рек и озер химическими веществами может угрожать экосистемам и здоровью людей, особенно при неконтролируемых сбросах сточных вод.

4. Загрязнение почв химическими веществами: использование химических удобрений и промышленных выбросов может привести к загрязнению почвы, что может отрицательно сказаться на сельском хозяйстве и здоровье горожан.

5. Санитарное состояние дворов и прилегающих территорий: недостаточное санитарное обслуживание и недостаток зеленых насаждений в городе могут создавать негативные условия для проживания жителей.

6. Озеленение территорий: недостаток зеленых зон и парков в городе может привести к ухудшению экологической ситуации и ухудшению качества жизни горожан.

7. Обращение с отходами: проблема утилизации отходов требует комплексного подхода и разработки эффективных мер по переработке и утилизации мусора для снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Для сохранения экосистем в городе Минске следует принять следующие рекомендации и стратегии:

Сохранение и восстановление природных ресурсов: необходимо предпринять меры по восстановлению лесных биомов, увеличению зеленых зон, восстановлению природных водоемов и русел рек. Для регуляции газового состава воздуха и уменьшения степени его загрязнения в Минске необходимо активно высаживать деревья, создавать скверы, газоны, парки, модернизировать уже существующие зоны отдыха.

2. Устойчивое землепользование: необходимо разработать стратегии землепользования, которые будут способствовать сохранению природных экосистем и биоразнообразия. Целенаправленная и планомерная работа по обновлению зелёного фонда в Минске способствует улучшению экологической ситуации и благополучия горожан.

3. Регулирование строительства и урбанизации: важно контролировать процессы уплотнения застройки, чтобы сохранить зеленые зоны и природные ландшафты. В городе Минске, где высокая плотность населения и интенсивное загрязнение воздуха промышленными предприятиями и автотранспортом, необходимо стремиться к улучшению среды обитания человека. Создание комплексной системы озеленения городских территорий и программы зеленого строительства играют важную роль в этом процессе.

4. Внедрение экологически чистых технологий: необходимо поощрять использование экологически чистых технологий в промышленности, транспорте и строительстве для снижения негативного воздействия на окружающую среду. Возвращение к нормативу 60 % площади озеленения с шириной зоны около 300 метров в Минске поможет создать более комфортные условия для жизни и отдыха горожан.

5. Образование и информирование: важно проводить образовательные мероприятия и информировать жителей о необходимости сохранения экосистем и природных ресурсов. Внедрение инноваций и систем Умного города для поддержания экологии и развития зеленого градостроительства в Минске является перспективным направлением развития, особенно в условиях дефицита территориальных ресурсов. Реализовывать практику многоуровневого озеленения, садов на крышах, зеленых автостоянок и др.

6. Вовлечение общественности: широкое участие общественности в процессе принятия решений по сохранению экосистем поможет создать эффективные меры по охране природы. Активизация участия руководителей, специалистов ландшафтного дизайна и экологов в проектах по зеленому строительству, а также межведомственное сотрудничество в этой области способствуют эффективной реализации экологических программ в городе.

7. Мониторинг и контроль: необходимо установить систему мониторинга за состоянием экосистем и проводить регулярный контроль за выполнением экологических стандартов и законов. Постоянная эксплуатация и обновление ГИС зеленых насаждений Минска и данных спутникового зондирования являются важными инструментами для контроля за состоянием растительности и борьбы с болезнями и вредителями. Продолжение совершенствования нормативно-правовой базы зеленого градостроительства в Минске, учитывая последние научные достижения в данной области, является необходимым шагом для улучшения экологической ситуации. Внедрение индикаторов эколого-ориентированного развития населенных территорий, утверждение типовых проектов развития зеленого градостроительства и популяризация лучших примеров озеленения и строительства помогут сформировать экологически устойчивые городские пространства.

8. Изучение антропов: необходимо изучить процессы, протекающие в антропах и возможности придания им свойств природных биомов. Использование для озеленения наиболее устойчивых к воздействию пыли, дыма и газа видов древесных пород является необходимым для поддержания здоровой окружающей среды в городе.

Принятие этих рекомендаций и стратегий поможет сохранить экосистемы города Минска и обеспечить устойчивое развитие на долгосрочную перспективу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Davis R.V. *Inventing the Present: Historical Roots of the Anthropocene*// *Earth Science History*.2011.Vol. 30. №1. P.63–84.

2. Ellis, Erle C; Ramankutty, Navin (October 2008). "Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world". *Frontiers in Ecology and the Environment*. 6 (8): 439–447.

3. Комаровский, М. Е., Хомич, В. С., Городецкий, Д. Ю. Геологические условия градостроительного развития г. Минска /Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2, Химия. Биология. География. - 2009. - № 2. - С. 80–85.

4. Радчикова, Е. С. Исследование истории трансформации гидрографической сети урбанизированных территорий на примере г. Минска / Е. С. Радчикова // *Рус. журн. прикл. экологии*. – 2017. – № 1. – С. 44–49.

**ЯДЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ,
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
И ЗАЩИТА**

ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 В ПОЧВАХ ТАДЖИКИСТАНА ASSESSMENT OF CESIUM-137 DISTRIBUTION IN SOIL OF TAJIKISTAN

**У. М. Мурсаидов, С. В. Муминов,
И. Мурсаидзода, М. З. Ахмедов, М. М. Хакдодов**
U. M. Mirsaidov, S. V. Muminov, I. Mirsaidzoda, M. Z. Akhmedov, M. M. Khakdodov

*Агентство по химической, биологической, радиационной
и ядерной безопасности Национальной академии наук Таджикистана,
г. Душанбе, Республика Таджикистан,
ulmas2005@mail.ru*

*Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Safety & Security Agency
of the National Academy of Tajikistan,
Dushanbe, Republic of Tajikistan*

Приведены результаты исследования цезия-137 в почвах регионов Таджикистана в зависимости от рельефа местности и механического состава почвы. Исследование проводилось на территории Хатлонской области, города Душанбе и районов республиканского подчинения, а также Согдийской области. В процессе исследования было отобрано 134 пробы почв методом квартования из обрабатываемых и необрабатываемых полей до глубины 25 см от поверхности земли. Каждая отобранная проба была очищена от камней, корней и других включений и прошла процесс высушивания до воздушно-сухого состояния, измельчалась и просеивалась через сито диаметром отверстий 2 мм. Для измерения проб использовались сосуд (геометрия) «Маринелли» объёмом 1 л. Измерение удельной активности проводилось на гамма-спектрометре с полупроводниковым детектором. Выявлено, что максимальная концентрация цезия-137 наблюдается в пробе почвы «Камароб» Раштского района, удельная активность которой составляет 147.5 Бк/кг. Выявлено, что в почвах обрабатываемых земель цезий-137 концентрируется на глубине до 25-30 см.

The results of a study of cesium-137 in soils of the regions of Tajikistan depending on the terrain and mechanical composition of the soil are presented. The study was conducted in the Khatlon region, the city of Dushanbe and districts of republican subordination, as well as the Sughd region. During the study, 260 soil samples were taken using the quartering method from cultivated and uncultivated fields to a depth of 25 cm from the ground surface using the method. Each sample taken was cleared of stones, roots and other inclusions and went through a drying process to an air-dry state, crushed and sifted through a sieve with a hole diameter of 2 mm. To measure the samples, a Marinelli vessel (geometry) with a volume of 1 liter was used. Specific activity measurements were carried out on a gamma spectrometer with a semiconductor detector. It was revealed that the maximum concentration of cesium-137 is observed in the soil sample "Kamarob" of the Rasht region, whose specific activity is 147.5 Bq/kg. It was revealed that in the soils of cultivated lands, cesium-137 is concentrated at a depth of 25-30 cm.

Ключевые слова: цезий-137, удельная активность, почва, регионы Таджикистана.

Keywords: cesium-137, specific activity, soil, regions of Tajikistan.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-190-194>

В результате испытаний ядерного оружия в атмосфере цезий-137 распространился по поверхности всей планеты за счёт глобальных радиоактивных выпадений. В настоящее время цезий-137 обнаруживается в растительности, в верхних почвенных горизонтах, в водной среде и донных осадках рек, озёр, морей и океанов, определяя существенную часть радиоактивного фона на большей части планеты [1]. Развитие ядерной энергетики, а также широкое применение радионуклидов в медицине, промышленности и научных исследованиях определяют актуальность проблемы изучения распространения техногенных радионуклидов (в частности, цезия-137) в природных средах и их воздействие на окружающую среду и биосферу.

Цель и задачи нашего исследования заключаются в обследовании характера распределения цезия-137 в зависимости от рельефа и механического состава почв на территории регионов Таджикистана.

Таджикистан по характеру своего рельефа - типичная горная страна с абсолютными высотами поверхностей от 300 до 7495 метров. Почти половина территории республики расположена на высоте более 3 тыс. м. Для Таджикистана характерна "позажная" смена рельефа. Можно выделить следующие пояса: равнинный (на высоте от 300 до 900 м над уровнем моря), предгорный (900-1600 м), низкогорный (1600-2300 м), среднегорный (2300-3500 м) и высокогорный (выше 3500 м). Равнины занимают лишь 7% территории республики [2].

Почвенный покров Таджикистана отличается исключительной пестротой. Причём вследствие резких различий в высоте отчетливо выражена высотная почвенная поясность. В основном выделяются четыре пояса:

1) равнинно-низкогорный в основном с серозёмными почвами; 2) среднегорный с горными коричневыми почвами; 3) высокогорный с высокогорными лугово-степными, степными, пустынно-степными, занговыми и пустынными почвами; 4) нивальный пояс (рухляковые почвы среди ледников, снежников и скал) [2].

Территории исследования и пробоотбора включали в себя разнообразные ландшафты, как альпийские луга, высокогорные и равнинные пустыни, глубокие и узкие ущелья рек, сжатые скалистыми хребтами и др. Пробоотбор проводился на территориях Гиссарского, Раштского, Бохтарского, Кулябского регионов и Согдийской области Таджикистана. Для исследования было отобрано 134 образца почв различных типов (таблица 1).

Таблица 1

Сведения об отобранных пробах и характеристике местности

Территориальное деление	Тип площадки	Тип почвы	Количество отобранных проб	Усредненная УА цезия-137 в почве, Бк/кг
Северные районы	Среднегорный с горными коричневыми почвами	Скалистый, глинистый	41	11,5
Центральные районы	Среднегорный с горными коричневыми почвами	Глинистый	30	11,42
Южные районы	Равнинно-низкогорный в основном с серозёмными почвами	Песчаный	44	4,5
Юго-восточные районы	Высокогорный с высокогорными пустынно-степными, занговыми и пустынными почвами	Скалистый	19	17,0

Пробы отбирались в зависимости от рельефа и механических свойств почв в 2018-2020 гг. в центральной, южной, юго-восточной частях и в 2021-2022 гг. - в северной части Таджикистана. Территории регионов, выбранных для отбора проб, включают в себя самые разнообразные ландшафты: альпийские луга, высокогорные и равнинные пустыни, глубокие и узкие ущелья рек, сжатые скалистыми хребтами (рис. 1).



Рисунок 1 – Карта территориального деления Таджикистана: 1 - Северный Таджикистан; 2 - Центральный Таджикистан; 3 - Южный Таджикистан; 4 - Восточный Таджикистан

В каждом регионе было выбрано от 20 до 40 точек для отбора проб, где минимальное расстояние между точками составляет примерно 5-7 км. Пробоотбор почвы проводился согласно ГОСТ 17.4.3.01-2017 от поверхности земли до глубины 25 см. Отобранные пробы разделили на две категории: пробы почвы из необрабатываемых земель и почва из обрабатываемых полей. Каждая проба в точке отбора очищалась от камней, корней и других включений. Из общей массы образца методом квартования отбирали более 1 л пробы. Почвы высушивали до воздушно-сухого состояния, измельчали на мельнице и просеивали через сито диаметром отверстий 2 мм. Для измерения и анализа проб использовали стандартный сосуд «Маринелли» объёмом 1 л. Измерения проводились на гамма-спектрометре с детектором из особо чистого германия (CANBERA, программное обеспечение Genie-2000) с неопределённостью измерения от 6 до 13%, в аккредитованной «Лаборатории технических услуг» Агентства по ХБРЯ безопасности НАНТ.

На рис. 2 и 3 приведены карты средней удельной активности (УА) цезия-137 в почвах различных районов Таджикистана в Бк/кг.

Таблица 1
Сведения об усредненных значениях УА цезия-137 в почвах Северного Таджикистана

Номер региона	Названия регионов	Усредненная УА почвы, Бк/кг
1	Матчинский район	<1
2	Б.Гафуровский район	27,8
3	Аштский район	9,1
4	Зафарбадский район	4,9
5	Спитаменский район	<1
6	Дж.Расуловский район	<1
7	Канибадамский район	<1
8	Исфаринский район	<1
9	Истаравшанский район	12,1
10	Девашичский район	<1
11	Пенджикентский район	<1
12	Айнийский район	7,8
13	Шахристанский район	14,2
14	Горно-Матчинский район	<1

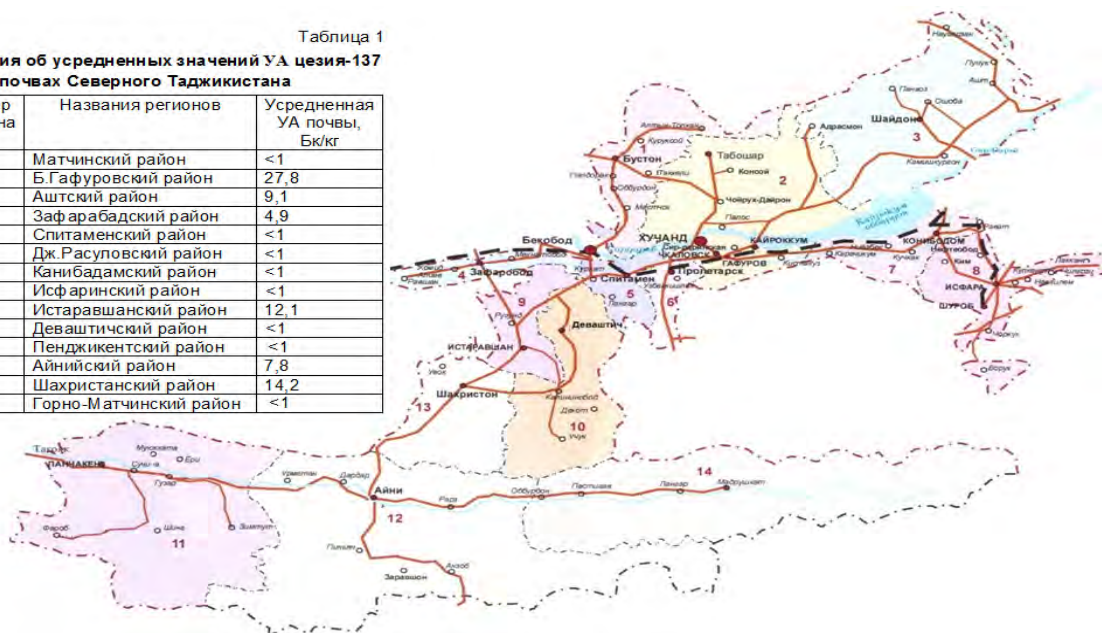


Рисунок 2 – Карта регионов Северного Таджикистана с указанием усреднённого значения УА цезия в почве

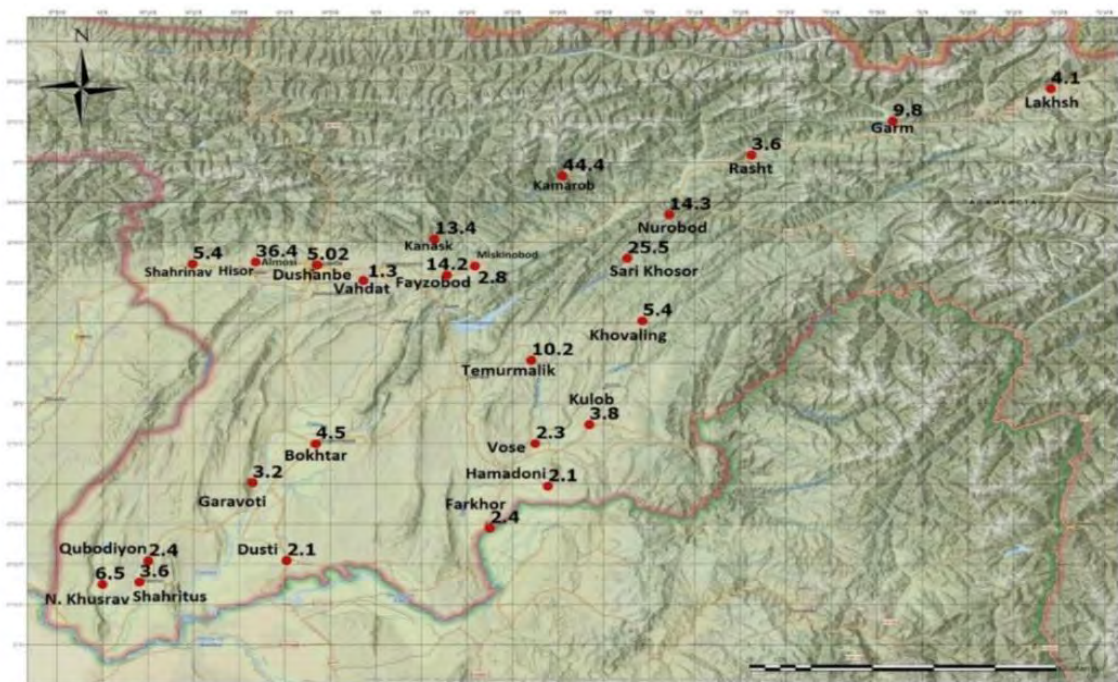


Рисунок 3 – Карта усреднённых значений содержания цезия-137 в почвах центральной и южной частей Таджикистана (в Бк/кг)

На основании сравнений результатов измерений выявлены основные закономерности и характер пространственного распределения цезия-137 в почвенном покрове Таджикистана. Результаты по средней УА цезия-137 в почвах северных, центральных, южных и юго-восточных районов Таджикистана приведены на рис. 4.

Из гистограммы рис. 4 видно, что распределение цезия-137 в районах Таджикистана разное. Максимальная средняя УА цезия-137 наблюдается в почвах гористой местности районов Раштской зоны и территории Сари Хосора (юго-восточная часть Таджикистана), Хонако в зоне ущелья Алмасы (центральный Таджикистан), а также на территории в южной части Кураминского хребта (северный Таджикистан). В результате атмосферных осадков и песчаной мглы, так называемого «Афганца», идущих со стороны юга и юго-востока, цезий-137 оседает на вершинах гор, и за счёт водной и ветровой эрозии и селевых потоков накапливается у их подножия, о чём свидетельствуют высокие показатели УА в пробах, отобранных у подножия гор [3, 4].

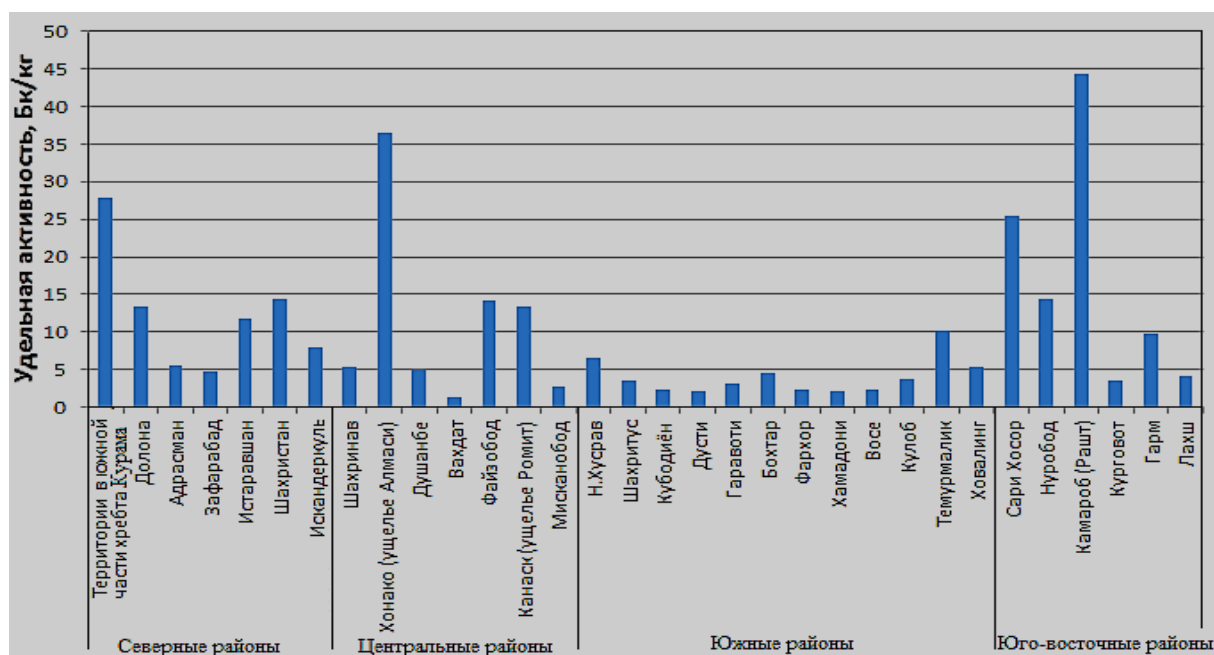


Рисунок 4 – Гистограмма распределения цезия-137 в почвенном покрове различных территорий Таджикистана

Максимальное значение УА цезия-137 наблюдается в местности Камароб Раштского района, которое составляет 147.5 Бк/кг (юго-восток), а среднее значение в этом районе составляет 44.4 Бк/кг. Минимальное значение средней УА цезия-137 отмечено в городе Вахдат, которое составило 1.3 Бк/кг [4]. Возможно это связано с тем, что Вахдат находится на более низком уровне, чем остальные районы.

На рис. 5. приведён энергетический спектр гамма-излучения содержания радионуклидов в пробе почвы, отобранной в «Камароб».

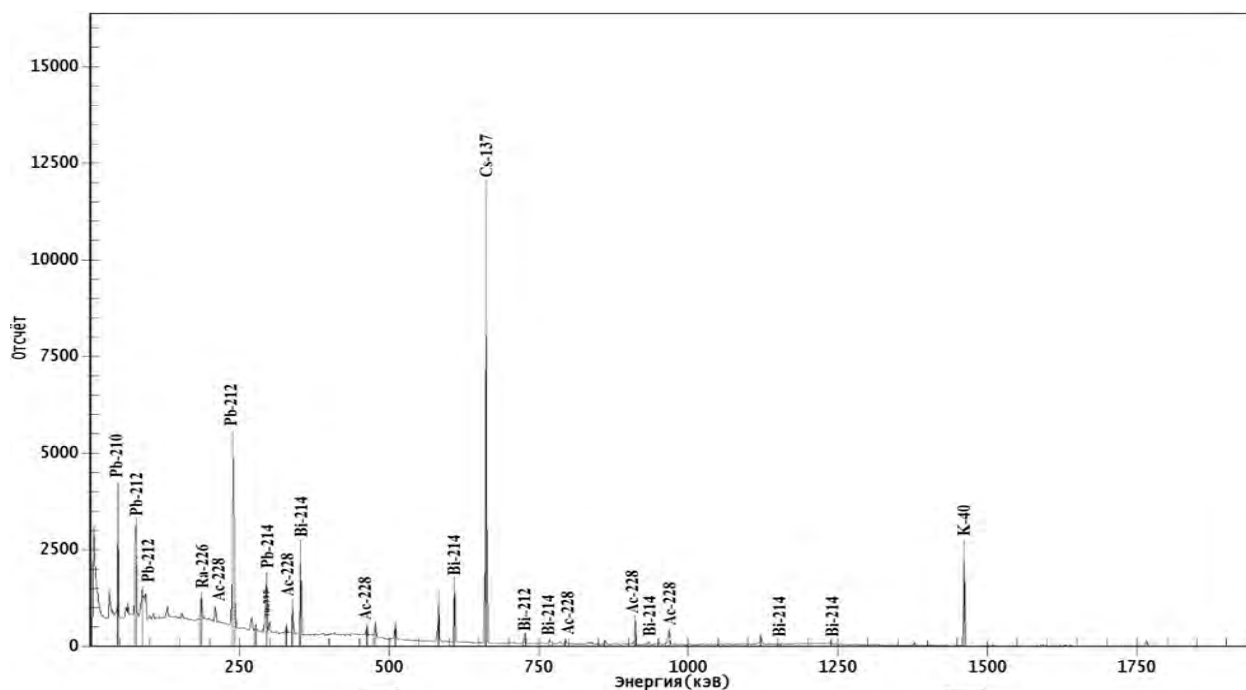


Рисунок 5 – Спектр гамма-излучения образца пробы почвы «Камароб»

Из приведённого спектра гамма-излучения видно, что высота пика полного поглощения цезия-137 с энергией 661 кэВ значительно выше по сравнению с природными радионуклидами семейства U-235, U-238, Th-232 и K-40. Предполагается, что концентрация радионуклида цезия-137 в данной местности связана с геологическими особенностями ущелья, окружённого высокими скалистыми лесисто-луговыми горными массивами, которое имеет замкнутую форму протяжённостью более 35 км в длину с единственным узким проходом, что способствует практически полному осаждению радионуклидов, мигрирующих в составе пылевых бурь и аэрозольных осадков, которые характерны для всех горных массивов Таджикистана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мирошников, А. Ю. Радиационное и латеральное распределение цезия-137 в почвах фоновых ландшафтов степей юга западной Сибири / А. Ю. Мирошников, И. Н. Семенов, А. А. Усачева, А. В. Дергачева // Фундаментальные исследования. – 2014. - № 12. - С. 547-551.
2. Национальная Программа по борьбе с опустыниванием в Таджикистане. - Душанбе, 2000. – 184 с.
3. Муминов, С. В. Содержание цезия-137 в почвенном покрове Центрального и Южного Таджикистана / С. В. Муминов, Б. Б. Баротов, У. М. Мирсаидов [и др.] // Радиационная гигиена. – 2021. - Т. 14. - № 2. – С. 66-71.
4. Мирсаидов, У. М. Сравнительная оценка распределения ^{137}Cs в почвенном покрове на территории Таджикистана / У. М. Мирсаидов, М. З. Ахмедов, Х. М. Назаров [и др.] // Радиация и риск. – 2023. - Т. 32. - № 4. - С. 24-34.

МОНИТОРИНГ РАДОНА НА ТЕРРИТОРИИ ТАДЖИКИСТАН RADON MONITORING IN TAJIKISTAN

**И. Мирсаидзода, С. В. Муминов,
С. Рахматшоев, М. А. Зоитова, У. М. Мирсаидов**
I. Mirsaidzoda, S. V. Muminov, S. Rakhmatshoev, M. A. Zoitova, U. M. Mirsaidov

*Агентство по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности
Национальной академии Таджикистана,
г. Душанбе, Республика Таджикистан,
ulmas2005@mail.ru*

*Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Safety & Security Agency
of the National Academy of Sciences of Tajikistan,
Dushanbe, Republic of Tajikistan*

В статье приведены результаты измерения концентрации радона на территории Таджикистана. Было проведено исследование концентрации радона в жилых домах, зданиях дошкольных и школьных учреждений, а также вокруг урановых хвостохранилищ. Интегральным методом измерялись объемная активность радона с использованием трековых экспозиметров. Измерение осуществлялось в течение трех месяцев отопительного и трех месяцев теплого периода года. В ходе исследования были обследованы более 750 точек на территории республики Таджикистан. Представлены результаты расчета эквивалентной равновесной объемной активности радона в помещениях на разных этажах в отопительный и теплый периоды года.

The article presents the results of radon concentration measurements on the territory of Tajikistan. The radon concentration has been measured in the residential buildings, preschool and school buildings, as well as around uranium tailings dumps. The volumetric activity of radon has been measured by means of integral method using the track exposure meters. The measurements were carried out during three months of heating period and three months of warm period of the year. During the study, more than 750 points were studied on the territory of the Republic of Tajikistan. The results of equivalent equilibrium volumetric activity measurements of radon in rooms on different floors during the heating and warm periods of the year are considered.

Keywords: radon, volumetric activity, internal radiation dose, track detectors.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-194-197>

Ключевые слова: радон, объемная активность, внутренняя доза облучения, трековые детекторы.

Известно, что основной вклад в дозу облучения населения создают природные источники ионизирующего излучения - гамма-излучение грунта, космические излучения и, главным образом, радон [1], поэтому особую значимость приобретает контроль уровней облучения населения в помещениях т. к. облучение человека радоном происходит, в основном, в помещениях. Содержание радона в воздухе помещений зависит от его содержания в почве и подстилающих породах, их эманлирующей способности, климатических условий конструкции зданий и системы их вентиляции и кратностью воздухообмена в помещении. Концентрации и потоки радона крайне неравномерны, они изменяются в очень широких пределах для различных регионов и видов зданий. По оценке Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) индивидуальная суммарная доза облучения варьирует от 0,5 до 100 от модального значения дозы, причем она превышает не только предел дозы для ограниченной части населения от искусственных источников ионизирующих излучений, но и может превышать предел дозы для профессионалов (20 мЗв/год) [2].

Целью данной работы являлось исследование радиационного фона, обусловленного радоном в помещениях зданий районов Республики Таджикистан, установление закономерности распределения радона в этих помещениях в зависимости от влияния различных факторов и расчёт средней индивидуальной годовой эффективной дозы облучения, обусловленной радоном и дочерними продуктами его распада.

Для измерения концентрации радона на территории Таджикистан были установлены пассивные трековые детекторы (экспозиметры). Данные пластиковые детекторы можно было использовать для проведения измерений в течении 2 – 6 месяцев, которые позволяют измерять уровень (объёмная активность) ОА радона от 15 до 25 000 Бк/м³. В части обследуемых помещений, помимо интегральных измерений ОА радона, проводилось и измерение гамма-фона. Измерение проводилось в течение трех месяцев, как в отопительный период, так и в теплый период.

При проведении измерений и обработке результатов были учтены следующие факторы: срок эксплуатации здания; этаж установки детекторов; время года; продолжительность измерений; условия вентиляции или частота проветривания помещений; среднее время нахождения людей в помещениях и мощность дозы гамма-излучения в помещениях. Экспозиметры в обследуемых помещениях размещали в местах, удаленных от окон и отопительных приборов на высоте 1,5–2 м над уровнем пола. Характеристики каждого объекта, помещений и экспозиметра фиксировались в специальном журнале и использовались для обработки результатов.

Исследование радона на территории Таджикистана заключалось из трех этапов: измерение радона на северной части, южной части и центральная часть. Обследованные здания находились в разных частях районов. Минимальное расстояние между исследуемых зданий составляло 5–7 км в каждом районе. Измерения были проведены как на первом, так и на втором этажах зданий (если существует) в помещениях, расположенных одно над другим. На каждом этаже было установлено по 2 экспозиметра, всего 4 экспозиметра на здание и где одноэтажное здание всего по 2 экспозиметра. Потери при сборе экспозиметров составили 1%. Значения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения в обследованных помещениях, полученные с помощью спектрометра МКС-6102 производство Атомтех гамма-излучения при установке экспозиметров, находятся в интервале от 0,06 до 0,18 мкЗв/ч, среднее значение составило 0,12 мкЗв/ч. Значимых различий в результатах измерений амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения в зависимости от типа здания и этажа не выявлено.

Исследование показало, что средняя эквивалентная равновесная объёмная активность (ЭРОА) радона в одних и тех же зданиях различаются в зависимости от периода года и этажа, на котором проводилось измерение. ЭРОА радона в теплый период гораздо ниже, чем в отопительный период, что обусловлено частотой проветривания помещений в теплый период года. Также ЭРОА радона в помещениях на втором этаже ниже, чем в помещениях на первом этаже, независимо от периода года.

Для проверки характера распределения ЭРОА радона по этажам и периодам года были построены гistogramмы частотного распределения полученных значений ЭРОА радона в объединённых массивах результатов измерений во всех обследованных помещениях на 1 и 2 этажах зданий (*рис.*) и рассчитаны средние геометрические значения (медианы).

Так, концентрация радона в помещениях первых этажей выше, чем на вторых этажах аналогичных помещений. Большая часть (процент) полученных статистических данных среднегодового значения ЭРОА радона на первых этажах зданий районов Хатлонской области лежит в пределах 70 Бк/м³, а на вторых этажах - 60 Бк/м³.

Сопоставление значений ЭРОА радона с данными геологической структуры почвы места расположения этих зданий, закономерностей ощутимого влияния отдельных пород выявлены только вблизи урановых хвостохранилищах на севере Таджикистана. Максимальные содержания радона отмечены в отдельных зданиях пос. Старый Табошар (в настоящее время г. Истиклол), из величины находятся в диапазоне от 527 до 826 Бк/м³. Данный факт объясняется тем, что для постройки фундаментов этих зданий использовались горные породы с высокими содержаниями естественных радионуклидов (ЕРН), также значимым фактом, влияющим на такие высокие содержания радона, является отсутствие в отдельных зданиях вентиляции [3].

Значение средней индивидуальной годовой эффективной дозы внутреннего облучения за счет короткоживущих дочерних продуктов радона в воздухе рассчитывалось на основе полученных значений ЭРОА радона в воздухе помещений с использованием дозового коэффициента из отчетов НКДАР ООН за 2000 и 2006 гг., равного $9,0 \cdot 10^{-6}$ мЗв/(Бк·ч/м³) [4, 5].

На основе полученных медианных значений ЭРОА радона были рассчитаны значения индивидуальной годовой эффективной дозы облучения в помещениях районов Таджикистана (таблица). Полученные значения характеризуют эффективную дозу внутреннего облучения людей за счет ингаляции дочерних продуктов радона при нахождении в исследуемых помещениях в течение года.

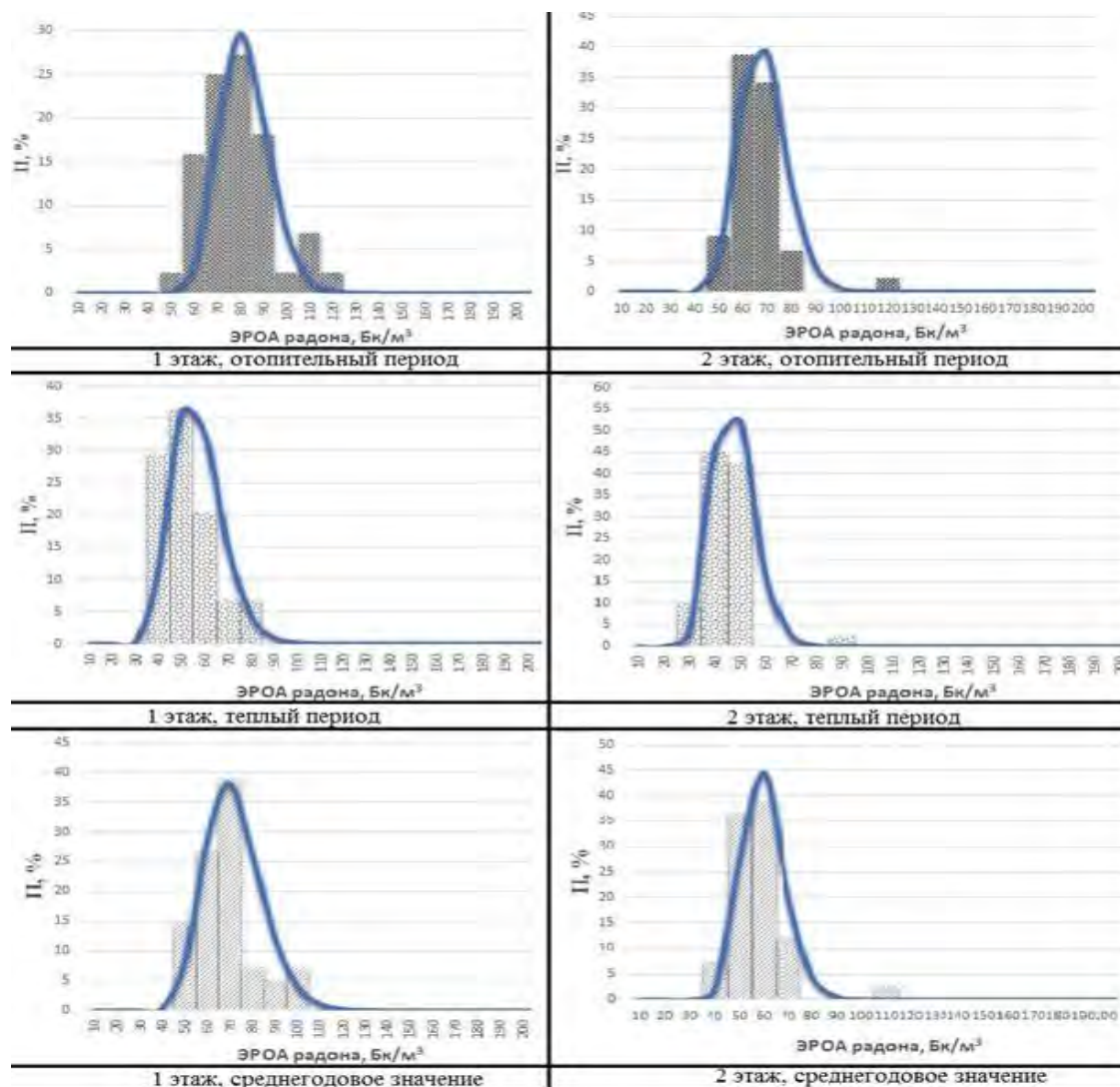


Рисунок – Распределение значений ЭРОА радона в массивах результатов измерений во всех обследованных помещениях на 1 и 2 этажах зданий. Огибающие кривые – подобранные логнормальные распределения

Таблица

Среднегодовые значения ЭРОА радона и величины среднегодовых индивидуальных эффективных доз облучения детей радоном в помещениях образовательных учреждений

№	Величина	Районы					
		Северные районы (1 этаж)	Северные районы (2 этаж)	Южные районы (1 этаж)	Южные районы (2 этаж)	Центральные районы (1 этаж)	Центральные районы (2 этаж)
1.	Диапазон значений среднегодовой ЭРОА радона, Бк/м³	49–331	50–82	61–142	42–62	48–105	43–75
2.	Среднее значение среднегодовой ЭРОА радона, Бк/м³	103	59	93	54	70	56
3.	Интервал величин среднегодовых индивидуальных эффективных доз облучения, мЗв	0.53–3.6	0.54–0.88	1.09–2.55	0.75–1.11	0.86–1.91	0.78–1.35
4.	Усреднённая величина среднегодовой индивидуальной эффективной дозы облучения, мЗв	1.11	0.64	1.67	0.97	1.26	0.99

Согласно анализам полученных результатов выявлено, что среднегодовые эффективные дозы облучения людей, находящихся в исследуемых помещениях находится в диапазоне от 0.64 до 1.64 мЗв, данная доза является суммой излучений радона и излучений дочерних продуктов его распада. Выявлена зависимость, характеризующая

изменение концентрации радона от этажа помещений, на котором проводились измерения. Так, концентрация радона в помещениях первых этажей выше, чем на вторых этажах аналогичных помещений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радиологическая защита от облучения радоном. Перевод публикации 126 МКРЗ / под ред. М.В. Жуковского, И.В. Ярмошенко, С.М. Киселева. М.: Изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России», 2015. 92 с.
2. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ). Пер с англ. /Под общей ред. М.Ф. Киселёва и Н.К.Шандалы. М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009.
3. Мирсаидов У.М., Назаров Х.М., Шосафарова Ш.Г., Махмудова М.М. Радоновый мониторинг на территории Северного Таджикистана // Радиационная гигиена. 2020. Т. 13, № 1. С. 68–73. DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-1-68-73.
4. Источники и действие ионизирующего излучения. Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации. Отчёт НКДАР ООН Генеральной Ассамблеи, VI: Источники.–ООН, Нью-Йорк, 2000.–654 с.
5. Источники и действие ионизирующего излучения. Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации. Отчёт НКДАР ООН 2006 Генеральной Ассамблеи, I: Sources.–UN, NY, 2008.–392с.

РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПУЧКА НЕЙТРОНОВ 4-ГО КАНАЛА ЦИКЛИЧЕСКОГО УСКОРИТЕЛЯ Р7-М COMPUTATIONAL DETERMINATION OF PARAMETERS OF NEUTRON BEAM OF 4-TH CHANNEL OF CYCLIC ACCELERATOR R7-M

**А. Е. Овсенёв, М. В. Гладких, Н. В. Смольников,
М. Н. Аникин, А. Г. Наймушин, И. И. Лебедев И.В. Ломов
A. Ovsenev, M. Gladkikh, N. Smolnikov, M. Anikin,
A. Naymushin, I. Lebedev, I. Lomov**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
г. Томск Россия
aeo3@tpu.ru
National Research Tomsk Polytechnic University
Tomsk, Russia*

В данной работе описано создание расчетной модели источника нейтронов на базе 4-го канала циклического ускорителя Р7-М в программном комплексе PHITS для определения нейтронно-физических характеристик пучка нейтронного излучения. Получены энергетическое и угловое распределение плотности потока нейтронов, а также получены значения плотности потока нейтронов в диапазоне энергий от 0,01 эВ до 15 МэВ.

This article describes the creation of a computational model of a neutron source based on the 4-th channel of the P7-M cyclic accelerator in the PHITS software package for determining the neutron-physical characteristics of a neutron radiation beam. The energy and angular distribution of the neutron flux density are obtained, and the values of the neutron flux density in the energy range from 0.01 eV to 15 MeV are obtained.

Ключевые слова: циклический ускоритель, экспериментальный канал, мишень, нейтронный пучок, энергетическое распределение, угловое распределение, аппроксимация.

Keywords: cyclotron, experimental channel, target, neutron beam, energy development, angular development, approximation.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-197-201>

Введение. Ускорители частиц играют важную роль в современной физике, медицине и промышленности, обеспечивая доступ к высокоэнергетическим пучкам различных заряженных частиц. Одним из ключевых аспектов использования ускорителей является их потенциал в качестве источников нейтронов. Нейтроны имеют особую значимость в различных областях исследований, таких как ядерная физика, медицинская диагностика и терапия, промышленные приложения и безопасность ядерной энергетики.

На сегодняшний момент в ТПУ работает и активно используется циклический ускоритель Р-7М [1]. Однако, проблема отсутствия как универсальной модели источника нейтронов, так и полноценной модели экспериментальных каналов стоит особенно остро, в следствие того, что ускоритель используется в целях нейтронной терапии [2]. Выявление закономерностей формирования пучка нейтронного излучения и дальнейшая постройка модели источника на основе данных закономерностей позволила бы существенно упростить и ускорить работы, связанные с оценкой дозовых нагрузок на пациента.

Теоретические основы. Нейтроны являются вторичным излучением ускорителя и возникают в результате взаимодействия пучков высокоэнергетических частиц с материалом мишени. На 4-м канале циклического ускорителя Р-7М (рисунок 1) интенсивные потоки быстрых нейтронов получают путем бомбардировки ускоренными дейтронами бериллиевой мишени. На рисунке 2 показаны примеры относительных спектров нейтронов при бомбардировке дейтронами толстых Be мишеней с энергией дейтронов от 7,5 МэВ до 54 МэВ. Средняя энергия нейтронов примерно в 0,4 раза больше энергии дейтрона.

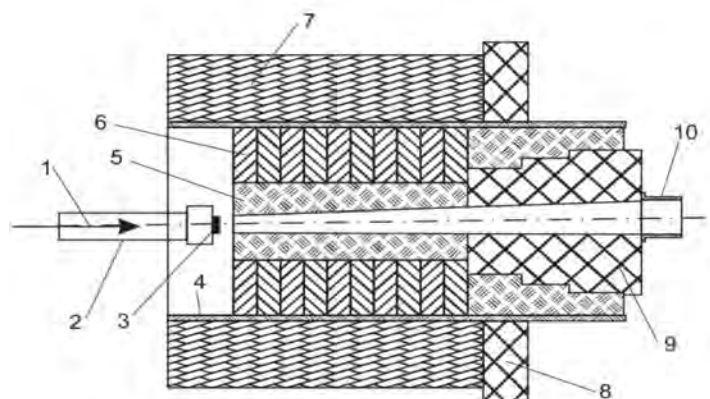


Рисунок 1 – Коллиматор нейтронного пучка: 1 – пучок дейтронов; 2 – канал ионного пучка; 3 – Be -мишень; 4 – железная труба; 5 – полиэтиленовый коллиматор; 6 – железные диски; 7 – бетонная стена; 8 – радиационная защита из полиэтилена; 9 – съемный полиэтиленовый коллиматор; 10 – конус

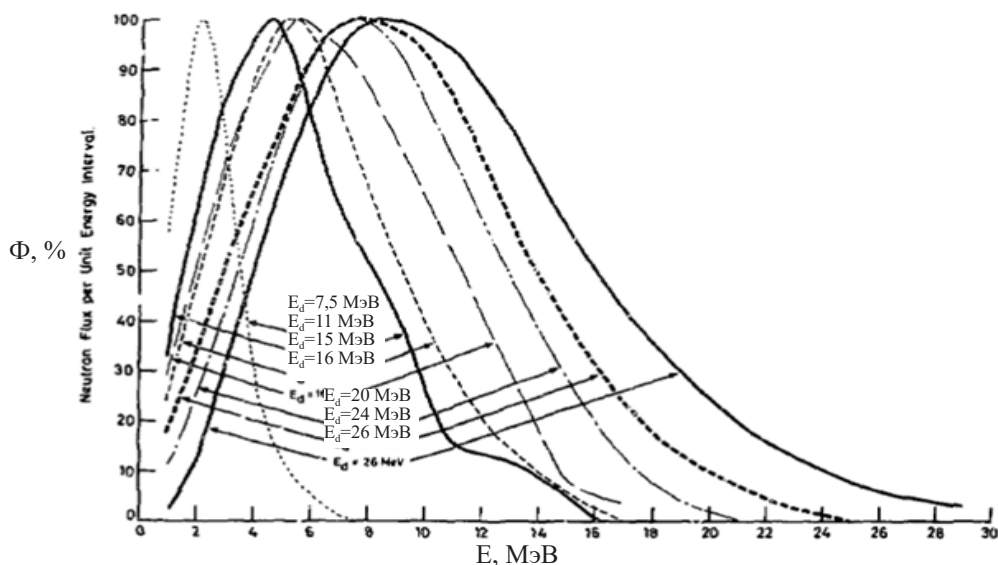


Рисунок 2 – Относительные спектры нейтронов, вылетевших под углом 0° из толстых мишеней Be , бомбардированных дейтронами [3]

Помимо энергетических характеристик, изучение угловых распределений нейтронов, получаемых на ускорителях, является важной задачей в области исследований ядерной физики. Это связано с тем, что угловое распределение нейтронов определяет характер распространения излучения и его взаимодействия с окружающей средой, что является ключевым фактором для эффективной работы во многих сферах.

К.А. Вивер в своей работе [4] экспериментально получил и описал угловые распределения для различных типов мишени в широком диапазоне энергий дейтронов (рисунок 3). Энергии дейтронов на рисунке 3 находятся в следующем диапазоне:

а – дейтроны с энергией 9, 14 и 18 МэВ на тонкой бериллиевой мишени;
 б – дейтроны с энергией 9, 14 и 18 МэВ на толстой бериллиевой мишени;
 в – дейтроны с энергией 19 МэВ на толстой литиевой мишени и дейтроны с энергией 18 МэВ на толстой углеродной мишени.

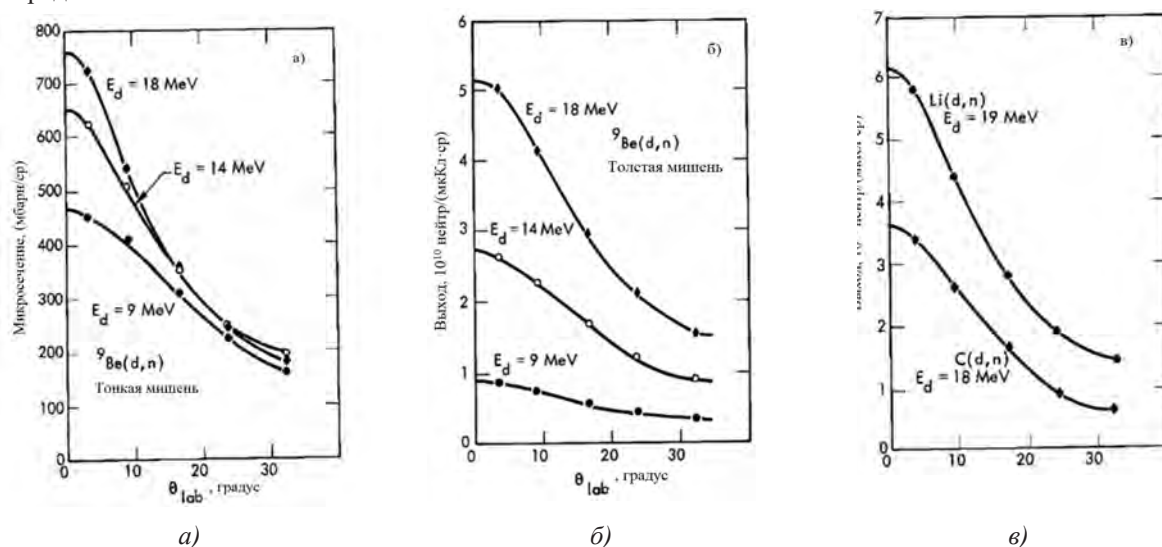


Рисунок 3 – Угловое распределение образования нейтронов, интегрированное по энергии нейтронов

Расчетная модель. На основании результатов работы [5] по созданию составного источника для моделирования столкновительных реакций на базе циклического ускорителя Р-7М нейтронов в программном комплексе RHITS была построена модель 4-го канала циклического ускорителя Р-7М, в которой учитывались все конструкционные материалы, для проведения нейтронно-физических расчетов методом Монте-Карло [6]. На рисунке 4 представлено сечение построенной модели экспериментального канала. Модель представляет из себя набор конструкционных материалов, состоящих из бериллиевой мишени, бетонного кольца с внутренними вставками из стальных дисков и полиэтилена. В центре конструкционных материалов расположен канал для формирования нейтронного потока. Источник нейтронов расположен в месте с координатой по оси $Z=4,5$ см. Расчетная область расположена в месте с координатой по оси $Z=110,7$ см.

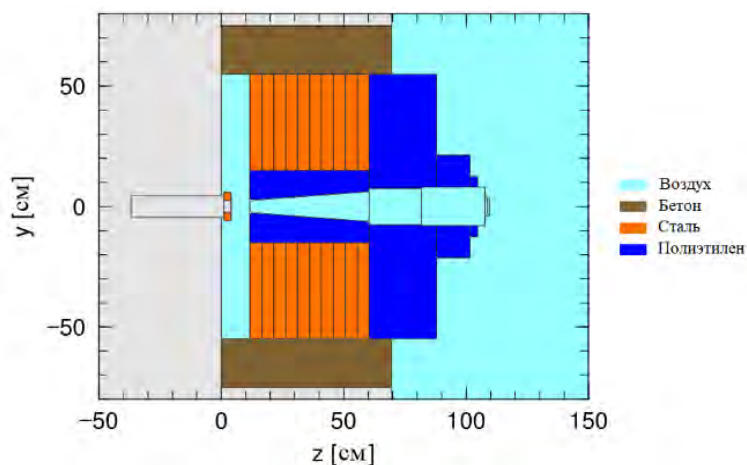


Рисунок 4 – Сечение расчетной модели экспериментального канала

На рисунке 5 представлено пространственное распределение нейтронов в 4-ом канале циклического ускорителя Р-7М.

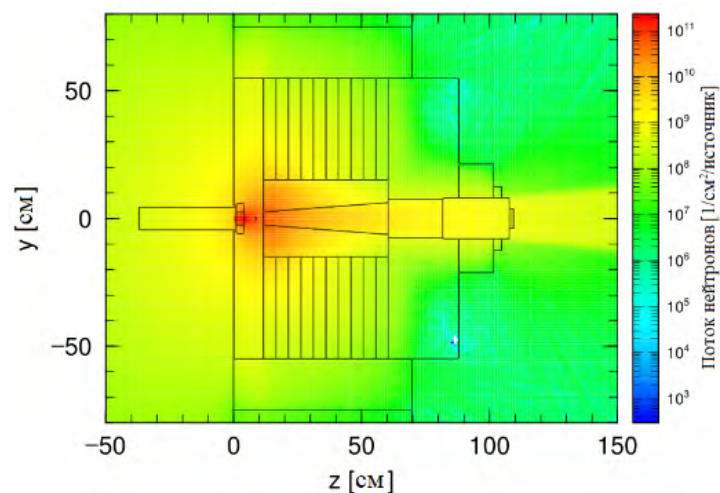


Рисунок 5 – Пространственное распределение нейтронов

Помимо пространственных распределений рассчитано энергетическое распределение плотности потока нейтронов на расстоянии 100 см от мишени, представленные на рисунке 6.

На расстоянии 100 см от мишени средняя энергия нейтронов составила 7,1 МэВ, а наиболее вероятная энергия составила равной 5,4 МэВ. Суммарная плотность потока нейтронов всех энергий составила $1.21 \cdot 10^8$ нейтрон·см⁻²с⁻¹.

Помимо энергетических и пространственных характеристик, было проведено определение углового распределения нейтронов, испускаемых из Ве-мишени в 4-м канале циклического ускорителя Р-7М, представленное на рисунке 7. Данное угловое распределение нейтронов определяет, как излучение распространяется в окружающей среде и взаимодействует с ней. Этот аспект является важным фактором при исследовании нейтронно-физических характеристик 4-го канала циклического ускорителя.

Из рисунка 7 видно, что 66 % всех нейтронов на срезе экспериментального канала после коллиматора распространяются в секторе ± 20 градуса.

Заключение. В ходе выполнения работы была создана расчетная модель 4-го экспериментального канала ускорителя Р-7М. Произведен расчет пространственного, энергетического и углового распределения потока нейтронов в 4-ом экспериментальном канале циклического ускорителя Р-7М. На расстоянии 100 см от мишени средняя энергия нейтронов составила 7,1 МэВ, а наиболее вероятная энергия составила равной 5,4 МэВ. Суммарная плотность потока нейтронов всех энергий составила $1.21 \cdot 10^8$ нейтрон·см⁻²с⁻¹. Установлено, что имеет место анизотропия рассеяния плотности потока нейтронного излучения, так как 66 % нейтронов излучается в секторе ± 20 градусов.

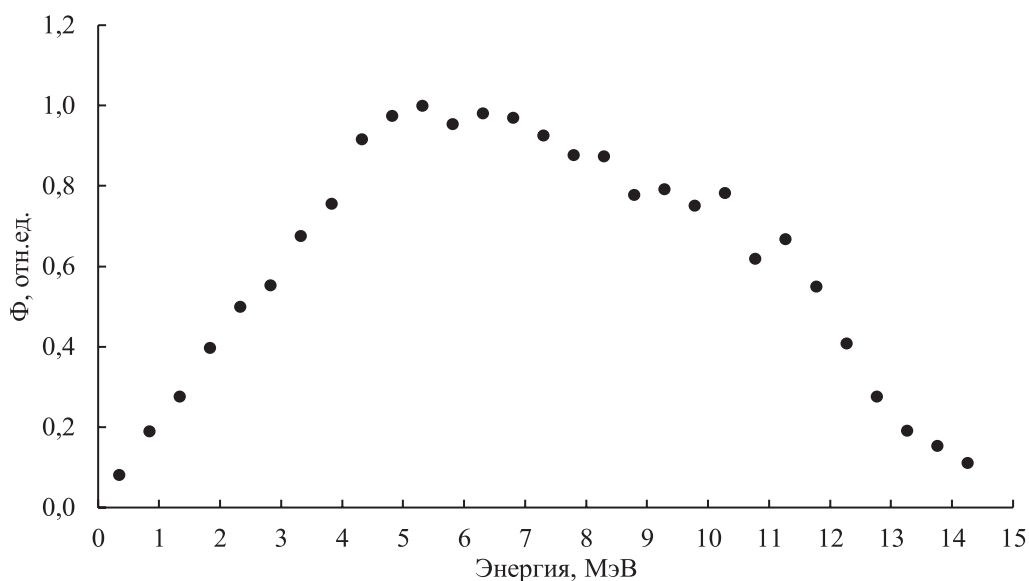


Рисунок 6 – Энергетическое распределение потока нейтронов на срезе экспериментального канала

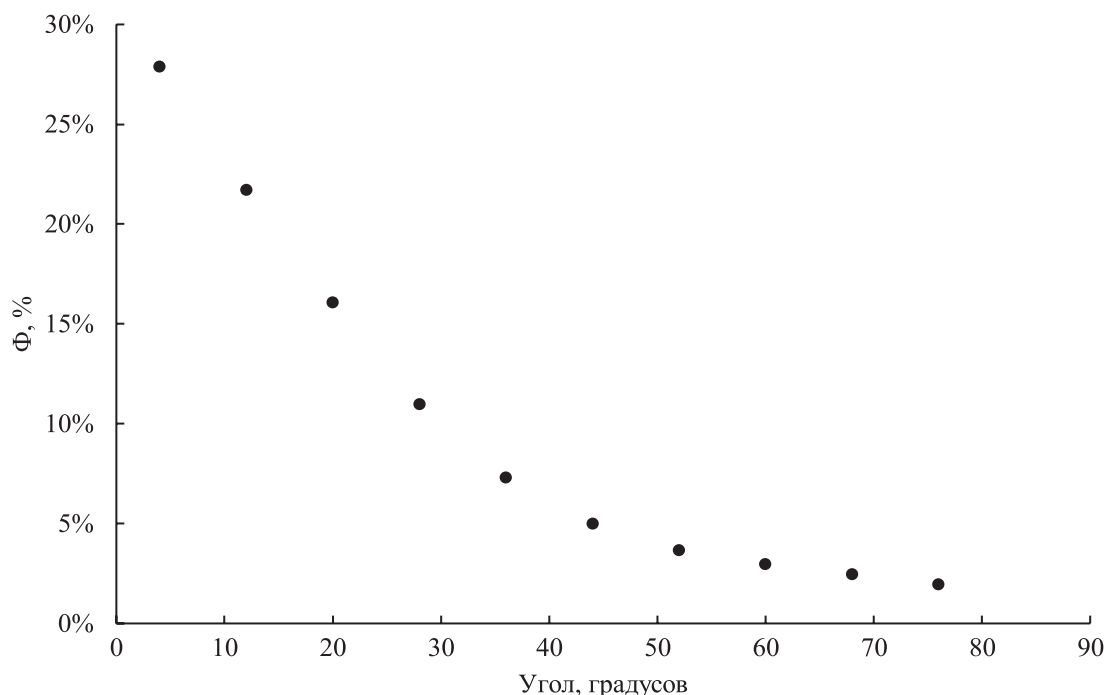


Рисунок 7 – Угловое распределение потока нейтронов на срезе экспериментального канала

ЛИТЕРАТУРА

1. Корпоративный портал ТПУ – История лаборатории [Электронный ресурс]. URL: <https://portal.tpu.ru/departments/laboratory/lprv/history>).
2. Зырянов Б.Н., Мусабаева Л.И., Летов В.Н., Лисин В.А. Дистанционная нейтронная терапия. – М.: ТГУ, 1990. – 300 с.
3. Weaver, K. A. Neutrons from deuteron bombardment of light nuclei: Thesis Submitted in Fulfilment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy / Weaver K. A.; University of California. – Livermore, 1972.
4. Weaver K. A. [и др.]. Neutron Spectra from Deuteron Bombardment of D, Li, Be, and C // Nuclear Science and Engineering. 1973. № 1 (52). С. 35–45.
5. Гладких М. В., Смольников Н. В., Овсенёв А. Е., Аникин М. Н., Наймушин А. Г., Лебедев И. И., Ломов И. В. Составной источник для моделирования столкновительных реакций на базе циклического ускорителя Р-7М // Вестник Башкирского университета. - 2023 - Т. 28 - № 4. - С. 349-354.
6. Sato T. [и др.]. Recent Improvements of Particle and Heavy Ion Transport code System: PHITS // EPJ Web of Conferences. 2017. (153). С. 06008.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

PERSPECTIVES OF THE APPLICATION OF ENERGY-EFFICIENT SYNCHRONOUS ELECTRIC MACHINES WITH PERMANENT MAGNETS

Д. М. ИВАНОВ

D. M. IVANOV

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
dmitrymivanov89@mail.ru*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus*

Рассмотрены вопросы перспективности применения энергоэффективных синхронных электрических машин с постоянными магнитами.

The issues of the perspectives of using energy-efficient synchronous electric machines with electromagnetic excitation are considered.

Ключевые слова: синхронный электродвигатель с постоянными магнитами, датчик положения ротора, полеориентированное управление, математическая модель.

Keywords: synchronous electric motor with permanent magnets, rotor position sensor, field-oriented control, mathematical model.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-203-207>

Энергетика играет важную роль в развитии глобальной экономической системы. Рост численности населения, а также повышение экономического благосостояния стран и их граждан увеличивают производство товаров и потребность в электроэнергии.

Сегодня на системы электропривода приходится около 80% от всей потребляемой промышленностью электроэнергии, поэтому применение энергоэффективных электрических машин является наиболее важной задачей, которая стоит перед разработчиками.

Следует отметить основные способы повышения энергоэффективности электродвигателя:

- Повышение точности механической обработки заготовок при производстве узлов электродвигателя;
- Повышение точности систем управления электроприводом за счёт внедрения в работу высокочувствительных измерительных преобразователей и микроконтроллеров;
- Управление электроприводом при помощи преобразователя частоты (ПЧ), который позволяет управлять скоростью вращения электродвигателя и улучшает его эффективность работы, что в свою очередь снижает затраты на электроэнергию, кроме того наличие ПЧ позволяет использовать энергоэффективные синхронные двигатели с постоянными магнитами.

Вопрос применения современного энергоэффективного частотно-регулируемого электропривода является весьма актуальным, ведь во многих отраслях производства и сельского хозяйства используются технологические машины, рабочие органы которых вращаются с частотой значительно отличающейся от частоты вращения приводного двигателя. Для преобразования частоты вращения применяют различные механические преобразователи (редукторы), кроме этого для облегчения пуска и предотвращения заклинивания используют различного рода муфты. Использование этих дополнительных узлов приводного механизма значительно увеличивает его габаритные размеры, а также ухудшает надежность соединений, кроме того возрастает металлоемкость, потери энергии, вибрации и шум. Диапазоны регулирования скорости являются ограниченными (ступенчатыми). Все эти недостатки не позволяют назвать такого рода электропривод энергоэффективным. На сегодняшний день с бурным развитием силовой полупроводниковой микропроцессорной техники для систем управления электроприводом эти недостатки возможно нивелировать за счет применения регулируемых синхронных двигателей с постоянными магнитами [1].

Синхронный двигатель с постоянными магнитами (СДПМ) является наиболее перспективной электрической машиной, благодаря своим высоким эксплуатационным и энергетическим показателям. У него наиболее простая конструкция, которая не имеет потерь на возбуждение благодаря отсутствию обмоток возбуждения на роторе. Вращение ротора осуществляется за счет взаимодействия магнитного поля обмотки статора и постоянных магнитов, размещенных на роторе. Благодаря такой конструкции синхронный двигатель обладает высокой

стабильностью, точностью регулирования в широком диапазоне скоростей и нагрузочных моментов. Эти качества выделяют его из ряда всех остальных машин и обеспечивают ему применение во всех сферах промышленности, транспорта и сельского хозяйства. Также данного типа электродвигатели сегодня широко используются в системах автоматики, приводах станков, прецизионных системах слежения и в других различных технологических процессах.

СДПМ стали альтернативой эталонным по управляемости двигателям постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ НВ). Существенное развитие СДПМ получили с появлением IGBT, MOSFET транзисторов. Данные технологии в совокупности с недорогими постоянными магнитами на основе NdFeB начали вытеснять ДПТ НВ [1].

В современной литературе бесколлекторные двигатели такого типа имеют различные названия, но наиболее распространенным сегодня является общий термин «вентильный электродвигатель». Вентильный электродвигатель представляет собой электромеханическую систему, состоящую из синхронного двигателя с электромагнитным возбуждением или постоянными магнитами и датчика положения ротора. Управление таким двигателем осуществляется при помощи преобразователя частоты (ПЧ) (рисунок 1).

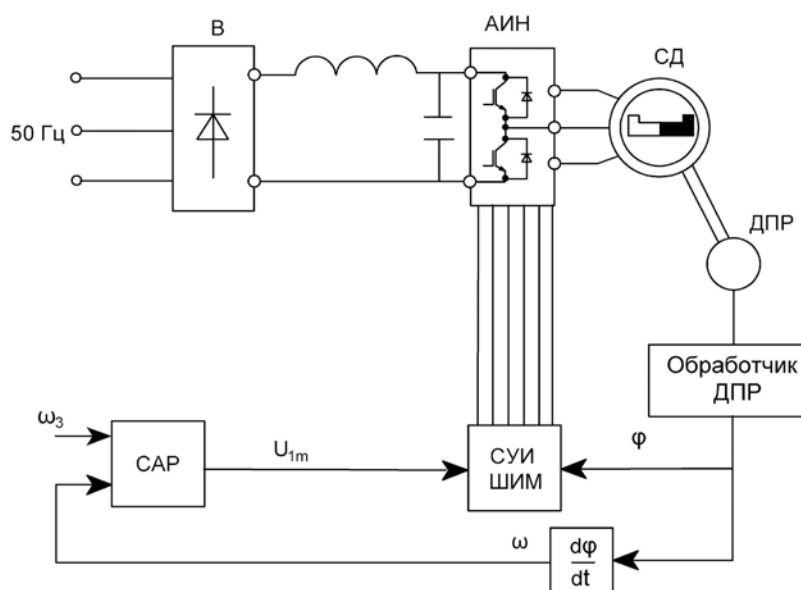


Рисунок 1 – Функциональная схема вентильного СДПМ

Одним из узлов в структуре управления СДПМ является датчик положения ротора (ДПР). Благодаря данному устройству формируются сигналы, которые используются в автономном инверторе напряжения (АИН) для управления транзисторами. За счет взаимодействия датчика положения ротора и ПЧ осуществляется протекание тока по обмоткам статора СДПМ таким образом, чтобы вектор магнитодвижущей силы (МДС) статора был направлен перпендикулярно вектору МДС ротора. Данные свойства схожи с ДПТ НВ. Величина напряжения, поступающая на статорную обмотку СДПМ, зависит от глубины модуляции ШИМ. Данный параметр будет зависеть от задающего сигнала напряжения U_{1m} , величина которого регулируется за счёт изменения задаваемой угловой скорости системой автоматического регулирования (САР) и реальной угловой скорости определяемой по углу положения ротора с ДПР.

Ротор СДПМ представляет собой электромагнит явнополюсного и неявнополюсного типа. Первое исполнение применяется для управления тихоходными технологическими машинами, а второй применяется в высокоскоростных установках за счет повышенной механической прочности. Неявнополюсные роторы имеют одинаковое значение индуктивности по продольным и поперечным осям $L_d = L_q$ и имеют форму против-ЭДС синусоидального типа, в свою очередь явнополюсные имеют разное значение индуктивности по осям $L_d \neq L_q$ и трапецеидальной формы против-ЭДС.

Ротор также классифицируют по способу расположения постоянных магнитов: с поверхностной установкой и встроенной. Более простой и бюджетный вариант установка постоянных магнитов на внешней поверхности ротора. В этом случае достигаются хорошие динамические характеристики электродвигателя при меньшей его стоимости. Второй же вариант со встроенными магнитами, данную технологию еще называют технология утопленных или скрытых магнитов, применяют для увеличения скорости и крутящего момента, кроме того такой вариант установки постоянных магнитов позволяет улучшить не только динамические характеристики, но и энергетические показатели.

Статор СДПМ конструктивно не отличается от других двигателей переменного тока, он бывает двух типов: с распределенной и с сосредоточенной обмоткой. В СДПМ в основном применяются распределенные обмотки, так как сосредоточенные не могут обеспечить близкого к синусоидальному закону изменения МДС в пространстве и электродвижущей силы (ЭДС) во времени. Двигатели с сосредоточенной обмоткой хорошо работают со

ступенчатым входным напряжением постоянного тока и их еще называют - бесколлекторные двигатели постоянного тока (БДПТ).

По способу управления применяются два основных вида управления синусоидальное для СДПМ и трапецеидальное для БДПТ.

Для решения более простых задач используют трапецеидальное управление за счет коммутации обмоток. Данный вид управления скалярный и является наиболее простым, он активно применяется в приводах, где не требуется точности в управлении и широкого диапазона регулирования. Существенно увеличить диапазон управления, точность регулирования, повысить быстродействие электропривода позволяет использование полеориентированного управления и прямого управления моментом. В системе прямого управления моментом СДПМ лежит метод управления моментом и потоком с помощью предельных циклов путем подачи с выхода ПЧ на обмотку СДПМ оптимального напряжения. Задача прямого управления моментом обеспечить быструю реакцию электромагнитного момента на управляющее воздействие. В полеориентированном управлении изменение момента осуществляется путем воздействия на ток статора, который является управляемой величиной, а в системе с прямым управлением моментом управляемой величиной является потокосцепление статора [2,3]. Полеориентированное управление реализуется за счет раздельного управления магнитным полем и моментом электродвигателя. Следует отметить, что данным методом управления применяется и для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (АДКР) [4,5]. Обе системы применимы в современных приводах, однако необходимо обращать внимание на требования к показателям регулируемого электропривода, так как при малых скоростях в методе прямого управления моментом возникают пульсации тока и момента. При полеориентированном управлении управление СДПМ приближается к эталонному регулируемому ДПТ НВ и данная система управления потенциально является более энергоэффективной.

Покажем данные свойства СДПМ при помощи математической модели. Запишем уравнение математической модели эквивалентного двухфазного СДПМ в осях в d-q [6]:

$$\left. \begin{aligned} u_{1q} &= i_{1q} R_1 + \frac{d\Psi_{1q}}{dt} + \omega_{\Sigma L} \Psi_{1d}; \\ M &= p_{II} \Psi_{1d} i_{1q}; i_{1d} = 0; \\ \Psi_{1d} &= L_{1d} i_{1d} + \Psi_{ma} = \Psi_{ma} = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot \Psi_{1m}; \\ \Psi_{1q} &= L_{1q} i_{1q} + L_{12} i_{2q} = L_{1q} i_{1q}; \\ e_1 &= \omega_{\Sigma L} \Psi_{1d}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где e_1 – ЭДС вращения;

R_1 – активное сопротивление фазы.

Если постоянные магниты находятся на поверхности ротора, тогда можем принять:

$$L_{1d} = L_{1q} = L_1 = const$$

Добавив уравнение движения электропривода, получим математическую модель трехфазного СДПМ в осях d-q:

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{3} \cdot U_1 &= i_{1q} R_1 + \frac{d\Psi_{1q}}{dt} + \sqrt{3} \cdot \omega_{\Sigma L} \Psi_{1d}; \\ \Psi_{1q} &= L_1 i_{1q}; \Psi_{1d} = \sqrt{3} \cdot \Psi_1; i_{1d} = 0; \\ M &= p_{II} \sqrt{3} \cdot \Psi_1 i_{1q}; \Psi_1 = \Psi_{1НОМ} = \frac{E_{1НОМ}}{\omega_{НОМ}}; \\ E_{1Л} &= \sqrt{3} \cdot \Psi_1 \omega_{\Sigma L}; \omega_{\Sigma L} = p_{II} \omega; \\ M - M_C &= J \frac{d\omega}{dt}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где U_1, E_1, Ψ_1 – действующие значения фазного напряжения, ЭДС, потокосцепления трехфазного СДПМ:

$$U_1 = \frac{U_{1m}}{\sqrt{2}}; E_1 = \frac{E_{1m}}{\sqrt{2}}; \Psi_1 = \frac{\Psi_{1m}}{\sqrt{2}};$$

$E_{1Л}$ – действующее значение линейной ЭДС вращения;

$\omega_{НОМ}$ – номинальная угловая скорость двигателя;

$E_{1НОМ}, \Psi_{1НОМ}$ – действующие значения;

M_C – статический момент;

J – момент инерции.

Если математически описывать установившийся режим работы СДПМ тогда из уравнения (2) получим уравнение электрического равновесия:

$$\sqrt{3} \cdot U_1 = \sqrt{3} \cdot E_1 + I_{1q} R_1. \quad (3)$$

Данное выражение можно записать в другом виде:

$$U_{\mathcal{L}} = E_{\mathcal{L}} + I_{1q} R_1, \quad (4)$$

Из уравнения равновесия следует, что $I_{1q} = I_1$ – это и есть действующее значение фазного тока трехфазного СДПМ, а линейные величины будут равны [7]:

$$U_{\mathcal{L}} = \sqrt{3} \cdot U_1, \quad E_{\mathcal{L}} = \sqrt{3} \cdot E_1. \quad (5)$$

Тогда в осях d-q установившийся режим работы трехфазного СДПМ будет описываться уравнениями через выражение фазных значений переменных при помощи действующих значений:

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{3} \cdot U_1 &= \sqrt{3} \cdot E_1 + I_1 R_1; \\ E_1 &= \omega_1 \cdot \Psi_1; \\ M &= p_{\Pi} I_1 \sqrt{3} \cdot \Psi_1; \quad \omega_1 = \omega_{\mathcal{L}} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Принимая во внимание уравнения (1), при этом учитывая (5) и (6), получим математическую модель трехфазного СДПМ в осях d-q [8]:

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{3} \cdot U_1 &= i_1 R_1 + \frac{d\Psi_{1q}}{dt} + \sqrt{3} \cdot \omega_1 \Psi_1; \\ M &= p_{\Pi} \sqrt{3} \cdot i_1 \Psi_1; \quad \Psi_{1q} = L_1 \cdot i_1; \\ M - M_c &= J \frac{d\omega}{dt}; \quad \Psi_{1d} = \sqrt{3} \cdot \Psi_1; \\ \omega_1 &= \omega_{\mathcal{L}} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

В каталогах трехфазных СДПМ приводится значение постоянной величины, которая связывает электромагнитный момент с действующим током статора, а также действующее значение ЭДС с угловой скоростью двигателя. Запишем это выражение в математической форме:

$$p_{\Pi} \sqrt{3} \cdot \Psi_1 = p_{\Pi} \Psi_{1d} = \frac{M}{I_1} = \frac{E_{\mathcal{L}}}{\omega} = c \quad (8)$$

Запишем уравнение установившегося режима СДПМ с учетом постоянной величины с:

$$\left. \begin{aligned} U_{\mathcal{L}} &= E_{\mathcal{L}} + I_1 R_1; \\ E_{\mathcal{L}} &= c \omega; \\ M &= c I_1 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Если разделить первое уравнение из системы уравнений (9) на постоянную величину с и обозначить угловую скорость идеального холостого хода СДПМ следующим выражением:

$$\omega_0 = \frac{U_{\mathcal{L}}}{c} \quad (10)$$

Из выражения (10) видно, что ω_0 устанавливается за счет величины действующего значения первой гармоники линейного напряжения $U_{\mathcal{L}}$ на выходе ПЧ.

При этом очевидно, что падение угловой скорости будет обусловлено изменением электромагнитного момента:

$$\Delta\omega = \frac{I_1 R_1}{c} = \frac{M R_1}{c^2} = \frac{M}{\beta} \quad (11)$$

Модуль жесткости механической характеристики будет иметь выражение:

$$\beta = \frac{c^2}{R} \quad (12)$$

Отсюда запишем уравнение механической характеристики трехфазного СДПМ в которой отсутствует продольная реакция якоря и регулирование скорости осуществляется с постоянным моментом:

$$\omega = \omega_0 - \frac{M}{\beta} \quad (13)$$

Как видно из полученных уравнений при векторном управлении имеем полную аналогию трехфазного СДПМ с ДПТ НВ при компенсации реакции якоря. Этот режим работы достигается за счет использования регулятора тока, который обеспечивает условие $I_{1d} = 0$ и $I_1 = I_{1q}$, т. е. угол $\theta_{\mathcal{L}}$ между вектором тока I_1 и осью q равен нулю.

Благодаря данным свойствам, которые реализуются при полеориентированном управлении, СДПМ под нагрузкой имеет абсолютно жёсткое семейство механических характеристик, не допускает скольжения ротора, а только угол отклонения от центра полюсного деления, как показано на рисунке 2.

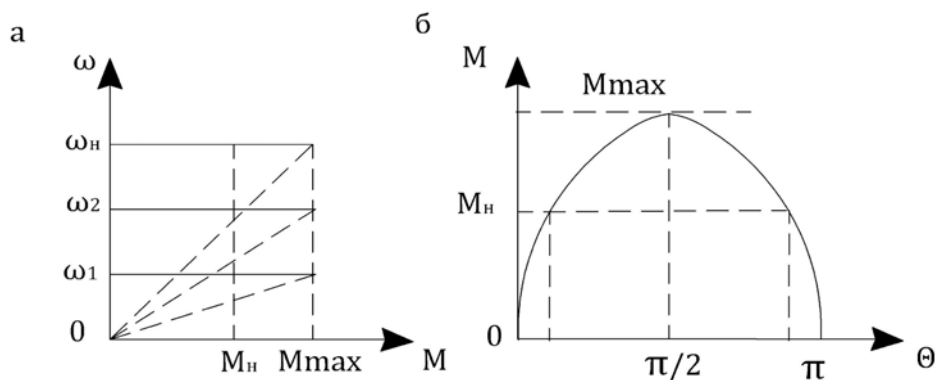


Рисунок 2 – Механическая (а) и угловая (б) характеристики СДПМ

Важным условием для достижения максимального КПД системы управления СДПМ и исключения опрокидывания ротора (рисунок 2. штриховые линии) управление должно быть реализовано с замкнутым контуром ПИ-регулятора по сигналу датчика положения ротора (ДПР) (рисунок 1).

Подводя итог, хочется отметить, что полученные математические выражения показывают полное сходство трехфазного СДПМ с эталонным по управляемости ДПТ НВ при компенсации реакции якоря. При управлении СДПМ его вектор тока перпендикулярен вектору магнитного потока, а в качестве индуктивности выступает только индуктивность рассеяния обмотки статора. Индуктивное сопротивление реакции якоря не оказывает влияния на электромагнитный момент и механическую характеристику, что значительно увеличивает диапазон регулирования, высокую точность и энергетическую эффективность систем управления с СДПМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов, Д. М. Обоснование применения регулируемых синхронных электродвигателей с постоянными магнитами их классификация и математические модели / Д. М. Иванов // Эпоха науки. – 2023. – № 33. – С. 25-33. – EDN JJMPMK.
2. Абд Эль Вхаб Амр Рефки, Каракулов А.С., Дементьев Ю.Н., Кладиев С.Н. Сравнительный анализ векторного управления и прямого управления моментом синхронного электродвигателя с постоянными магнитами // Известия ТПУ. Энергетика. – 2011. – Т. 319. – № 4. С. 93–99.
3. Абд Эль Вхаб Амр Рефки, Каракулов А.С., Дементьев Ю.Н., Кладиев С.Н. Микропроцессорная система прямого управления моментом электроприводов на базе синхронного двигателя с постоянными магнитами // Известия вузов. Электромеханика. – 2011. - № 6. – С. 62–67.
4. Иванов, Д. М. Независимый способ регулирования электромагнитного момента и потокоцепления асинхронного электродвигателя / Д. М. Иванов, С. С. Нефедов // Энергосбережение - важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 65-летию агроэнергетического факультета и 100-летию И. Ф. Кудрявцева, Минск, 21-22 декабря 2022 г. - Минск: БГАТУ, 2023. - С. 66-68.
5. Иванов, Д. М. Векторное управление как наиболее прогрессивный метод управления потокоцеплением и электромагнитным моментом асинхронного двигателя / Д. М. Иванов, С. С. Нефедов // Энергосбережение - важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы Международной научно-технической конференции, Минск, 19-20 декабря 2019 г. - Минск: БГАТУ, 2019. - С. 154-157.
6. Фираго, Б. И. Векторные системы управления электроприводами: Учебное пособие / Фираго Б.И., Васильев Д.С. - Мн.:Вышэйшая школа, 2016. - 159 с
7. Фираго, Б.И. Теория электропривода: Учеб. пособие /Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. – 2-е изд.–Минск: Техноперспектива, 2007. – 587с.
8. Фираго, Б.И. Регулируемые электроприводы переменного тока / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. Минск, 2006. – 363с.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СОЛОДА ОБРАБОТКОЙ ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ В НЕОДНОРОДНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ INCREASING THE QUALITY OF MALT BY TREATING BREWING BARLEY IN A NON-HOMOGENEOUS ELECTRIC FIELD

В. А. Пашинский¹, О. В. Бондарчук²
V. Pashynski¹, O. Bondarchuk²

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
Pashynski@mail.ru

²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь,
guloks82@mail.ru

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus
²BGATU, Minsk, Republic of Belarus

Представлены результаты оценки размера пор пивоваренного ячменя не обработанного и обработанного неоднородным электрическим полем высокой напряженности, которые существенным образом влияют на количество влаги впитываемой в процессе его замачивания и, в конечном счете, влияют на расход энергоресурсов при его сушке при получении солода.

The results of estimating the pore size of malting barley not treated and treated with a non-uniform electric field of high tension are presented, which significantly affect the amount of moisture absorbed during its soaking and, ultimately, affect the energy consumption during drying during malt production.

Ключевые слова: пивоваренный ячмень, напряженность электрического поля, солод, влагопоглощение, сушка, энергоемкость сушки, экстракт солода.

Keywords: malting barley, electric field strength, malt, moisture absorption, drying, drying energy intensity, malt extract.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-208-211>

Введение. Способы обработки ячменя, повышающие качество солода, разделяют на химические, биологические и физические, из которых отдельно можно выделить электрофизические.

Применение данных способов в солодопроизводстве позволяет получить сравнительные изменения в показателях качества которые представлены в таблице 1 [1].

Таблице 1

Сравнительные изменения показателей качества солода после обработки

Способы обработки	Изменение показателей качества			
	Экстрактивность, %	Осахаривание, %	Энергия прорастания, %	Амилолитическая активность, %
Химические	1,5...2,0	15...20	4...6	10...15
Биологические	1,0...1,5	10...15	3...5	8...12
Физические	1,0...2,0	10...15	7...9	10...15
Электро-физические	1,0...2,0	15...20	2,5...7	12...19
Прогнозируемые значения	1,5...3,0	15...20	7...9	20...40

Эти показатели могут быть улучшены обработкой пивоваренного ячменя в электрическом поле промышленной частоты. Предварительная апробация подтверждает техническую возможность и более высокую эффективность предлагаемой обработки ячменя и тем самым решение проблемы – повышение качества солода.

Обобщение полученных результатов позволило сформулировать цель работы, для достижения которой определены основные задачи теоретических и экспериментальных исследований.

Решение задачи возможно только путем комплексного воздействия на сырье в процессе производства солода, что обеспечивается применением электрофизических методов обработки. Электрическое поле оказывает

влияние на различные взаимосвязанные биологические процессы, протекающие в зерне ячменя, позволяя достичь при его использовании изменения целого ряда характеристик сырья для производства солода.

Результаты предварительных исследований (таблица 1) показывают возможность и превосходство по отдельным показателям обработки зерна ячменя на промышленной частоте.

Изучив известные способы и устройства обработки зерна, установлено, что наиболее эффективный, экологичный, низкостратный способ обработки пивоваренного ячменя для получения солода – электроактивация в переменном электрическом поле промышленной частоты [2]. Немаловажным является и то, что производимое воздействие является контролируемым и управляемым.

Осредненные значения влагосодержания, температуры и удельной объемной мощности по объему зерновой частицы с целью упрощения математического анализа:

$$\begin{aligned}\bar{M}(\tau) &= \frac{4\pi}{V_p} \int_0^{R_p} r^2 M dr, \\ \bar{t}(\tau) &= \frac{4\pi}{V_p} \int_0^{R_p} r^2 t dr, \\ \bar{\Phi}(\tau) &= \frac{4\pi}{V_p} \int_0^{R_p} r^2 \Phi dr,\end{aligned}\quad (1)$$

где V_p – объем частицы, м³;

r – радиальная координата от центра сферы, м;

- для среднего влагосодержания сферической зерновки M , кг/кг:

$$\rho_s \frac{d\bar{M}}{d\tau} = -\frac{4\pi R_p^2}{V_p} h_M \frac{M_{H_2O}}{R t|_{r=R_p}} (P_v|_{r=R_p} - P_{v\infty}). \quad (2)$$

где ρ_s – плотность сухого вещества зерна, кг/м³;

h_M – коэффициент массоотдачи, м/с.

- для средней температуры сферического зерна t , °C:

$$\rho_s C_{Ps} \frac{d\bar{t}}{d\tau} = -\frac{4\pi R_p^2}{V_p} \left[h_p (t|_{r=R_p} - t_\infty) + h_M \frac{M_{H_2O}}{R t|_{r=R_p}} (P_v|_{r=R_p} - P_{v\infty}) \Delta h \right] + \bar{\Phi}, \quad (3)$$

где $t|_{r=R_p} = \bar{t}$;

$P_v|_{r=R_p}$ – давление водяного пара на поверхности зерновки.

Тогда:

$$\rho_s C_{Ps} \frac{d\bar{t}}{d\tau} = -\frac{4\pi R_p^2}{V_p} \left[h_p (\bar{t} - t_\infty) + h_M \frac{M_{H_2O}}{R t|_{r=R_p}} (P_v|_{r=R_p} - P_{v\infty}) \Delta h \right] + \bar{\Phi}. \quad (4)$$

где ρ_s – плотность сухого вещества зерна, кг/м³;

h_M – коэффициент массоотдачи, м/с.

Влагосодержание:

$$\bar{M}(\tau) = \bar{M}_0 + \tau N / \rho_s. \quad (5)$$

Средняя температура:

$$\rho_s C_{Ps} \frac{d(\bar{t} - t_\infty)}{d\tau} + \frac{4\pi R_p^2}{V_p} h_p (\bar{t} - t_\infty) = -N + \bar{\Phi}. \quad (6)$$

Скорость выделения влаги N входит в качестве параметра, а правая часть уравнения постоянна. Применив метод с разделяющимися переменными, получим:

$$\bar{t} - t_\infty = k_1 \exp\left(-\frac{4\pi R_p^2}{V_p \rho_s C_{Ps}} h_p \tau\right) + \frac{V_p}{4\pi R_p^2 h_p} (\bar{\Phi} - N). \quad (7)$$

Учитывая начальное условие при $\tau = 0$ $\bar{t} = t_0$, получим

$$k_1 = \bar{t}_0 - t_\infty - (\bar{\Phi} - N) V_p / (4\pi R_p^2 h_p)$$

$$\bar{t}(\tau) = t_\infty + \left(\bar{t}_0 - t_\infty - \frac{V_p}{4\pi R_p^2 h_p} (\bar{\Phi} - N) \right) \exp\left(-\frac{4\pi R_p^2}{V_p \rho_s C_{ps}} h_p \tau \right) + \frac{V_p}{4\pi R_p^2 h_p} (\bar{\Phi} - N). \quad (8)$$

Удельная объемная мощность, которая выделяется в зерне в результате взаимодействия электрического поля с молекулами воды и ионами, рассчитывается по формуле (4).

Цель исследования – разработка способа обработки пивоваренного ячменя переменным электрическим полем высокой напряженности для повышения качества солода.

Результаты и обсуждение. В качестве начальных условий задают начальную температуру T_0 и влагосодержание M_0 зерновки, относительную влажность φ и температуру T_∞ окружающего воздуха, частоту f и напряженность электрического поля E_0 .

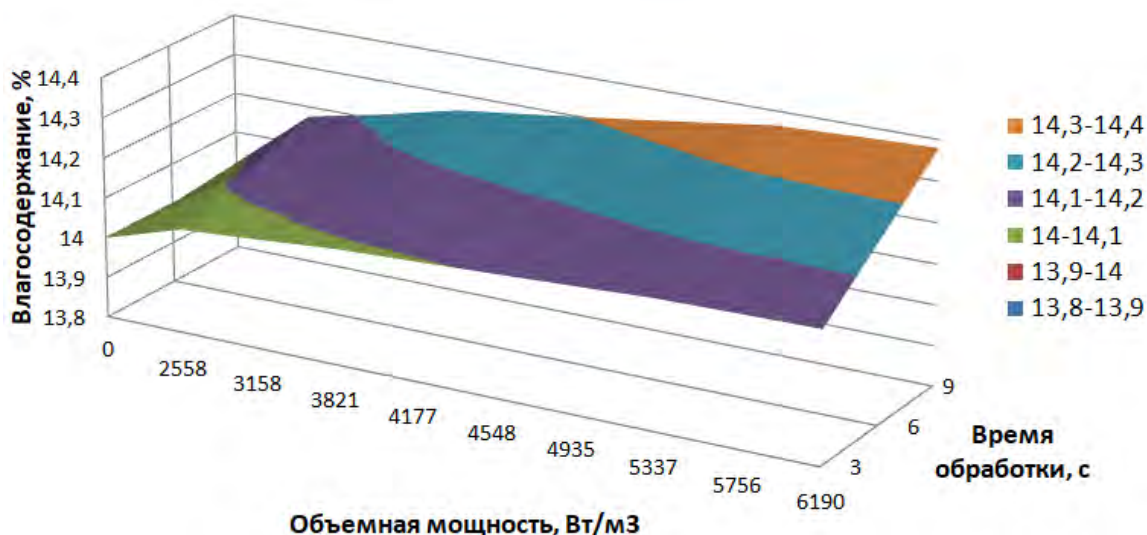


Рисунок 1 – Зависимость объемной мощности выделяющейся в зерне от напряженности и частоты электрического поля

Построенные по уравнениям графические зависимости подтверждают влияние электрического поля на изменение влагосодержание в зерне ячменя.

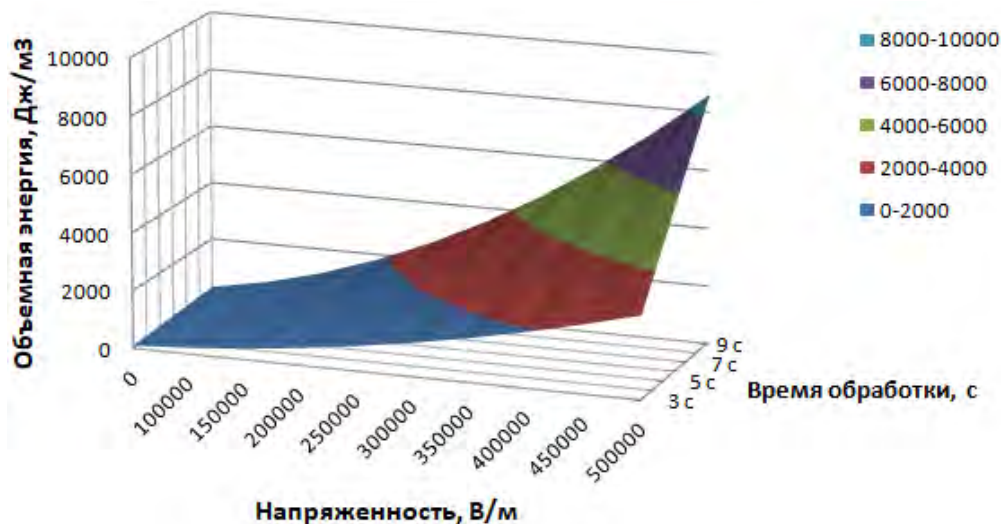


Рисунок 2 – Зависимость объемной мощности выделяющейся в зерне от напряженности и частоты электрического поля

Основными параметрами поля, оказывающими воздействие на влагу, являются напряженность и частота. Данные зависимости позволяют моделировать и оптимизировать параметры электрообработки.

При воздействии на зерно переменным неоднородным электрическим полем напряженностью 1,2–1,3 МВ/м влажность пивоваренного ячменя при замачивании меньше на 6,2%, зерно насыщается влагой медленнее, что

указывает на равномерное увлажнение мучнистого тела и лучшее растворение эндосперма. Это в дальнейшем дает более высокое содержание массовой доли экстракта в сухом веществе солода [2].

Сушку солода проводят подогретым воздухом с соблюдением определенного температурного режима (при сушке светлого солода температуру постепенно повышают с 25 до 75 – 80 °С, а при сушке темного – с 25 до 100–150 °С).

У сухого солода ростки после сушки становятся хрупкими, и их удаляют (отбивают на специальной машине), так как готовому пиву ростки придают горький и неприятный вкус. В процессе сушки влажность зеленого солода снижается с 40 – 50 до 4% при получении светлого и до 2% при получении темного солода.

Расход энергии на сушку солода определяли на основании материального и теплового баланса сушилки. Количество испаряемой влаги из солода при сушке, кг, можно определить по уравнению:

$$W = \frac{G_{\text{вл}}(W_{\text{вл}} - W_{\text{с}})}{100 - W_{\text{с}}} = \frac{G_{\text{с}}(W_{\text{вл}} - W_{\text{с}})}{100 - W_{\text{вл}}}, \quad W = G_{\text{вл}}(W_{\text{вл}} - W_{\text{с}})/(100 - W_{\text{с}})$$

где $G_{\text{вл}}$ и $G_{\text{с}}$ – масса свежепоросшего и свежесушенного солода, кг;

$W_{\text{вл}}$ и $W_{\text{с}}$ – влажность свежепоросшего и свежесушенного солода, %.

Материальный баланс влаги, кг, солодовенной сушилки определяется по уравнению:

$$W = Ld_2 - Ld_0,$$

где W – количество влаги, удаляемой из солода при сушке, кг;

L – расход воздуха в сушилке, кг;

d_2 и d_0 – влагосодержание свежего и отработанного воздуха, кг/кг, для расчета принимаем $d_2 = 0,010$ кг/кг, $d_0 = 0,022$ кг/кг;

Тогда расход воздуха в сушилке, кг, можно определить по формуле

$$L = \frac{W}{d_2 - d_0}.$$

Основная масса влаги из солода при сушке удаляется при температурах до 50 °С, чтобы не происходила клейстеризация крахмала пивоваренного зерна. В конце периода сушки количество удаляемой влаги невелико, но для достижения конечной цели сушки температура поднимается в зависимости от типа получаемого солода.

Расход тепловой энергии на сушку солода, кДж, определяется по уравнению:

$$Q_{\text{суш}} = [L(I - I_0) + G_{\text{с}}C_{\text{с}}(t_2 - t_1) - WC_{\text{в}}t_1]/\eta,$$

где I и I_0 – энтальпия свежего и отработанного воздуха, кДж/кг, для расчета приняты $I = 46,47$ кДж/кг, $I_0 = 86,37$ кДж/кг;

t_1 и t_2 – начальная и конечная температура солода, °С, для расчета приняты $t_1 = 17$ °С, $t_2 = 80$ °С;

$G_{\text{с}}$ – масса свежесушенного солода, кг;

$C_{\text{с}}$ и $C_{\text{в}}$ – удельная теплоемкость высушенного солода и воды, кДж/(кг·°С), для расчета принимаем $C_{\text{с}} = 1,42$ кДж/(кг·°С); $C_{\text{в}} = 4,1868$ кДж/(кг·°С);

η – КПД сушилки, учитывающий потери тепла в окружающую среду, для расчета примем равным 0,8.

Выводы. Результаты расчета показали, что количество испаряемой влаги из солода, зерно которого предварительно обрабатывали неоднородным электрическим полем, меньше на 2,9%, а количество энергии на сушку такого солода меньше на 0,03 Гкал в пересчете на 1 т исходного зерна влажностью 14% по сравнению с солодом, зерно которого не подвергалось обработке. При этом механизм интенсификации процесса производства солода из пивоваренного ячменя заключается в том, что при воздействии на пивоваренный ячмень переменного неоднородного электрического поля высокой напряженности в результате высоковольтной поляризации происходит разрушение связи адсорбционных молекул воды, образуя свободную воду. Оставаясь в объеме зерна, свободная вода влияет на образование в зерне фитогормонов – гиббереллиновых кислот. Эти фитогормоны вызывают рост растения, а так же индуцируют экспрессию генов α -амилазы, последние расщепляют крахмал на моносахара, которые в дальнейшем сбраживаются.

Влажность обработанного пивоваренного ячменя неоднородным электрическим полем напряженностью 1,3 МВ/м, после 72 часов замачивания, меньше влажности контрольного ячменя на 2,9%. При этом затраты энергии на сушку светлого солода меньше на 6,8 % по сравнению с контролем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарчук, О.В. Повышение экстрактивности солода путем обработки пивоваренного ячменя в электрическом поле : автореф. дис. ... к-та техн. наук : 05.20.02 / О. В. Бондарчук 4 БГАТУ. – Минск, 2024. – 28 с.
2. Способ обработки пивоваренного ячменя в сухом виде : пат. 22032 Респ. Беларусь, МПК C12C 1/02 О.В. Бондарчук, В.А. Пашинский, Н.Ф. Бондарь; заявитель Учреждение образования «Белорусский аграрный технический университет». – № а 20160040; заявл. 10.02.2016; опубл. 30.10.2017 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці / – 2017. – № 5. – с. 21.

СПОСОБЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОМАССУ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЕЕ В БИОТОПЛИВО METHODS OF CONVERTING BIOMASS INTO BIOFUEL

Ю. М. Шуля, В. А. Пашинский
Yu. M. Shulya, V. A. Pashynski

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
et@iseu.by yuliyashulya@gmail.com pashynski@mail.ru

¹Belarusian State University, BSU
International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus

В данной статье представлена классификация биотоплива, описаны способы воздействия на биомассу (физическое, физико-механическое, химическое, биохимическое, термическое, комбинированное) для получения биотоплива. В качестве примеров комбинированного воздействия на биомассу описаны основные этапы получения твердого биотоплива (пеллеты), газообразного биотоплива (биогаз) и жидкого биотоплива (биодизель).

The article contains a classification of biofuels, also there are methods of converting biomass into biofuel (physical, physical-mechanical, chemical, biochemical, thermal, combined). As examples of combined methods of converting biomass the main stages in the production of solid biofuel (pellets), gaseous biofuel (biogas) and liquid biofuel (biodiesel) are described.

Ключевые слова: биомасса, биотопливо, биоэнергия, пеллеты, биогаз, биодизель.

Keywords: biomass, biofuel, bioenergy, pellets, biogas, biodiesel.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-212-215>

Использование возобновляемых источников энергии и местных видов топлива для выработки тепловой и электрической энергии в настоящее время является неотъемлемой частью любой энергетической системы, а том числе и в Республике Беларусь. В Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь среди национальных интересов в топливно-энергетической сфере указано «развитие собственной энергосырьевой базы на основе экономически обоснованного использования местных видов топлива, прежде всего возобновляемых источников энергии» [1]. Также в Государственной программе «Энергосбережение» на 2021-2025 годы среди стратегических задач в сфере энергосбережения выделено «снижение зависимости Республики Беларусь от импортируемых энергоресурсов за счет максимально возможного вовлечения в топливно-энергетический баланс страны собственных топливно-энергетических ресурсов, включая возобновляемые источники энергии» [2].

По виду возобновляемые источники энергии подразделяются на энергию солнца, ветра, движения водных потоков, геотермальную энергию, а также биоэнергию. Биоэнергия представляет собой энергию, полученную при использовании биотоплива. Можно выделить четыре поколения биотоплива [3]:

- **биотоплива первого поколения** получают из биомассы, которая используется в пищевой промышленности, например, пшеницы, сои, кукурузы;
- **биотоплива второго поколения** производятся из непищевой биомассы, это растительные отходы, солома, древесная биомасса, органический мусор и т. д.
- **третье поколение биотоплив** производится из водорослей и микроорганизмов, данное направление в настоящее время активно исследуется;
- также выделяют **четвертое поколение биотоплив**. Для получения такого топлива используются водоросли, модифицированные при помощи генной инженерии (расширение третьего поколения).

Для того, чтобы биомассу преобразовать в биотопливо необходимо произвести одно или несколько видов воздействий. Среди способов воздействия можно выделить следующие [4]:

– **физическое воздействие.** К физическому воздействию относится сушка и экстракция. При производстве пеллет и брикетов исходное сырье должно быть высушено до параметров, определяемых технологическим процессом. При производстве древесного угля (пиролизе) также присутствует этап окончательной сушки древесины. Экстракция используется для получения масел из семян масличных культур при производстве биодизеля, для извлечения из сахарной свеклы сахарозы при производстве биоэтанола.

– **физико-механическое воздействие.** Данный вид воздействия на биомассу включает в себя измельчение, прессование и т. д. И измельчение, и прессование применяются при производстве различных видов топлива как

первого поколения, так и второго поколения. Например, древесная биомасса при помощи различных рубительных машин и дробилок перерабатывается в щепу, дробленку и т. д., которые могут быть использованы уже как биотопливо для прямого сжигания в котельных установках, так и для дальнейшей переработки в пеллеты и брикеты. Прессование также используется для получения масла из масличных культур как для получения жидкого биотоплива.

– **химическое воздействие** – катализ, этерификация. Процесс этерификации применяется при производстве биодизеля. Биодизель представляет собой обобщенное название жидких биотоплив, которые образуются путём этерификации масел или переэтерификации жиров, агентом этерификации является метиловый или этиловый (реже) спирт. При производстве бионефти применяется катализ.

– **биохимическое воздействие** – процессы, агентами которых являются ферменты и микроорганизмы. К процессам получения биотоплива в результате биохимического воздействия относятся процессы получения биогаза, свалочного газа, биометана, а также при производстве спиртов.

– **термическое воздействие.** К данному виду воздействия можно отнести скоростной пиролиз, обычный пиролиз, газификацию.

– **комбинированное воздействие.** Как правило, при производстве любого вида биотоплива используется не один вид воздействия, а несколько процессов переработки.

Примером комбинированного воздействия на биомассу может быть процесс производства древесных гранул (пеллет). Данный технологический процесс состоит из ряда этапов: подготовка сырья, измельчение древесины в щепу, сушка измельченной древесины, мелкое дробление, смешивание и водоподготовка, прессование, охлаждение и сушка, и окончательный этап – упаковка. На первом этапе осуществляется подготовка сырья к измельчению, производится окорка древесины (физико-механическое воздействие). Цель данного этапа – снизить содержание песка, золы в исходном сырье. На этапе измельчения древесины в щепу осуществляется крупное дробление (физико-механическое воздействие), с целью быстрой и качественной сушки измельченной древесины (физическое воздействие) и дальнейшего мелкого дробления (физико-механическое воздействие). Этап смешивание и водоподготовка необходим для поддержания оптимальной влажности прессуемого сырья, так как сырье с влажностью менее 8% плохо поддается процессу прессования. Этап охлаждения и сушка (физическое воздействие) необходим для того, чтобы избежать самовоспламенения древесных гранул и дальнейшего безопасного хранения в упаковках.

Вторым примером комбинированного воздействия на биомассу для производства биотоплива может быть процесс получения биогаза. Общая последовательность получения биогаза включает следующие технологические этапы (рис.1) [5]:

- менеджмент субстрата (поставка, хранение, подготовка, транспортировка и подача в реактор);
- получение биогаза;
- хранение, подготовка и внесение остатков от брожения;
- хранение, подготовка и использование биогаза.

На первом технологическом этапе при подготовке и предварительной обработке осуществляются следующие виды воздействия на биомассу: физико-механическое воздействие (измельчение, гомогенизация), также при необходимости может проводиться гигиенизация субстрата – физическое воздействие. Получение биогаза (второй технологический этап) связано с применением биохимического воздействия, сбраживание происходит под воздействием различных микроорганизмов в зависимости от этапа. Также на втором технологическом этапе применяется физическое воздействие: поддержание температуры на заданном уровне в зависимости от режима сбраживания (психрофильный, мезофильный, термофильный). При подготовке биогаза к использованию могут применяться различные способы обессеривания (биологические, химические, физические технологии). Для просушивания биогаза могут использоваться конденсационное просушивание, адсорбционное просушивание (активированный уголь, силикогель), абсорбционное просушивание (гликолевая промывка).

Примером комбинированного воздействия на биомассу для получения жидкого биотоплива может быть производство биодизеля (рис.2). Биодизель представляет собой обобщенное название многокомпонентных жидких топлив, состоящих из метиловых или этиловых эфиров высших ненасыщенных и жирных кислот.

При производстве биодизеля основным видом воздействия является химическое – процесс этерификации. Исходное сырьё – масло – подают в блок этерификации, куда одновременно поступает метанол и раствор катализатора процесса этерификации (гидроксиды натрия или калия, либо – метилат натрия) [4]. Масло для производства биодизеля может быть получено из биомассы (например, рапса) путем прессования (физико-механическое воздействие), экстракции (химическое воздействие) или в результате совместного использования этих приемов.

Накопленный опыт реализации различных видов воздействия на биомассу для получения биотоплива, а как следствие и биоэнергии, активно используется в Республике Беларусь: производятся и используются различные виды твердого биотоплива, жидкие биотоплива, функционируют установки по производству биогаза, по извлечению и использованию свалочного газа. Дальнейшие исследования и практическое применение полученных результатов позволят развивать сферу использования биоэнергии в стране, что является неотъемлемой частью диверсификации производства энергии и повышения энергетической безопасности.

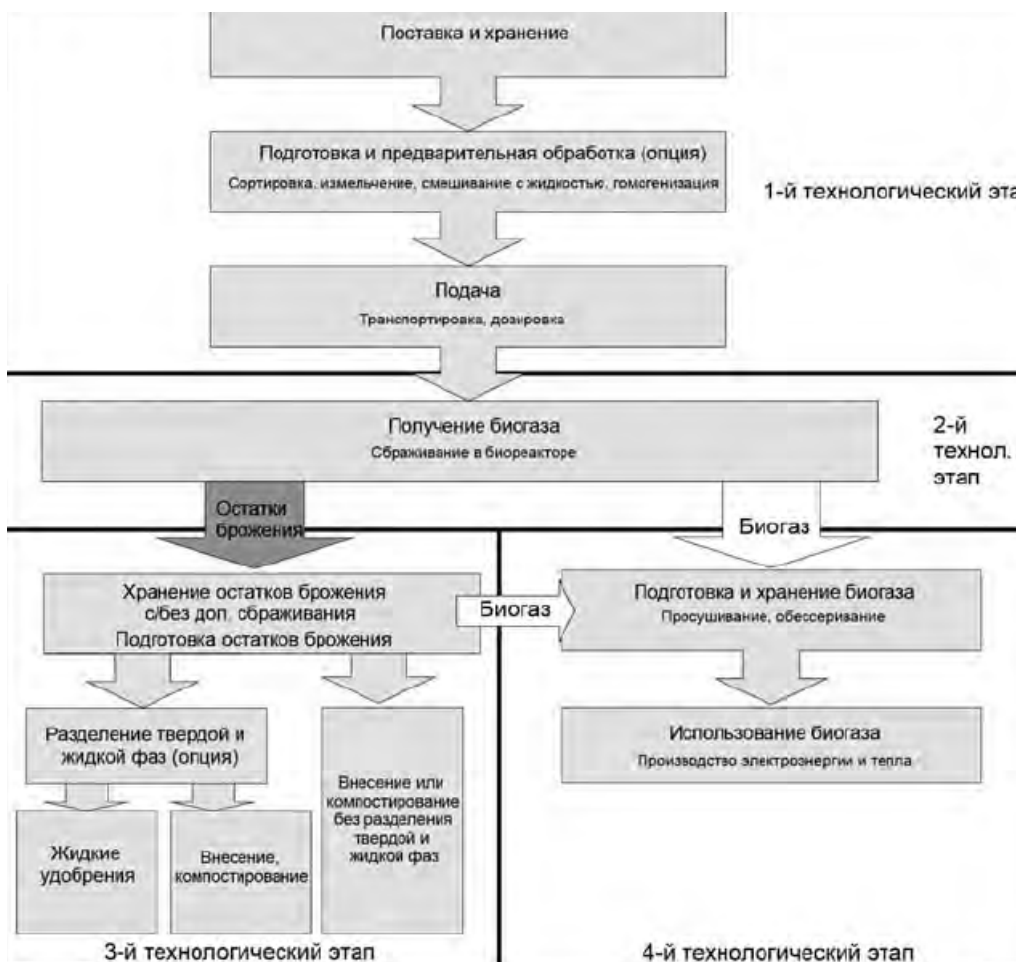


Рисунок 1 – Последовательность технологических этапов получения биогаза [5]

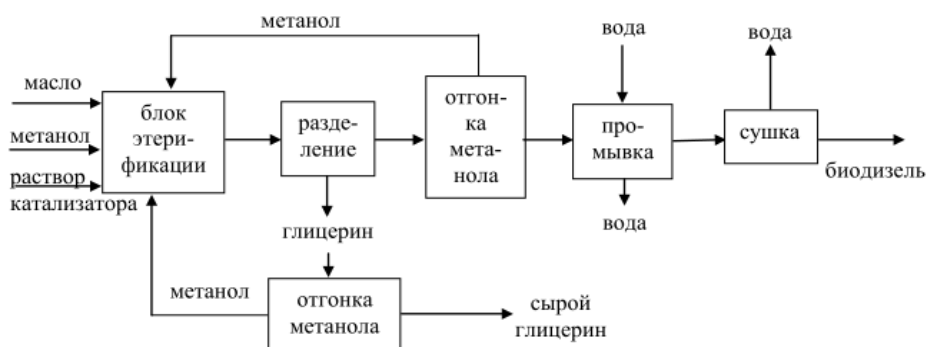


Рисунок 2 – Блок-схема циклического производства биодизеля [4]

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 23 дек. 2015 №1084 // Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Респ. Беларусь. – Режим доступа : https://energoeffect.gov.by/downloads/laws/resolution/2018_resolution/20152312_koncepciy.PDF - Дата доступа : 12.02.2024.
2. Государственная программа «Энергосбережение» на 2021-2025 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 24 февр. 2021 №103 // Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Респ. Беларусь. – Режим доступа : https://energoeffect.gov.by/downloads/programs/program_psm103_959_2021-2025.pdf - Дата доступа : 12.02.2024.
3. Vineet Singh Sikarwar Progress in biofuel production from gasification [Электронный ресурс] / Vineet Singh Sikarwara, Ming Zhaoa, Paul S. Fennelld, Nilay Shahd, Edward J. Anthonye // Progress in Energy and Combustion Science 61 – 2017 – p. 189-428 – Режим доступа : https://www.researchgate.net/publication/316772405_Progress_in_biofuel_production_from_gasification - Дата доступа : 12.02.2024.

4. Генфальд, Е.Д. Технология биотоплив : уч. пособие для магистрантов, обуч. по направлению 240700.68 «Биотехнология», рукопись / Е. Д. Генфальд. – Архангельск : Сев. (Аркт.) фед. ун-т им. М.В. Ломоносова, 2012. – 60 с.

5. Руководство по биогазу. От получения до использования / Амон Т., Хартвиг фон Бредов и др. – Германия : Агентство по возобновляемым источникам (FNR), 2010. – 215 с.

ИНЕРЦИОННЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ INERTIAL ENERGY STORAGEES

А. В. Ющик, В. И. Красовский
A. V. Yuschik, V. I. Krasovsky

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь
yuschikalexeigm@gmail.com, vikras@iseu.by
International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Инерционные накопители энергии накапливают и сохраняют энергию посредством вращающегося маховика, а выделяют в виде механической энергии вращения. Современные инерционные накопители энергии это супермаховики, в которых используются прочные и гибкие материалы для повышения энергоэффективности, энергоёмкости и безопасности маховика. По удельной энергоёмкости эти накопители могут превосходить все имеющиеся на данный момент.

Inertial energy accumulators accumulate and store energy through a rotating flywheel, and release it in the form of mechanical rotational energy. Modern inertial energy storage devices are super flywheels that use durable and flexible materials to improve the energy efficiency, energy capacity and safety of the flywheel. In terms of specific energy intensity, these storage devices can exceed all currently available ones.

Ключевые слова: маховик, супермаховик, графен, нанотрубки, энергоэффективность.

Keywords: flywheel, superflywheel, energy storage, graphene, nanotubes, energy efficiency.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-215-219>

Маховики представляют собой вращающиеся тела и в большинстве случаев симметричны относительно оси вращения. Маховики используются в машинах с неравномерным потреблением и использованием энергии, для накопления энергии, когда потребление энергии превышает ее расход, и для отдачи, когда потребление энергии превышает ее расход. Они также используются в качестве накопителей энергии в гибридных двигателях и для рекуперации энергии при торможении. Функцию маховика обычно выполняет большой вращающийся элемент механизма. Помимо энергии, вращающийся маховик также обладает моментом импульса, что имеет отношение к наблюдению гироскопического эффекта, при котором направление оси вращения изменяется вокруг своего первоначального направления при приложении внешней силы, не совпадающей с направлением оси вращения. Одним из первых применений гироскопического эффекта стал переход от стрельбы круглыми ядрами к продолговатым снарядам в XIX веке. Продолговатый снаряд может сохранять ориентацию в пространстве за счет вращения, а продолговатая форма позволяет значительно увеличить массу и взрывную массу при равном аэродинамическом сопротивлении. Ротор гироскопа также является маховиком. Маховики используются в гироскопических устройствах контроля ориентации в пространстве. Самый известный пример маховика-велосипедное колесо. Способность маховика удерживать ось вращения в одном направлении используется для успокоения качки кораблей. В повседневной жизни маховики чаще всего используются в автомобилях. Любой поршневой двигатель оснащен маховиком, который обычно совмещает функции части сцепления и стартера. Также маховик снижает неравномерность вращения в двигателе до приемлемой, что увеличивает ресурс трансмиссии. Энергия, аккумулируемая маховиком, рассчитывается по следующей формуле:

$$E = \frac{I\omega^2}{2},$$

где I – момент инерции массы относительно оси вращения маховика, ω – угловая скорость в радианах в секунду.

Для простых форм маховика существуют следующие выражения момента инерции:

Для полого цилиндра:

$$I = \frac{1}{2}m(r^2 + r_0^2),$$

где m – масса полого цилиндра; r – его радиус; r_0 – внутренний радиус цилиндра.

Для тонкостенного цилиндра:

$$I = mr^2,$$

Для сплошного цилиндра:

$$I = \frac{1}{2}mr^2$$

Заменив в формуле для полого цилиндра угловую скорость ω на частоту вращения f по формуле:

$$\omega = 2\pi f$$

получим

$$E = m(\pi f)^2(r^2 + r_0^2)$$

Размеры и масса маховика обычно определяются той энергией, которую он должен накапливать и отдавать машине. Следующее уравнение определяет максимальное напряжение, испытываемое ротором:

$$\sigma_{max} = \rho\omega^2 r^2$$

Ограничение скорости также зависит от фактора формы K , который определяет конструкцию маховика. Рисунок 1 изображает различные формы маховика и соответствующий ему коэффициент формы. Как удельная энергия (E/m), так и плотность энергии (E/V) зависят от формы маховика, которую можно выразить через следующие уравнения:

$$\frac{E}{m} = K \frac{\sigma_{max}}{\rho},$$

$$\frac{E}{V} = K\sigma_{max}$$

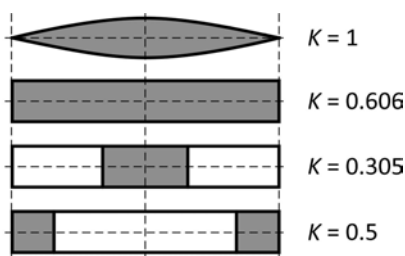


Рисунок 1 – Коэффициенты формы различных маховиков

Как правило, маховики изготавливаются из лучших сортов стали, удельная энергоёмкость таких маховиков доходит до 145 кДж/кг. Однако в маховиках при превышении допустимой окружной скорости происходит разрыв, приводящий к образованию крупных осколков, вызывающих разрушения окружающих конструкций. Чем прочнее маховик, тем опаснее его разрыв. Из-за возможности разрыва маховики приходится производить с максимально возможной прочностью, что сильно влияет на их эффективность. Маховики, изготовленные путём навивки из сверхпрочных углеродных волокон малой плотности, позволяют повысить угловую скорость вращения и получать более высокую удельную энергоёмкость – до 1,8 МДж/кг. Такие маховики называются – супермаховики.

Супермаховики-это разновидность маховиков, используемых в инерционных накопителях энергии. Они могут накапливать больше кинетической энергии, чем обычные маховики, и являются более безопасными. Современные супермаховики представляют собой вращающиеся тела, изготовленные из различных прочных и гибких материалов, таких как тонкие стальные ленты, стекловолоконная или углепластиковая лента, обернутые вокруг специального сердечника. Благодаря такой конструкции супермаховики обладают большей энергоёмкостью и безопасностью в эксплуатации, чем обычные маховики. При разрушении супермаховика он не разлетается на крупные куски, а разрушается лишь частично. Отделившиеся части ленты при трении о внутреннюю поверхность корпуса тормозят супермаховик, предотвращают его дальнейшее разрушение. Супермаховик из графеновой ленты имеет удельную энергоёмкость до 4,4 МДж/кг. В составе инерционного накопителя супермаховик работает вместе с мотором-генератором. При подаче энергии на мотор-генератор он раскручивает супермаховик, а при подключении нагрузки он тормозит, вырабатывая при этом электроэнергию. КПД такого преобразования достигает 98 %. Для уменьшения потерь на трение супермаховик находится в вакууме внутри оболочки и также используется магнитный подвес. В 1964 году советский инженер Н. В. Гулия вероятно являясь первым изобретателем супермаховика заявил авторские права на него.

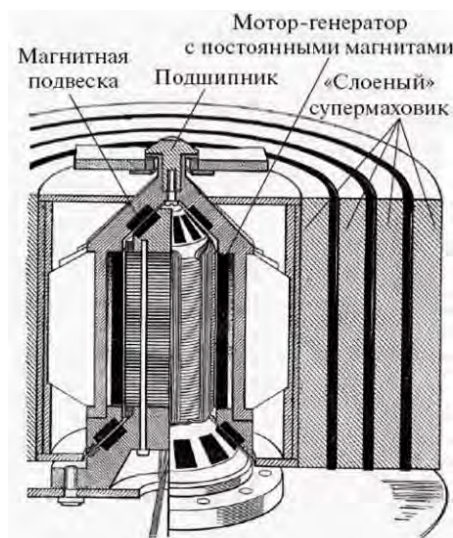


Рисунок 2 – Схема супермаховика Н. Гулиа

Окружная скорость разрыва супермаховика около 2 км/с. Использование для намотки супермаховиков углеродных волокон повышенной прочности, получаемых с помощью нанотехнологий, в теории позволит увеличить энергоёмкость свыше 180 МДж/кг. На данный момент ни какие другие накопители энергии не способны иметь такой показатель удельной энергоёмкости. Современные маховики по удельной мощности (Вт/кг) уже намного превосходят другие накопители энергии. В наиболее экономичных конструкциях маховик вращается на магнитном подвесе в вакууме, а энергия в нем хранится месяцами, что сопоставимо с другими накопителями энергии. Супермаховики перспективны для накопления энергии ночью и использования ее в гибридных силовых установках автомобилей днем и при пиковых нагрузках, и наоборот, для накопления энергии днем и использования ее для получения солнечной энергии ночью. Инерционные системы хранения с большой эффективностью могут быть применены для обратного получения энергии на рельсовом транспорте с большой частотой ускорения и торможения (метропоездах, электричках). Экономия энергии при использовании данной технологии может достигать 50 % и выше. Также, данные системы с успехом применяются на подъёмных лифтах, кранах и других устройствах для подъёма груза. При этом КПД подъёмных устройств, оборудованных маховичной системой накопления энергии может достигать 90 % и выше, например, в случаях, когда груз расположен выше места его доставки. Данные системы выгодно применять для быстрой зарядки аккумуляторов электротранспорта, стабилизации частоты и мощности в электросетях, в источниках бесперебойного электропитания, в гибридных установках автотранспорта.

Недостатком супермаховиков является гироскопический эффект, вызванный большим моментом импульса вращающегося маховика, который не позволяет маховику изменить направление оси вращения. Чтобы компенсировать этот эффект, маховик может быть подвешен на кардановом подвесе при использовании в качестве накопителя энергии в транспортных средствах, но это значительно усложняет конструкцию.

Изначально Н. В. Гулиа планировал применить супермаховик в качестве накопителя энергии для транспортных средств и даже изготовил несколько образцов такого транспорта, которые на тот момент оказались неэффективными для использования в автомобилях. Современные супермаховичные накопители энергии используются и для других целей: В 1997 году американская компания Beason Power сделала важный шаг вперед, разработав серию больших стационарных супермаховиков для использования в промышленных электросетях. Супермаховики производства Beason Power способны в зависимости от модели накапливать энергию в 21,6 и 90 МДж и выдавать мощность в 2 и 200 кВт соответственно. Американская энергосистема – это среда с множеством местных поставщиков энергии и открытыми энергетическими рынками, и необходимость регулировать мощность создает многие из проблем, которые компания хочет решить. Текущая частота регулируется путем накопления «лишней» энергии при падении потребления и закрытия разрыва при пике потребления. Однако супермаховики, обмотанные углеродным волокном, оказались слишком ненадежными, и под научным руководством Н. В. Гулиа компания KEST разработала уникальный стационарный накопитель кинетической энергии на основе супермаховика, изготовленного из высокопрочной стальной ленты. Один такой накопитель способен запасать энергию до 72 МДж и обеспечивать мощность до 1 МВт. Кластер из нескольких таких аккумуляторов может заменить дорогостоящие и громоздкие гидроаккумулирующие электростанции и выровнять ежедневную неоднородность электрических нагрузок в регионе. Хотя автомобили с маховиками не так распространены, транспорт остается одним из наиболее привлекательных вариантов использования супермаховиков. Подключенный к той же электросети, что и поезд, супермаховик может накапливать энергию торможения, которая затем может быть подана обратно в сеть для ускорения поезда. Полученная этим способом энергия позволяет снизить энергопотребление на более 30 %. Супермаховики так же используются для обеспечения

бесперебойного питания на объектах с повышенным уровнем ответственности (медицинские, военные и другие объекты). Характеристики супермаховика обеспечивают отклик устройства на уровне до сотых долей секунды, не прерывая подачу электроэнергии ни на секунду.

В 2012 г. инженеры Boeing сумели получить линейную скорость обода супермаховика 800 м/с. На тот момент мировой рекорд для малых тестовых систем составлял 1405 м/с. Важно и то, что инженеры Boeing с помощью сверхпроводящих электромагнитов смогли замедлить саморазряд супермаховичного накопителя до скорости, близкой к скорости саморазряда электрохимических систем.

Хотя электрохимические решения доминируют на мировом рынке промышленных систем хранения энергии, маховики имеют ряд преимуществ, включая большое количество циклов заряда и разряда, отсутствие деградации характеристик со временем и простоту измерения остаточной емкости. Маховичные накопители энергии с использованием графеновых трубок обладают самой высокой удельной энергоемкостью, но сами трубки довольно дороги для широкого применения этого накопителя энергии. При использовании графеновых трубок низкого качества энергоемкость значительно снижается.

Маховики отлично показывают себя в случаях, когда требуется высокая мощность, то есть они конкурируют скорее с суперконденсаторами, чем с аккумуляторами, тем не менее по сравнению с аккумуляторами имеют большую удельную энергоемкость. По всему миру разработкой маховичных накопителей занимаются более 25 научных коллективов, а производством - по крайней мере, 27 предприятий. Коммерческие решения для транспорта имеют удельную мощность 3,5 кВт/кг и удельную энергоемкость 23,04 кДж/кг, тогда как система обратного получения энергии для транспорта на основе суперконденсаторов имеет показатели 1,7 кВт/кг и 8,28 кДж/кг, что по мощности является в 2 раза меньше и в 3 раза меньше по энергоемкости. В таблице 1 приведены сравнительные характеристики трёх систем накопления энергии для электроприводного транспорта.

Таблица 1

Характеристики трёх систем накопления энергии для электроприводного транспорта

Тип накопителя	Маховичный	Суперконденсаторный	Ионно-литиевый аккумулятор
Номинальная мощность, кВт	120	120	120
Ёмкость, МДж	1,64	2,33	95,04
Число рабочих циклов	>1 млн	~1 млн	~1000
Удельная энергия, кДж/кг	29,88	6,3	396
Удельная мощность, Вт/кг	2200	320	500
Масса системы, кг	55	370	240

Ещё одна область применения инерционных накопителей – это буфер для повышения энергоэффективности электрических кранов, экскаваторов и других механизмов, работающих с неравномерной нагрузкой. Часто установку для выработки энергии выбирают такую чтобы её максимальная мощность покрывала максимальное пиковое потребление, которое требуется достаточно нечасто. Большую часть времени генератор будет недогружен, что приведёт к излишнему расходу энергоресурса и износу генератора. Буферный накопитель в данной электрической системе берёт пиковую нагрузку на себя, тем самым выравнивая условия работы генератора. При таком буфере в системе можно использовать генераторы с меньшей мощностью, чем те в которых нет буфера.

Возобновляемые источники энергии, такие как солнечная и ветровая энергия, обычно снижают надежность системы, поскольку они являются нестабильными, непредсказуемыми и прерывистыми по своей природе. Тем не менее, более быстрое реагирование инерционных накопителей энергии помогают облегчить сглаживание энергопотребления и служат жизнеспособным хранилищем в часы пик. Дисбаланс выхода энергии ветрогенераторов и необходимость нагрузки устраняются за счет гибридной комбинации инерционных накопителей и технологии накопления энергии со сжатым воздухом, в итоге смягчая низкую амплитуду колебания и более высокие частоты. В дополнение к этому, накопители энергии на маховиках играют значительную роль в регулировании частоты сети энергосистемы.

Технологии производства супермаховиков на сегодня уже довольно распространены: 500 накопителей установлены в автобусах Лондона (экономия энергоресурса превысила 20%), 400 крупных маховиков по всему миру работают в энергетических сетях, выполняя задачи регулирования частоты, и многие тысячи задействованы в комплексных системах питания ответственного оборудования.

Обычные маховики всегда изготавливались из материалов, одинаково прочных во всех направлениях, например, из твердой стали. Суть концепции супермаховика заключается в использовании вместо этого материала, тот, который является сверхпрочным в одном конкретном направлении – внешнем направлении напряжения, которое стремится разорвать быстро вращающийся маховик на части. Прочные провода представляют собой готовый материал. Обычно они прочнее по длине, чем исходный материал в объемном виде. Супермаховик может быть изготовлен из радиальных нитей высокопрочной стальной музыкальной проволоки, которая в настоящее время доступна с пределом прочности на разрыв около 4,1 ГПа. Современные материалы состоят из высокопрочных волокон графита или бора. Такие волокна могут быть ориентированы не случайным образом, а так, чтобы придавать дополнительную прочность в радиальном направлении. Супермаховик из такого материала может принимать различные формы: стержень, диск или клин. Чтобы зарядить супермаховик, он оснащен

электродвигателем, который подключается к внешнему источнику энергии, чтобы разогнать ротор. Затем двигатель становится генератором, приводимым в движение вращающимся маховиком.

В перспективе инерционные накопители энергии (маховики и супермаховики) целесообразно использовать в большинстве систем за счёт их высокой энергоёмкости по сравнению с остальными накопителями. Их использование позволяет стабилизировать выход энергии в солнечной энергетике. Использование инерционного накопителя энергии возможно в высоко- и низкотемпературных зонах без значительного уменьшения его эффективности. Также за счёт большей удельной мощности накопителей на маховиках позволяет уменьшить массу системы рекуперации на транспортных средствах, что также уменьшает их потребление энергоресурса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маховик // Большая российская энциклопедия 2004 - 2017 URL: https://old.bigenc.ru/technology_and_technique/text/2195703 (дата обращения: 15.02.2024).
2. Маховик // Википедия URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Маховик> (дата обращения: 15.02.2024).
3. Супермаховик // Википедия URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Супермаховик> (дата обращения: 15.02.2024).
4. Маховичный накопитель энергии // Википедия URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Маховичный_накопитель_энергии (дата обращения: 15.02.2024).
5. Характеристики и сферы применения маховичных накопителей энергии // Aftershock URL: <https://aftershock.news/?q=node/488846&full> (дата обращения: 15.02.2024).

СНИЖЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПИВА ЭЛЕКТРОАКТИВАЦИЕЙ ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ REDUCTION OF SPECIFIC ENERGY INTENSITY OF BEER BY ELECTROACTIVATION OF MALTING BARLEY

О. В. Бондарчук¹, В. А. Пашинский², Ю. Н. Селюк¹
O. Bondarchuk¹, V. Pashynski², Y. Seluk¹

¹Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
БГАТУ

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь.
guloks82@mail.ru

¹Belarusian State Agrarian Technical University, BSATU

²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus

Представлены результаты оценки удельных затрат энергии на производство пива и солода после электроактивации пивоваренного ячменя в переменном электрическом поле. Обработка ячменя в электрическом поле оптимальных значений параметров существенным образом влияет на качество солода (увеличивает экстрактивность на 1...3 %), что в конечном счете позволяет получить дополнительный выход пива, удельная энергоёмкость которого значительно ниже энергоёмкости основной продукции.

The results of estimation of specific energy consumption for beer and malt production after electroactivation of malting barley in an alternating electric field are presented. Processing of barley in the electric field of optimal values of parameters significantly affects the quality of malt (increases extractivity by 1...3 %), which ultimately allows to obtain an additional output of beer, the specific energy intensity of which is much lower than the energy intensity of the main product.

Ключевые слова: пивоваренный ячмень, показатели качества, напряженность электрического поля, солод, энергоёмкость, экстрактивность.

Keywords: malting barley, quality indicators, electric field strength, malt, energy intensity, extractivity.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-219-222>

Как известно, Президентом Республики Беларусь поставлены задачи по повышению эффективности работы пивоваренных организаций, расширению и наращиванию объемов производства импортозамещающих сортов пива, сокращению импорта пивоваренной продукции, развитию сырьевой зоны по выращиванию ячменя

пивоваренного и белорусского хмеля. Увеличению объемов пива и снижению его энергоемкости посвящено множество исследований как отечественных, так и зарубежных ученых [1].

Один из способов увеличения производства пива при низкой себестоимости – внедрение интенсивных технологий обработки ячменя при получении солода. Сущность их заключается в создании совокупности необходимых воздействий на пивоваренный ячмень, обеспечивающих получение высокого качества солода и сокращение сроков солодоращения.

Показатели, влияющие на качество солода, лежат в диапазоне: энергия прорастания 90...95 %; амилалитическая активность 300...500 ед./г; массовая доля экстракта в сухом веществе солода 76...83%; время осахаривания 15...25 минут; кислотность 0,9...1,3 кислотных единиц и др. Соответствие показателей качества солода данному диапазону гарантирует получение высококачественного пива. Диапазон изменения этих параметров небольшой, а их влияние на конечный продукт значительно. Например, повышение экстрактивности солода на один процент увеличивает выпуск пива на 50...60 литров с одной тонны солода. В масштабах Беларуси это может дополнительно составить 150 тыс. дал пива в год на сумму более 2,2 млн. руб. в ценах 2024 года.

Разработано большое количество способов обработки ячменя перед солодоращением. Наиболее эффективные способы интенсификации производства солода, к сожалению, неблагоприятно влияют на экологическую чистоту выпускаемой продукции и на ее производство, так как зачастую связаны с применением химических веществ и фитогормонов. Более экологичными являются электрофизические воздействия, а именно электроактивация пивоваренного ячменя в переменном электрическом поле перед производством солода [2].

Известно, что процесс производства пива от получения солода до выпуска товарного продукта довольно энергозатратный [3]. Сокращение потребления энергоресурсов на каждом из этапов позволяет значительно снизить энергоемкость выпускаемой продукции.

Предлагается снизить энергоемкость производства пива за счет улучшения качества сырья, а именно, ячменного солода. Задача состоит в определении удельной энергоемкости основной и дополнительно произведенной продукции, которая появляется за счет увеличения экстрактивности солода. Согласно [4] энергоемкость 1000 дал пива для предприятия с годовым выпуском пива 300 тыс. дал/год составляет 0,63 тут. Из них 0,25 тут расходуются на электроэнергию и 0,38 тут на тепловую энергию. Для производства 1000 дал пива необходимо 2 т солода. В нормативном документе [3] указано, что энергоемкость производства солода 600 т/год составляет 0,65 тут, из них 0,16 расходуются на электроэнергию и 0,49 на тепловую энергию.

Технология производства пива из пивоваренного ячменя состоит из двух этапов: производства солода и приготовления пива.

Выполним расчет энергоемкости дополнительно произведенного пива. Известно, что издержки будут складываться из затрат на электроэнергию, потребляемую электроактиватором биологической системы ячменя, но в то же время будет снижаться расход тепловой энергии при сушке солода за счет меньшего поглощения влаги обработанным зерном при замачивании из-за более равномерного увлажнения мучнистого тела после электрообработки. Также увеличится расход воды на величину дополнительно произведенной продукции.

Выполним расчет электропотребления электроактиватором. Расход электрической энергии зависит от мощности установки и ее производительности. Производительность определяют по суточному расходу зернопродуктов. Норма расхода очищенного ячменя на 1 тонну солода, т [5]:

$$C_0 = \frac{1 \cdot (100 - w_z) \cdot 100}{B_n \cdot (100 - w_p)}, \quad (1)$$

где w_z – влажность готового солода, %;

B_n – плановый выход солода в пересчете на сухое вещество, %;

w_p – влажность расходуемого ячменя, %.

Количество зернопродуктов, перерабатываемых за год, т:

$$V_{год} = C_0 \cdot \frac{V_{год.мн}}{V_{мн}}, \quad (2)$$

где $V_{год.мн}$ – годовой объем товарного пива, дал;

$V_{мн}$ – объем товарного пива, полученного с одной тонны солода, дал.

Суточный расход зернопродуктов, т [5]:

$$V_{сут} = \frac{V_{год} \cdot a}{n_{мес}}, \quad (3)$$

где a – доля максимального месячного выпуска пива от годового ($a=0,1$);

$n_{мес}$ – число дней работы в месяц ($n_{мес} = 28,5$).

Для обеспечения заданных параметров электроактивации определим производительность установки, т/ч:

$$\Pi_M = \frac{V_{сут}}{t_{сут}}, \quad (4)$$

где $t_{сут}$ – время работы электроактиватора в сутки, ч.

Производительность установки в автоматическом режиме, т/ч:

$$П = П_M \cdot k_a, \quad (5)$$

где k_a – коэффициент, учитывающий применение автоматического регулирования режимов обработки.

$$k_a = \frac{1}{m_{gw}}, \quad (6)$$

где m_{gw} – коэффициент производительности, определяют по таблице коэффициентов перевода объема продукции из физических тонн в плановые ($m_{gw}=0,98$) [5].

Время работы установки, ч:

$$\tau_{\sigma} = \frac{V_{\text{сум}} \cdot n_{\text{мес}} \cdot 12}{q_0}; \quad (7)$$

Действительный фонд времени работы оборудования, ч:

$$\tau_n = \tau_{\sigma} / k_a; \quad (8)$$

Использование установки увеличивает расход электроэнергии на величину ее годового потребления электроактиватором, что составляет, кВт·ч:

$$W_{\text{эл}} = \frac{P \cdot k_z}{\eta} \cdot \tau_n, \quad (9)$$

где P – мощность установки, кВт;

k_z – коэффициент загрузки;

η – коэффициент полезного действия.

Согласно расчетом по производству годовое потребление электроэнергии электроактиватором составляет 1082 кВт·ч в год.

Выполним расчет потребления тепловой энергии на сушку свежепросошенного солода. Он выполняется на основании материального и теплового баланса сушилки [6].

Количество испаряемой влаги из солода при сушке, кг/с:

$$W = \frac{G_{\text{вл}}(w_{\text{вл}} - w_c)}{100 - w_c} = \frac{G_c(w_{\text{вл}} - w_c)}{100 - w_{\text{вл}}}, \quad (10)$$

где $G_{\text{вл}}$ и G_c – масса свежепросошенного и свежесушенного солода, кг/с;

$w_{\text{вл}}$ и w_c – влажность свежепросошенного и свежесушенного солода, %.

Материальный баланс влаги солодовенной сушилки, кг/с:

$$W = Ld_2 - Ld_0, \quad (11)$$

где W – количество влаги, удаляемой из солода при сушке, кг/с;

L – расход воздуха в сушилке, кг/с;

d_2 и d_0 – влагосодержание свежего и отработанного воздуха, кг/кг. Для расчета принимаем $d_2 = 0,010$ кг/кг, $d_0 = 0,022$ кг/кг.

Тогда расход воздуха в сушилке, кг/с:

$$L = \frac{W}{d_2 - d_0}. \quad (12)$$

Расход тепловой энергии на сушку солода [97], кДж:

$$Q_{\text{суш}} = \frac{[L(I - I_0) + G_c C_c (t_2 - t_1) - W C_6 t_1]}{\eta} \quad (13)$$

где I и I_0 – энтальпия свежего и отработанного воздуха, кДж/кг, для расчета приняты $I = 46,47$ кДж/кг, $I_0 = 86,37$ кДж/кг;

t_1 и t_2 – начальная и конечная температура солода, °С. Для расчета приняты $t_1 = 17$ °С, $t_2 = 80$ °С;

G_c – масса свежесушенного солода, кг;

C_c и C_6 – удельная теплоемкость высушенного солода и воды, кДж/(кг·°С). Для расчета принимаем $C_c = 1,42$ кДж/(кг·°С); $C_6 = 4,1868$ кДж/(кг·°С);

η – КПД сушилки, учитывающий потери тепла, для расчета принимаем равным 0,8.

Количество испаряемой влаги из солода, зерно которого предварительно электроактивировали, меньше на 2,9 %. Количество тепловой энергии, затраченной на сушку такого солода, меньше на 0,126 ГДж (6,8 %) в пересчете на одну тонну исходного зерна влажностью 14%, по сравнению с контролем. Удельный расход тепловой энергии в пересчете снизится на 0,007 т/т.

Определим величину дополнительно произведенного пива за счет повышения качества солода после электроактивации пивоваренного ячменя. Примем следующие нормы [5]:

- выпускаемая продукция – 12 %-ое пиво, $e = 12$ %;

- масса солода $Q' = 1000$ т;

- потери при полировке $П_n = 0,5$ %;

- потери экстракта $P_3=2,7\%$,
- потери сусла $P_{x0}=6\%$,
- потери в отделении главного брожения $P_6=2,3\%$,
- потери при дображивании $P_0=1\%$,
- потери сусла в отделении дображивания и фильтрования $P_{df}=2,7\%$,
- потери товарного пива при розливе в бутылки $P_p=2\%$,
- экстрактивность солода $\mathcal{E}_o'=76,9\%$ / $\mathcal{E}_n'=79,1\%$,
- влажность $w_\varepsilon=4,8\%$.

Дополнительный выход товарного пива в год, м³:

$$\Delta V_{mn} = V_{mni} - V_{mnb}. \quad (28)$$

Дополнительный выход пива для производства 300 тыс. дал пива в год составил 1000 дал. Удельная электроёмкость дополнительной продукции кВт·ч/дал:

$$W_{эл} / \Delta V_{mn} = 1082/1000 = 1,082 \text{ кВт·ч/дал.}$$

Что составляет 0,00038 тут.

В модернизированном варианте увеличивается годовое потребление воды за счет содержания более высокой массовой доли экстракта в сухом веществе солода. Водопотребление увеличивается на величину дополнительного выхода готового продукта и составляет 1000 дал.

Заключение. По результатам исследований видно, что после электроактивации пивоваренного ячменя в переменном электрическом поле удельный расход электрической энергии на производство дополнительной продукции составляет 0,00038 тут, что значительно меньше, чем основной. Снижение энергоёмкости процесса также заключается в уменьшении расхода тепловой энергии, затраченной на сушку солода, полученного из электроактивированного ячменя, в пересчете он снизится на 0,007 тут.

Как видно из расчетов, при изменении такого показателя качества солода, как экстрактивность, изменяется выход сусла и, соответственно, выход товарного пива. Экономический эффект также состоит в увеличении выхода товарного пива, а следовательно, и повышении такого важного показателя для предприятия, как выручка от реализации продукции. Это сопровождается незначительным повышением водопотребления на 1000 дал/год и электропотребления на 1082 кВт·ч/год, стоимость которых значительно ниже, чем стоимость дополнительной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тананайко, Т.М. Научное сопровождение алкогольной и пивобезалкогольной отраслей промышленности // Пищевая промышленность: наука и технологии / Т.М. Тананайко, А.А. Пушкарь, О.Н. Урсул, В.В. Соловьев. – № 2 (32) 2016 – С. 46–55.
2. Способ обработки пивоваренного ячменя в сухом виде : пат. ВУ 22032 / О. В. Бондарчук, В. А. Пашинский, Н. Ф. Бондарь. – Оpubл. 30.10.18.
3. Нормы технологического проектирования предприятий по производству ячменного пивоваренного солода : ВНТП-11-93. – Введ. 01.05.1993. – М. : Гипропищепром-2, 1993. – 58 с.
4. Нормы технологического проектирования предприятий малой мощности пивоваренной промышленности : ВНТП-10М-93. – Введ. 01.05.1993. – М. : Гипропищепром-2, 1993. – 61 с.
5. Бондарчук, О. В. Применение установки для интенсификации процесса производства солода на пивоваренном предприятии / О. В. Бондарчук, И. И. Гургенидзе, В. А. Пашинский // Агропанорама. – 2018. – № 3. – С. 14–16.
6. Пашинский, В. А. Снижение энергоёмкости процесса производства пивоваренного солода при обработке ячменя электрическим током / В. А. Пашинский, О. В. Бондарчук, К. Л. Сергеев // Вестник МГУП. – 2019. – № 2 (27). – С. 28–37.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЭМ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА В СОЧЕТАНИИ С ВИЭ

USE OF PEM ELECTROLYZERS FOR DISTRIBUTED HYDROGEN GENERATION IN COMBINATION WITH RESs

А. А. Бохан, В. И. Красовский

A. Bokhan, V. Krasovskiy

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
Минск, Республика Беларусь
bokhanadal@gmail.com*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus*

Водород – это перспективный энергоноситель, обладающий потенциалом стать ключевым элементом в декарбонизации (снижении выбросов парниковых газов, таких как CO₂) труднодоступных секторов, таких как транспорт, промышленность.

Hydrogen is a promising energy carrier with the potential to become a core element in decarbonizing (reducing emissions of greenhouse gases such as CO₂) hard-to-reach sectors such as transportation, industry.

Ключевые слова: ПЭМ электролизеры, ВИЭ, распределенная генерация.

Keywords: PEM electrolyzers, RES, distributed generation.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-223-226>

Водородная энергетика – это перспективное направление, которое может внести значительный вклад в более чистое и устойчивое будущее.

Преимущество водорода как энергоносителя заключается в его высокой энергетической плотности (120 МДж/кг) по сравнению с традиционными топливами, такими как дизельное топливо (45,5 МДж/кг) и бензин (45,8 МДж/кг) [5]. Таким образом водород может стать связующим звеном между ныне разобщенными рынками транспорта и ВИЭ.

Водород может храниться в течение длительных периодов времени, и практически не требует обслуживания, что выделяет его на фоне аккумуляторных батарей. Долгосрочное хранение водорода станет особенно важным в будущем, после достижения нулевых выбросов, когда произойдет рост избыточного производства электроэнергии из ВИЭ (солнечная, ветровая). Запасенный водород может использоваться для балансировки спроса и предложения на электроэнергию.

Существующая инфраструктура природного газа, такая как заправки и трубопроводы, может быть использована для транспортировки, хранения и распределения водорода. В нынешнем состоянии использоваться может до 12% от общего объема сетей [2]. Оставшаяся часть потребует изменений конструкции.

Уже сегодня технология электролиза водорода является устоявшейся и доступной на коммерческом рынке. В мире уже существует множество компаний, которые производят и продают электролизеры.

В 2020 году в мире было произведено 120 млн тонн водорода, что составляет 4% от общего объема потребляемой энергии. Ожидается, что в будущем производство водорода будет значительно расти, что связано с растущим спросом на экологически чистые энергоисточники.

Европейский союз в настоящее время использует около 9,7 млн тонн водорода ежегодно, из которых 30% используется в нефтеперерабатывающей промышленности при проведении процессов гидроочистки, гидроизомеризации, гидрокрекинга [3]. Около 95-96% текущего глобального производства водорода осуществляется через процессы парового риформинга метана (паровой конверсии) и газификации угля, которые приводят к 1,8% глобальных выбросов CO₂. Остальные 4-5% производятся с использованием технологии водородной электролиза, обычно с использованием традиционных источников электроэнергии. Согласно отчету Net Zero Emissions [1], водородное топливо будет составлять 30% от глобального конечного энергопотребления в 2050 году.

На настоящий момент наиболее экономически выгодным считается производство водорода из ископаемого сырья. Снизить уровень выбросов углерода в производственных отраслях можно за счет водорода, полученного с использованием технологии улавливания и хранения углекислого газа, или также электролиза воды при помощи ВИЭ.

Электролизеры – это устройства, преобразующие электричество и воду в водород и кислород. В процессе электролиза на каждый 1 грамм водорода производится 8 граммов кислорода. Этот кислород может быть использован в различных промышленных процессах или выпущен в атмосферу.

Три основных типа электролизеров – это щелочные электролизеры, твердооксидные электролизеры и электролизеры с протонообменной электролитной мембраной (ПЭМ). Основные различия между этими тремя типами электролизеров заключаются в используемых электролитах и диапазоне температур, при которых они работают.

Щелочные электролизеры – это наиболее коммерчески используемая технология электролиза, обычно применяемая в крупномасштабной промышленности. На сегодня она значительно дешевле по сравнению с другими технологиями.

ПЭМ электролизер использует твердую полимерную электролитическую мембрану и особенно полезен для интеграции с ВИЭ из-за его эффективности в динамической работе, т. е. очень быстрого реагирования на изменения тока в порядке миллисекунд. ПЭМ электролизеры компактны. Отдельные ПЭМ электролизеры могут быть соединены последовательно для увеличения мощности. Они способны работать при более низких напряжениях, более высоких плотностях тока, имеют меньший углеродный след по сравнению с щелочными. Основными недостатками ПЭМ являются высокая стоимость материалов для мембраны, феномен перекрестной проницаемости H_2 и O_2 через мембрану, влияющий на чистоту водорода и усиливающийся с повышением давления, а также более высокая скорость деградации. ПЭМ -электролизеры уже распространены на рынке. Изначально применение ПЭМ -электролизера было сосредоточено на системах малого масштаба, однако сейчас ситуация меняется. Например, Cummins (бывший Hydrogenics) установили 25 МВт (5х5 МВт) в Германии для производства водорода для железнодорожных путей.

Твердооксидные электролизеры хоть и обещают стать на 20-30% более энергоэффективным решением, чем существующие щелочные и ПЭМ электролизеры, но на данный момент всё еще остаются на сравнительно ранних стадиях разработки.

Прямой электролиз морской воды (DES) также является возможным методом, используя широко известную технологию в химической промышленности, а именно хлор-щелочной электролиз. В этом процессе морская вода выступает как электролит. Сейчас стоимость оценивается слишком высокой, примерно 6000 долларов США/кВт с затратами на эксплуатацию и обслуживание. Это обусловлено опреснением воды, и, следовательно, на данный момент нет подобных коммерческих производств.

Основные компоненты:

Анод: катализатор, где происходит окисление водорода.

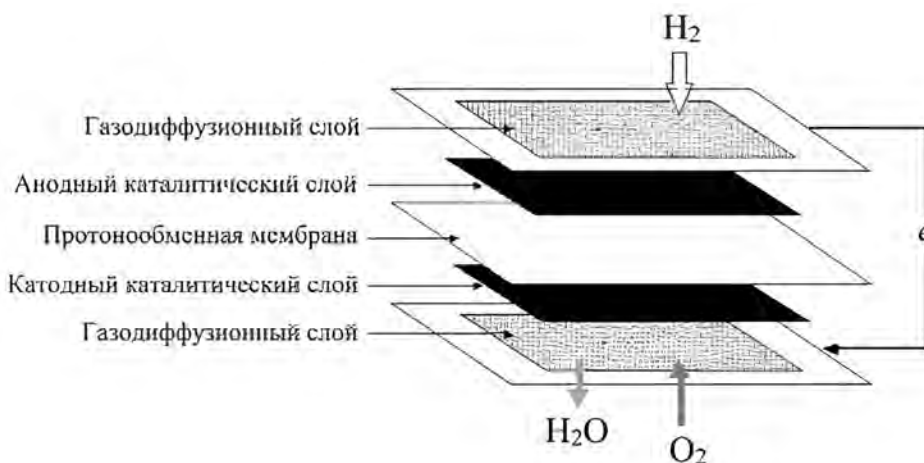
Катод: катализатор, где происходит восстановление водорода.

Протонообменная мембрана: селективно пропускает протоны (H^+), но блокирует электроны.

Электроды: проводят электрический ток.

Электролит: раствор, содержащий ионы H^+ .

Газодиффузионный слой: необходим для осуществления токосъема, подвода исходных реагентов и отвода продуктов реакции.

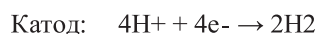
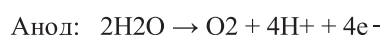


Принципиальное устройство ПЭМ электролизера

Процесс электролиза:

К электродам подводится постоянный ток. На аноде происходит окисление молекул воды, в результате чего образуются протоны (H^+), электроны (e^-) и кислород (O_2). Протоны (H^+) мигрируют через протонообменную мембрану к катоду. На катоде происходит восстановление протонов (H^+) с участием электронов (e^-), в результате чего образуется водород (H_2). Водород и кислород выводятся из электролизера через трубки.

Реакции:



Факторы, влияющие на эффективность:

Температура, давление, сила тока: их повышение увеличивает скорость реакции и соответственно выход водорода, но снижает эффективность.

Преимущества ПЭМ электролизеров:

Высокая эффективность: до 80%.

Компактность: занимают мало места.

Быстрый старт: могут начать работу без каких-либо подготовительных операций.

Модульность: могут быть легко масштабированы.

Недостатки ПЭМ электролизеров:

Высокая стоимость: из-за использования дорогих материалов, особенно титана (из-за коррозионной стойкости).

Чувствительность к примесям: примеси в воде могут засорить конструкцию отложениями и вывести протонообменную мембрану из строя. Но при должном качестве воды и электроснабжения расчетный срок службы составляет около 10 000 часов работы.

Одним из главных преимуществ ПЭМ электролизеров является их компактность и модульность. ПЭМ электролизеры состоят из модулей (ячеек), которые можно легко добавлять или убирать, что позволяет масштабировать производство водорода в соответствии с потребностями. Они занимают значительно меньше места, чем традиционные электролизеры, что делает их идеальными для использования в ограниченных пространствах. ПЭМ электролизеры относительно просты в установке и не требуют сложной инфраструктуры.

Благодаря своей компактности ПЭМ электролизеры могут использоваться для водорода для заправки автомобилей, автобусов, грузовиков и других транспортных средств; для использования в удаленных местах, где нет доступа к электросети; для обеспечения бесперебойного питания в случае отключения электроэнергии.

Традиционный электролизер может занимать площадь в несколько квадратных метров. ПЭМ электролизер занимает площадь всего несколько квадратных дециметров.



Сравнение размеров

Из-за значительно меньших потерь при транспортировке водорода по сравнению с транспортировкой электроэнергии по ЛЭП, возможно строительство заводов по производству водорода в отдаленных от потребителей местах. Одним из самых амбициозных проектов в этой области является водородно-энергетический кластер на основе Пенжинской приливной электростанции [4].

В рамках проекта планируется возведение завода по производству водорода методом электролиза воды и его сжижению, а также завода по производству аммиака. Для обеспечения электроэнергией завода предполагается строительство приливной электростанции (ПЭС) в Пенжинской губе Охотского моря и ветровой электростанции (ВЭС) для бесперебойного снабжения электроэнергией инфраструктуры.

Потенциальная мощность Пенжинской ПЭС оценивается на уровне до 110 ГВт, а мощность первой очереди предварительно составит 300 МВт. Предусматривается транспортировка сжиженного водорода специализированными судами и аммиака с использованием специализированных судов-газовозов. Для обеспечения отгрузки продукции планируется создание высокоширотного морского терминала в заливе Корфа. Основными рынками сбыта рассматриваются страны Азиатско-Тихоокеанского региона.

Для уменьшения сроков окупаемости проект планируется реализовывать в несколько этапов:

На первом этапе кластер позволит ежегодно производить около 17 500 тонн сжиженного водорода или около 115 000 тонн аммиака. Планируемый срок реализации первой очереди кластера - 2034 год, при этом начало отгрузки потребителям продукции, полученной с использованием электроэнергии от ветровых электростанций, предполагается с 2026 года.

Второй этап будет включать в себя строительство 2-й очереди Пенжинской приливной электростанции мощностью 21,4 ГВт, а также 2-й очереди ветровой электростанции мощностью до 1 ГВт. Она позволит ежегодно производить около 1,2 млн. тонн сжиженного водорода или около 7,7 млн. тонн аммиака.

За счёт меньшей стоимости за единицу по сравнению с традиционными щелочными электролизерами, ПЭМ электролизеры могут получить широкое распространение среди круга людей, желающих обеспечить свой дом

и транспортные средства надёжным, долговечным и экологически чистым источником энергии - водородом. Такие системы как Gen-3, разработанная компанией Powerhouse Energy, которая представляет собой ПЭМ электролизер, интегрированный с солнечными панелями, могут утсанавливаться на любом загородном участке. Это позволит начать распространение “зелёного” водорода без крупномасштабного строительства и больших инвестиций со стороны государства или компаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Международное энергетическое агентство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZero2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf. – Дата доступа: 20.02.2024.
2. Renewable Power-to-Gas: A technological and economic review / М. Götz [и др.] – World Renewable Energy Network, 2016.
3. НефтеМагнат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.neftemagnat.ru/enc/298>. – Дата доступа: 20.02.2024.
4. H2 Чистая Энергетика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://h2ce.ru/projects/detail/vodorodno-energeticheskij-klaster-na-osnove-penzhinskoj-prilivnoj-elektrostantsii> – Дата доступа: 20.02.2024.
5. Rocky Mountain Institute [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rmi.org/run-on-less-with-hydrogen-fuel-cells/> – Дата доступа: 20.02.2024.

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
И ТЕХНОЛОГИИ В ОЦЕНКЕ И УПРАВЛЕНИИ
КАЧЕСТВОМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

MODELLING NITROGEN AND PHOSPHORUS LOADINGS ORIGINATED FROM LAND USE/COVER IN EŞEN STREAM BASIN (TÜRKİYE) BY GIS AND REMOTE SENSING

ММОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЗОК АЗОТА И ФОСФОРА, ПРОИСХОДЯЩИХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ/ПОКРЫТИЯ В БАССЕЙНЕ РУЧИ ЭШЕН (ТУРЦИЯ) С ПОМОЩЬЮ ГИС И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Ç. N. Keskin¹, H. M. Doğan², F. Keskin³, M. A. Koçer⁴, N. Özdemir⁵, A. Demirak^{6*}
С. Н. Кескин¹, Х. М. Доган², Ф. Кескин³, М.А. Кочер⁴, Н. Оздемир⁵, А. Демирак⁶

¹Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Arts and Science, Department of Biology, Bolu, Türkiye

²Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Arts and Science, Department of Geography, Tokat, Türkiye

³Mugla Sıtkı Kocman University, Environmental Research and Application Centre For Research Laboratories, Muğla, Türkiye

⁴Mediterranean Fisheries Research, Production and Training Institute, Döşemealtı, Antalya, Türkiye

⁵Mugla Sıtkı Kocman University, Faculty of Fisheries, Department of Aquatic Sciences, Muğla, Türkiye

⁶Mugla Sıtkı Kocman University, Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Muğla, Türkiye

*Corresponding Author: (ademirak@mu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-6815-8037>)

¹Университет Болу Абанта Иззета Байсала, факультет искусств и наук, департамент биологии, Болу, Турция

²Университет Токат Газиосманпаша, факультет искусств и наук, департамент географии, Токат, Турция

³Университет Мугла Сытки Кочман, Центр экологических исследований и прикладной центр исследовательских лабораторий, Мугла, Турция

⁴Научно-исследовательский, производственный и учебный институт средиземноморского рыболовства, Дёшемеалты, Анталья, Турция

⁵Университет Мугла Ситки Кочман, факультет рыболовства, департамент водных наук, Мугла, Турция

⁶Университет Мугла Ситки Кочман, факультет естественных наук, департамент химии, Мугла, Турция

*Автор, ответственный за переписку: ademirak@mu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-6815-8037>

The most important environmental problems resulting from land use/cover are the nitrogen and phosphorus pollution they cause. In this study, the loads of important diffuse pollutants (N and P) resulting from land use/cover in the Eşen Stream Basin located in the South West of Turkey were calculated. Nitrogen load from land use-cover classes was listed as: agricultural areas > forest areas > water surfaces > residential-urban areas > meadows-pastures. It was determined that the nitrogen load in the study region was the most caused by agricultural areas. Phosphorus load from land use-cover classes is listed as: forest areas > agricultural areas > residential and urban areas > water surfaces > meadows-pastures. It was determined that the phosphorus load was mostly caused by forest areas. Those are the initial results of our project. N and P pollution from population and livestock will also be determined in order to total pollution in the area.

Наиболее важными экологическими проблемами, возникающими в результате землепользования/покрытия, являются азот и фосфор и вызываемые ими загрязнения. В этом исследовании были рассчитаны нагрузки важных диффузных загрязнителей (N и P), возникающих в результате землепользования/покрытия в бассейне ручья Эшен, расположенном на юго-западе Турции. Азотная нагрузка по классам землепользования была указана как: сельскохозяйственные территории > лесные массивы > водные поверхности > поселения и городские территории > луга-пастбищные земли. Установлено, что азотная нагрузка в исследуемом регионе в наибольшей степени обусловлена сельскохозяйственными угодьями. Фосфорная нагрузка по классам землепользования представлена следующим образом: лесные массивы > сельскохозяйственные территории > поселения и городские территории > водные поверхности > луга-пастбища. Установлено, что фосфорная нагрузка в основном обусловлена лесными массивами. Это первые результаты нашего проекта. Загрязнение N и P от населения и домашнего скота также будет определяться с целью определения общего загрязнения территории.

Keywords: diffuse pollutants, Eşen Stream Basin, land use/cover, nitrogen, phosphorus.

Ключевые слова: диффузные загрязнители, бассейн ручья Эсен, землепользование/покрова, азот, фосфор.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-228-230>

Introduction. Among the sources of pollution arise from land use/cover, diffuse pollutants are the most detrimental group. In this group, Nitrogen (N) and Phosphorus (P), that have nutrient characteristics at the same time, have a special

importance. While nitrogen and phosphorus deteriorate the chemical structure of the soil, they also cause eutrophication in the aquatic ecosystem. For this reason, knowing the Nitrogen (N) and Phosphorus (P) loads resulting from different land use/cover is a critical need to predict how it impacts the region's water bodies. In this context, modeling of N and P transportation to lakes and basins is important to develop models for the management of diffuse pollutants [1-3].

The aim of this study is to estimate and map the loads of important diffuse pollutants (Nitrogen and Phosphorus) for the Eşen Stream Basin located in the South West of Türkiye, using Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) techniques.

Materials and methods. The study area is the Eşençayı Subbasin located in the Western Mediterranean Main Basin in Türkiye. Basically, this area is located in a place where agriculture, animal husbandry, forestry and tourism activities gain importance. In the study, digital maps of the Eşen Stream Basin containing current land use/cover classes were created using Coordination of Information on the Environment (CORINE-2018) database. This downloaded database was updated by utilizing Landsat-9 (Landsat Level 2) up-to-date (2023) images. The area covered by each land use-cover class of the study region in the CORINE Level-II updated map was determined as hectare (ha) by spatial analysis in ARCGIS software. In mapping Nitrogen and Phosphorus diffuse pollutants within the scope of land use-cover originated loads, unit load values ($\text{kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) that were developed by TÜBİTAK Marmara Research Center [4], Environment Institute and Ministry of Environment and Urbanization [5] and updated CORINE Level-II map were utilized. In order to carry out modeling and mapping, the land use-cover classes of the up dated CORINE Level-II map have been reclassified by adapting them to the developed Nitrogen Phosphorus (N-P) unit load classes. Finally, a map showing N and P load patterns was produced.

Results. CORINE 2023 N-P LOAD CLASSES are given in Figure 1. Cover areas and their nitrogen and phosphorus loads resulting from these classes were summarized in Table 1. As it was seen in both Figure 1 and Table 1, forest areas have the most cover area in Eşen River Basin. This land use-cover class have been followed by agricultural, residential-urban, water surface (water bodies + wetlands), and meadow & pasture areas, respectively. Nitrogen load from land use-cover classes was listed as: agricultural areas > forest areas > water surfaces > residential-urban areas > meadows-pastures. It was determined that the nitrogen load in the study region was the most caused by agricultural areas. Phosphorus load from land use-cover classes is listed as: forest areas > agricultural areas > residential and urban areas > water surfaces > meadows-pastures. It was determined that the phosphorus load was mostly caused by forest areas.

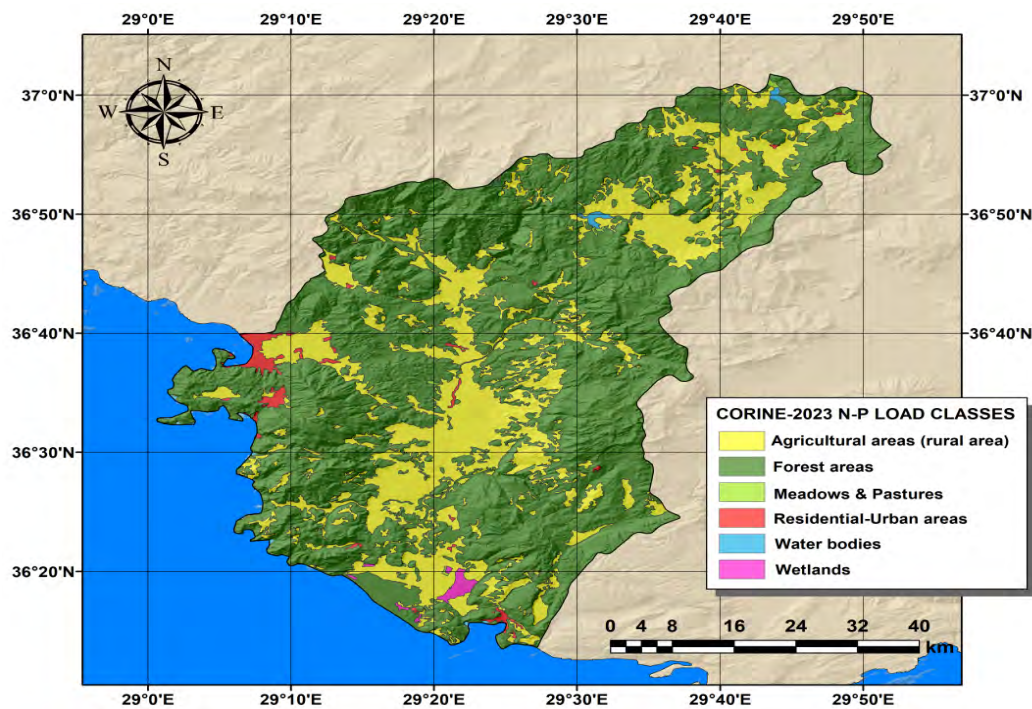


Figure 1 – CORINE 2023 N-P load classes map

Table 1

Cover areas and N-P loads from CORINE 2023 N-P load classes

CORINE-2023 N-P UNIT LOAD CLASSES	Cover Area (ha)	N Loads, $\text{kg/ha} \cdot \text{year}$	P Loads, $\text{kg/ha} \cdot \text{year}$
Forest Areas	229196,17	458392,34	11459,81
Agricultural areas	83613,27	794326,11	9197,46
Residential-Urban areas	3344,51	10033,52	1672,25
Water Surfaces (Water Bodies +Wetlands)	2142,22	51413,28	535,56
Meadows-Pastures	719,65	3598,26	71,97

Discussion and conclusion. Among the sources of pollution arising from land use/cover, diffuse pollutant sources are the most detrimental group [6-7]. Nitrogen (N) and phosphorus (P), which have nutrient characteristics at the same time, have a special importance within this group [1-3]. Both N and P cause pollution by infiltrating water and soil, and trigger the disappearance of fish and plant populations by causing eutrophication in wetlands. Therefore, there is a need to model the nitrogen and phosphorus pollution that is defined as diffuse pollutants. Developing a new methodology integrated with Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) techniques in order to make the modeling and mapping activities of diffuse pollutions more economical and faster. Important for public and private sector organizations. Coordination on Environmental Information (CORINE) database of European Environment Agency (EAA) developed a good classification system that defines land use/cover classes within three levels. This database is available for European Countries and Turkey. However, it is possible to produce land use/cover maps for the countries where this database is unavailable by utilizing CORINE classification system, LANDSAT-8 OLI images, and geo-referenced field data in an image processing software.

Within this context, here we shared the initial results of our project that we have been still carrying out. Our results so far were shown that phosphorus load source in study area is the atmosphere - precipitation, agriculture and forest and it has been noticed that the source of nitrogen load is agriculture and forest. These results are shown that agricultural activities and forest in the region constitute the basis of nitrogen and phosphorus load. These results are also compatible with literature data. Agricultural lands release the greatest amount of nutrients per unit area, while Forests generally have very good nutrient retention capacity [3]. Additionally, this study will provide useful information for decision-makers for local nutrient load reduction and control.

This study was supported by The Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TÜBİTAK) (PROJECT NO: 221N187). Authors Thank to TÜBİTAK for the support.

REFERENCES

1. Campbell N, D'Arcy B, Frost A, Novotny V, Sansom A, 2005. Diffuse Pollution An Introduction to the Problems and Solutions. IWA Publishing, 328 pp.
2. Heathwaite AL, Quinn PF, Hewett CJM, 2005. Modelling and managing critical source areas of diffuse pollution from agricultural land using flow connectivity simulation. Journal of Hydrology, 304: 446-461.
3. Han, B., Reidy, A., Li, A. 2021 . Modeling nutrient release with compiled data in a typical Midwest watershed. Ecological Indicators 121 (2021) 107213. doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107213http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.07.043.
4. TÜBİTAK MAM, 2010. Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi Yeşilirmak Havzası 5098115 (ÇE.10.49) Proje Nihai Raporu Cilt I. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Çevre Enstitüsü, Aralık-2010 Gebze, Kocaeli.
5. ÇŞB, 2016. Ceyhan Havzası Kirlilik Önleme Eylem Planı. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ekim-2016, Ankara.
6. Ritter WF, Shirmohammadi A, 2000. Agricultural Nonpoint Source Pollution: Watershed Management and Hydrology. CRC Press, 352 pp.
7. Novotny V, 2002. Water Quality: Diffuse Pollution and Watershed Management, 2nd Edition. Wiley, 888 pp.

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА «ЗЕЛЕНый КОД ИЖЕВСКА» EXPERIENCE OF IMPLEMENTATION OF «THE IZHEVSK GREEN CODE» PROJECT

И. Л. Бухарина, К. Е. Ведерников
I. L. Bukharina, K. E. Vedernikov

*Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия,
e-mail: buharin@udmlink.ru
Udmurt State University, Izhevsk, The Russian Federation

В статье представлен опыт реализации проекта «Зеленый код Ижевска». Показаны цель и задачи проекта, основные итоги реализации проекта. При реализации проекта использованы цифровые технологии, разработана и зарегистрирована «Геоинформационная система управления зелеными насаждениями города «Зеленый код», которая за два года наполнена оцифрованным материалом по 17 тысяч древесных растений.

The article presents the experience of implementing the “Green Code of Izhevsk” project. The purpose and objectives of the project, the main results of the project implementation are shown. During the implementation of the project, digital technologies were used, the “Geographic information system for managing green spaces in the city “Green Code” was developed and registered, which over two years was filled with digitized material of 17 thousand woody plants.

Ключевые слова: зеленые насаждения, древесные растения, мониторинг, таксация, информационные системы.

Keywords: green spaces, woody plants, monitoring, taxation, information systems.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-230-233>

Проект «Зеленый код Ижевска» в ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет» реализуется в рамках программы «Приоритет –2030», участником которой университет стал в 2021 г. Программа «Приоритет –2030» включает несколько стратегических проектов, один из которых «Новое качество жизни: ответ на временные биоэкологические вызовы» направлен на решение следующих задач: разработка пакета уникальных решений в области глобальных задач экологии, биотехнологий и промышленной экологии на принципах междисциплинарного подхода, конкурентоспособности и интеграции в научно-производственные сообщества; переход от фундаментальных и научно-прикладных исследований и разработок к созданию конкурентно способных и востребованных продуктов, их внедрение в реальный сектор экономики.

Важным показателем качества жизни в городах является состояние зеленого фонда. В последние годы в Ижевске (Удмуртская республика) осуществлено благоустройство и озеленение целого ряда общественных пространств. Тем не менее имеется ряд проблем, связанных с зеленым строительством: стареющие насаждения, отсутствие организованной инвентаризации древесных насаждений и перспективного плана озеленения города. По инициативе Общественной палаты г. Ижевска для решения острых вопросов озеленения была создана рабочая группа «Зеленый код Ижевска», в состав которой вошли представители администрации города, ученые и общественные организации. Была разработана программа проекта и основные этапы работы. Специалистами УдГУ, которые на протяжении 20 лет изучают состояние и систему адаптивных реакций древесных растений к условиям городской среды, был предложен проект по созданию автоматизированной системы мониторинга и паспортизации городских насаждений с целью оптимизации системы управления зеленым фондом, включающей инвентаризацию, паспортизацию насаждений, планированию и проектированию озеленения, создания и реконструкции насаждений за счет использования механизмов компенсационного озеленения. Для реализации этого проекта были заключены в 2022 и 2023 гг. муниципальные контракты на выполнение НИР «Создание автоматизированной информационной системы мониторинга состояния и содержания зеленых насаждений по результатам инвентаризации и паспортизации на основе таксационной оценки и анализа научных исследований состояния растений».

Исследование проводилось в три этапа: 1 этап - подготовительные работы;

2 этап - полевые работы; 3 этап - камеральная обработка.

Подготовительные работы включали: подготовку и анализ нормативной базы; подбор и апробирование мобильных приложений для геопозиционирования; определение и уточнение границ объекта; обеспечение топокартами и предварительную их обработку; обучение и коллективную тренировку по таксации деревьев. Был разработан макет паспорта озелененной территории.

В основе полевых работ производилась таксация деревьев и кустарников на исследуемых территориях. В процессе таксации проводилось описание по следующим критериям: вид/порода; диаметр ствола на высоте 1,3 м; определение возраста методом классов возраста; жизненное состояние деревьев и кустарников по 4-х бальной шкале (на основании шкалы состояния зеленых насаждений Решения городской думы г. Ижевска №199 от 29.11.2006 г.); диаметр кроны; фотографирование объекта; определение координат объекта при помощи мобильного приложения.

Метод классов возраста заключается в делении исследуемых объектов на группы: хвойные, твердолиственные, мягколиственные, кустарники. Продолжительность интервала классов возраста устанавливались следующие: хвойные и твердолиственные - 20 лет; мягколиственные - 10 лет; мягколиственные быстрорастущие (тополя, ивы и др.) - 7 лет; рябина – 5 лет. Для кустарников класс возраста не определялся.

При таксации насаждений применялся глазомерно-измерительный метод. В основе данного метода положено сочетание глазомерной таксации деревьев с выборочной измерительной таксацией. В качестве измерительных приборов применялись линейки (измерение диаметра), возрастной бур Haglof-350 (для определения возраста, прироста, выявления внутренних пустот), Resistograph (для определения возраста, степени гниения древесины, определение механического сопротивления).

Для позиционирования объектов исследования (деревья, кустарники, территории занятые травостоем и малые архитектурные формы) использовались сервисы и ресурсы геоинформационной системы. Для более удобного и быстрого сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации об объектах использовалось мобильное приложение.

Применение IT-технологий происходило и на этапе сбора первичной информации, её форматирования для дальнейшей загрузки в разрабатываемую геоинформационную систему. Для сбора первичной информации на местах были протестированы в работе следующие приложения - SWMaps, LocusGIS, Mappt, MapMarker и др. По совокупности параметров для массового сбора было выбрано приложение SWMaps с точки зрения сбора и загрузки первичных данных, включая геопозицию, фотоизображение, данные замеров и экспертной оценки.

Собранные данные выгружались в табличный формат по мере накопления данных таксатором. Поскольку таксаторов было несколько, до этапа переформатирования данных приходилось синхронизировать выгруженные таблицы, исключать ошибочные записи. В дальнейшем ограниченные наборы данных можно собирать и другими приложениями, либо по геопозиционированию снимка.

Далее массив таблиц обрабатывался в специально разработанном скрипте, созданном на языке R. Скрипт собирал все таблицы из выгруженных файлов и преобразовывал их в формат geoJSON, необходимый для работы с API Яндекс-карт. В дальнейшем возможно применение любых других инструментов переформатирования табличных данных в формат geoJSON, включая онлайн-конверторы, картографические ИС (например, QGIS) и др. После пере-

форматирования в формат geoJSON данные передавались таксаторам для дальнейшей корректировки. При помощи вспомогательных веб-сервисов таксаторы визуально оценивали результаты своей работы, исправляли некорректные данные. Выверенные переформатированные данные передавались далее для работы с API яндекс-карт.

Все анализируемые приложения позволяют: создать геоинформационный проект, в рамках проекта слой, атрибуты; осуществлять импорт/экспорт проектов на веб-сервисы; создавать список данных для атрибута; загрузку медифайлов в атрибуты объекта; производить экспорт медифайлов.

Камеральный этап работ состоял из обработки полученных данных. Производился расчет классов возраста на основе анализа таблиц хода роста «нормальных» древостоев по видам (при отсутствии вида в таблицах за основу применялся близкородственный вид). Площадь деревьев и кустарников рассчитывалась в соответствии с методиками, применяемыми при таксации насаждений.

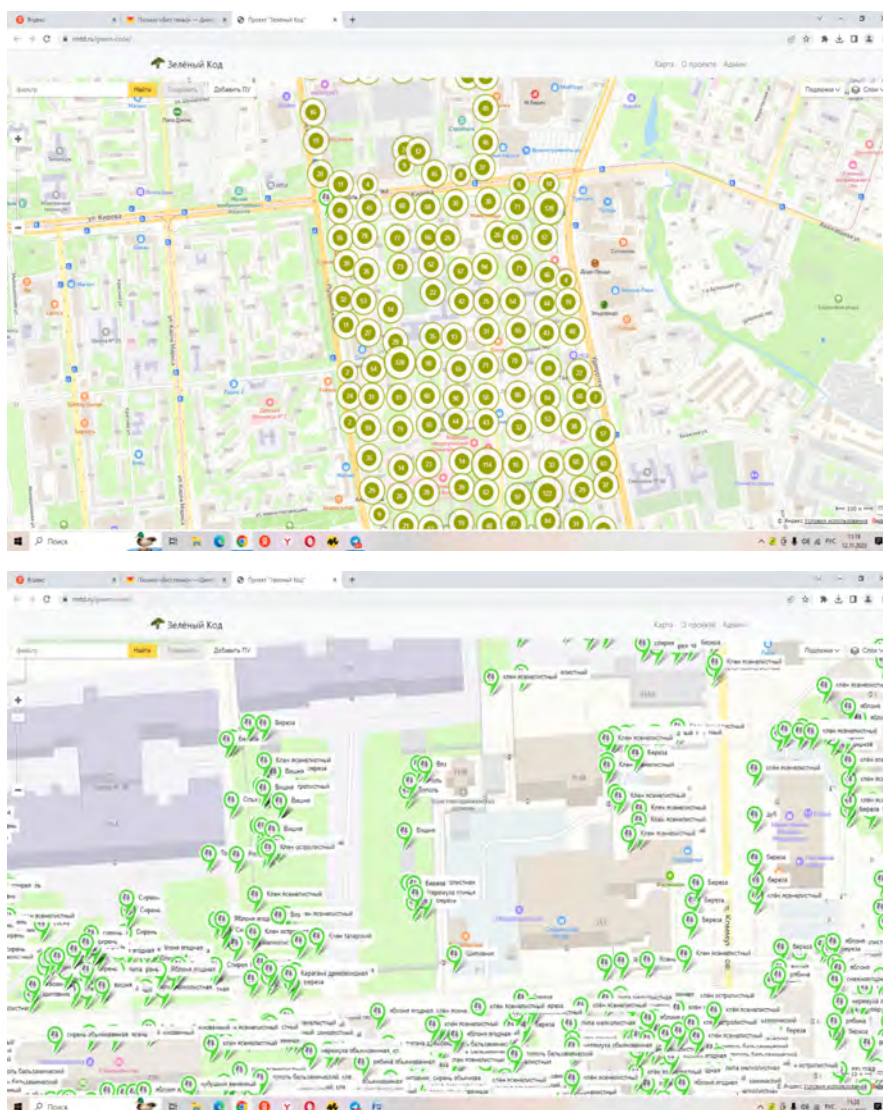
Для проверки данных и первичного анализа проект загружался GeoJSON. Данное расширение формата данных JSON, служит для передачи геоданных. Эта утилита позволяет сохранять информацию о географических объектах в формате GeoJSON и обрисовывать их в слое поверх карты.

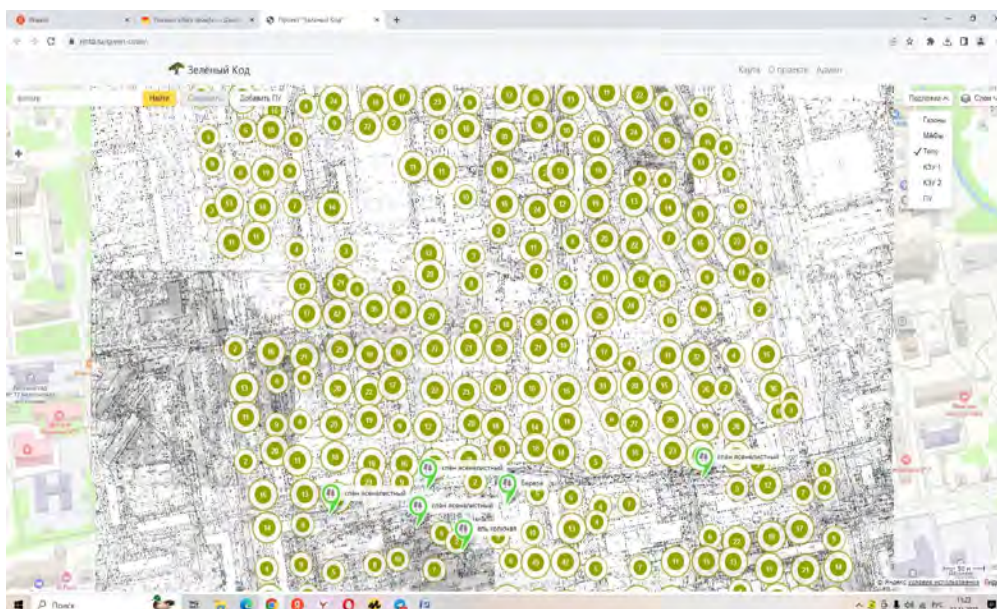
После проверки данных формировалась карта существующих зеленых насаждений.

В настоящее время описаны более 16,5 тысяч деревьев и кустарников, подготовлено порядка 600 паспортов озелененных территорий. Получено Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ от 17.01.2023 г. №2023611120 «Геоинформационная система управления зелеными насаждениями города «Зеленый код». Разработана шкала оценки состояния древесных растений в городе по показателям прижизненного инструментального метода оценки древесины.

В планах проекта показать возможность использования методов дистанционного исследования и технологий компьютерного зрения при инвентаризации насаждений. Важной задачей следующего этапа развития проекта мы видим вопросы климатической повестки и декарбонизации Ижевска с использованием потенциала зеленого строительства города. В работу системы будут включены хозяйственные и экологические калькуляторы для оценки стоимости компенсационного озеленения и показателей депонированного углерода, как для отдельного растения, так и для насаждений на озелененной территории.

Ниже приведены скрины интерфейса программы.





ЛИТЕРАТУРА

1. Бухарина, И.Л. Биоэкологические особенности хвойных растений в условиях городской среды/ Бухарина И.Л., Пашкова А.С., Ведерников К.Е., Ковальчук А.Г., Пашков Е.В. // монография. – Ижевск: «Удмуртский университет», 2015. – 152 с.
2. Бухарина, И.Л. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде / Бухарина И.Л., Поварницина Т.М., Ведерников К.Е. // – Ижевск: ИЖГСХА, 2007.
3. Бухарина, И.Л. Атлас болезней и вредителей деревьев и кустарников г. Ижевска / Бухарина И.Л., Захарова Г.А., Ведерников К.Е., Журавлева А.Н.// Учебно-методическое пособие. – Ижевск: «Удмуртский университет», 2014.
4. Бухарина, И.Л. Городские насаждения: экологический аспект
5. монография / Бухарина И.Л., Журавлева А.Н., Большова О.Г. // – Ижевск: «Удмуртский университет», 2012.
6. Бухарина, И.Л. Биоэкологические особенности травянистых и древесных растений в городских насаждениях / Бухарина И.Л., Двоеглазова А.А.// – Ижевск: «Удмуртский университет», 2010.

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ПО ВЫБОРУ СПЕЦИАЛИСТА-ПСИХОЛОГА MOBILE APPLICATION FOR THE CHOICE OF A PSYCHOLOGIST SPECIALIST

А. Л. Карпей, Ю. О. Приходько
A. L. Karpei, J. O. Prikhodko

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: kar_an@tut.by*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University,
ISEI BSU, Minsk, the Republic of Belarus*

С использованием языка программирования Kotlin и среды разработки Android Studio разработано приложение для устройств с операционной системой Android по выбору специалиста-психолога. В приложении реализована связь между психологом и клиентом: психолог предоставляет данные о себе, образовании и специализации; клиенту же предоставлена возможность определить свой запрос для психотерапии, рассмотреть варианты специалистов и выбрать наиболее подходящего для эффективного оказания психологической помощи, а также вести записи о психологическом состоянии и прогрессе психотерапии.

Using the Kotlin programming language and the Android Studio development environment, an application for the choice of a psychologist for Android OS devices is developed. The application implements a connection between the psychologist and the client, i.e. the psychologist provides information about himself, his education and

specialization; the client is given the opportunity to determine his request for psychotherapy, consider options for specialists and choose the most suitable one for the effective provision of psychological assistance, as well as keep records of the psychological state and progress of psychotherapy.

Ключевые слова: мобильное приложение, психотерапия, выбор психолога, дневник эмоций, электронный дневник, психологическая гигиена.

Keywords: mobile application, psychotherapy, choice of a psychologist, diary of emotions, electronic diary, psychological hygiene.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-233-236>

Целью работы является создание мобильного приложения с простым и понятным интерфейсом и информационным наполнением, что позволит пользователю, заинтересованному в работе со специалистом-психологом, легко и быстро, без дополнительных знаний в области психологии выбрать психолога для дальнейшей работы. Основными задачами приложения являются: определение запроса пользователя для психотерапии, подбор наиболее подходящего специалиста под данный запрос и по указанным пользователем критериям. Дополнительные возможности приложения, помогающие повысить эффективность от занятий с психологом – личный дневник, включая дневник эмоций, дневник домашних заданий, статистика регулярности терапии. Приложение так же оповещает пользователя о приближающейся сессии и позволяет наглядно увидеть запланированные занятия с помощью календаря.

Психотерапия – это форма лечения, которая помогает людям разрешить эмоциональные, поведенческие и межличностные проблемы, улучшить качество жизни и достичь психологического благополучия. Психотерапия учит осознавать свои мысли и чувства, развивать стратегии преодоления симптомов расстройств и улучшать функционирование.

По данным широких эпидемиологических исследований, психическими расстройствами страдает около 10 % взрослого населения любой страны (в Беларуси – 700-800 тысяч человек) [1].

В мире 459 млн человек с психическими расстройствами, в т. ч. депрессией – 121 млн, алкогольной зависимостью – 70 млн, шизофренией – 24 млн (ВОЗ, 2001). В год от суицидов погибает 1 млн человек. Психические расстройства встречаются столь же часто, как болезни сердца, и в 3 раза чаще, чем злокачественные новообразования. Экономические последствия от них тяжелее, чем от составляющей онкопатологий среди всех заболеваний [1].

По своим социально-экономическим последствиям психические расстройства среди всех групп заболеваний занимают 2–3-е место. На них приходится 19 % потерь от всех болезней (ВОЗ, 2001) [2].

В Республике Беларусь на 2023 год под наблюдением в психиатрических и наркологических учреждениях состоит более 450 тысяч жителей, т. е. более 4,5% населения.

За 2023 год первичная заболеваемость психическими расстройствами только по Витебской области составила 379,8 случаев на 100 тыс. населения и снизилась к уровню 2022 года на 3% [3]. За психиатрической помощью в области ежегодно обращаются более 40000 человек (в том числе анонимно), из них больше всего по поводу органических заболеваний головного мозга (в том числе состояния слабоумия в пожилом возрасте). Затем по распространенности отмечается обращение людей, страдающих шизофренией и близкими к ней расстройствами. На третьем месте по распространенности обращений за помощью занимают пациенты с невротическими и связанными со стрессом расстройствами. На четвертом месте – это дети и подростки, страдающие психическими и поведенческими расстройствами.

За 9 месяцев 2023 года первичная заболеваемость наркологическими расстройствами составила 103,5 случая на 100 тыс. населения и выросла к уровню 2022 года на 14,5%. Заболеваемость зависимостями среди женского населения составила 53,6 случая на 100 тыс. женского населения и выросла к уровню 2022 года на 6,1%. Детей, употребляющих алкоголь и другие психоактивные вещества, за 9 месяцев 2023 года выявлено 81 человек, что выше на 6% от уровня 2022 года [3].

Статистика показывает рост числа психических патологий у населения в мире и Республике Беларусь, что однозначно указывает на необходимость повышения уровня информирования и осведомленности о психических проблемах и совершенствования механизма оказания психологической помощи людям.

Согласно проведенным исследованиям по всему миру, психотерапия является неотъемлемой частью поддержки психологического здоровья и повышения качества жизни [4]. Показания для психотерапии могут быть разнообразными и часто зависят от индивидуальных потребностей и проблем каждого человека.

Распространенными показаниями для психологической помощи являются:

- широкий спектр психических расстройств, включая депрессию, тревожные расстройства, посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР), расстройства пищевого поведения, биполярное расстройство и другие;
- межличностные проблемы, такие как конфликты в отношениях, проблемы с коммуникацией, низкая самооценка, одиночество или трудности в установлении и поддержании здоровых и удовлетворительных взаимоотношений. В данном случае психотерапия помогает людям развить навыки эффективной коммуникации, улучшить самооощение и научиться лучше понимать себя и других людей;

- проживание жизненных изменений или стрессов, таких как переезд, потеря работы, развод, смерть близкого человека или другие значимые события;
- желание к улучшению личностного потенциала, самопознания и саморазвития. Люди могут обратиться к психотерапевту для исследования своих ценностей, установления целей, развития личностных качеств, лучшего понимания себя и раскрытия своего потенциала.

На данный момент в обществе существует проблема поиска и выбора психолога. Она заключается в недостаточной осведомленности людей о наличии квалифицированных кадров в области психологии, правилах и требованиях при выборе психолога. Эта проблема важна, потому что психологическое благополучие и здоровье имеют огромное значение для нашего общего благополучия, а отсутствие своевременной и адекватной психологической помощи может иметь серьезные последствия.

С использованием языка программирования Kotlin и среды разработки Android Studio разработано приложение для устройств с операционной системой Android по выбору специалиста-психолога. Приложение предоставляет пользователю возможность определить свой запрос для психотерапии, рассмотреть варианты специалистов и выбрать наиболее подходящего для эффективного оказания психологической помощи, а также вести записи о психологическом состоянии и прогрессе психотерапии. Личные данные о психологах и клиентах, история записей и дневники, заметки хранятся в облачном хранилище Firebase в зашифрованном виде.

При первом запуске приложения пользователь видит окно, предлагающее ему выбрать цель использования приложения: предложить свои услуги в качестве специалиста или подобрать для себя психолога. Далее необходимо будет заполнить данные о себе: в случае со специалистом – образование, возраст, пол, методы работы и т. д. (рисунок 4) и пол, возраст, местонахождение в случае клиента. Указав свои данные, пользователь получает доступ к основным функциям приложения, которые различаются в зависимости от цели использования приложения.

Для клиента предоставлен следующий функционал:

- Поиск специалиста. Принцип работы данной функции заключается во введении пользователем необходимых критериев для поиска психолога, если он знает, какой именно специалист ему нужен: принцип работы, местонахождение, опыт работы, образование, возраст, пол, запросы, с которым работает психолог, стоимость консультации (рисунок 1). Если пользователь не знает, как ему выбрать специалиста, ему необходимо пройти опросник, по результатам которого сервис подберет наиболее подходящего специалиста, а также позволит корректировать предложенные критерии (рисунок 2). Доступен просмотр профиля специалиста со всей информацией о нем (рисунок 1);

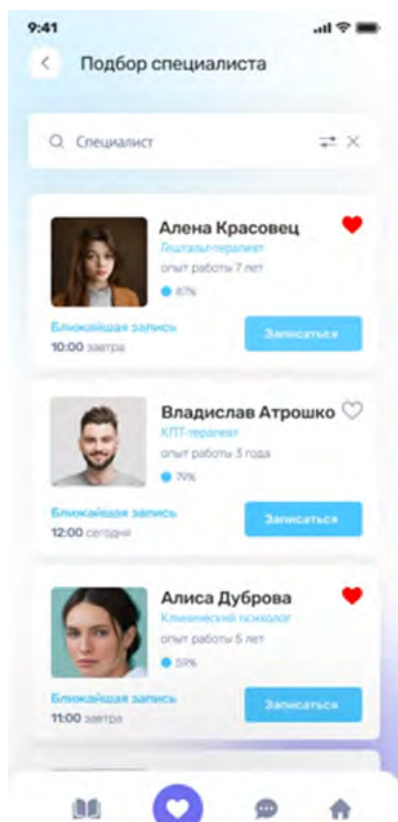


Рисунок 1 – Поиск психолога

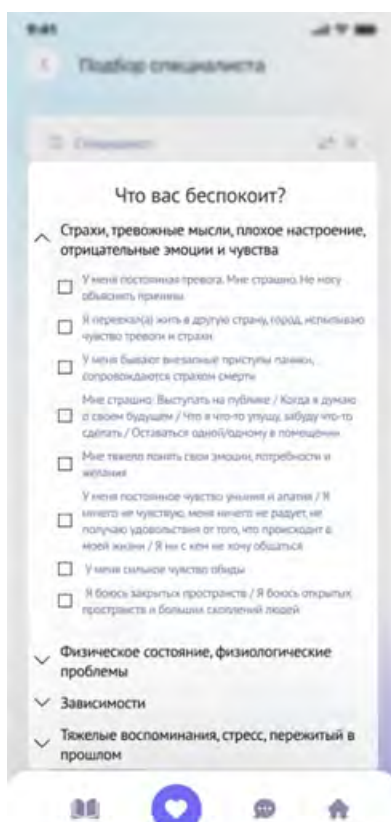


Рисунок 2 – Окно заполнения анкеты для подбора психолога

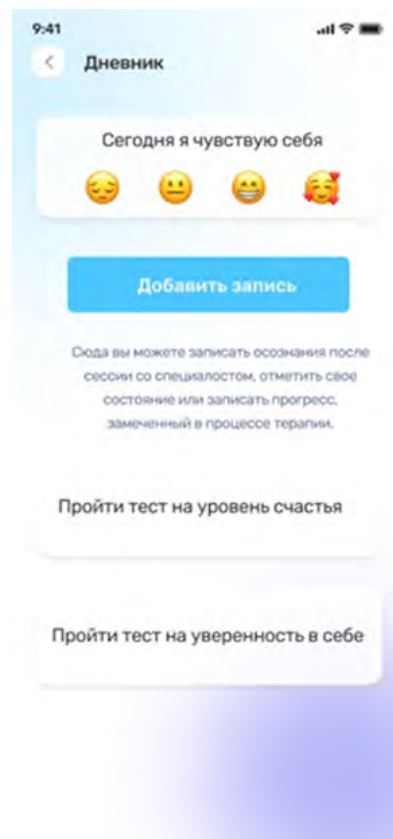


Рисунок 3 – Дневник

- Дневник. Включает в себя практику дневника эмоций, прохождение различных тестов и ведение записей, помогающих отслеживать собственное состояние и эффект от занятий с психологом. Здесь же можно записывать домашние задания от специалиста и делиться ими с ним (рисунок 3);
- Календарь. Удобное отображение запланированных сессий с напоминаниями о них;
- Чаты. Возможность пообщаться со специалистом до или после сессии очень важна для подтверждения правильности выбора специалиста и установления контакта между ним и клиентом. Психологу же доступные функции:
 - Личный профиль. Заполнение полной информации о специалисте, а также его рейтинг на основании отзывов клиентов о нем (рисунок 4);
 - Заметки о клиентах. Функция, помогающая психологу вести записи мобильно и быстро, предоставляющая возможность отслеживания изменений в состоянии клиента в процессе терапии (рисунок 5);
 - Чаты. Возможность пообщаться с клиентом до и после консультации.
 - Составление расписания своей работы. В результате внесения доступных к записи временных слотов в календарь расписание приема будет отображаться как на рисунке 6.

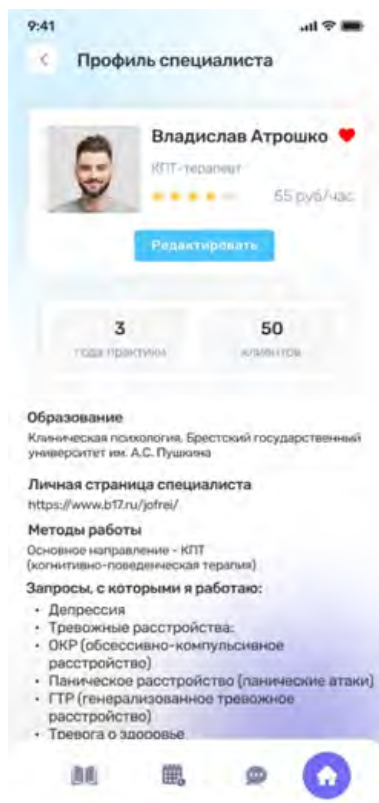


Рисунок 4 – Профиль специалиста

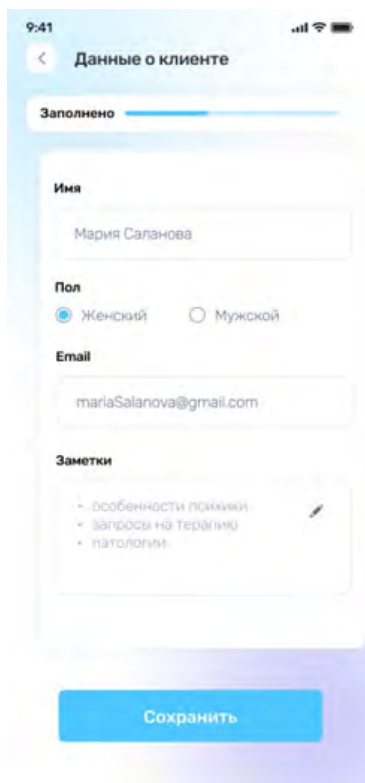


Рисунок 5 – Ведение записей о клиентах

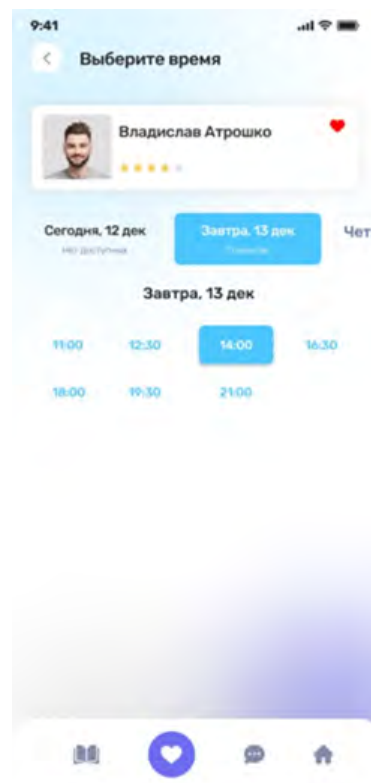


Рисунок 6 – Расписание консультаций

В ходе выполнения данной работы разработано мобильное андроид-приложение облегчающее выбор психолога и совмещающее в себе множество полезных и важных функций для эффективной психотерапии.

ЛИТЕРАТУРА

1. От депрессии до суицида: психиатрия в работе ВОП // Медицинский вестник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medvestnik.by/konspektvracha/ot-depressii-do-suitsida-psikhiatriya-v-rabote-vop> – Дата обращения: 15.02.2024.
2. Всемирный день психического здоровья 10 октября 2020 года // Министерство здравоохранения Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minzdrav.gov.by/ru/novoe-na-sayte/vsemimyy-den-psikhicheskogo-zdorovya-10-oktyabrya-2020-goda> – Дата обращения: 12.02.2024.
3. Всемирный день психического здоровья 2023 года: «Психическое здоровье - всеобщее право человека» // УЗ «Витебский областной клинический центр психиатрии и наркологии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vokcpin.by/novosti/279-vsemimyj-den-psikhicheskogo-zdorovya-2023-goda-psikhicheskoe-zdorove-vseobshchee-pravo-cheloveka> – Дата обращения: 14.02.2024.
4. Марцинковская Т.Д. Психологические аспекты технологического общества // Психологические исследования (электронный журнал). - 2018. - №62. - С. 12.

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО ЗАБОЛЕВАНИЯМ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ В РЕГИОНАХ БЕЛАРУСИ

CLUSTER ANALYSIS OF DATA ON RESPIRATORY DISEASES IN THE REGIONS OF BELARUS

И. В. Лефанова, Т. В. Смирнова, С. В. Ткаченко
I. Lefanova, T. Smirnova, S. Tkachenko

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
smirnova@iseu.by

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, the Republic of Belarus*

Представлены результаты анализа и обработки данных по заболеваниям органов дыхания в регионах Республики Беларусь за 2019 г. Применен факторный анализ и кластеризация данных для оценки обеспеченности системы здравоохранения Беларуси практикующими врачами, койко-местами в учреждениях здравоохранения в разрезе областей.

The results of the analysis and processing of data on respiratory diseases in the regions of the Republic of Belarus for 2019 are presented. Factor analysis and data clustering are used to assess the provision of the Belarusian healthcare system with practicing doctors and beds in healthcare institutions by region.

Ключевые слова: факторный анализ, метод главных компонент, метод k-средних.

Keywords: factor analysis, principal component method, k-means method.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-237-241>

Введение. Медицина является непрерывным источником больших данных, которые можно описать по схеме «3V»: а) экстремальный объем (Volume), б) разнообразие типов (Variety), в) скорость обработки данных (Velocity). Интерпретация и качественный анализ этих данных – ключевой аспект, способствующий развитию медицинской диагностики, прогнозирования и в целом улучшению качества жизни пациентов.

Обработка и анализ медицинских данных основаны на методах структурного анализа. Основные методы анализа структуры многомерных данных можно свести к следующим:

1. Методы анализа и визуализации данных (снижение размерности без существенной потери информации, многомерное шкалирование).

2. Методы группировки (факторный, дискриминантный и кластерный анализ признаков).

Среди указанных методов кластерный анализ наиболее характерно отражает черты многомерного анализа в классификации объектов. В общем случае, кластерный анализ (КА) – это совокупность математических методов для автоматической группировки как объектов, так и признаков в отдельные локальные подмножества. Основная цель КА – выделить в исходных многомерных данных такие однородные подмножества, чтобы объекты внутри групп были схожи, а объекты из разных групп отличались. Под «похожестью» здесь понимается близость объектов в многомерном пространстве признаков.

Основное достоинство КА в том, что он позволяет производить разбиение объектов по целому набору признаков, и тогда задача сводится к выделению в этом пространстве естественных скоплений объектов, которые и считаются однородными группами.

Методы и материалы исследования. Постановка задачи. На основании доступных статистических данных произвести классификацию и дальнейшую кластеризацию информации по заболеванию органов дыхания в регионах Беларуси. Задача анализа – выявить обобщенные характеристики, описывающие различия в сфере здравоохранения по указанному заболеванию, включая 6 областей и г. Минск.

Задача сводится к последовательной реализации следующих шагов:

1. Изучение признакового пространства статистических данных;
2. Отбор главных признаков;
3. Кластеризация наборов данных.

Исходные данные взяты из источников «Здравоохранение в Республике Беларусь. Официальный статистический сборник за 2019 год» и Статистический сборник «Регионы Республики Беларусь. Социально-экономические показатели» (2021).

Признаковое пространство включало следующие характеристики

1. численность населения (по регионам)
2. номинальная среднемесячная зарплата работников
3. Численность безработных (по методологии МОТ)
4. Основные показатели здравоохранения
 - 4.1 Численность практикующих врачей (на 10 тысяч населения)
 - 4.2 Число коек в больничных организациях (на 10 тысяч населения)
 - 4.3 Заболеваемость населения (болезни органов дыхания и кровообращения), на 100 тысяч населения
 - 4.4 Смертность и естественный прирост (убыль) (на 1 тысячу человек)

Для отбора существенных признаков был проведен визуальный анализ данных: удалены неинформативные признаки, признаки с отсутствием вариативности и те, коэффициенты частной корреляции которых выше порогового значения. Набор анализируемых данных представлен на Рис. 1.

	1 ч врачей	2 ч коек	3 смертн	4 бол орг	5 болезни	6 з/плата
Брестская	47,6	82,8	8,9	106	3,47E+04	1,05E+03
Витебская	45,5	87,5	13,1	113	4,05E+04	1,04E+03
Гомельская	46,5	88,5	15,1	90	4,07E+04	1,08E+03
Гродненская	57,8	83,5	13,7	79	4,24E+04	1,06E+03
г. Минск	71,1	79,6	13,9	47	5,97E+04	1,75E+03
Минская	38,3	82,4	13,6	112	4,15E+04	1,22E+03
Могилевская	42,3	88,8	14	62	3,39E+04	1,01E+03

Рисунок 1 – Исходные данные для анализа

Далее применим факторный анализ чтобы минимизировать количество исходных признаков, перейдя к обобщенным факторам. Исходим из правила: один фактор содержит примерно три исходные анализируемые переменные. Применим метод анализа главных компонент. Согласно критерию Кайзера, значимы только те факторы, дисперсия которых больше 1. Итерационная процедура отбора позволяет выделить факторы, собственные значения (дисперсия) которых убывает до порогового значения. На рис.2 приведены собственные значения факторов и график собственных значений.

Eigenvalues (Spreadsheet2)				
Extraction: Principal components				
Value	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %
1	3,691544	61,52573	3,691544	61,52573
2	1,411465	23,52441	5,103009	85,05014
3	0,567543	9,45905	5,670551	94,50919
4	0,208766	3,47943	5,879317	97,98862
5	0,119677	1,99461	5,998994	99,98323

Рисунок 2а – Собственные значения и доли дисперсии, выделенной главными компонентами

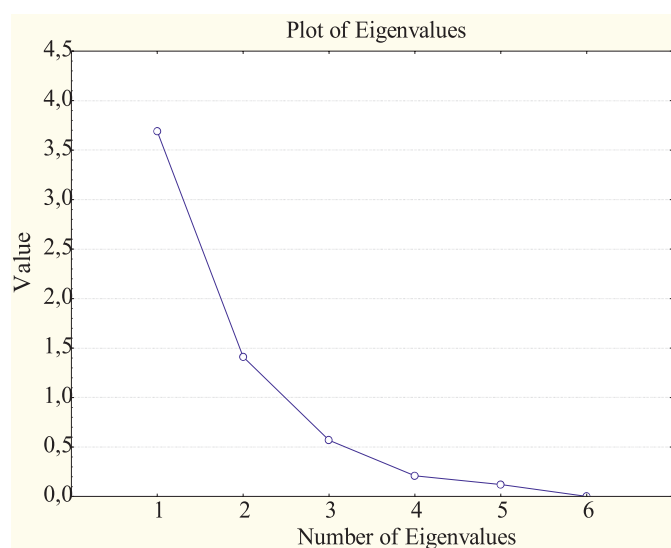


Рисунок 2 б – График собственных значений

В нашем случае (рис.2а) видно, что значимы два или три фактора, объясняющие большую часть дисперсии исходных признаков. Подтверждением служит график собственных значений (рис.2b), к которому применяется критерий каменной осыпи: после первых трех значений идет плавное снижение кривой. Принимаем гипотезу о числе кластеров $k=3$.

Далее приступим к процессу кластеризации набора данных по регионам. К наиболее популярным методам кластеризации относятся иерархическая кластеризация и метод К-средних (K-means).

1. В иерархическом методе заранее не задается число кластеров. Для определения их рационального числа применен агломеративный метод Уорда, основанный на объединении объектов, минимизирующих дисперсию внутри кластеров. Дендрограмма результатов иерархической кластеризации представлена на рис.3а. На рис.3б представлен протокол объединения кластеров Amalgamation schedule. Как видно из рис. 3а, гипотеза о количестве кластеров $k=3$ является правильной.

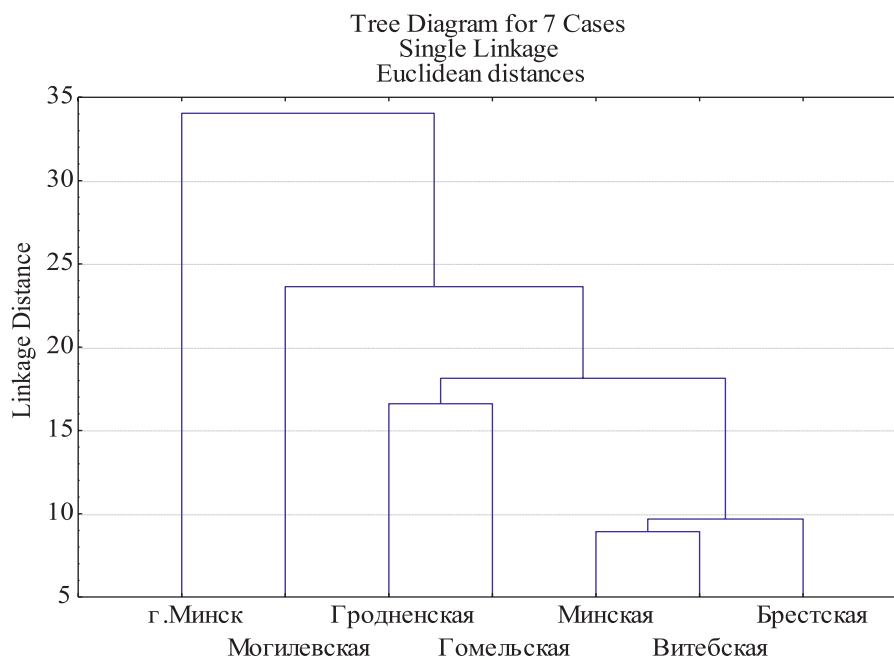


Рисунок 3а – Дендрограмма объектов

Amalgamation Schedule (Spreadsheet25)							
Single Linkage							
Euclidean distances							
linkage distance	Obj. No. 1	Obj. No. 2	Obj. No. 3	Obj. No. 4	Obj. No. 5	Obj. No. 6	Obj. No. 7
8,926785	Витебская	Минская					
9,679269	Брестская	Витебская	Минская				
16,60430	Гомельская	Гродненская					
18,13070	Брестская	Витебская	Минская	Гомельская	Гродненская		
23,63542	Брестская	Витебская	Минская	Гомельская	Гродненская	Могилевская	
34,04397	Брестская	Витебская	Минская	Гомельская	Гродненская	Могилевская	г.Минск

Рисунок 3б – Протокол объединения кластеров

2. k-means кластеризация – распространенный метод итеративной неиерархической группировки. В методе объект относится к классу, расстояние (евклидово) до которого минимально. В результате будет построено k различных кластеров, расположенных на возможно больших расстояниях друг от друга.

Проанализируем наиболее важные результаты k-means кластеризации.

2.1 Analysis of Variance (анализ дисперсии). В таблице (рис. 4) приведена межгрупповая и внутригрупповая дисперсии, число степеней свободы для внутриклассовой дисперсии, F-критерий, для проверки гипотезы о неравенстве дисперсий. По большим значениям F и $p < 0.05$ о статистической значимости факторов и их влиянии на результат

Case ID	Analysis of Variance (Норм31_01_6перем.sta)					
	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
Брестская	8330,050	2	61,5499	2	135,3381	0,007335
Витебская	9051,079	2	120,9637	2	74,8247	0,013188
Гомельская	5769,363	2	157,5731	2	36,6139	0,026586
Гродненская	5134,668	2	128,9182	2	39,8289	0,024492
г Минск	3645,598	2	89,5698	2	40,7012	0,023980
Минская	8691,661	2	122,0190	2	71,2320	0,013844
Могилевская	2964,083	2	146,9385	2	20,1723	0,047232

Рисунок 4 – Анализ дисперсии

2.2 Построим график средних значений факторов по кластерам (рис.5)

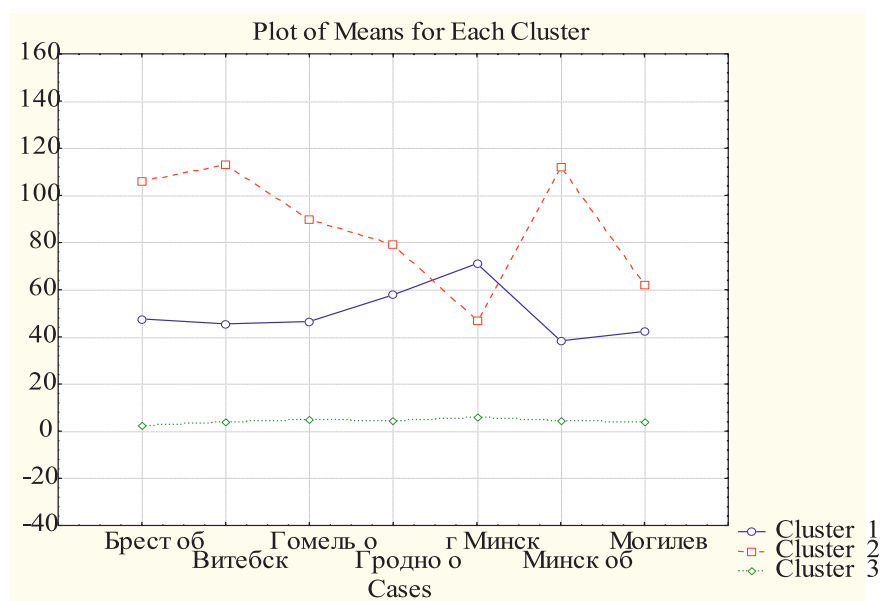


Рисунок 5 – График средних значений по каждому кластеру

Состав каждого кластера приведен на рис.6

Members of Cluster Number 1 (6пер2_Нормал.sta) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 1 variables		Кластер 1 связан с количеством врачей всех специальностей по регионам
Variable	Distance	
ч врачей	0,00	
Members of Cluster Number 3 (6пер2_Нормал.sta) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 2 variables		Кластер 2 связан с количеством больничных организаций и коек в них
Variable	Distance	
ч коек	11,75365	
бол орг	11,75365	
Members of Cluster Number 3 (Норм31_01_6перем.sta) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 3 variables		Кластер 3 связан с количеством заболеваний, смертей и номинальной заработной платой
Variable	Distance	
ч смерт	8,875381	
бол орг дых	4,430198	
з/плата	4,451947	

Рисунок 6 – Состав кластеров в соответствии с исходными признаками

Остаточная матрица корреляций как разница между исходной матрицей корреляций и полученной на основе матрицы факторных нагрузок, содержит значения, меньше 0,1. Это также подтверждает правильность построения факторной модели и связанной с ней выборкой исходных признаков.

Заключение. На основании результатов, представленных на рис.5-6, можно утверждать следующее:

Кластер 1 информирует о большом количестве численности врачей всех специальностей в г. Минске, и в то же время довольно низких показателях числа больничных организаций, а также числа больничных коек.

Кластер 2 отличается высокими значениями фактора числа больничных организаций и коек в них по Могилевской и Витебской областям, в то же время низким значением фактора по численности врачей.

Кластер 3 связан с экономическими показателями и их связью с общим количеством заболеваний и летальных исходов. Показатели мало отличаются по регионам, исключая Гомельскую и Могилевскую области. В этих регионах показатели по заболеваниям и смертности выше.

Результаты обработки данных могут быть использованы для поиска косвенных указаний на причины выявляемых различий. Результаты интеллектуального анализа данных служат основой для разработки систем поддержки принятия решений, а также для прогнозирования потоков пациентов с целью планирования и оптимизации затрат на медицину и здравоохранение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Здравоохранение в Республике Беларусь. [Электронное издание]: офиц. стат. сб. за 2019 г. Минск: ГУ ГУ РНПЦ МТ, 2020. –257 с.
2. Красько, О. В. Статистический анализ данных в медицинских исследованиях: в 2 ч. / О. В. Красько. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2014. – Ч. I. – 127 с.

ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ APPROACH TO IMPROVING THE RELIABILITY OF FIRE PREVENTION TECHNOLOGIES AT AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Л. В. Кулагина, Э. А. Шефер
L. V. Kulagina, E. A. Shefer

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский федеральный университет», г. Красноярск
shefer.edik560@gmail.com*

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Siberian Federal University",
Krasnoyarsk
shefer.edik560@gmail.com*

Актуальность задачи обусловлена необходимостью дальнейшего развития технологий обеспечения пожарной безопасности с целью повышения её эффективности и предотвращения потерь, со стороны производственных компаний или компаний иного назначения, как человеческих, так и материальных. Рассмотрены наиболее эффективные методы осуществления пожарной безопасности на объектах защиты в сфере обнаружения возгорания среди современных систем АПС. На основе обзора и сравнительного анализа существующих технологий по средствам приведенной статистики на реальном объекте. Показана эффективность использования нейронных сетей на основании критериев: надежности, времени обнаружения и перспективности.

The relevance of the task is due to the need for further development of fire safety technologies in order to increase its effectiveness and prevent losses on the part of manufacturing companies or companies of other purposes, both human and material. The most effective methods of fire safety at protection facilities in the field of fire detection among modern APS systems are considered. Based on a review and comparative analysis of existing technologies by means of the given statistics on a real object. The effectiveness of using neural networks based on the criteria of reliability, detection time and prospects is shown.

Ключевые слова: Нейронная сеть, пожарная сигнализация, эффективность.

Keywords: Neural network, fire alarm, efficiency.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-241-244>

Современные автоматические пожарные сигнализации. Системы пожарной сигнализации предназначены для обнаружения в начальной стадии пожара, передачи тревожных извещений о месте и времени его возникновения и при необходимости введения в действие автоматических систем пожаротушения и дымоудаления.

Установки пожарной сигнализации бывают на базе[3-5]:

- автоматических (дымовых, тепловых, комбинированных и др.) пожарных извещателей;
- ручных пожарных извещателей;
- автоматических и ручных пожарных извещателей.

Адресная система пожарной сигнализации – использования различных устройств и методов. В случае возникновения пожара, технические средства автоматически или по команде человека активируют сигнал «Пожар» на АСПС на рисунках 1 и 2 представлены примеры[4].



Рисунок 1 – Адресная система пожарной сигнализации



Рисунок 2 – Адресное устройство для обнаружения пожара

Приборы приемно-контрольные пожарные (ППКП) функций, которые она выполняет, являются неотъемлемой частью эффективной работы системы. основных функций, возлагаемых на этот элемент, должен обеспечивать прием сигналов как от ручных, так и от автоматических приборов идентификации сигнала, позволяющих определить номер шлейфа, в котором произошло срабатывание, и включить его световую индикацию. как звуковой, так и визуальной (световой) сигнализации проверка своего состояния и выявление возможных проблем. проверка целостности проводов сигнализации на всей протяженности линии связи с возможностью автоматического обнаружения прерывания или сокращения в этих ситуациях, а также визуальную (световую):

1. Обеспечение звуковой сигнализации при обнаружении неисправностей;

2. Уведомление звуковым сигналом о возникшей поломке;
3. Предоставление звуковой индикации при возникновении неисправностей;
4. Звуковая сигнализация при обнаружении неисправности.

У ППКП имеются и другие функции, которые также обеспечивают:

– возможность объединения активных (потребляющих энергию) и пассивных индикаторов в одну систему сигнализации

– наблюдение за состоянием батареи в резервном источнике энергии

– возможность разработки программы для определения стратегии создания уведомления о возгорании.

ППКП должны гарантировать регистрацию и отображение уведомлений с помощью световой индикации или сочетания световой индикации и звукового оповещения. Также возможно использование цифрового отображения уведомлений. На рисунке 4 представлен ППКП, который может быть использован как на сенсорном устройстве, так и на экране.



Рисунок 4 – Прибор приемно-контрольный и управления пожарный.

Приборы управления пожарные (ППУ) обеспечивают следующие основные функции:

- автономное включение системы пожаротушения
- пуск средств пожаротушения на расстоянии
- отключение и восстановление функции автоматического запуска системы пожаротушения

Пожарный извещатель (ПИ) – это техническое устройство, которое обнаруживает начальные признаки изменения окружающей среды, обычно связанные с возникновением пожара, и передает соответствующий сигнал на ППКП или автоматически включает звуковую сирену. ПИ регистрирует появление пожара, анализируя изменения в окружающей среде. Он срабатывает при воздействии факторов, которые в определенной степени схожи с признаками пожара. Когда контролируемый фактор пожара превышает установленное значение, ПИ срабатывает и выдает сигнал о пожаре.

В соответствии с ГОСТ Р 53325 – 2012, условные обозначения для ПИ можно разделить на следующие категории[6]:

ИП X1X2X–X4–X5; где

Элемент X1 представляет собой один из контролируемых факторов.

X2 и X3 представляют собой основные компоненты, которые описывают общий принцип функционирования системы ПИ. Всего общих принципов работы существует около 33 видов, большая часть из них разработана под специальные здания или сооружения.

Элемент X4 представляет собой индекс, который указывает на порядковый номер разработки интеллектуальной собственности.

Элемент X5 представляет собой категорию ИП (ИПТ, ИПДА, ИПП, ИПР.).

Пример условного обозначения:

Тепловой оптико-электронный прибор ИП 212-189А обладает порядковым номером 189А.

Нейронные сети в области обеспечения пожарной безопасности. Для построения нейронной сети необходимо сперва определить цели и назначение данного продукта, так как нейронные сети достаточно гибкий инструмент использования, способный охватить множество задач, как производственных, так и повседневно-развлекательных.

В данном случае для построения учебной модели детектора огня и дыма будет использоваться сверточная нейронная сеть главным качеством которой является структура построения, основанная на подобие лобной части коры головного мозга, отвечающей за зрительное восприятие объектов.

Так же неоспоримым качеством нейронных сетей перед современными алгоритмами АПС является способность к самообучению за счет библиотек Keras и LSTM, которые отвечают за непосредственное обучение нейронной сети и её возможности запоминать значения как на короткий срок так и на длинные промежутки времени,

что дает убедительное преимущество в надежности так как не требуют значительных ресурсов в физическом обслуживании в отличие от АПС элементы которой с каждым годом подвергаются негативному воздействию ряда факторов таких как: насекомые, вода, солнечное излучение, использование АПС подразумевается на срок предусмотренный в паспорте завода изготовителя, обычно этот срок составляет 10 лет после чего необходима замена, в то время как за этот срок нейронная сеть будет способна выйти на новый уровень развития за счет накопленного опыта или ее модернизации до последнего поколения[1].

Результаты исследования. Учебная модель детектора огня разработана на операционной системе Линукс Убунту на основе предварительно обученной сверточной нейронной сети YoloV5 с применением библиотек OpenCV, что позволит нейронной сети работать в режиме реального времени с камер наружного видеонаблюдения и непосредственно определять возникновение открытого горения, и оповещать об этом оператора, с помощью весов которые были обучены в 10 эпох на основе фотографий и видеофайлов, взятых с разных платформ и в разном разрешении (минимальное разрешение 480p)[2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулагина Л.В., Кулагина Т.А. Прогнозирование LSTM: Прогнозирование временных рядов для прогнозирования концентрации загрязняющих веществ в воздухе (CO, SO₂, NO и NO₂) в Красноярске, Россия. Информатика и кибернетика в интеллектуальных системах: Материалы 10-й онлайн-конференции по информатике 2021, том 3; Часть серии книг «Конспекты лекций в сетях и системах» (LNNS, том 228), 2021, 191-198; doi: 10.1007/978-3-030-77448-6_17.
2. Патент № 2024611904, Российская федерация. Программный комплекс мониторинга теплового режима в производственных помещениях: № 2024610862 заявл. 2024.01.22: опубл. 2024.01.25 / Кулагина Л.В., Шефер Э.А.
3. Федеральный закон № 123 от 22.07.2008г «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
4. СП 484.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования
5. Постановление Правительства РФ №1479 от 16.09.2020г «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации».

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ ТОЧЕК ДОСТУПА В УЧРЕЖДЕНИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ

USING WIRELESS ACCESS POINTS IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS

М. А. Маньковский, И. В. Лефанова

M. Mankovskiy, I. Lefanova

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
mankovskiy@iseu.by*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, the Republic of Belarus*

В работе представлено описание настройки и применения беспроводных точек доступа для организации компьютерной сети в учреждениях образования на примере МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ

The paper presents a description of the setup and use of wireless access points for organizing a computer network in educational institutions

Ключевые слова: компьютерная сеть, точка доступа, роутер, беспроводная сеть, топология сети.

Keywords: computer network, access point, router, wireless network, network topology.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-244-247>

В современном мире информационные сетевые технологии играют ключевую роль в организации и обеспечении работы компьютеров и других периферийных устройств. В связи с этим, все больше внимания уделяется настройке и тестированию оборудования для создания и оптимизации беспроводных сегментов локальной сети.

Поскольку для образования важно шагать с технологическим прогрессом вровень, а также предоставить своим гостям и сотрудникам возможность выходить в сеть без использования мобильных провайдеров и проводного интернета, а также предоставить своим учащимся возможность использовать образовательные ресурсы из сети.

В учреждениях образования стали устанавливать беспроводные точки доступа и давать возможность использовать локальные ресурсы сети в беспроводном режиме доступа.

В данной работе будет рассмотрено учреждение образования МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ и его локальная вычислительная сеть, в которую будут интегрированы беспроводные точки доступа Mikrotik Cap Lite и TP-Link Archer C80. За основу места размещения будет взята второй корпус университета. Второй корпус был взят из-за своих особенностей расположения, кабельной инфраструктуры и количества оборудования и устройств, которые используют протоколы IEEE 802.11 и его разновидности.

Из особенностей кабельной инфраструктуры можно выделить наличие серверной комнаты, из которой на каждый этаж в ящики в коммутатор уходят кабели. Далее на каждом этаже в ящике стоит патч-панель, от которой идут провода в устройства на каждом этаже. Использование патч-панелей вместе с коммутаторами дает сети большую отказоустойчивость и возможность масштабировать сети до тех пор, пока не кончатся свободные порты на оборудовании учреждения.

Не мало важную роль играет расположение корпуса, но и то из каких материалов он был построен. Необходимо помнить, что вокруг второго корпуса располагаются другие учреждения, несколько организаций, включая РУП «Мингаз» а также Трамвайное депо, общежития, которые создают помехи в радиозфере.

Сетевое оборудование, которое будет использоваться по мимо вышеперечисленного:

Mikrotik Cap Lite – это миниатюрная точка доступа, которая имеет небольшой размер, а также может быть очень легко вмонтирована в стены либо потолок. Данная точка доступа имеет следующие преимущества:

1. Поддерживает стандарты 802.11b/g/n (b: обеспечивает поддержку скорости до 11 Мбит/с на частоте 2,4 ГГц; g: поддерживает скорость соединения 54 Мбит/с на частоте 2,4 ГГц; n: обеспечивает скорость передачи данных до 600 Мбит/с на частотах 2,4 и 5 ГГц)

2. Поддерживает питания по PoE.

3. Имеет CAPsMAN (функция централизованного управления, которая позволяет настраивать и управлять оборудованием)

4. Имеет встроенную RouterOS 4-го уровня (операционная система)

5. Имеет широкий диапазон рабочей температуры. От -40 градусов до +70.

Mikrotik Cap Lite имеет:

- Одноядерный процессор QCA9533 с частотой 650 МГц

- 64 МБ ОЗУ

- 16 МБ ПЗУ

- 1 порт 10/100 Ethernet

- Встроенный радио модуль, 2.4 ГГц

- Антенна ММО 2x2

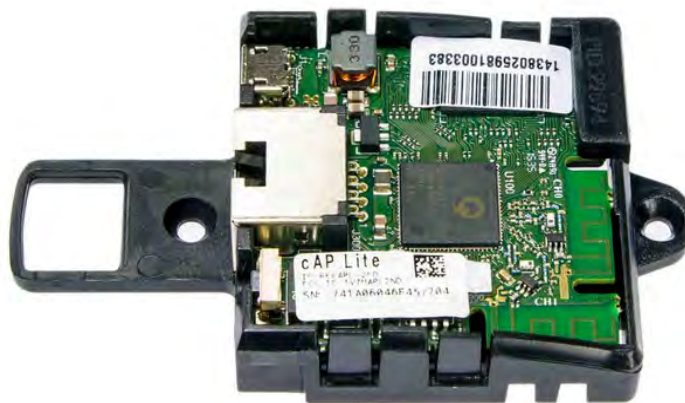


Рисунок 1 – Mikrotik Cap Lite

TP-Link Archer C80 - Двух диапазонный гигабитный роутер Wi-Fi AC1900 с поддержкой Mesh и MU-MIMO. Данный роутер использует:

- Протоколы 802.11ac/n/a – работающий в диапазоне 5 ГГц. Пропускная способность 433 Мбит/с до 6,77 Гбит/с использованием ММО 8x8.

- Протоколы 802.11n/b/g 2,4 ГГц.

- Smart Connect – переводит клиентов на менее загруженный канал.

- Airtime Fairness – оптимизирует использование эфирного времени.

- WPA3 – поддержка последнего стандарта шифрования, улучшающего безопасность и обеспечивающего защиту от брутфорс-атак.

- Поддержка OneMesh – используйте чтобы создать покрытие во всём доме и не терять сигнал при перемещении.

- Поддержка EasyMesh – позволит создать единую Mesh-сеть из устройств разных производителей, поддерживающих эту технологию
- А также TP-Link Archer C80 имеет:
 - Процессор 1,2 ГГц
 - Ethernet порты: 1 гигабитный WAN и 4 гигабитный LAN
 - Антенна 3x3 MU-MIMO



Рисунок 2 – TP-Link Archer C80

Обобщенная топология вычислительной сети второго корпуса МГЭИ им. А. Д. Сахарова имеет вид, представленный на рисунке 3:

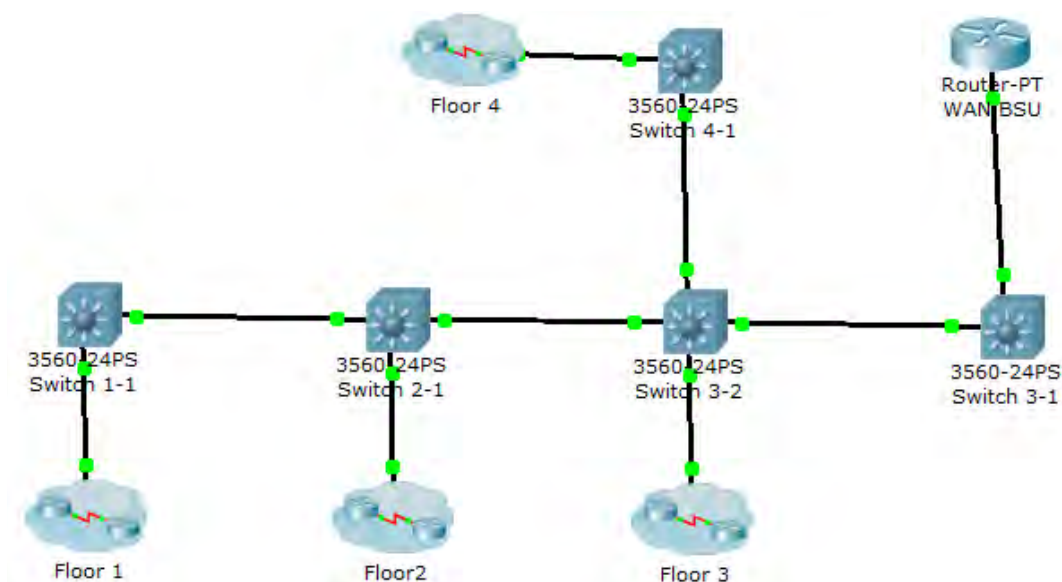


Рисунок 3 – Обобщенная топология вычислительной сети

На каждом этаже находится серверный ящик, от которого расходится кабельная инфраструктура по аудиториям, где далее подключается к устройствам. Установка беспроводных точек доступа будет происходить так чтобы покрыть весь этаж, для этого необходимо помнить, что сигнал проходя через различные препятствия будет становится слабее. Ниже представлена таблица коэффициентов потери дальности сигнала от препятствия (Рисунок 4).

Поскольку второй корпус построен из бетона и арматуры эффективность сигнала сильно упадет, что будет нивелироваться количеством точек доступа и правильным использованием каналов радиоэфира.

Так же для увеличения скорости интернета, для сотрудников будет использоваться 5 ГГц режим работы TP-Link Archer C80, что позволит на близких дистанциях увеличить скорость интернета и уменьшит количество пользователей на 2,4 ГГц, что положительно повлияет на скорость интернета.

Для реализации гостевой сети будут использоваться Mikrotik Cap Lite в виду их размеров и возможности монтирования на стены и подачи питания через витую пару по технологии PoE.

В заключение замечу что модернизация сетевой инфраструктуры позволяет эффективнее использовать имеющиеся оборудование и расширять количество подключаемых используемых устройств.

Препятствие	Дополнительные потери (дБ)	Эффективное расстояние*
Открытое пространство	0	100%
Окно без тонировки (отсутствует металлизированное покрытие)	3	70%
Окно с тонировкой (металлизированное покрытие)	5-8	50%
Деревянная стена	10	30%
Межкомнатная стена (15,2 см)	15-20	15%
Несущая стена (30,5 см)	20-25	10%
Бетонный пол/потолок	15-25	10-15%
Монолитное железобетонное перекрытие	20-25	10%

Рисунок 4 – Коэффициенты потери мощности от препятствий

ЛИТЕРАТУРА

1. Mikrotik Documentaion [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:IP/DHCP_Server- Дата доступа: 11.12.2023.
2. Mikrotik Documentaion [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:IP/DNS>- Дата доступа: 11.12.2023.

РАЗРАБОТКА И ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ФЛЮОРОГРАФИЙ ОРГАНОВ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ НА НАЛИЧИЕ ПНЕВМОНИИ DEVELOPMENT AND TRAINING OF A NEURAL NETWORK FOR CLASSIFYING FLUOROGRAPHY OF THE CHEST ORGANS FOR THE PRESENCE OF PNEUMONIA

С. С. Егоров, И. В. Лефанова
S. Egorov, I. Lefanova

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь
egorov@iseu.by

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, the Republic of Belarus

В работе представлены результаты проектирования, разработки и обучения нейронной сети для классификации медицинских изображений на примере флюорографии органов грудной клетки на наличие пневмонии.

The paper presents the results of designing, developing and training a neural network for classifying medical images using the example of chest fluorography for the presence of pneumonia.

Ключевые слова: нейронные сети, сверточные сети, полносвязные сети, алгоритмы градиентного спуска.

Keywords: neural networks, convolutional networks, fully connected networks, gradient descent algorithms.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-247-250>

Нейронные сети в последние несколько лет набирают стремительную популярность и проникают в различные области деятельности человека, и медицина не является тому исключением. Данная работа имеет целью исследование возможности применения нейронных сетей в медицине для классификации изображений на предмет наличия или отсутствия патологий.

Нейронные сети – это математические модели особого вида, вдохновлённые биологическими нервными системами, нацеленные на моделирование их сложного поведения и решения задач не имеющих ясного алгоритма путём машинного обучения, такие как распознавание объектов на изображениях, генерация «осмысленного» текста, поддержка принятия решений и др. Нейронная сеть представляет собой систему соединённых и взаимодействующих между собой простых объектов «нейронов», способных получать, обрабатывать и передавать дальше другим нейронам сигналы, представленные действительными числами. Несмотря на кажущуюся простоту, большое количество таких нейронов может выполнять довольно сложные задачи. Например, входные нейроны могут быть пикселями изображения, а выходной нейрон – уверенность нейронной сети в том, что на фото изображён какой-то объект, процесс или явление.

Развитие и применение искусственного интеллекта и машинного обучения с каждым годом становится все более активным, и они представляют огромный потенциал для различных областей медицины. Так, например, можно выделить следующие потенциальные применения нейронных сетей:

– **Диагностика заболеваний.** Нейронные сети могут быть обучены распознавать закономерности и связи в медицинских данных, что делает их полезными в диагностике различных заболеваний. Они могут анализировать медицинские изображения, такие как снимки МРТ, рентгеновские снимки или гистологические срезы, для выявления признаков патологий, улучшения точности диагностики и автоматической интерпретации результатов.

– **Персонализированное лечение.** Нейронные сети могут использоваться для разработки моделей, которые помогают определить наиболее эффективное лечение для пациентов. Они могут быть использованы для анализа данных о пациенте, таких как генетическая информация, медицинская история и результаты лабораторных тестов, и предложения индивидуальных рекомендаций по выбору лекарств, дозировке и терапии.

– **Анализ медицинских текстов.** Нейронные сети могут использоваться для анализа и обработки медицинских текстов, таких как медицинские записи, научные статьи и отчеты о пациентах. Они могут автоматизировать процесс извлечения информации из больших объемов текстовых данных и предоставить врачам доступ к актуальной информации и научным исследованиям.

– **Прогнозирование эпидемий и общественного здоровья.** Нейронные сети могут использоваться для анализа данных о заболеваемости, распространении инфекций и других факторов, влияющих на общественное здоровье. Они способны прогнозировать распространение эпидемий, помогать в планировании ресурсов и разработке эффективных мер по предотвращению заболеваний.

В данной работе для задачи диагностики выбором типа нейронной сети является полносвязная нейронная сеть прямого распространения. Выбран именно такой тип на основании того, что это один из двух основных типов нейронных сетей, используемых на практике для классификации изображений. Другим типом являются свёрточные нейронные сети, однако выбор пал в пользу полносвязных сетей ввиду того, что они значительно проще в реализации и обучении, и в то же время способны демонстрировать вполне приемлемые результаты по классификации изображений.

Итоговая цель стоит разработать программное обеспечение, способное обучать и применять полносвязные нейронные сети для классификации флюорографий органов грудной клетки в 2 класса – с наличием и с отсутствием пневмонии.

Таким образом, объектом исследования являются полносвязные нейронные сети, предметом исследования является возможность использовать полносвязную нейронную сеть как бинарный классификатор результатов флюорографий. Успехом будет считаться обучение модели нейронной сети-классификатора с точностью классификации 80% или более и минимизацией количества ложно-негативных классификаций по результатам оценки работы модели на валидационной выборке.

Следует также отметить, что целью не является разработка «безупречной» или даже «оптимальной» нейронной сети. Вместо этого, цель подразумевает создание нейронной сети и обучения её до заданной точности как проверку осуществимости концепции применения нейронных сетей для классификации конкретного вида изображений для их применения в медицине.

В рамках данной работы рассмотрена полносвязная нейронная сеть со следующей топологией: входной слой имеет 256х256 нейронов, по по одному для каждого пикселя, 2 скрытых слоя размерами 40 нейронов и 10к нейронов, и выходной слой из 2 нейронов.

Слой	Кол-во нейронов	Функция активации
Входной	$256 * 256 = 65536$	Не применяется
1-ый скрытый	40	Leaky ReLU
2-ой скрытый	10 000	Leaky ReLU
Выходной	2	Сигмоида с параметром 1

Рисунок 1 – Исходная топология нейронной сети

Итого, при данной топологии нейронная сеть имеет примерно 3 миллиона весов. Размер обучающей выборки составляет 7600 изображений размером 256*256 монохромных пикселей, итого ≈ 500 миллионов входных значений. Таким образом, соотношение количества параметров к количеству входных данных составляет 1/166. Распространённой практикой является держать соотношение количества параметров сети к количеству входных данных на уровне 1/1000 – 1/100.

Слой	Кол-во весов	Кол-во смещений	Итого параметров
1-ый скрытый	$65536 * 40 = 2621440$	40	2621480
2-ой скрытый	$40 * 10\,000 = 400\,000$	10000	410000
Выходной	$10\,000 * 2 = 20\,000$	2	20002
Итого	3 041 440	10042	3 051 482

Рисунок 2 – Исходная топология нейронной сети

Стоит отметить, что у обычного алгоритма градиентного спуска применительно к нейронным сетям есть свои недостатки. Например, его скорость работы. Дело в том, что вычисление градиента для нейронной сети является достаточно трудоёмкой задачей. Так, например, с заданной обучающей выборкой в 7600 изображений размером 256x256, на процессоре Intel Core i3-12100F одна эпоха обучения проходит примерно за 18 секунд. Существуют вариации алгоритма, позволяющие ускорить обучение, добиться лучшей сходимости, и т. д. Наиболее распространённые вариации алгоритма градиентного спуска включают:

- Пакетный градиентный спуск (от англ. batch gradient descend). Идея заключается в том, чтобы при вычислении градиента использовать не всю обучающую выборку, а только её ограниченное подмножество, выбираемое случайным образом для каждой эпохи. Данный алгоритм позволяет получить регулируемый компромисс между скоростью вычисления градиента и точностью результата. Данный алгоритм был изначально использован в рамках данной курсовой работы для обучения новых моделей нейронной сети. Он действительно значительно ускоряет обучение, однако недостаток заключается в том, что после конкретного момента обучение перестаёт давать результаты и алгоритм «сходится» на некоторой точке в пространстве параметров нейронной сети, после которой всё ещё возможно улучшение точности при использовании обычного градиентного спуска.

- Стохастический градиентный спуск (от англ. stochastic gradient descend). Идея заключается в том, чтобы взять пакетный градиентный спуск и довести его до экстремального случая: использовать лишь одну входную пару данных из обучающей выборки для каждой эпохи. Данный алгоритм может являться крайне нестабильным, однако в то же время может очень сильно ускорить обучение на начальных стадиях обучения.

Набор данных, используемый для обучения, является компиляцией наборов данных, найденных в открытом доступе на Kaggle и содержал изображения в формате jpeg, которые в дальнейшем были преобразованы в формат bmp для упрощения работы с ними.

Обучение длилось несколькими сессиями суммарно несколько суток. В результате обучения модели нейронной сети в течение данного периода времени удалось добиться точности классификации 82.75% по оценке на валидационной выборке.

```

Microsoft Visual Studio Debug Console
Session seed is 3
Trying to load existing model... success
Enter online classification mode? (y/n):
loading training dataset... size = 7600, dt = 1955 ms
loading test dataset... size = 400, dt = 102 ms
evaluating initial cost... cost = 0.024043513
AC = 82.8%, TP ~ 49.8%, TN ~ 33%, FP ~ 17%, FN ~ 0.25%
Training is running on 8 threads
Using regular gradient descend
Learning rate is 0.0020093874
Press Ctrl-C to finish
Press Ctrl-Break to cancel
Settings mode:
rate = 0.0020093874 (decay_n = 5) (q = up, a = down)
continue_on_increased_cost = true (w = change)
ESC = continue
~ = continue for one iteration
Iteration 0: 17978 ms, cost -> 0.024042463 (d = 1.0505319e-06), AC = 82.75%,
Iteration 1: 18146 ms, cost -> 0.024041506 (d = 9.573996e-07), AC = 82.75%,
Iteration 2: 18260 ms, cost -> 0.024040496 (d = 1.0095537e-06), AC = 82.75%,
Iteration 3: 17994 ms, cost -> 0.024039444 (d = 1.0523945e-06), AC = 82.75%,
Iteration 4: 18016 ms, cost -> 0.024038384 (d = 1.0598451e-06), AC = 82.75%,
Save complete, stopping by user request

```

Итоговое распределение результатов классификации выглядит следующим образом: 49.75% истинно-положительных классификаций, 33% истинно-негативных классификаций, 17% ложно-положительных классификаций, 0.25% ложно-негативных классификаций.

Отсюда легко вычислить стандартные характеристики классификатора следующим образом: точность 82.75%, чувствительность 99.5%, специфичность 66%, прогностическая ценность положительного результата 74.5%, прогностическая ценность отрицательного результата 99.25%. Другими словами, такая модель будет периодически (примерно в одном из четырёх случаев) выдавать заключение «пневмония», когда пневмонии на самом деле нет, но очень редко (7.5 случаев на 1000) выдавать заключение «пневмонии нет», когда она на самом деле есть, то есть обнаруживает пневмонию, при её наличии, такая модель достаточно хорошо, хоть периодически и даёт ложные срабатывания.

Стоит также упомянуть, что 0.25% ложно-негативных срабатываний это очень приблизительная цифра, полученная следующим образом: валидационная выборка содержит 400 изображений, из которых для одного изображения результат классификации был ложно-негативный, итого $1/400 = 0.25\%$. Для уточнения доли ложно-негативных классификаций, в идеале, необходим больший набор данных.

По мере продолжения процесса обучения, улучшение точности шло всё медленнее и медленнее, в связи с чем после достижения отметки точности слегка больше 80% было принято решение остановить обучение. Точное итоговое количество эпох обучение неизвестно, приблизительная оценка составляет 10 000 эпох.

Данная реализация нейронной сети ни в коем случае не претендует на звание «оптимальной» или «эталонной». Напротив, она служит лишь доказательством концепции. Так, среди слабых сторон можно выделить:

1. **Слишком простой подбор гиперпараметров.** В рамках данной курсовой работы топологий нейронной сети была выбрана исходя из некоторых существующих практик подбора топологии. Не ставились эксперименты по определению влияния гиперпараметров на процесс обучения.

2. **Полносвязность.** Распространённой практикой является также использование свёрточных нейронных сетей для классификации изображений. Такой тип нейронных сетей более сложен, однако как правило даёт лучшие результаты по сравнению с полносвязными нейронными сетями.

3. **Обучение с использованием центрального процессора.** Использование графических процессоров в обучении нейронных сетей является распространённой практикой в обучении нейронных сетей, позволяющих ускорить обучение за пределы возможности ускорения на центральных процессорах.

4. **Отсутствие использования аппаратных средств векторизации вычислений.** Современные процессоры поддерживают концепцию SIMD (single instruction, multiple data), реализованную в виде специальных наборов инструкций (семейства SSE и AVX для процессоров на архитектуре x86), позволяющих одной инструкции более эффективно использовать ALU процессора, выполняя несколько однотипных вычислений одновременно. И хотя современные компиляторы иногда способны «векторизовать» код, у программистов никогда нет гарантий этого, поэтому данное направление оптимизации требует внимания и экспериментов.

5. **Решение относительно простой задачи.** Пневмония, как правило, достаточно отчётливо видна на снимках органов грудной клетки. Хотя такая нейронная сеть и может неплохо обнаруживать пневмонию и даже потенциально помогать врачам в спорных случаях, всё же хорошим направлением для улучшения будет разработать и обучить модель, занимающуюся мультиклассовой классификацией, отличающую, например, пневмонию от рака.

Таким образом, в ходе выполнения работы были продемонстрированы способы описания, создания и обучения простых типов полносвязных нейронных сетей, применительно к классификации медицинских изображений. Итоговая модель имеет точность выше 80% и очень высокую (примерно 99%) прогностическую ценность отрицательного результата. Это говорит о том, что нейронные сети действительно могут являться хорошим инструментом анализа медицинских данных, на основании которых можно делать предположения о наличии или отсутствии конкретного вида патологий у объектов исследования. Другими словами, нейронные сети имеют большой потенциал и до сих пор являются объектом разносторонних исследований, и могут быть применены в медицине как для анализа медицинских изображений, так потенциально и каких-либо других медико-биологических данных.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ АКТИВНОСТИ Cs137 НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЕССКОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

STUDY OF THE HETEROGENEITY OF Cs137 ACTIVITY MEASUREMENT DATA ON THE TERRITORY OF POLESIE STATE RADIOECOLOGICAL RESERVE

Г. П. Куканков
R. Kukankou

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь, kukankou@gmail.com

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, the Republic of Belarus*

Работа посвящена исследованию данных о радиоактивном загрязнении территорий Полесского радиационно-экологического заповедника для обучения студентов в спецкурсе “Анализ пространственно-распределенных данных.”

The work relates to the study of data on radioactive contamination of the territories of the Polesie State Radioecological Reserve for teaching students in the special course “Analysis of spatially distributed data”.

Ключевые слова: статистические методы, неоднородность экспериментальных данных, анализ корреляции, кригинг.

Keywords: statistical methods, heterogeneity of experimental data, correlation analysis, kriging.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-251-254>

Актуален вопрос выбора данных для решения задач, которые предлагаются студентам на специализированных дисциплинах. Например, использование данных полученных в реальных полевых исследованиях позволяет более полно продемонстрировать возможности изучаемых статистических методов. Особенностью реальных экспериментальных данных является то, что статистические зависимости в данных позволяют выявить скрытые закономерности, которые позволяют оценить не только измеряемые величины но и условия измерений и погрешности приборов. Подобная оценка позволяет также оценить достоверность и надежность данных.

Настоящая работа посвящена исследованию данных о радиоактивном загрязнении территории Полесского радиационно-экологического заповедника. Исходные данные $z(x,y)$ представлены в виде 2892 измерений мощности экспозиционной дозы D_r и активности $Cs137$ (Ci/km^2) в пунктах заданных значениями долготы и широты. Эти данные используются для решения задачи пространственной интерполяции данных в рамках спецкурса “Анализ пространственно-распределенных данных.” На рис. 1 приводится пример построения карты методом кригинга для активности $Cs137$ из данного набора данных.

Для представленного набора исходных данных студентам предлагалось построить линейную регрессионную модель зависимости активности $Cs137$ от мощности экспозиционной дозы. Предварительный анализ показал целесообразность перешкалирования данных т.о. для построения регрессионной модели использовались перешкалированные логарифмированием исходных данные. Анализ распределения остатков регрессионной модели выявил наличие неоднородности данных, что и привело к написанию данной работы, которая посвящена исследованию обнаруженной неоднородности экспериментальных данных о радиоактивном загрязнении территории.

Построение карты положений пунктов отбора проб (рис. 2) позволяет визуально выделить 3 зоны в данных. Тот факт, что отбор проб проводился в течении нескольких лет позволяет предположить, что измерение данных производилось с использованием отличающихся приборов и/или методик. Для выделенных зон были повторены статистические исследования в предположении однородности данных для каждой из зон. Результаты представлены в таблице. Используются обозначения: r – коэффициент линейной корреляции, a и b – параметры линейной регрессии $y=ax+b$, где $x=\log_{10}(D_r)$, $y=\log_{10}(Cs137)$

Зона	min $Cs137$ [Ci/km^2]	max $Cs137$ [Ci/km^2]	r	a	b
1	0.1	312.0	0.996	1.009	2.133
2	1.5	699.4	0.958	1.005	2.132
3	1.2	1410.2	0.967	1.088	2.093

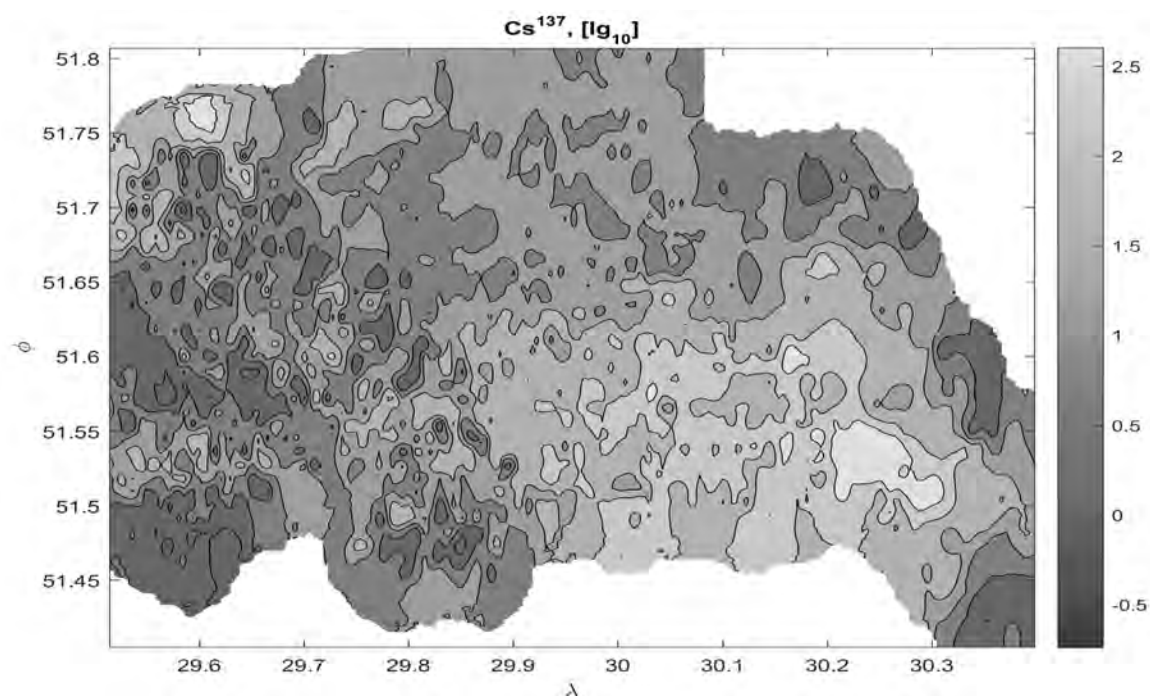


Рисунок 1 – Интерполяция методом кригинга экспериментальных данных $lg_{10}[Cs137(Ci/km^2)]$ в координатах долготы и широты

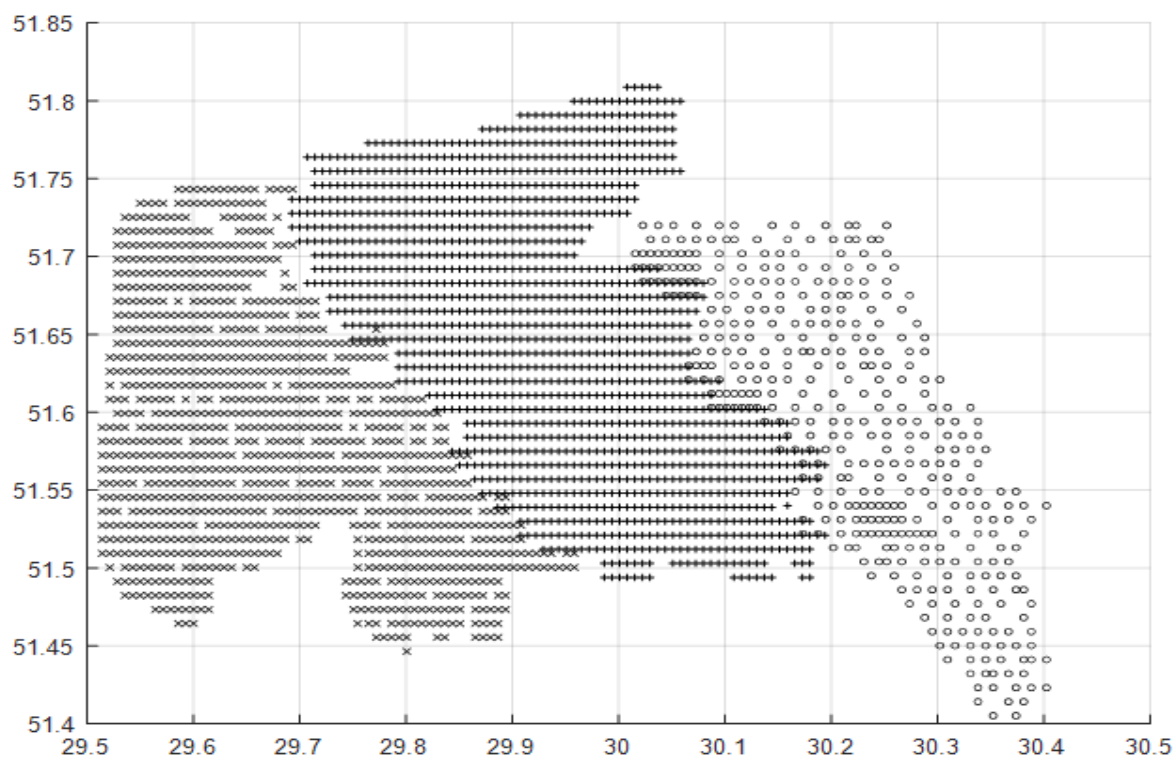


Рисунок 2 – Расположение пунктов отбора проб. Выделяются три зоны (1 – 'x', 2 – '+', 3 – 'o')

На рис. 3 представлены диаграммы разброса для отображения зависимости активности $Cs137$ от мощности экспозиционной дозы Dg и гистограммы распределения остатков для построенных регрессионных моделей.

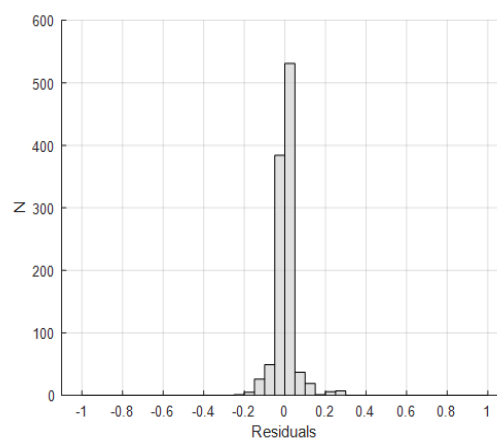
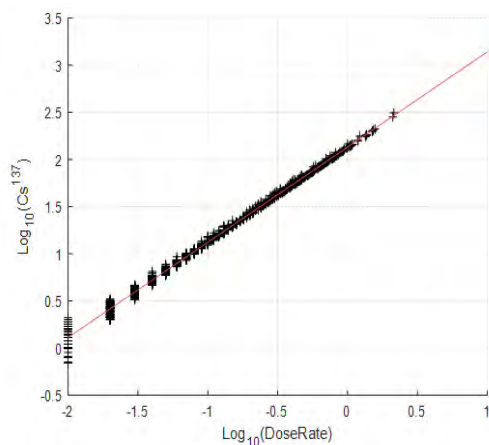


Рисунок 3 а – Зона 1. Диаграмма разброса для активности Cs137 от мощности экспозиционной дозы Dr и гистограмма распределения остатков регрессионной модели

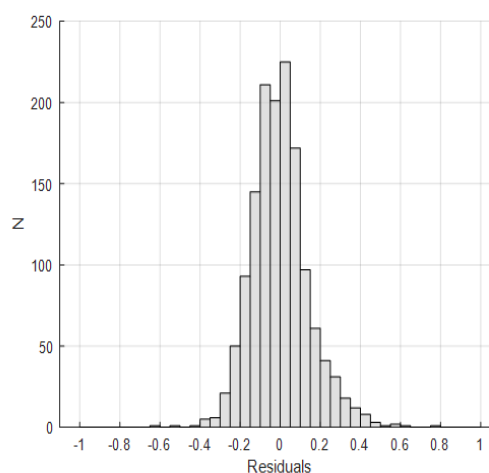
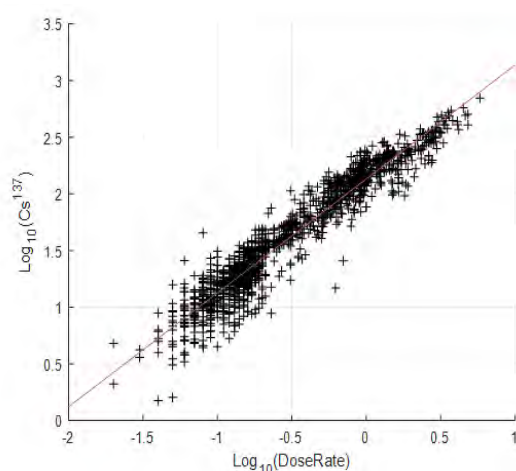


Рисунок 3 б – Зона 2. Диаграмма разброса для активности Cs137 от мощности экспозиционной дозы Dr и гистограмма распределения остатков регрессионной модели

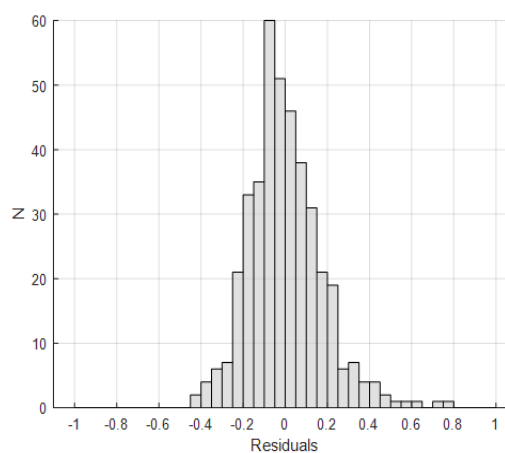
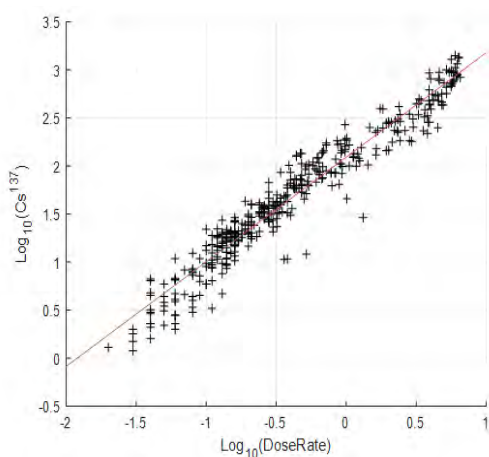


Рисунок 3 с – Зона 3. Диаграмма разброса для активности Cs137 от мощности экспозиционной дозы Dr и гистограмма распределения остатков регрессионной модели

Как видно из представленной таблицы и рис. 3 корреляция заметно выше для зоны 1 в сравнении с зонами 2 и 3, что демонстрирует также распределение остатков регрессионной модели. Сами же модели регрессии практически совпадают для зон 1 и 2 и показывают некоторое отличие для зоны 3. Главным же результатом исследования является выявление однородности данных по зонам. Данный факт предполагает дальнейшую ревизию карты интерполяции индивидуально для выделенных зон.

Выводы исследования:

Наличие в наборе неоднородных данных переменных, которые имеют зависимости позволило выделить зоны для которых данные однородны.

Выявленные статистическим анализом зависимости и однородность данных по зонам дополнительно подтверждают достоверность и надежность экспериментальных данных.

Использование экспериментальных данных в описанной задаче позволяет более полно продемонстрировать студентам возможности статистических методов, а также важность оценки поведения корреляции и дисперсии пространственно разделенных измерений.

ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УСПЕШНЫХ СПОРТСМЕНОВ

DATA PREPARATION FOR AN ANTHROPOMETRIC MODEL OF SUCCESSFUL ATHLETES

***В. А. Иванюкович¹, С. Б. Мельнов², М. В. Грабун¹,
Е. А. Николаенко¹, С. Е. Туханович²***

U. Ivaniukovich¹, S. Melnov², M. Hrabun¹, E. Nikalayenka¹, S. Tsikhanovich²,

*¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
iva@iseu.by*

*²Белорусский государственный университет физической культуры,
г. Минск, Республика Беларусь*

*¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, the Republic of Belarus*

²Belarusian State University of Physical Culture, Minsk, the Republic of Belarus

Антропометрические характеристики спортсмена вносят существенный вклад в уровень его достижений. В статье описан характер исследований, проводимых с целью разработки методики раннего прогнозирования перспективности детей, занимающихся различными видами спорта. Построение прогнозной модели основано на антропометрических измерениях тела и учитывает данные неинвазивных исследований и некоторых наследственных признаков. Для эффективной работы специалиста спроектирована и создана реляционная база данных, содержащая десять таблиц, с удобным пользовательским интерфейсом и возможностью отбора данных по различным критериям.

The anthropometric characteristics of an athlete make a significant contribution to the level of his achievements. The article describes the nature of the research conducted to develop a methodology for early prediction of the prospects of children involved in various sports. The construction of a predictive model is based on anthropometric measurements of the body and takes into account data from non-invasive studies and some hereditary characteristics. For efficient work of a specialist, a relational database containing ten tables with a convenient user interface and the ability to select data according to various criteria was designed and created.

Ключевые слова: Антропометрия, фенотип, спортсмены, моделирование, реляционные базы данных, статистический анализ, прогнозирование.

Keywords: Anthropometry, phenotype, athletes, simulation, relational databases, statistical analysis, forecasting.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-254-257>

Для каждого вида спорта сформированы определенные морфологические стандарты, такие как рост, вес, телосложение, которые определяют антропометрический портрет успешного спортсмена. Обращая на них внимание, можно существенно повысить эффективность отбора перспективных юношей и девушек. Изучая предпосылки перспективности детей, занимающихся определенными видами спорта, следует на ранней стадии определить, насколько они соответствуют тому типу, который характерен для выдающихся представителей данного вида спорта.

Одно из направлений современной спортивной антропологии состоит в нахождении критериев раннего отбора спортсменов, способных достигать высоких результатов в различных видах спорта и сохранять спортивную форму в течение длительного времени. Для стран с небольшим населением потеря даже нескольких талантливых

спортсменов может существенно отразиться на результативности соревновательного процесса, что подчеркивает актуальность раннего отбора кандидатов для занятия тем либо другим видом спорта. Основные достижения антропологии связаны, в первую очередь, с применением генетических методов исследования – поиском генов-маркеров и изучением ген-генных взаимодействий, присущих спортсменам, добившихся высоких результатов. Одним из методов, который позволяет получать статистически обоснованные выводы о влиянии ген-генных взаимодействий на исследуемые фенотипы, является метод снижения мультифакторной размерности MDR (Multifactor Dimensionality Reduction), который успешно применяется в данной области исследований [1]. Другое направление исследований, которое более доступно спортивным специалистам, но, тем не менее, используется недостаточно, – это спортивная антропометрия. Основные характеристики фенотипа человека наследуются с разной долей вероятности. Например, коэффициент наследования роста человека составляет 80-90%, а веса – меньше 40%. Длиннотные размеры тела генетически детерминированы и их коэффициент наследования высок. Это позволяет с высокой вероятностью прогнозировать ожидаемый рост мальчиков и девочек [2]. Кроме того, изучение пропорций тела у спортсменов в связи со спортивной специализацией позволяет установить характерные черты строения тела, которые могут способствовать достижению высоких спортивных результатов.

В проводимом исследовании участвуют несколько сотен юношей и девушек различных спортивных специализаций. Для прогнозирования будущих антропометрических параметров начинающих спортсменов определяется большое количество параметров продольных, поперечных и обхватных размеров тела, а также кожно-жировые складки в общепринятых зонах (см. приведенную ниже информацию о содержании таблиц, присутствующих в разработанной базе данных). Антропометрические исследования проводятся в лабораторных условиях и включают измерение роста с точностью до 0,1 см при помощи антропометра, измерение веса с точностью до 100 г на медицинских весах, обхваты грудной клетки и отдельных частей конечностей с точностью 0,1 см при помощи сантиметровой ленты. Для измерения толщины подкожно-жировых складок используется калипер.

Определение антропометрического статуса исследуемых спортсменов проводится с использованием индексов, которые позволяют оценивать физическое развитие по отдельным антропометрическим признакам с помощью простейших математических вычислений. Метод широко используется для оценки различных функциональных показателей и возможностей спортсмена. Многие индексы используются для оценки отдельных показателей физического развития. Всего в исследовании рассчитывается около 50 индексов. В качестве примера приведем некоторые из них, характеризующих телосложение [3].

Индекс Пинье (ИП) характеризует тип телосложения и рассчитывается по формуле:

$$\text{ИП} = \text{Рост стоя (см)} - (\text{Вес (кг)} + \text{ОГК (см)}),$$

где ОГК – окружность грудной клетки в фазе спокойного выдоха. Оценка результата: меньше 10 – крепкое телосложение (гиперстеник); от 10 до 20 – хорошее телосложение (нормостеник), от 21 до 25 – среднее телосложение (нормостеник); от 26 до 36 – слабое телосложение (астеник); более 36 – очень слабое телосложение (астеник).

Индекс Рорера (коэффициент упитанности), характеризует относительную плотность тела и рассчитывается по формуле:

$$\text{ИР} = \text{Масса тела (кг)} / (\text{Длина тела (м)})^3,$$

Оценка результата: при значении индекса менее 10,7 кг/м³ физическое развитие оценивают как низкое, от 10,7 до 13,7 кг/м³ диагностируют гармоничное физическое развитие, при значении индекса более 13,7 кг/м³ – свидетельствует о высоком физическом развитии.

Индекс пропорциональности показывает отношение между окружностью грудной клетки и ростом:

$$\text{Инд.поп.} = \text{ОГК (см)} / \text{Рост стоя (см)} \times 100\%,$$

где ОГК – окружность грудной клетки в состоянии паузы. Оценка результата: средний показатель для девушек 16-18 лет составляет 50-52%, для юношей 16-18 лет – 52-54%. Такие значения характерны для нормостеников. Значения индекса менее 50% характерны для узкогрудых (астеников), свыше 55% – для широкогрудых (гиперстеников).

Весоростовой индекс Кетле (ВР):

$$\text{ВР} = \text{Масса тела (г)} / \text{Рост стоя (см)}.$$

Оценка результата: средний показатель для девушек 16-18 лет составляет 325-375 г/см (оптимальная величина – 350 г/см), для юношей 16-18 лет – 375-425 г/см (оптимальная величина – 400 г/см).

Индекс Эрисмана характеризует пропорциональность развития грудной клетки: разность между окружностью грудной клетки в паузе (в см) и половиной длины тела (в см). Средние значения индекса Эрисмана для мужчин +5,8 см, для женщин +3,8 см. У широкогрудых результаты выше, а у узкогрудых ниже средних величин.

Индекс Пирке (Бедузи) позволяет оценить относительную длину ног:

$$\text{ИПБ} = (\text{Рост стоя (см)} - \text{рост сидя (см)}) / \text{рост стоя (см)} \times 100\%.$$

Оценка результата: менее 87% – малая длина ног, 87-92% – пропорциональное физическое развитие, более 92% – относительно большая длина ног. Низкая величина индекса указывает на низкое расположение центра тяжести (преимущества в скоростном спуске, прыжках с трамплина, борьба, фристайл). Высокая величина индекса указывает на высокое расположение центра тяжести (преимущества в прыжках в высоту, спринтерский бег).

Кроме личностных антропометрических данных в исследовании учитываются сведения о родителях и других близких родственниках. Данные собираются методом анкетирования и включают сведения о дате рождения,

весе, росте, специальности (месте работы), возрасте на момент рождения ребенка, занимался ли спортом и каким, квалификация, участие в чемпионате республики или международных соревнованиях, высшие достижения.

Для удобной и эффективной работы с данными, полученными при проведении измерений, создана инфологическая модель и спроектирована реляционная база данных, которая может быть реализована в одной из популярных систем управления базами данных (СУБД) – MySQL, MS Access, MS SQL Server Express или других. Все данные размещены в таблицах с учетом требований к вычислениям индексов. Схема базы данных, реализованной в СУБД Microsoft Access, представлена на рисунке 1.

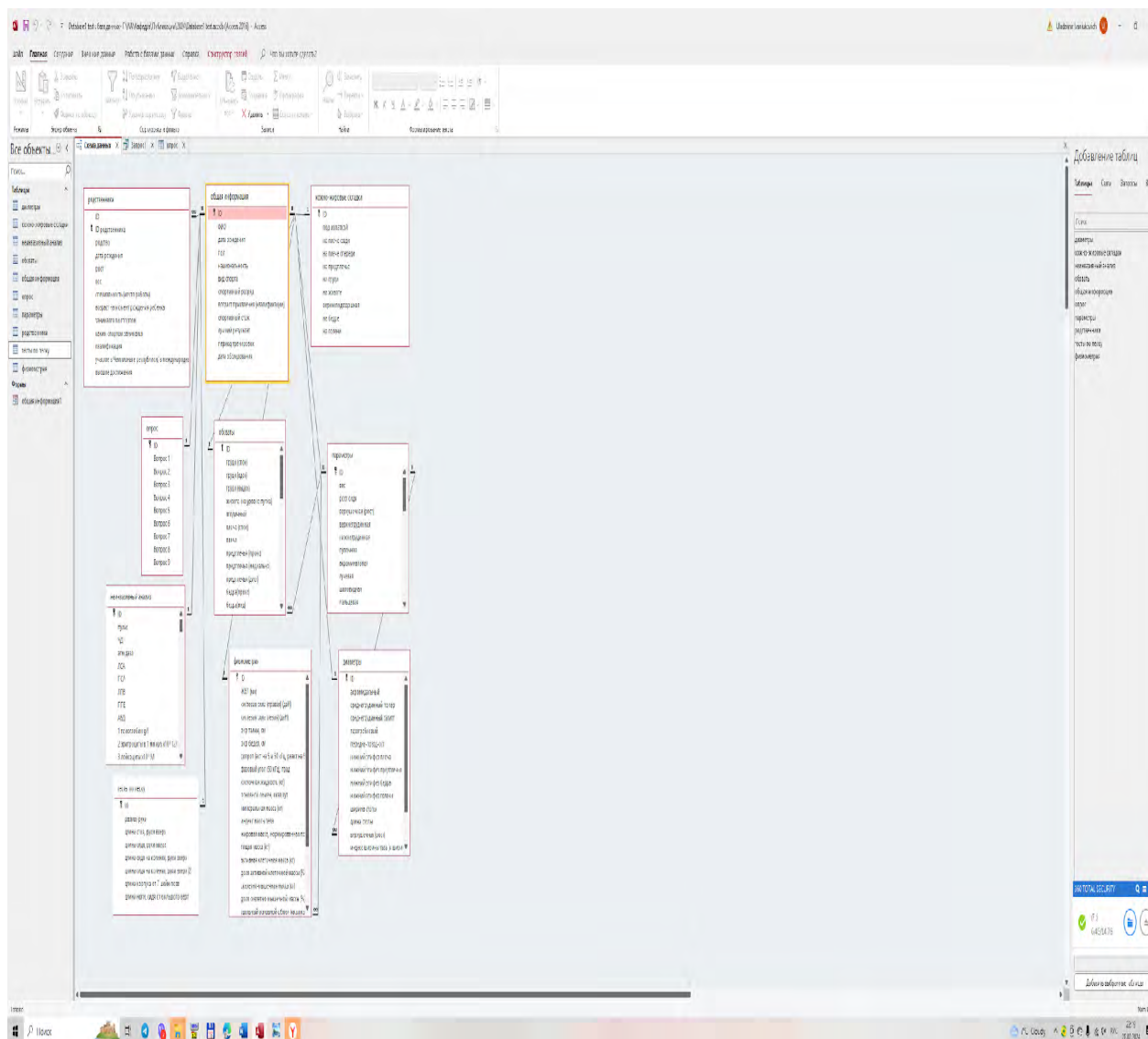


Рисунок 1 – Схема базы данных для построения антропометрической модели спортсменов

База данных включает десять таблиц. Данные спортсмена представлены в таблице «Общая информация», содержащей 12 атрибутов. Шесть таблиц содержат данные антропометрических измерений:

- Таблица «Параметры» – содержит 25 признаков и 14 рассчитанных индексов;
- Таблица «Физиометрия» – содержит 24 признака;
- Таблица «Обхваты» – содержит 20 признаков и 25 индексов;
- Таблица «Диаметры» – содержит 12 признаков и 4 индекса;
- Таблица «Кожно-жировые складки» – содержит 9 признаков;
- Таблица «Тесты по Песку» – содержит 7 признаков.

Результаты медико-биологических анализов и измерений хранятся в таблице «Неинвазивный анализ». Предусмотрено хранение до 138 параметров.

В базу данных могут быть внесены сведения о родственниках (их перечень представлен выше), имеющих спортивные достижения, и данные анкетирования спортсменов для оценки психологической устойчивости.

Для удобства работы созданы 7 форм для ввода и редактирования данных. При их создании использованы различные инструменты, предлагаемые в конструкторе форм, для обеспечения дружелюбности пользовательского интерфейса.

Написаны запросы для отбора данных, необходимых для проведения анализа результатов исследования и построения антропологического портрета спортсменов. По мере появления новых потребностей исследователей для их реализации будут написаны дополнительные инструкции SQL.

Расчеты индексов выполняются непосредственно в базе данных, используя инструменты СУБД. Для проведения статистического анализа накопленных данных используются специализированные пакеты языка программирования R.

Итак, в статье кратко описан характер исследований, проводимых с целью разработки методики раннего прогнозирования перспективности детей, занимающихся различными видами спорта. Построение прогнозной модели основано на антропометрических измерениях тела и учитывает данные неинвазивных исследований и измерений и некоторых наследственных признаков. Для эффективной работы с данными спроектирована и создана база данных, содержащая десять таблиц, с удобным пользовательским интерфейсом, предоставляющая возможность отбора данных по различным критериям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванюкович В.А. Влияние классификации исходов на результат моделирования и прогнозирования методом MDR / В.А. Иванюкович, Е.А. Николаенко, С.Б. Мельнов, Н.В. Жур, Т.Л. Лебедь // Сахаровские чтения 2023 года: экологические проблемы XXI века = Sakharov reading 2023: environmental problems XXI century: материалы 23-й международной научной конференции, 18-19 мая 2023 г., Минск, Республика Беларусь : в 2 ч.; Междунар. гос. экол. ин-т им. А.Д. Сахарова Бел. гос. ун-та : под ред. д-ра б. н., доцента О.И. Родькина, к.т.н., доцента М.Г. Герменчук. – Минск: ИВЦ Минфина, 2023. – Ч.2. – С. 301-305.

2. Алексанянц Г.Д. Генетические и средовые детерминанты, определяющие прогнозирование длины тела / Г.Д. Алексанянц, О.В. Маякова // Фундаментальные исследования. 2008. №11. С.91-93.

3. Пигуль П.Г. Особенности антропометрического статуса спортсменов высокой квалификации / П.Г. Пигуль, С.Б. Мельнов, Н.Р. Тарасевич, В.А. Курносоева //Здоровье для всех. 2022. №2. С. 52-57.

ОРГАНИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ БИОСФЕРЫ

ORGANIZATION OF THE DATA STRUCTURE IN A GEOINFORMATION SYSTEM FOR COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE BIOSPHERE

П. К. Шалькевич¹, Д. С. Лавникович², Ю. С. Городная², А. В. Чеменцова²

P. K. Shalkevich¹, D. S. Lavnikovich², Y. S. Gorodnaya², A. V. Chementsova²

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
г. Минск, Республика Беларусь
shalkevich@iseu.by

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, the Republic of Belarus

²Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
Minsk, the Republic of Belarus

В рамках решения задачи комплексной оценки состояния биосферы актуален вопрос о разработке такой ГИС, которая будет не только хранить большие объемы данных разного типа, но и будет обеспечивать возможности по применению методов обработки и анализа этих данных, методов численного моделирования и интеллектуальных методов принятия решений. Основой для функционирования такой ГИС является база данных (БД) и система управления базой данных (СУБД). Поэтому основной задачей представленной работы был выбор структуры БД и технологий СУБД для разработки ГИС комплексной оценки состояния биосферы. Была выбрана СУБД MySQL, которая обеспечивает лучшее, чем конкурирующие СУБД, применение веб-технологий с использованием облачных вычислений и многопроцессорных компьютерных архитектур, важных для обеспечения расчетов при прогнозировании миграции загрязняющих веществ в составе ГИС.

Within the task of a comprehensive assessment of the biosphere, there is a relevant issue of developing such a GIS that would not only store large data of various types, but also provide opportunities for applying methods of its processing and analyzing, methods of numerical modeling and methods of intelligent decision-making. The basis

for functioning of such a GIS is a database (DB) and a database management system (DBMS). Therefore, the main task of the article was to choose the database structure and DBMS technologies for the GIS of a comprehensive assessment of the biosphere. As a DBMS, MySQL DBMS was chosen, which provides the better than competing DBMS use of web technologies, cloud computing and multiprocessor computer architectures, which are important for calculations when predicting the migration of pollutants using the GIS software..

Ключевые слова: база данных, пространственные данные, атрибутивные данные, СУБД, реляционная база данных, геоинформационная система, ГИС, мониторинг окружающей среды.

Keywords: database, spatial data, attribute data, DBMS, relational database, geo-information system, GIS, environmental monitoring.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-257-261>

Введение. Применение геоинформационных систем (ГИС) охватывает широкий спектр важных научных задач, таких как: определение оптимальных маршрутов на цифровых картах местностей; анализ факторов, влияющих на экологические и демографические проблемы; моделирование и прогнозирование физических и социальных процессов; принятие управленческих решений, основанных на аналитических отчетах и прогнозах и т. д. При этом, разнообразие и сложность решаемых задач подразумевает следующие признаки классификации ГИС: пространственный охват; объект информационного моделирования; предметная область информационного моделирования; проблемная ориентация; функциональные возможности; уровень управления [1]. Такая классификация свидетельствует о том, что технологии ГИС должны быть, с одной стороны, достаточно разнообразными для решения задач в различных областях научных исследований, а с другой – объединенными одной общей концепцией работы с пространственно-координированными данными. Как следствие, разработка одного универсального программного комплекса (ПК) ГИС для решения задач широкого спектра из различных областей научных исследований является крайне сложной, возможно, неразрешимой проблемой. Тогда как разработка специализированного программного обеспечения ГИС, предназначенного для решения определенного класса задач, ограниченного одной или несколькими областями исследований, является актуальным и перспективным направлением научной деятельности. Примером такого класса задач являются задачи мониторинга окружающей среды, которые требуют решений не только в области наблюдений за состоянием окружающей среды, но и в области оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов [2]. Так, в качестве одной из важнейших задач мониторинга окружающей среды является задача комплексной оценки состояния биосферы, которую невозможно полноценно решить без применения технологий ГИС [3].

В рамках решения задачи комплексной оценки состояния биосферы актуален вопрос о разработке такой ГИС, которая будет не только хранить большие объемы данных разного типа (геометрические полигоны, свойства геологических материалов, параметры загрязняющих веществ), но и будет обеспечивать возможности по применению методов обработки и анализа этих данных, методов численного моделирования и интеллектуальных методов принятия решений. Основой для функционирования такой ГИС является база данных (БД) и система управления базой данных (СУБД), поэтому основной задачей представленной работы был выбор структуры БД и технологий СУБД для разработки ГИС комплексной оценки состояния биосферы.

Анализ видов данных, используемых в ГИС. ГИС, в целом, оперируют четырьмя видами данных: пространственными данными, которые содержат информацию о пространственном расположении объектов, атрибутивными данными, описывающими качественные и количественные параметры объектов, библиотекой условных знаков, где содержатся наборы стандартных условных данных, и метаданными, которые, как правило, содержат информацию об источниках данных, методах получения и конкретных исполнителях, получивших данные.

Пространственные данные разделяются на множественные элементарные объекты-примитивы (точки, линии, контуры и т. д.). Представление таких данных подразумевает способы цифрового описания объектов, наиболее универсальными из которых являются: растровое, векторное, GRID и TIN [1].

Растровая модель данных предполагает позиционирование объектов указанием их положения в соответствующей растру прямоугольной матрице. Данные для такой модели очень просто собирать и обрабатывать, а также для таких представлений возможно применение методов растеризации.

Но недостаток растровой модели данных заключается в том, что ее реализация требует больших затрат памяти. Поэтому для хранения растровых представлений в базе данных необходимо использовать методы сжатия растровых объектов. Следовательно, использование растровых моделей представления данных негативно скажется на скорости обработки запросов в БД.

Следующий вид – это векторная модель, которая является цифровым представлением точечных, линейных и полигональных объектов в виде описания их координат. Векторные модели делятся на два вида: топологический и нетопологический. Для представления объекта в векторной нетопологической модели в базе должна содержаться информация об идентификаторе линейного отрезка, координатных парах шести точек, а также элемент, позволяющий выделить заданный отрезок в общей совокупности записей линейных объектов слоя, которому обычно соответствует файл данных. Топологическое представление данных отличается от нетопологического

наличием возможности получения списка взаимоотношений между объектами или же примитивами, без изменения хранимых координат этих объектов.

GRID-представление применяется для трёхмерных объектов. В основе этой модели лежит регулярная сетка, состоящая из сети точек, каждой из которых сопоставляется значение уровня поля в этой точке. При хранении регулярной сетки можно хранить только значения уровня z , т. к. значения координат x и y вычисляются по геометрии сетки, исходя из номера ячейки. Для того, чтобы создать непрерывную поверхность в этой модели из точно полученных данных используются следующие виды положения точек: положение точек наблюдения на сетках, полурегулярное положение точек, расположенных на изолиниях, случайное расположение точек.

TIN-представление – векторный способ отображения рельефов, который основан на триангуляции, т. е. создании смежных непересекающихся треугольников, вершинами которых являются точки.

Описанные возможности моделей пространственных данных свидетельствуют о том, что использование векторных, GRID и TIN моделей представления данных в ГИС для комплексной оценки состояния биосферы является более приемлемым, чем растровых моделей. При этом, следует отметить, что GRID и TIN модели используются для представления трехмерных данных, которые необходимы, например, для визуализации прогнозов пространственной миграции загрязняющих веществ, аналогичных прогнозу, представленному в [4].

Атрибутивные данные, представляют собой информацию о свойствах пространственных объектов. Эти данные могут храниться в отдельных БД, размер которых будет зависеть, например, от вида мониторинга окружающей среды. ГИС комплексной оценки состояния биосферы должна иметь быстрый доступ к различным атрибутивным данным, что формирует соответствующие требования к СУБД.

Библиотеки условных знаков используются в ГИС для составления тематических карт, хранения специфических обозначений. Особенности хранения и доступа к этому типу данных во многом схожи с атрибутивными данными. Что же касается метаданных, то они содержат вспомогательную информацию, что значительно упрощает выбор методов их хранения и обработки.

Особенности рассмотренных видов данных позволяют определить следующие принципы их организации: принцип послойной организации, который подразумевает деление объектов на тематические слои; принцип объектного ориентирования, который подразумевает акцент не столько на общих свойствах объектов, сколько на их положении в какой-либо сложной схеме классификаций.

Анализ структур БД и выбор СУБД. Для хранения информации о пространственных объектах используются базы данных. Важно учесть, что связи между данными одного объекта должны быть тесными и неизбежными. При большом объёме координат, которые необходимо сохранить, производится их кодирование. На основании видов данных и типов хранимых объектов, к оптимальной структуре БД ГИС справедливо выдвинуты следующие требования:

- полнота представленной информации;
- неизбежность и внутренняя непротиворечивость (данные и связи между ними должны быть корректными и неповторяющимися);
- актуализация хранимых данных (особо важно для решения задач мониторинга окружающей среды);
- позиционная точность (информация в базе данных должна быть строго совместима с теми данными, которые могут добавляться в неё в процессе работы);
- достоверность (все явления должны быть правильно отражены посредством атрибутов);
- доступность данных (информация должна быть легко извлекаемой для выбранной категории пользователей).

На сегодняшний день выделяют три основных типа структур баз данных: иерархическая, сетевая и реляционная.

При иерархической структуре взаимосвязь между данными устанавливается отношением «один к одному» (1:1) (один объект базы данных содержит одну группу пространственных данных) или, гораздо чаще, «один ко многим» (1:m) (одной группе координат соответствует иерархически подчинённая группа объектов). Так как связь между элементами такой базы данных прямая, то доступ к данным прост и эффективен. Однако древовидная структура требует явного определения каждого элемента при проектировании БД. Также, при раздельном хранении пространственных и атрибутивных данных, потребуется установление большого числа связей между графической и атрибутивной частями, что может сделать структуру базы данных довольно громоздкой. Так как ГИС мониторинга окружающей среды должны иметь возможность поиска и установления связей, не предполагаемых до реализации системы, то эта структура не является оптимальной ввиду жёсткости ограничений, накладываемых на связи между элементами ещё на этапе проектирования БД. Из-за иерархической соподчинённости составляющих обновление базы данных также представляется сложным и трудоёмким процессом.

Сетевые структуры обычно рассматриваются как усовершенствованные иерархические. Они используют отношение «многие ко многим» (m:n), при котором один элемент может иметь многие атрибуты, а каждый атрибут может быть связан со многими элементами, то есть связи между элементами базы данных устанавливаются не только по вертикали, но и по горизонтали, что позволяет базам данных с такой структурой допускать гораздо большую гибкость поиска данных, чем в случае с иерархической структурой. За счёт установления двусторонних связей между элементами уменьшается избыточность данных. Однако увеличившееся количество связей в данной структуре имеет негативную сторону в виде затрат памяти на хранение, возможности потери или некорректного установления взаимосвязей между элементами.

Проблему большого числа указателей (связей) можно решить, используя реляционную структуру базы данных, для которой характерно хранение данных в таблицах, где каждая строка имеет один формат. Основным принципом реляционной структуры – это возможность свести любые многомерные связи к двумерным таблицам. Данные в ячейках такой таблицы соответствуют принципу информационной неделимости (каждая ячейка представляет только одну порцию структурно неделимых данных). Каждый столбец является уникальным и имеет своё наименование, причём порядок следования столбцов в таблице, равно как и строк(записей), не имеет значения. Требование к данным одного и того же столбца заключается в том, чтобы все они были строго одного типа. Представление данных в виде таблицы является наиболее удобным и привычным для пользователя. Реляционная структура обладает теми преимуществами, которых были лишены структуры, описанные выше, а именно: однородностью, наличием строгой математической теории построения модели (языком реляционной алгебры), полнотой модели данных, возможностью представления всех типов связей от 1:1 до m:n. Основным недостатком реляционной структуры является трудоемкость ее реализации, что компенсируется лёгкостью поддержки уже реализованной БД и простоту её обновления. Важным достоинством для применения в ГИС комплексной оценки состояния биосферы является простота связывания данных при раздельном хранении их графической и атрибутивной составляющей посредством идентификаторов.

Для работы с БД реляционной структуры существует широкий диапазон СУБД, предоставляющих все необходимые средства для работы с реляционными базами данных: dBase, R:Base, Oracle Database, Informix, Paradox, MS Access, PostgreSQL, MySQL.

В реляционной БД ГИС комплексной оценки состояния биосферы информация об объекте должна содержать идентификатор, атрибутивные данные и пространственные данные. Следовательно, необходимо связывать атрибутивную и пространственную информацию. Такая задача может быть решена одним из трех способов:

- первый способ, геореляционный заключается в том, что два вида данных хранятся раздельно (например, пространственные данные – в файлах, атрибутивные – в таблицах реляционных баз данных);

- второй способ предполагает совместное хранение и пространственных, и атрибутивных данных. В случае интегрированного хранения обоих типов предусматривается использование средств обработки данных, предоставляемых СУБД. Однако, как правило, инструментов стандартных реляционных СУБД недостаточно для эффективной работы с пространственными объектами. Средства, встроенные в систему управления базами данных, предназначены, в основном, для описания точечных объектов, что не соответствует современным требованиям, предъявляемым к геоинформационным системам.

- третий способ – объектный подход. Этот способ позволяет описывать данные путем создания сложных объектов, однако этот подход применять в ГИС нецелесообразно из-за его негативного влияния на время обработки запросов.

Таким образом, в контексте стандартных СУБД, первый способ является наиболее оптимальным, т. к. мы можем сохранять геометрические пространственные данные отдельно от атрибутивных и использовать для работы с ними эффективные и удобные специализированные инструменты. Кроме того, этот подход упрощает интеграцию в ГИС географических карт, разрабатываемых третьими лицами. Пример такой реализации показан в [5], где авторами описывается разработанный веб-ориентированный интерфейс ГИС для проведения ретроспективного анализа данных системы онлайн-мониторинга состояния компонентов окружающей среды г. Орши и оршанского района. Указанная ГИС использует географические карты Google и OpenStreetMap. Однако, стоит учитывать, что в ГИС для комплексной оценки состояния окружающей среды могут понадобиться собственные инструменты для работы с пространственными данными, необходимыми для решения задач пространственной миграции загрязняющих веществ. Такие инструменты существуют в виде специальных библиотек и расширений для перечисленных СУБД. Например, для СУБД PostgreSQL таким расширением является надстройка PostGIS, для СУБД H2 – H2GIS. Примечательно, что СУБД MySQL, начиная с версии 8 имеет встроенную функциональность по работе с пространственными данными, которая соответствует требованиям консорциума OGC. Наиболее популярной СУБД, отвечающей требованиям, предъявляемым к ГИС, является PostgreSQL, однако известны случаи, когда она уступает MySQL в скорости работы. Кроме того, применение СУБД MySQL или ее аналога MariaDB имеет ряд преимуществ в контексте разработки ГИС на базе веб-технологий с использованием облачных вычислений. Последнее обеспечивает также ряд возможностей по использованию многопроцессорных компьютерных архитектур, важных для обеспечения расчетов при прогнозировании, в частности, миграции загрязняющих веществ в составе ГИС для комплексной оценки состояния биосферы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гис-технологии : курс лекций / И.А. Красовская, Д.М. Курлович, А.Н. Галкин. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2015. – 52 с.
2. Об охране окружающей среды : Закон Респ. Беларусь от 26 ноября. 1992 г. № 1982-ХП : с изм. и доп. : текст по состоянию на 30 дек. 2022 г. – Минск : Национальный центр правовой информации Республики Беларусь, 2022. – 48 с.
3. Абрамов, Н.Д., Тарасова, О. Ю. Использование ГИС-технологий при проведении экологической оценки территории / Н. Д. Абрамов, О. Ю. Тарасова // Современные проблемы территориального развития. – 2019. – № 2, С. 1-8.
4. Шалькевич, П. К. Компьютерное прогнозирование пространственного распределения концентрации Cs-137 в почве / П. К. Шалькевич // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2021. – Т. 65, № 2. – С. 139-145.

5. Журавков В. В., Тонконогов Б. А., Шалькевич П. К. Разработка веб-ориентированного интерфейса для проведения ретроспективного анализа данных системы онлайн-мониторинга состояния компонентов окружающей среды г. Орши и оршанского района / В. В. Журавков, Б. А. Тонконогов, П. К. Шалькевич // Сахаровские чтения 2022 года: экологические проблемы XXI века = Sakharov readings 2022 : environmental problems of the XXI century : материалы 22-й Международной научной конференции, 19–20 мая 2022 г., г. Минск, Республика Беларусь : в 2 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Бел. гос. ун-та; редкол. : А. Н. Батян [и др.] ; под ред. д-ра ф.-м. н., проф. С. А. Маскевича, к. т. н., доцента М. Г. Герменчук. – Минск : ИВЦ Минфина, 2022. – Ч. 2. – 346 с. – Минск, 2022. – С. 360-363.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФфуЗИИ В СМЕСИ ИДЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ С УЧЕТОМ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФфуЗИИ ОТ ЭНТРОПИИ СМЕШЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ

COMPUTER SIMULATION OF DIFFUSION IN A MIXTURE OF IDEAL GASES TAKEN INTO ACCOUNT OF THE DEPENDENCE OF THE DIFFUSION COEFFICIENT ON THE ENTROPY OF MIXING USING THE FINITE DIFFERENCE METHOD

П. К. Шалькевич¹, Д. С. Мишлаков¹, Н. Н. Гринчик²

P. K. Shalkevich¹, D. S. Mishlakov¹, N. N. Grinchik²

¹*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь*

²*Институт тепло- и массообмена имени А.В.Лыкова НАН Беларуси
г. Минск, Республика Беларусь
shalkevich@iseu.by*

¹*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, the Republic of Belarus*

²*A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus
Minsk, the Republic of Belarus*

Разработан укрупненный вычислительный алгоритм компьютерного моделирования диффузии газов с учетом зависимости коэффициента диффузии от энтропии смешения с применением метода конечных разностей, получены результаты компьютерного моделирования на основе разработанного алгоритма. Компьютерное моделирование диффузии в смеси идеальных газов с учетом зависимости коэффициента диффузии от энтропии смешения с применением метода конечных разностей выполнено впервые.

An enlarged computational algorithm for computer modeling of gas diffusion has been developed, taking into account the dependence of the diffusion coefficient on the entropy of mixing using the finite difference method, and the results of computer modeling based on the developed algorithm have been obtained. Computer simulation of diffusion in a mixture of ideal gases, taking into account the dependence of the diffusion coefficient on the entropy of mixing using the finite difference method, was performed for the first time.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, вычислительный алгоритм, диффузия газов, метод конечных разностей.

Keywords: computer modeling, computational algorithm, gas diffusion, finite difference method.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-261-264>

В современных научных исследованиях проблема моделирования диффузии в газовых смесях обретает актуальность [1]. Это напрямую связано с востребованностью в промышленности и относительной не совершенностью существующих моделей, описывающих процессы диффузии газов. Следовательно, актуальным становится и применение численных методов и вычислительных алгоритмов для компьютерного моделирования диффузии газов, которые могут быть применены в изучении природы смешивания газов, а также в решении проблем загрязнения окружающей среды и обеспечении безопасности промышленных процессов [2].

Наиболее популярными методами компьютерного моделирования диффузии в смесях идеальных газов являются [2]:

Численные методы. Включают в себя метод конечных разностей, который используются для дискретизации уравнений диффузии в пространстве и времени, позволяя проводить численное решение задачи. Также

к численным методам относится метод конечных элементов: он обеспечивает более точное описание геометрии системы, разбивая пространство на конечные элементы и проводя численные вычисления в каждом элементе.

Молекулярная динамика. Основывается на симуляции движения молекул в газовой среде, позволяя более детально оценивать их взаимодействие и траектории.

Пространственный анализ. Подразумевает выделение потенциальных очагов диффузии. Такой метод используется для выявления областей с высокой концентрацией веществ, что помогает идентифицировать потенциальные источники загрязнения. Далее осуществляется оценка распределения компонентов в пространстве с учетом алгоритмов визуализации и анализа результатов моделирования, обеспечивающих понимание характеристик диффузии в различных частях газовой среды.

Эти методы могут применяться в совокупности, что позволит проводить комплексное моделирование диффузии в смесях идеальных газов, учитывая, как основные физические принципы, так и особенности пространственного распределения компонентов.

Компьютерные технологии моделирования диффузии газов. Компьютерное моделирование диффузии газов подразумевает применение соответствующих технологий. Для этого применяются различные языки программирования в зависимости от условий решаемой задачи. Например, для высокопроизводительных вычислений часто используются Fortran и C++, в то время как Python и MATLAB применяются для прототипирования и алгоритмической разработки.

Библиотеки и фреймворки, такие как OpenFOAM для численного моделирования и LAMMPS для молекулярной динамики, дополняют языки программирования. Параллельные вычисления на графических процессорах обеспечиваются с использованием технологий CUDA и OpenCL. Среди сред разработки выделяются Jupyter Notebooks для интерактивной разработки и GitHub/GitLab для управления версиями и совместной работы.

Существенное значение имеют среды высокопроизводительных вычислений и облачные платформы, такие как Amazon EC2, Google Cloud и Microsoft Azure, обеспечивающие доступ к масштабируемым ресурсам для обработки объемных данных. Для эффективного управления геоданными их хранения в базах данных, таких как PostgreSQL/PostGIS, Oracle Spatial и Microsoft SQL Server, что зависит от конкретных требований проекта. Таким образом, комбинирование разнообразных технологий и языков программирования позволяет создавать гибкие и эффективные методы и алгоритмы для компьютерного моделирования диффузии в идеальных газах.

Разработка вычислительных алгоритмов для компьютерного моделирования диффузии газов. Вычислительные алгоритмы компьютерного моделирования диффузии в смесях газов играют ключевую роль в прогнозировании распространения загрязняющих веществ в атмосфере. В отличие от задач прогнозирования миграции поллютантов в почве [3] и воде [4], физические процессы, лежащие в основе распространения воздушных загрязнителей, обладают своими уникальными особенностями. Для разработки вычислительных алгоритмов для компьютерного моделирования диффузии газов необходимо выполнить следующие этапы:

1) Выбор математической модели. Используются математические модели, описывающие перемещение идеальных газов в атмосфере. Например, может применяться уравнение Навье-Стокса или же уравнение, представленное в [1], в котором учтена энтропия.

2) Выбор численного метода для расчета математической модели.

3) Использование расчетных сеток. Применяются расчетные сетки для представления пространственных областей, где каждая ячейка содержит информацию о концентрации газов. Адаптивные сетки позволяют увеличивать разрешение в зонах особого интереса.

4) Учет физических параметров газов. Включает в себя учет термодинамических характеристик газов, таких как температура, давление и концентрация, для точного моделирования их диффузии.

5) Оптимизация вычислений. Применение методов оптимизации для эффективного использования вычислительных ресурсов. Распараллеливание и высокопроизводительные вычислительные платформы могут использоваться для ускорения процесса моделирования.

6) Валидация, верификация моделей. Этот важный этап включает валидацию результатов моделирования путем сравнения с экспериментальными данными и реальными наблюдениями [5].

Разработка вычислительного алгоритма компьютерного моделирования диффузии газов. Для решения задачи компьютерного моделирования диффузии газов авторами была выбрана математическая модель, представленная в [1], в качестве численного метода был выбран метод конечных разностей. Выбор численного метода обусловлен простотой его реализации. Задача решалась в одномерной постановке. Последовательность действий при решении поставленной задачи:

1) инициализация параметров: длина пространства l , время прогнозирования T , количество пространственных узлов n_x , количество временных шагов n_t , коэффициент диффузии D , шаг по времени t , и шаг по пространству x ;

2) инициализация начальных условий: создание пространственного массива с заданной длиной и заполнение его начальными условиями (градиентом концентрации газа);

3) численное решение уравнения диффузии: выполнение цикла по времени и вложенного в него цикла по пространству, заполнение значения концентрации газа в каждой ячейке, используя метод конечных разностей;

4) визуализация результатов: создание массива с пространственными координатами, построение графика концентрации газа в зависимости от пространственной координаты, отображение графика с результатами моделирования.

Укрупненный вычислительный алгоритм компьютерного моделирования диффузии газов с применением метода конечных разностей показан на рисунке 1.

Компьютерное моделирование диффузии газов с применением метода конечных разностей. Для разработки программы для моделирования диффузии в смеси газов на основе разработанного вычислительного алгоритма был выбран язык программирования Python и использованы библиотеки NumPy и SciPy для численных вычислений. Программа будет представлять собой основы численной модели, адаптированные для задачи диффузии в идеальных газах.

На рисунке 2 приведен результат выполнения программы.



Рисунок 1 – Укрупненный вычислительный алгоритм компьютерного моделирования диффузии газов с учетом зависимости коэффициента диффузии от энтропии смешения с применением метода конечных разностей

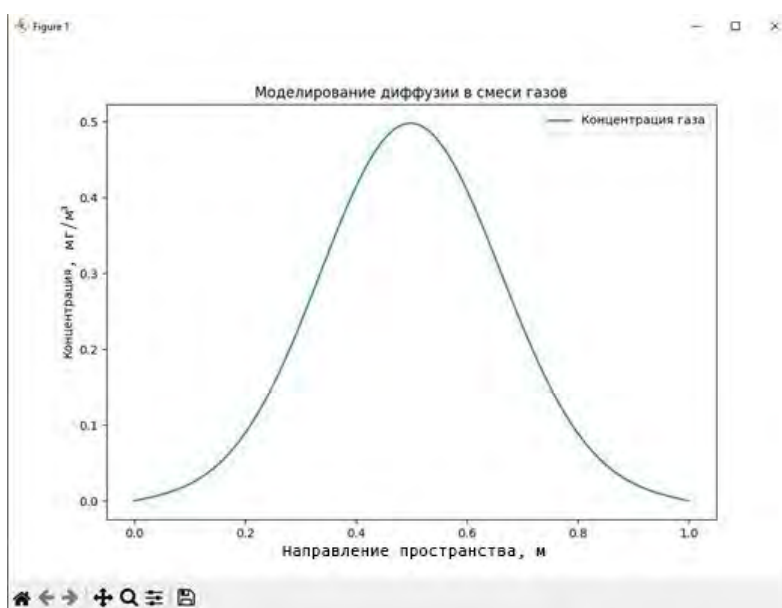


Рисунок 2 – Результаты компьютерного моделирования диффузии газов с применением метода конечных разностей

Компьютерное моделирование диффузии в смеси идеальных газов с учетом зависимости коэффициента диффузии от энтропии смешения согласно [1] с применением метода конечных разностей выполнено впервые. Полученные результаты требуют дальнейшей верификации с использованием результатов экспериментальных измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гринчик Н.Н., Заяц Г.М. Диффузия в смеси идеальных газов с учетом зависимости коэффициента диффузии от энтропии смешения / Н. Н. Гринчик, Г. М. Заяц // XXI Международная научная конференция по дифференциальным уравнениям (Еругинские чтения – 2023): материалы конф.: в 2 ч. / Ин-т мат. нац. акад. наук Беларуси, Белорус. гос. ун-т, Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: В. В. Амелькин [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2023. – Ч. 2. – 169 с. – Могилев, 2023. – С. 81-83.
2. Computational Methods for Gas Diffusion Modeling / J. R. Smith, A. B. // Doe Environmental Modeling Journal. – 2010. – 25(2). – Р. 123-137.
3. Шалькевич, П. К. Компьютерное прогнозирование пространственного распределения концентрации Cs-137 в почве / П. К. Шалькевич // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2021. – Т. 65, № 2. – С. 139-145.
4. Плесканев В. В., Шалькевич П. К., Липницкий Л. А. Географические информационные системы мониторинга миграции загрязняющих веществ в почвах и водах в контексте улучшения экологической обстановки / В. В. Плесканев, П. К. Шалькевич, Л. А. Липницкий // Сахаровские чтения 2023 года: экологические проблемы XXI века = Sakharov readings 2023 : environmental problems of the XXI century : материалы 23-й Международной научной конференции, 18–19 мая 2023 г., г. Минск, Республика Беларусь : в 2 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Бел. гос. ун-та; редкол.: А. Н. Батын [и др.]; под ред. д-ра б. н., доцента О. И. Родькина, к. т. н., доцента М. Г. Герменчук. – Минск : ИВЦ Минфина, 2023. – Ч. 2. – 384 с. – Минск, 2023. – С. 320-324.
5. Шалькевич, П. К., Кундас, С. П. Верификация численных методов и математической модели, разработанных для моделирования миграции радионуклидов в природных дисперсных средах / П. К. Шалькевич, С. П. Кундас // Доклады БГУИР. – 2021. – Т. 19, № 3. – С. 66-74.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕТРОСПЕКТИВНОЙ ОЦЕНКЕ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК И ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗЛУЧЕНИЯ НА РЕФЕРЕНТНЫЕ ВИДЫ ВОДНОЙ И НАЗЕМНОЙ БИОТЫ

USE OF INNOVATIVE GIS TECHNOLOGIES IN RETROSPECTIVE ASSESSMENT OF DOSE LOADS AND VARIABILITY OF RADIATION CHARACTERISTICS ON REFERENCE SPECIES OF AQUATIC AND TERRESTRIAL BIOTA

В. В. Журавков, А. П. Голубев, О. А. Антонович

V. V. Zhuravkov, A. P. Golubev, O. A. Antonovich

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
zhvl@mail.ru*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, the Republic of Belarus*

В статье представлены результаты работы, выполненной в рамках НИР «Оценить дозовые нагрузки и эффекты ионизирующих излучений в сочетании со стрессом различной природы на биоту в зоне хронического радиационного воздействия», ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» подпрограммы «Радиация и биологические системы» на 2021-2025 годы.

The article presents the results of the work carried out within the framework of the research work “Assess dose loads and effects of ionizing radiation in combination with stress of various natures on biota in the zone of chronic radiation exposure”, State Public Research Institute “Natural Resources and Environment” subprogram “Radiation and Biological Systems” for 2021- 2025.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, радионуклиды ^{90}Sr , ^{137}Cs и ^{241}Am , референтные виды водной и наземной биоты, поглощенные дозы.

Keywords: radioactive contamination, radionuclides ^{90}Sr , ^{137}Cs and ^{241}Am , reference species of aquatic and terrestrial biota, estimated doses.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-264-268>

Введение. Авария на Чернобыльской АЭС привела к значительному радиоактивному загрязнению подстилающей поверхности и водоемов 30-км зоны отчуждения. В первый месяц после аварии основной вклад в формирование дозы внешнего облучения в порядке убывания вносили ^{136}Cs , ^{95}Nb , ^{140}La , ^{95}Zr , β -изотоп ^{91}Y , ^{89}Sr , ^{140}La , ^{143}Pr , ^{140}Ba , ^{95}Zr , ^{141}Ce , ^{86}Rb , ^{136}Cs и ^{95}Nb .

Материалы и методы исследования. Динамику загрязнения территории Беларуси радионуклидами после катастрофы на ЧАЭС можно охарактеризовать следующими этапами (рис. 1): I. Йодный этап; II. Этап стабилизации обстановки; III. Цезиево-стронциевый этап; IV. Актинидный этап [1].

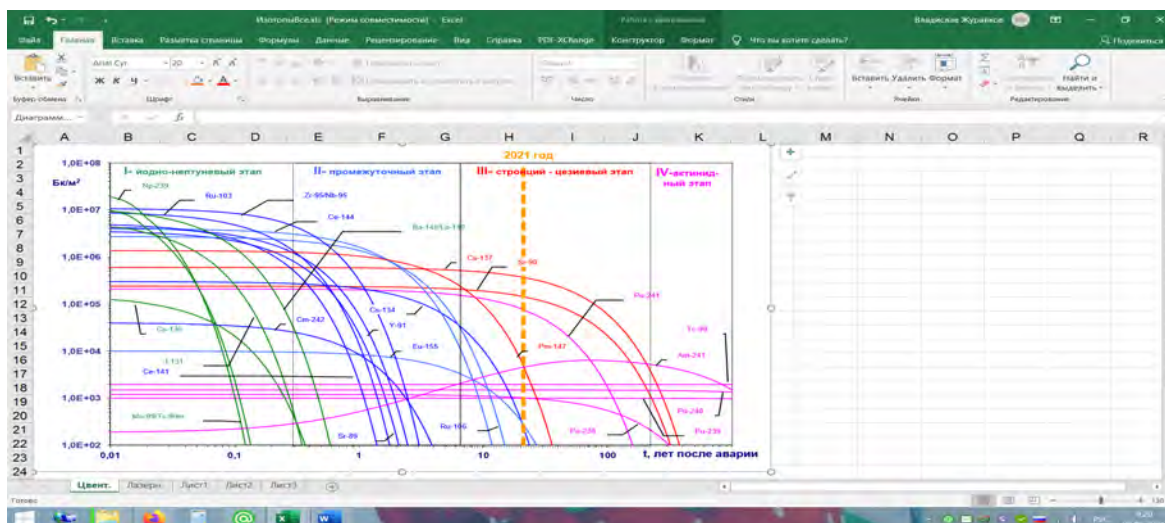


Рисунок 1 – Динамика радиоактивного загрязнения подстилающей поверхности населенного пункта Масаны (Гомельская область, Беларусь)

I. Йодный этап: на основании аналитического обзора многочисленных опубликованных экспериментальных и расчетных данных была восстановлена динамика развития радиационной обстановки на активной стадии аварии для Гомельской области Республики Беларусь (рис. 2).

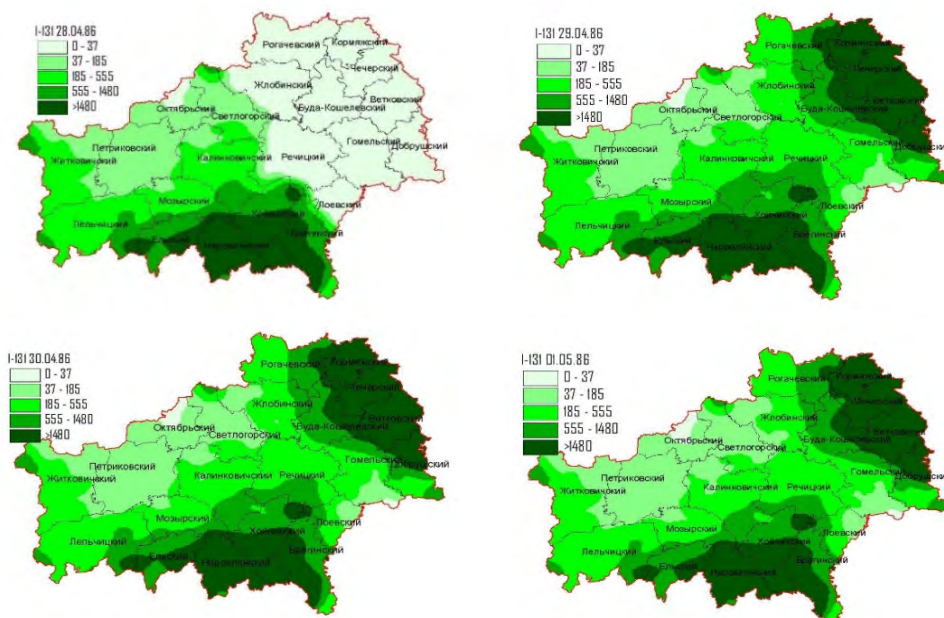


Рисунок 2 – Динамика загрязнения почвы Гомельской области Республики Беларусь I-131 с 28.04.1986 г. по 01.05.1986 г., кБк/м²

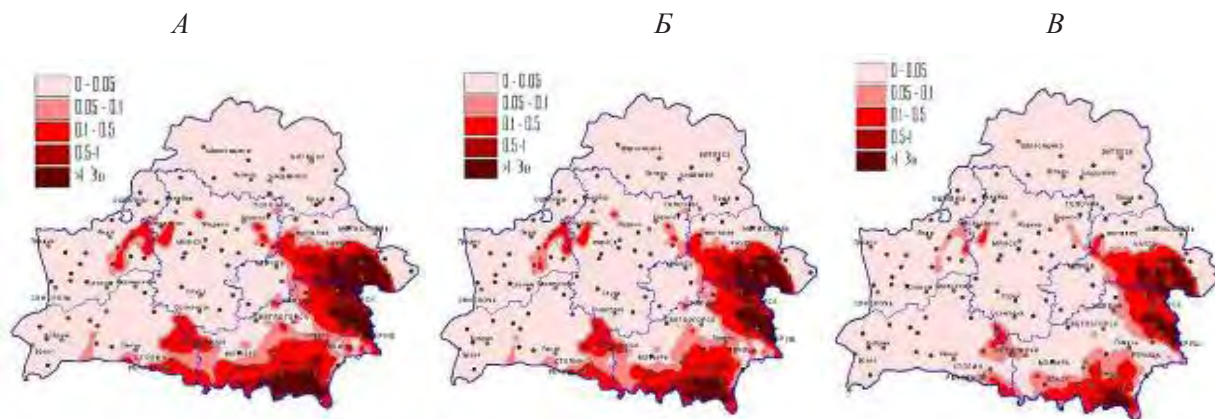


Рисунок 3 – Средняя групповая доза: А) – дети до 5 лет на момент аварии, Б) – подростки от 5 до 17 лет на момент аварии, В) – взрослые от 17 лет

Используя данные реконструкции радиационной обстановки, были оценены средние групповые дозы облучения щитовидной железы для жителей Республики Беларусь. На рисунке 3 приводятся карты средних групповых доз (дети, подростки, взрослые) с 26 апреля по 5 мая 1986 г.

II. Этап стабилизации обстановки и III. Цезиево-стронциевый этапы: Второй и третий этапы обусловлены тем, что за счет радиоактивного распада в значительно снизилось радиоактивное загрязнение радионуклидами с $T_{1/2}$ около года. Происходит деструкция топливных частиц и миграционные процессы стронция-90. Радиационная обстановка на этих этапах формируется за счет радионуклидов цезия и стронция.

IV. Актинидный этап: За счет естественного распада и частично в результате вертикальной и горизонтальной миграции в сотни раз снизилось загрязнение плутонием-241, цезием-137, стронцием-90. Загрязнение в основном определяется актинидами плутонием-239, 240 и америцием-241, причем загрязнение америцием-241 превышает загрязнение плутонием-239, 240.

Таким образом, основной вклад в загрязнение подстилающей поверхности Гомельской области Республики Беларусь определяли изотопы ^{131}I , ^{132}I (^{132}Te), а на втором и третьем этапах радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr . На территории Беларуси ситуация облучения характеризуется как ситуация существующего облучения.

В 2014–2015 гг. была определена активность важнейших дозообразующих радионуклидов (^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{241}Am) в основных компонентах экосистем (вода, донные отложения, биота) озера Персток и Борщевского затопления – соответственно с наивысшим и средним для водоемов белорусского сектора зоны ЧАЭС уровнями радиационного загрязнения. На этой основе проведены расчеты вклада каждого радионуклида в суммарные дозы ионизирующей радиации от внутреннего облучения для доминирующих видов биоты этих водоемов – макрофитов и легочных моллюсков.

Донные отложения отбирали на расстоянии 30 – 50 см от уреза воды на глубине 20 – 30 см поршневым пробоотборником с внутренним диаметром 43 мм. Пробы воды вместе с сестоном отбирали в местах отбора проб грунта на расстоянии 1,5 – 2 м от уреза воды, где глубина водоема достигала 0,8 – 1,0 м.

Активность ^{90}Sr и ^{137}Cs определяли на гамма-бета спектрометре МКС-АТ1315 Научно-производственного объединения «Атомтех» (Беларусь). Спектрометр обеспечивает регистрацию спектра γ - и β -излучения в диапазоне энергий соответственно 50 – 3000 кэВ и 150 – 3500 кэВ. Определение активности ^{241}Am проводили в гамма-спектрометре с полупроводниковым детектором на основе высокочистого германия с композитным углеродным окном фирмы «Canberra» (США) с многоканальным анализатором DSA 1000.

Согласно рекомендациям МАГАТЭ [3], при незначительных плотностях радиоактивных выпадений наиболее рациональным при расчетах мощности поглощенной дозы (МПД) является консервативный подход.

В работе представлена оценка вклада основных на сегодняшний день дозообразующих радионуклидов для наземной биомассы и биоты водоемов зоны ЧАЭС – ^{90}Sr , ^{137}Cs и ^{241}Am . Поскольку радиоактивный распад первых двух радионуклидов происходит в две стадии с образованием промежуточных короткоживущих радионуклидов (соответственно ^{90}Y и ^{137}Ba) расчеты МПД произведены суммарно для изобар $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ и $^{137}\text{Cs} + ^{137}\text{Ba}$.

Расчет доз облучения производится отдельно для внешнего и внутреннего облучения по формуле:

$$\dot{D}_j = \sum_i \dot{D}_{i,j}^{int} + \dot{D}_{i,j}^{ext}$$

$$\dot{D}_j = \sum_i (DCF_{ji}^{soil} \cdot f_j^{soil} \cdot C_i^{soil} + DCF_{ji}^{water\_fresh} \cdot f_j^{water\_fresh} \cdot C_i^{water\_fresh} + DCF_{ji}^{soil\_pl} \cdot f_j^{soil\_pl} \cdot \sigma_i) + \sum_i (CR_{ji}^{soil} \cdot f_j^{soil} \cdot C_i^{soil} + CR_{ji}^{water\_fresh} \cdot f_j^{water\_fresh} \cdot C_i^{water\_fresh} + CR_{ji}^{soil\_pl} \cdot f_j^{soil\_pl} \cdot C_i^{soil}) \cdot DC_{ji}$$

где первая сумма оценивает дозу от внешнего облучения, вторая сумма оценивает дозу от внутреннего облучения.

$f_j^{water\_fresh}$ – доля времени, проводимая j -м видом биоты в пресной воде, отн. ед;

f_j^{soil} – доля времени, проводимая j -м видом биоты в почве, отн. единицы;

$f_i^{soil\ pl}$ – доля времени, проводимая j -м видом биоты на поверхности, отн. ед;

C_i^{soil} – концентрация i -го радионуклида в почве, Бк/кг;

$C_i^{water\ fresh}$ – концентрация i -го радионуклида в пресной воде, Бк/кг;

σ_i – плотность i -го радионуклида на поверхности почвы, Бк/м²;

$DCF_{ji}^{water\ fresh}$ – коэффициент перехода от концентрации в воде i -го радионуклида к дозе внешнего облучения j -го вида биоты, (мкГр/сут) * (Бк/кг)⁻¹;

DCF_{ji}^{soil} – коэффициент перехода от концентрации в почве i -го радионуклида к дозе внешнего облучения j -го вида биоты, (мкГр/сут) * (Бк/кг)⁻¹;

$DCF_{ji}^{soil\ pl}$ – коэффициент перехода от плотности i -го радионуклида на поверхности почвы (глубина до 5 см) к дозе внешнего облучения j -го вида биоты, (мкГр/сут) * (Бк/м²)⁻¹;

$CR_{ji}^{water\ fresh}$ – коэффициент перехода i -го радионуклида из пресной воды в организм j -го вида биоты, (Бк/кг живого веса организма) * (Бк/кг)⁻¹;

CR_{ji}^{soil} – коэффициент перехода i -го радионуклида из почвы в организм j -го вида биоты, (Бк/кг живого веса организма) * (Бк/кг сух. веса почвы)⁻¹;

DC_{ji} – дозовый коэффициент перехода от активности в теле j -го организма к дозе внутреннего облучения от i -го радионуклида, (мкГр/сут) * (Бк/кг живого веса организма)⁻¹.

Для верификации дозовых нагрузок на биоту использовался on-line калькулятор, разработанный Международной комиссией по радиационной защите [4, 5].

В таблице приведены результаты оценки поглощённых доз у доминирующих видов биоты в озере Персток и Борщевском затоплении в июле 2014 г.

Таблица

Поглощённые дозы ионизирующей радиации у доминирующих видов биоты водоемов зоны ЧАЭС в июле 2014 г.

Вид, часть тела	Поглощенная доза, мкГр·сутки ⁻¹ ± 25%		
	¹³⁷ Cs + ¹³⁷ Ba	⁹⁰ Sr + ⁹⁰ Y	²⁴¹ Am
Озеро Персток			
<i>Typha angustifolia</i> , стебель	1,6 (16,3)*	8,10 (82,9)	0,07 (8,0)
<i>Typha angustifolia</i> , корень	2,6 (37,7)	2,90 (42,0)	1,4 (20,3)
<i>Stratiotes aloides</i> , стебель	1,7 (6,1)	26,0 (92,6)	0,3 (1,3)
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> , стебель	1,8 (6,9)	24,0 (91,5)	0,43 (1,6)
Борщевское затопление			
<i>Stratiotes aloides</i> , стебель	1,0 (15,4)	5,30 (81,5)	0,20 (3,1)
<i>Myriophyllum spicatum</i> , стебель	0,52 (7,6)	6,10 (89,5)	0,20 (2,9)
<i>Acorus calamus</i> , стебель	0,23 (8,0)	2,60 (90,0)	0,06 (2,0)
<i>Lymnaea stagnalis</i> , все тело	0,61 (1,0)	63,0 (99,0)	Ниже МДА

* в скобках – вклад каждого радионуклида в суммарную эквивалентную дозу, %;

Закключение. Таким образом, учитывая снижение активности ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs и параллельный рост активности ²⁴¹Am в воде, донных отложениях и биоте, уже в ближайшие десятилетия ²⁴¹Am станет важнейшим дозообразующим фактором для биоты малопроточных водоемов ближней зоны ЧАЭС. Согласно последним оценкам, нижний предел безопасных доз ионизирующей радиации для биотических сообществ пресных водоемов составляет 240 мкГр·сутки⁻¹ [6]. Полученные нами данные значения МПД существенно ниже этого предела (табл. 1). Тем не менее, подобные дозы могут вызывать определенные изменения на молекулярно-генетическом уровне [7], что способствует постепенному накоплению сублетальных мутаций в последовательных поколениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конопля Е.Ф. Радиация и Чернобыль: Короткоживущие радионуклиды на территории Беларуси / Е.Ф. Конопля, В.П. Миронов, В.В. Журавков. – Минск: Белорус. наука, 2008. – 198 с.
2. Zhuravkov, V.V. Reconstruction of the radiation situation in the Republic of Belarus using gis-technologies // XXI International scientific-practical conference «Actual problems of ecology and nature management» April 25-27, 2020 RUDN Moscow. – Moscow, 2020. P. 78 – 84.
3. Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Radionuclides for Biota in the Marine Environment. Technical Reports. Vienna, IAEA. 2004; 422.
4. <http://biotadc.icrp.org/>.

5. International Atomic Energy Agency. Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Radionuclides for Biota in the Marine Environment. Technical Reports Series No.422, Vienna, 2004.
6. Andersson P et al. Numerical benchmarks for protecting biota against radiation in the environment: proposed levels and underlying reasoning. Swedish Radiation Protection Authority. 2008; 48.
7. Гудков Д.И. и др. Пресноводные моллюски в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС: динамика содержания радионуклидов, дозовые нагрузки, цитогенетические и гематологические исследования. Гидробиол. журн. 2010. Том 46, № 3. – с. 86 – 104.

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ КАК ВЫЗОВ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ:
СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И МЕХАНИЗМЫ ПАРИРОВАНИЯ**

**ECOLOGICAL RISKS AS A CHALLENGE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT:
MONITORING SYSTEMS AND COUNTER MECHANISMS**

Д. А. Мальцева, О. Д. Сафонова, Д. А. Федотов
D. A. Maltseva, O. D. Safonova, D. A. Fedotov

*Санкт-Петербургский государственный университет
г. Санкт-Петербург, Россия
buenafiesta@mail.ru*

*St. Petersburg State University
City Saint Petersburg, Country Russia*

Авторами констатируется высокий рискогенный потенциал современных экологических проблем, обостряющих социально-экономические и политические риски для человеческой цивилизации. Отмечается важная роль систем мониторинга и оценки экологической ситуации посредством различных индексов. Приоритетными задачами обозначаются упреждение рисков, минимизация негативных эффектов, адаптация к последствиям экологических кризисов. Для достижения целей устойчивого развития выявлена необходимость совершенствования нормативно-правовой базы, межсекторального взаимодействия, применения цифровых технологий и искусственного интеллекта в управлении экологическими рисками.

The authors state the high risk potential of modern environmental problems, aggravating socio-economic and political risks for human civilization. The important role of monitoring and assessment systems of the environmental situation through various indices is noted. Priority tasks include preventing risks, minimizing negative effects, and adapting to the consequences of environmental crises. To achieve sustainable development goals, the need to improve the regulatory framework, intersectoral interaction, and the use of digital technologies and artificial intelligence in environmental risk management has been identified.

Ключевые слова: экологические риски, риск-менеджмент, устойчивое развитие, оценка рисков, цифровые технологии.

Keywords: environmental risks, risk management, sustainable development, risk assessment, digital technologies.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-268-271>

Экологический кризис обостряет существующие социально-экономические и политические риски и катализирует появление новых вызовов для человеческой цивилизации, требующих развития новых направлений в системе глобального стратегического управления [1]. У. Бек, отмечая высокий рискогенный потенциал экологических проблем, говорил о важности переосмысления вопроса защиты окружающей среды на основе международного политического сотрудничества.

Обострение экологических проблем, сопровождающееся угрозой жизни и здоровью населения, может повлечь за собой нарастание социальной напряженности и активизацию протестных процессов.

Для прогнозирования развития экологических рисков, анализа общей эффективности предпринимаемых действий, а также их долгосрочного планирования важными являются различные показатели, индексы, которые составляют системы оценки рисков.

Оценка экологических рисков – Environmental Risk Assessment – направлена на выявление и анализ потенциальных экологических рисков, возникающих в результате деятельности человека, которые могут причинить вред людям и/или экологическим системам.

Глобальный индекс климатических рисков анализирует и ранжирует, в какой степени страны и регионы подвержены воздействию экстремальных погодных явлений, связанных с климатом (бури, наводнения, аномальная жара и т. д.).

Индекс экологической эффективности (Environmental Performance Index) анализирует общую результативность экологической политики государств и рассматривает ее в контексте трех основных категорий: охраны окружающей среды, жизнеспособности экосистем и изменения климата. Данный рейтинг также ранжирует рассматриваемые государства по степени их экологической эффективности: так, в отчете за 2022 год Россия занимает 112 место в общем рейтинге из 180 стран.

Индекс зеленого роста (Green Growth Index) оценивает прогресс стран в достижении целей устойчивого развития по четырем параметрам: рациональное использование ресурсов, защита природного капитала, возможности для «зеленой» экономики и социальная вовлеченность.

Глобальный индекс зеленой экономики оценивает эффективность «зеленой» экономики по четырем ключевым параметрам: изменение климата, декарбонизация промышленности, инвестиции в ESG и охрана окружающей среды.

Мировой индекс рисков (World Risk Index) анализирует риск стихийных бедствий в результате экстремальных природных явлений с учетом подверженности страны рискам и уязвимости к ним. Вышеобозначенные индексы позволяют оценивать те или иные составляющие общего экологического состояния стран и регионов мира.

Более комплексный подход отличает Индекс целей устойчивого развития, составленный SDSN и Bertelsmann Stiftung. В его основе лежат 17 целей социально-экологического развития, обозначенных в Повестке дня на период до 2030 года, принятой в 2015 году Генеральной Ассамблеей ООН. Согласно отчету за 2022 год, общемировой прогресс в достижении целей устойчивого развития, в том числе и в плоскости экологического развития, постепенно возрастал до 2019 года, после которого в связи с пандемией Covid-19 и последующим восстановлением после нее наступил период стагнации, усугубившийся глобальным политическим противостоянием и началом военного конфликта на Украине. Наиболее сложными в достижении являются следующие экологические цели устойчивого развития (ЦУР): ЦУР 12 – переход к рациональным моделям потребления и производства, ЦУР 13 – борьба с изменением климата, ЦУР 14 – сохранение океанов и морей, рациональное использование морских ресурсов, ЦУР 15 – защита экосистем суши и биоразнообразия. Все перечисленные цели относятся к экологической сфере, что демонстрирует высокую сложность практической реализации природоохранных действий со стороны государств по всему миру. Данная проблема усугубляется в странах с низким уровнем дохода ввиду отсутствия инфраструктуры и механизмов решения экологических проблем, что демонстрирует большую экологическую уязвимость менее развитых стран.

Комплексный многопрофильный анализ риска должен включать не только оценку влияния определенного фактора, но совокупность различных детерминант риска и их влияние друг на друга [3]. Так, фактор климатических бедствий в 2020 году существенно усугубился развитием пандемии Covid-19, что вызвало высокую нагрузку на системы здравоохранения, энергоснабжения, работу аварийно-спасательных служб во многих странах.

Стоит также отметить, что при оценке совокупного экологического риска важно учитывать меры реагирования, поскольку они играют ключевую роль в обеспечении потенциальных результатов, а также определяются политической и экономической составляющими. Данный подход обеспечивает целостное восприятие реального или прогнозируемого риска, поскольку объясняет, по какой причине в некоторых случаях лица, принимающие решения, не предпринимают действий для снижения риска: причиной могут выступать возможные репутационные риски, недостаточное финансирование, непроверенные технологические решения и т.д. [4].

Принятие решений, в свою очередь, может сопровождаться не только положительными последствиями и нивелированием риска, но также усугублением текущих проблем, в том числе за счет многочисленных компромиссов и сопутствующих выгод для действующих субъектов, что способно изменить общий характер риска и его сложность. Таким образом, учет социально-экономических, политических факторов, региональных особенностей, взаимодействия управленческих систем разного уровня позволяет точнее оценить экологические риски и концептуализировать стратегии по нивелированию потенциальных негативных эффектов.

Рассмотрим основные этапы реализации стратегий риск-менеджмента в экологической сфере:

1. первичный анализ и идентификация рисков;
2. определение основных направлений их нивелирования;
3. оценка вероятности, влияющих факторов, вероятного ущерба;
4. разработка и планирование мероприятий по снижению рисков.

Управление рисками природных катастроф должно опираться на структурное понимание формирования и эволюции стихийных бедствий, смягчения последствий бедствий и последующего восстановления. Учет упомянутых выше факторов, а также использование развитых геотехнических и экологических инженерных систем, должны способствовать совершенствованию оценки и идентификации природных рисков, снижению риска бедствий в целом. Важным является также анализ социального контекста, структурных сил и конъюнктурных факторов, составляющих контекстуальные рамки исследуемой проблемы.

Отдельным фактором, также потенциально способным оказать существенное влияние на управление экологическими рисками и снижение негативных последствий изменений климата, выступает использование информационных систем и искусственного интеллекта. В условиях цифровизации грамотное применение современных технологий способно помочь решению существующих проблем и достижению устойчивого развития, однако данная стратегия имеет и потенциальные неблагоприятные последствия в случае безответственного использования информационных систем [5].

Как уже отмечалось ранее, на сегодняшний день экологические проблемы сопряжены со значительными социальными, экономическими и политическими рисками. Изменение климата и учащение природных катастроф – наводнений, засух, ураганных ветров и рекордных температурных показателей – угрожает продовольственной безопасности отдельных государств и мировых регионов, например, Восточной Африки. Также сохраняется проблема обеспечения доступа к воде в странах Ближнего Востока и Северной Африки. Отсутствие постоянного доступа к воде и необходимым санитарным условиям повышает риски возникновения эпидемических вспышек различных заболеваний. Также в условиях недостаточной обеспеченности ресурсами между государствами возникает геополитическая напряженность, что снижает уровень безопасности региона. Такие макрополитические и экономические факторы, как геоэкономическая конфронтация и военные конфликты, являются дополнительными катализаторами экологических проблем.

Отдельным следствием природных катаклизмов является разрушение инфраструктуры и логистических цепочек, а также производственные сбои, что повышает риски для компаний и может стать причиной роста цен на продукцию, особенно в условиях дефицита определенных ресурсов. Подобные изменения детерминируют усиление социальной напряженности и возрастание рисков протестной активности.

Комплексный экологический риск-менеджмент подразумевает первичный анализ и идентификацию риска с учетом влияния на него совокупности различных факторов, определение направлений для их нивелирования, проектирование возможных сценариев реализации риска и оценку вероятности их наступления, а также вероятных последствий, проведение мероприятий по парированию рисков и минимизации их последствий. Важная роль отводится прогнозированию и сценарному методу, которые позволяют просчитывать возможные эффекты от потенциального экологического бедствия или катастрофы, а также определять их влияние на усугубление иных актуальных или предстоящих кризисов. Имплементация в экологический риск-менеджмент прогностических моделей, сценарного анализа и комплексных механизмов сбора данных позволит повысить способность эффективно предупреждать и нивелировать возникающие экологические риски. В последние годы повышается также роль современных технологий и машинного обучения в управлении рисками.

Немаловажным направлением, в рамках которого стоит развивать систему управления рисками различного уровня, является адаптация к последствиям кризиса и смягчение последствий. Поскольку не все экологические риски можно упредить, стратегическое планирование должно предусматривать развитие в условиях экологического кризиса с минимальным ущербом. Представляются эффективными меры по созданию и регулярной модернизации инфраструктуры, обладающей определенной устойчивостью к изменению климата, и внедрению возобновляемых источников энергии.

Совершенствование нормативно-правовой базы также является значимым этапом развития экологической политики государства. Нормативные акты и документы стратегического планирования с обязательными четко определенными стандартами и показателями экологической эффективности, а также строгими мерами ответственности призваны обеспечить результативную защиту окружающей среды. Повышение эффективности принимаемых мер возможно путем развития экологически ориентированного взаимодействия между органами власти различных уровней, бизнес-структурами, некоммерческими организациями и объединениями, отдельными локальными сообществами и группами и гражданским обществом.

Приоритетное направление в условиях геополитической неопределенности и быстро меняющихся условий среды, а также высоких социально-экономических издержек неблагоприятного экологического состояния следует отводить применению методов по упреждению и парированию возможных рисков и минимизации предстоящих негативных эффектов. Экологические проблемы относятся к категории долгосрочных рисков, что осложняет их управление в виду сложности достижения компромисса в принятии политических решений, последствия от которых проявятся через определенное время и на текущий момент могут представляться политической и экономической элите недостаточно приоритетными. Более активное привлечение к процессу принятия решений научного сообщества и практиков стратегического риск-менеджмента потенциально призвано способствовать нахождению компромисса и ограничению негативного антропогенного влияния на окружающую среду.

Существенное развитие в последние несколько лет и в прогнозируемом будущем получают цифровые технологии и использование искусственного интеллекта в том числе и в деле управления экологическими рисками. Так, студенты Дальневосточного федерального университета уже с помощью искусственного интеллекта и компьютерных программ просчета рисков пытаются создать новые пути ловли рыбы с учетом различных факторов: сезонность, миграция, течение, траектории движения и сохранение популяции. Полученный продукт позволит рыболовецким хозяйствам не только повысить коммерческую прибыль от своей деятельности, но и создать более благоприятные условия для сохранения и роста популяции рыб. Подобные истории интеграции новых технологий находят особое отражение в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами. Созданная в 2019 году по указу Президента РФ ППК «Российский экологический оператор» находит успешные решения в данной сфере. Действующая программа «РЭО Радар» позволяет заинтересованным гражданам напрямую сообщать о нарушениях состояний мусорных баков в городах и поселениях, после чего закрепленный за территорией региональный оператор обязан устранить нарушение. Интерактивный формат вовлечения людей в экологическую повестку находит свой отклик и благодаря конкурсной форме: за каждый сезон удается собирать тысячи жалоб из разных регионов России. Однако не только граждане могут влиять на обращения с отходами – РЭО планирует запускать технологию постоянного слежения за мусорными полигонами с помощью дронов и искусственного интеллекта,

где любые нарушения будут отрабатываться напрямую с региональными операторами. Очевидно, что внедрение информационных технологий в структуру управления экологическими рисками является важной тенденцией, которая позволит повысить качество общего риск-менеджмента на государственном уровне.

Таким образом, следует отметить, что на современном этапе рискогенный потенциал экологических проблем регулярно возрастает, что обуславливает актуализацию развития стратегического риск-менеджмента для управления экологическими рисками как на глобальном уровне, так и на уровне отдельных государств и регионов. Как было установлено, для их парирования необходима реализация комплекса политических, правовых, экономических и социальных мер по развитию экологической политики государства. В условиях высоких социально-экономических издержек неблагоприятного состояния окружающей среды важная роль в экологическом риск-менеджменте отводится применению методов по упреждению, минимизации соответствующих рисков и нивелированию возможных негативных эффектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Norman J Vig, Michael E Kraft. Environmental policy: new directions for the twenty-first century - D.C. CQ Press, 2017 – 456 p.
2. Бек У. Общество риска: На пути к другому модерну / Пер. с нем. В. Седельника, Н. Федоровой. - М.: Прогресс-Традиция, 2000. 384 с.
3. N. P. Simpson et al., A framework for complex climate change risk assessment // One Earth. 2021. №4. P. 489-501.
4. Haikola, S., Hansson, A., and Anshelm, J. From polarization to reluctant acceptance—bioenergy with carbon capture and storage (BECCS) and the post-normalization of the climate debate // Journal of Integrative Environmental Sciences. 2019. 16(1). P. 45–69.
5. Y.K. Dwivedi et al. Climate change and COP26: Are digital technologies and information management part of the problem or the solution? An editorial reflection and call to action // International Journal of Information Management. 2022. Volume 63. 40 p.

**ФИЛОСОФСКИЕ
И СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОСТИ**

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР НА ФОРМИРОВАНИЕ АГРЕССИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ У ПОДРОСТКОВ

ANALYSIS OF THE IMPACT OF COMPUTER GAMES ON THE FORMATION OF AGGRESSIVE BEHAVIOR IN ADOLESCENTS

Н. А. Козелько, С. И. Пупликов
N. A. Kozelko, S. I. Puplikov

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
ninakozelko@gmail.com*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus*

В эру, где гаджеты стали неотъемлемой частью повседневной жизни, мы не можем игнорировать влияние цифровых технологий на социальные динамики. Распространение гаджетов и доступ к мобильным устройствам среди подростков сопровождается уникальными вызовами и возможностями. Эмоциональная лабильность и интенсивность переживаний, характерные для этого возраста, могут находить свое отражение в виртуальном мире.

In the era where gadgets have become an integral part of everyday life, we cannot ignore the impact of digital technologies on social dynamics. The proliferation of gadgets and access to mobile devices among teenagers comes with unique challenges and opportunities. The emotional lability and intensity of experiences characteristic of this age can be reflected in the virtual world.

Ключевые слова: агрессия, агрессивность, компьютерные игры, подростки.

Keywords: aggression, aggressiveness, gaming, teenagers.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-273-276>

Научные и технические достижения XXI века сыграли важную роль в широком распространении инноваций, охватывая разнообразные области жизни нашего глобального общества. Этот непреодолимый поток технологического развития обнаруживает свои корни в самых глубоких уголках общества, внедряясь с вихрем перемен в повседневность нашей мировой общности. На фоне этого прогресса глобальная сеть Интернет выделяется как ключевой катализатор оперативного распространения информации, ставшей неотъемлемой частью современного образа жизни. Однако, как это часто бывает в истории человечества, с каждым великим достижением сопутствует неотъемлемая тень вызовов.

Глобальная паутина Интернета, вытянутая по всей планете, превратилась в причудливую сеть, которая переплетает нас с информацией, словно невидимые нити судьбы. Это вливание знаний стало своего рода путеводной звездой, освещающей путь к новым горизонтам истории человечества. Но какова цена такого безудержного роста информационных технологий?

Вместе с волнующими новостями и исключительной доступностью к знаниям, с которыми нам суждено столкнуться в этом эпохальном периоде, наступает время саморазвития и самопознания. Однако, под поверхностью этой цифровой идиллии кроется зловещая тень – неопределенность и неуправляемость информационного пространства. Государственные инстанции, стремящиеся управлять и контролировать потоки информации, оказываются в затруднительном положении, сталкиваясь с непреодолимой мощью децентрализованных структур.

Этот парадоксальный эффект, вытекающий из неполного контроля, приводит к неизбежному распространению демократических идей в тех регионах, где авторитарные режимы пытаются подавить свободу выражения. Исключительная свобода Интернета, в то же время, означает, что пространство это подвергается угрозам влияния со стороны различных деструктивных сил, использующих его в своих интересах.

Таким образом, появляется дилемма, на фоне которой особое внимание привлекает молодежь – группа, часто лишенная необходимого социального и образовательного опыта для адекватной фильтрации информации. Это создает почву для потенциальных жертв информационных атак, что вызывает особую обеспокоенность в научном сообществе.

В таких условиях остро становится вопрос о необходимости комплексных исследований, направленных на разработку не только методик противодействия, но и стратегий нейтрализации негативных информационных атак. Ведь только путем глубокого анализа и систематического подхода мы сможем разработать эффективные

меры по защите общества от потенциальных вредных воздействий в эпоху неопределенности и переплетения информационных потоков.

Когда средства массовой информации освещают случаи насилия в отношениях между подростками, где преступления совершены мальчиками, часто не указывается на пол преступника. Утверждается, что подростки проявляют агрессию, или что существует проблема насилия внутри молодежной среды. Однако, когда жертвами агрессии становятся девушки, это сталкивается с корнями укоренившегося в общественном сознании стереотипа о слабом поле: милой, чувствительной, беспомощной, и такие акты жестокого насилия со стороны девушек-подростков шокируют и заставляют задуматься [1].

Когда рассматривается проблема насилия среди подростков, особенно в контексте использования гаджетов, становится важным учитывать взаимодействие с цифровыми медиа. Они, как зеркало, отражают и усиливают эмоциональные колебания и проблемы, с которыми подростки сталкиваются в реальной жизни.

Одним из интересных аспектов является то, как эмоциональные переживания подростков выражаются в их цифровых взаимодействиях. Возможно, использование гаджетов становится своего рода выходом, где подростки ищут понимание и общение, а также проецируют свои эмоциональные переживания через виртуальные средства общения.

Таким образом, когда рассматриваются вопросы насилия среди подростков, важно внимательно изучать взаимосвязь между их эмоциональными переживаниями, использованием гаджетов и воздействием цифровых медиа. Это позволит более глубоко понять не только причины насилия, но и способы эффективного воздействия на этот важный аспект современной подростковой жизни [1].

Подростковый период определяется как «период бури и напора» [1]. Усиленная чувствительность и эмоциональная лабильность рассматриваются как характерные черты подростка. Эмоциональные переживания играют особенно важную роль у подростков. Причины и источники усиленной эмоциональности подростков кроются как в физиологической сфере (гормональные функции организма), так и в социальном опыте (активное участие в общественной жизни) [1].

Результаты исследования и обсуждение. В рамках данного исследования участие приняли обучающиеся общеобразовательных школ и гимназий города Минска, а также обучающиеся общеобразовательных учебных заведений Минской области. Общее количество участников составило 813 человек, в возрасте от 12 до 16 лет, представленных как мальчиками (435 человек), так и девочками (378 человек).

В целях оценки воздействия гаджетов на психическое состояние подростков был использован опросник уровня агрессивности Басса-Дарки (Buss-Durkee Hostility Inventory, BDHI). Этот инструмент включает в себя 75 вопросов и позволяет выделить два вида враждебности – обиду и подозрительность. Кроме того, опросник охватывает пять различных видов агрессии: физическую агрессию, косвенную агрессию, раздражение, негативизм и вербальную агрессию. Этот комплексный подход позволяет охватить разнообразные аспекты агрессивного поведения и лучше понять его динамику среди подростков в современных экологических условиях [2].

В рамках данного исследования особое внимание уделяется воздействию компьютерных игр на подростковую психику. Подростки, опрошенные в ходе исследования, указывают название компьютерной игры в качестве предпочтительного развлечения. Оценка этих игр проводится по шкале от 0 до 3 баллов, применяемой в соответствии с Pan European Game Information [3].

Наивысшие 3 балла присваиваются играм с явной жестокостью, ненормативной лексикой и элементами, поощряющими или обучающими азартным играм. Примерами таких игр могут служить «Mortal Kombat» и «Postal 2». Игры, демонстрирующие насилие более графического характера по отношению к фантастическим персонажам или содержащие нереалистичное насилие, оцениваются на 2 балла, включая такие проекты, как «Counter Strike». Наименьшее количество баллов – 1, присваивается играм с элементами, которые могут пугать маленьких детей, содержащими легкие формы насилия, например, «The Legend of Zelda». Нулевая оценка выставляется отсутствию любимой компьютерной игры или ее спокойному характеру, например, головоломкам или пазлам.

Такой многоуровневый подход к оценке компьютерных игр позволяет учесть разнообразие их влияния на подростковую психику, а также выявить те игровые продукты, которые могут иметь потенциальные отрицательные последствия для формирования агрессивного поведения.

На основании анализа предпочитаемой игры подростки были разделены на четыре группы, основанные на оценке их предпочтения компьютерных игр. В первую группу вошли подростки, не имеющие любимой игры или предпочитающие её спокойный характер (оценка 0 баллов). Во вторую группу вошли подростки, любимая игра которых была оценена в 1 балл. В третью группу вошли подростки, любимая игра которых была оценена в 2 балла. В четвертую группу вошли подростки, любимая игра которых была оценена в 3 балла. Эти группы были проанализированы в зависимости от времени, проводимого за компьютерными играми, а также в зависимости от пола.

В процессе работы были использованы методы статистической обработки результатов с помощью пакета анализа в MS Excel. Статистическая значимость различий определялась с помощью t-критерия Стьюдента.

Проведенное исследование выявило, что более половины обучающихся, а именно 52,89%, проявляют предпочтение к компьютерным играм с отсутствием агрессии или, в некоторых случаях, вовсе не участвуют в данной форме развлечений. Анализ уровня агрессии у данной категории подростков выявил средний показатель в $60,78 \pm 1,66$ баллов, что свидетельствует о наличии повышенного уровня агрессивности. Этот феномен требует дополнительного исследования, чтобы лучше понять механизмы формирования агрессивного поведения в данной категории обучающихся.

Второй выявленный кластер составляют 12,92% подростков, предпочитающих компьютерные игры с минимальным уровнем агрессии. Уровень агрессии в данной группе составил $58,16 \pm 1,76$ баллов, также указывая на повышенный уровень агрессивности.

Третья группа обучающихся, предпочитающих компьютерные игры со средним уровнем агрессии (16,97%), демонстрирует уровень агрессии в размере $63,04 \pm 1,69$ баллов. Этот показатель также свидетельствует о повышенном уровне агрессивности.

Наконец, 17,22% обучающихся предпочитают игры с высоким уровнем агрессии. Анализ уровня агрессии в данной группе выявил средний показатель в $63,82 \pm 1,71$ баллов, также указывая на наличие повышенного уровня агрессивности. Это явление требует дополнительного исследования для выяснения особенностей восприятия и воздействия агрессивного игрового контента на данную категорию обучающихся, а также для разработки эффективных стратегий превентивного воздействия на формирование агрессивного поведения.

Результаты анализа данных свидетельствуют об отсутствии тесной взаимосвязи между предпочтением компьютерных игр и уровнем агрессивности среди обучающихся. Повышенный уровень агрессивности у обучающихся наблюдается как среди тех, кто предпочитает игры с высоким и уровнем агрессии, так и не играющих вовсе. Следует отметить, что среди тех, кто предпочитает компьютерные игры с отсутствием агрессии или не играет в них вовсе, выявлено 75,66% девочек и 33,1% мальчиков. Эти результаты могут подчеркивать различия в предпочтениях и воздействии компьютерных игр в зависимости от пола.

При анализе уровней агрессивности у групп с разными предпочтениями игр видно, что девочки, предпочитающие игры с отсутствием агрессии или не играющие в компьютерные игры, имеют более низкий средний уровень агрессивности ($59,14 \pm 1,29$), чем их мужские сверстники ($63,69 \pm 1,55$). Это может указывать на отсутствие различий в восприятии и реакциях на игровой контент между полами.

В контексте предпочтений к компьютерным играм с минимальным уровнем агрессии, анализ данных показал, что 8,99% девочек и 16,32% мальчиков предпочитают такие игры. Интересно, что уровень агрессивности у девочек ($60,41 \pm 3,18$) в этой группе немного выше, чем у мальчиков ($57,09 \pm 2,11$), возможно, отражая особенности восприятия содержания игр.

Важно отметить, что уровни агрессивности у девочек и мальчиков в этих группах могут отличаться, что подчеркивает необходимость более глубокого изучения влияния содержания компьютерных игр на психическое состояние подростков с учетом разнообразных факторов, таких как пол и предпочтения в играх.

Однако, нет статистически значимых различий в уровнях агрессии между мальчиками и девочками, предпочитающих компьютерные игры с минимальным уровнем агрессии и с полным ее отсутствием.

Результаты анализа данных говорят о том, что среди обучающихся, предпочитающих компьютерные игры со средним уровнем агрессии, выявлено 8,74% девочек и 24,14% мальчиков. В этой группе уровень агрессивности у девочек составляет $60,69 \pm 3,68$, в то время как уровень агрессивности у мальчиков достигает $63,78 \pm 1,9$. Эти результаты подчеркивают, что существует некоторое различие в распределении полов среди предпочитающих компьютерные игры со средним уровнем агрессии обучающихся, и уровни агрессивности могут проявлять некоторые различия в зависимости от половой принадлежности.

В контексте обучающихся, предпочитающих компьютерные игры с высоким уровнем агрессии, выявлено 6,61% девочек и 26,44% мальчиков. Уровень агрессивности у девочек в данной группе составляет $64,25 \pm 4,55$, в то время как уровень агрессивности у мальчиков равен $63,73 \pm 1,85$. Эти данные свидетельствуют о том, что не существует различий в предпочтениях по уровню агрессии в компьютерных играх между мальчиками и девочками, а также подчеркивают, что агрессивный контент в играх не оказывает воздействия на психическое состояние обучающихся в контексте их половой принадлежности (таблица 1).

Таблица 1

Анализ уровня агрессивности у подростков в зависимости от предпочитаемой компьютерной игры (опросник уровня агрессивности Басса-Дарки)

Уровень агрессивности у обучающихся	Уровень игры 0 (N=430)		Уровень игры 1 (N=105)		Уровень игры 2 (N=138)		Уровень игры 3 (N=140)	
	М	м	М	м	М	м	М	м
Девочки	59,14	1,29	60,41	3,18	60,69	3,68	64,25	4,55
Мальчики	63,69	1,55	57,09	2,11	63,78	1,9	63,73	1,85

Выводы. Выводы данного исследования подчеркивают важность изучения влияния компьютерных игр на психическое состояние обучающихся, особенно с учетом уровня агрессивности. В ходе анализа было выявлено, что более половины обучающихся проявляют предпочтение к компьютерным играм с отсутствием агрессии или вовсе не участвуют в данной форме развлечений.

Исследование выявило, что нет статистически значимых различий между уровнями агрессивности у мальчиков и девочек в зависимости от уровня агрессии предпочитаемых компьютерных игр. Уровни агрессии у обоих полов относятся к повышенному.

Интересно, что уровень агрессии оказался повышенным как среди тех, кто предпочитает игры с высоким уровнем агрессии, так и среди тех, кто не участвует в них. Это указывает на необходимость дополнительного исследования для понимания механизмов формирования агрессивного поведения в данной категории обучающихся.

Важным выводом является также то, что несмотря на отсутствие тесной взаимосвязи между предпочтением компьютерных игр и уровнем агрессивности, существуют различия в предпочтениях и реакциях на игровой контент в зависимости от пола. Девочки, предпочитающие игры с отсутствием агрессии или не участвующие в них, имеют более низкий уровень агрессивности по сравнению с их мужскими сверстниками.

Анализ уровней агрессивности у групп с разными предпочтениями игр также выявил различия между девочками и мальчиками, что подчеркивает необходимость учета пола при изучении воздействия компьютерных игр на психическое состояние подростков. Эти результаты предостерегают от обобщенных выводов и подчеркивают важность дополнительных исследований для полного понимания влияния компьютерных игр на подростковую популяцию с разными предпочтениями и половой принадлежностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Żebrowska, M. An analysis of the preferences of adolescents for computer games / M. Żebrowska, M. Przybyłowa. // Psychologia Wychowawcza. – 1993 – № 1. – P. 661-668.
2. Гребень, Н.Ф. Психологические тесты для профессионалов / Н.Ф.Гребень. – Минск: Современ. Шк., 2007. – 496 с.
3. Interactive Software Federation of Europe [Electronic resource] // PEGI Online. – Mode of access: <http://www.pegionline.eu>. – Date of access: 06.02.2024.

РОЛЬ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

THE ROLE OF PHYSICAL CULTURE IN THE EDUCATION SYSTEM OF THE REPUBLIC OF BELARUS IN THE TRAINING OF HIGHLY QUALIFIED SPECIALISTS

М. М. Круталевич¹, О. Н. Онищук¹, В. И. Аскерко², В. А. Макаренко³
M. Krutalevich¹, O. Onishchuk¹, V. Askerko², V. Makaranka³

¹Учреждение образования «Международный государственный институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
ft@iseu.by

²Белорусский государственный университет физической культуры, БГУФК,
г. Минск, Республика Беларусь

³Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка,
БГПУ им. М. Танка,
г. Минск, Республика Беларусь

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University,
ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian State University of Physical Culture, BSUFK, Minsk, Republic of Belarus

³Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank, BSPU named after M. Tanka,
Minsk, Republic of Belarus

В настоящее время физическая культура как область жизнедеятельности социума, связанная с двигательной активностью человека и осуществляющая здоровьесформирующую, здоровьесберегающую функции, заняла значимое положение в общественной жизни. Учитывая системообразующую роль физического воспитания в поддержании здорового образа жизни подрастающего поколения соответствующая дисциплина является обязательной для студентов Республики Беларусь. Образовательный процесс в рамках учебной дисциплины «Физическая культура» в учреждениях высшего образования включает теоретический и практический материал, направленные на решение задач, способствующих ориентации на физическое и умственное самосовершенствование, повышение компетенции и конкурентноспособности будущего специалиста.

Currently, physical culture as an area of social activity associated with human motor activity and performing health-forming, health-saving functions has taken a significant position in public life.. Taking into account the system-forming role of physical education in maintaining a healthy lifestyle of the younger generation, the corresponding

discipline is mandatory for students of the Republic of Belarus. The educational process within the framework of the discipline "Physical Culture" in educational institutions includes theoretical and practical material, is aimed at solving problems that contribute to orientation towards physical and mental self-improvement, increasing the competence and competitiveness of a future specialist.

Ключевые слова: физическая культура, студенты, учреждения высшего образования, самосовершенствование, учебно-программная документация.

Keywords: physical education, students, institutions of higher education, self-improvement, educational and program documentation.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-276-279>

В современных условиях под воздействием глобализации, существенных изменений окружающей среды, трансформации, затрагивающих все стороны жизни общества, происходят социальные преобразования. Основные направления таких преобразований сводятся не только к достижению значительных результатов по повышению качества и уровня жизни населения, но и улучшению состояния здоровья, физической подготовленности, необходимых для успешной трудовой деятельности. Сегодня роль физической культуры как области социума, связанной с активной двигательной деятельностью человека и осуществляющей здоровьесберегающую функцию в значительной степени осознается в качестве фактора совершенствования человека и общества. Физическая культура и массовый спорт, здоровый образ жизни становятся социальным феноменом, объединяющей силой, способствующей развитию государства и здорового общества.

Стремительный технический прогресс, развитие науки и значительные объемы информации, необходимые современному специалисту, делают учебную деятельность студента более интенсивной и напряженной. Для нивелирования отрицательного эффекта гиподинамии возрастает и значение занятий физической культурой как средства оптимизации двигательного режима, повышения физической подготовленности, активного отдыха, сохранения умственной и физической работоспособности студентов, поддержания здорового образа жизни. В этой связи особенно возросла роль физической культуры студентов в современном мире.

Физическая культура в учреждениях высшего образования Республики Беларусь является обязательной учебной дисциплиной, влияющей на становление общей и профессиональной культуры личности будущего специалиста, на его физическое и умственное развитие; дает необходимые знания в области физической культуры и спорта, формирует соответствующие умения и навыки, а также воздействует на формирование потребности в систематическом физическом самосовершенствовании не только в период обучения, но и помогает в выборе средств и методов для поддержания и реализации двигательной активности и физической готовности в целом на протяжении всей жизни. Освоение указанной дисциплины непосредственно влияет на совершенствование функциональных возможностей организма человека, его устойчивость к различным условиям внешней среды; обеспечивает физическую готовность студентов к выполнению функциональных обязанностей в соответствии с профилем избранной специальности (направлением специальности, специализацией), а использование средств физической культуры способствует укреплению здоровья будущего специалиста. Таким образом, физическая культура, являясь одной из составляющих общей культуры человека, во многом определяет поведение человека в учебе, на производстве, в быту, в общении, способствует решению развивающих, воспитательных и оздоровительных задач.

Учебный процесс связан с большими психофизиологическими нагрузками, что предъявляет высокие требования к умственному состоянию и физической работоспособности студентов. Значительные нагрузки и переутомление со временем приводят к функциональной недостаточности сердечно-сосудистой и нервной систем, вследствие чего могут развиваться патологические состояния организма. Поэтому знание основ методики использования физической культуры в учебном процессе и последующей профессиональной деятельности позволит студенту овладеть умениями и навыками самостоятельно дозировать физическую нагрузку в зависимости от сложности выполняемых действий, возраста, пола, физических возможностей и состояния здоровья. Известно, что такое благоприятное влияние регулятивных занятий физической культурой в процессе осознанной двигательной активности на здоровье и физическое состояние человека любого возраста происходит в результате морфо-функциональных изменений систем и органов (центральной нервной системы; сердечно-сосудистой и дыхательной систем; костно-мышечной системы и др.), способствующих адаптации организма, улучшению его деятельности и самочувствия в целом.

Подготовка квалифицированного специалиста, как известно, требует формирования у него академических, социально-личностных и профессиональных компетенций. Учебная дисциплина «Физическая культура» для непрофильных специальностей учреждений высшего образования Республики Беларусь выступает не только одной из составляющих формирования профессионально-значимых компетенций, но и решает задачу по всестороннему, гармоничному развитию личности, в значительной степени обеспечивает формирование личностных качеств обучающихся, их взглядов, убеждений, интересов, ценностных ориентаций, нравственно-волевой сферы и др. При получении высшего образования I ступени в дневной форме получения образования учебная дисциплина «Физическая культура» является обязательной в течение всего периода получения образования и осуществляется

в форме учебных занятий согласно с учебно-программной документацией соответствующей образовательной программы на первых двух курсах в объеме не менее четырех учебных часов в учебную неделю, на остальных курсах – двух учебных часов в учебную неделю. В учебно-программную документацию соответствующей образовательной программы с третьего курса включается факультативная учебная дисциплина, направленная на физическое воспитание обучающихся, в объеме не менее двух учебных часов в учебную неделю [1, 2]. Цель, задачи и предмет учебной дисциплины «Физическая культура» описаны в таблице 1 [3].

Таблица 1

*Содержание основных компонентов учебной дисциплины
«Физическая культура» в учреждениях высшего образования*

Компоненты учебной дисциплины «Физическая культура»	Содержание
Цель	формирование социально-личностных компетенций студентов, обеспечивающих целевое использование соответствующих средств физической культуры и спорта для сохранения, укрепления здоровья и подготовки к профессиональной деятельности
Задачи	➤ понимание и принятие студентом социальной роли и ценностей физической культуры в профессионально-личностном формировании будущего специалиста; ➤ овладение знаниями научно-биологических, методических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни; ➤ формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, потребности в регулярных занятиях физическими упражнениями и видами спорта; ➤ использование средств физической культуры и спорта для профилактики заболеваний, психического благополучия, развития и совершенствования качеств и свойств личности; ➤ овладение опытом активной физкультурно-спортивной деятельности по освоению ценностей физической культуры
Предмет	формирование физической культуры личности выпускника в процессе приобретения знаний, умений и навыков физкультурно-оздоровительной деятельности в интересах развития и укрепления физических и духовных качеств личности, достижения ею жизненных и профессиональных целей
Принципы	✓ гуманизации; ✓ фундаментализации; ✓ компетентностного подхода; ✓ социально-личностной подготовки; ✓ междисциплинарности и интеграционности социально-гуманитарного образования

Для реализации основных компонентов учебной дисциплины «Физическая культура» имеются такие формы организации учебного процесса как учебные (практические, теоретические, дополнительные) занятия. При этом следует отметить, что в непрофильных учреждениях высшего образования основной объем нагрузки приходится на учебные практические занятия. Кроме того, к формам организации учебно-воспитательного процесса относятся и внеучебные занятия (рисунок 1).



Рисунок 1 – Формы организации учебного процесса по физическому воспитанию студентов

В соответствии с требованиями к уровню освоения учебной дисциплины и формированию физической культуры личности будущего специалиста выпускники учреждений высшего образования овладевают теорией и методикой практического применения физических упражнений в повседневной профессиональной деятельности, опираясь не только на знания, полученные по дисциплине «Физическая культура», но и на теоретико-практические знания взаимосвязанных, дополняющих друг друга дисциплин: анатомии, физиологии человека, биологии, химии, физики, биохимии и др.

Эффективность физического воспитания в учреждениях высшего образования зависит от ряда факторов, таких как организации процесса физического воспитания (наличия законодательных и нормативных правовых документов, подбора и расстановки профессиональных кадров, управленческих решений руководства, формирования мотивации к занятиям физической культурой и спортом и др.); материально-технического обеспечения (физкультурно-спортивная база, оборудование и оснащение мест занятий, инвентарь, экипировка для занимающихся и др.); научно-методического обеспечения (учебные программы по учебной дисциплине «Физическая культура», учебно-методическая литература, рекомендации, контрольные нормативы и др.).

При освоении теоретического материала по учебной дисциплине «Физическая культура» формируется мировоззренческая система научно-практических знаний и отношение студентов к физической культуре. Эти знания необходимы для понимания природных и социальных процессов функционирования физической культуры в обществе, их творческого использования в профессионально-личностном развитии, самосовершенствовании, организации здорового образа жизни, формировании профессионально-значимых компетенций выпускника.

Поэтому основной целью преподавания теоретического раздела является систематизация теоретического и учебно-методического материала по физической культуре, приводящая к формированию базы знаний, необходимой для физического совершенствования не только в период освоения учебной дисциплины «Физическая культура», но и на протяжении всей жизни, то есть к формированию потребности в здоровом образе жизни и подготовке к профессиональной деятельности.

Преподавание данной учебной дисциплины учитывает специфику профиля учреждения высшего образования (специальности, направления специальности, специализации) в соответствии с требованиями к уровню освоения содержания дисциплины и формированию физической культуры личности будущего специалиста.

Физическая культура в системе высшего образования Республики Беларусь представлена как учебная дисциплина и важнейший фактор целостного развития личности, системообразующий компонент здорового образа жизни студента.

Практические умения и навыки, а также теоретические знания, полученные в результате освоения учебной дисциплины «Физическая культура» способствуют всестороннему развитию студентов, направлена на гармонизацию духовных и физических сил, а также является основой профессионализма будущих специалистов. Все это свидетельствует о значимой роли физической культуры в современном обществе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Беларусь «О физической культуре и спорте» от 4 января 2014 г. № 125-З в редакции Закона Республики Беларусь от 19 июля 2022 г. № 200-З // Правовая информация. – Режимы доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=H11400125>. – Дата доступа: 12.02.2024.
2. Теория и методика физического воспитания: учебное пособие / А.Г. Фурманов [и др.]; под. общ. ред. А.Г. Фурманова, М.М. Круталевича. – Минск: РИВШ, 2021. – 492 с.
3. Физическая культура: типовая учеб. программа для учреждений высш. образования: утв. М-вом образования Респ. Беларусь, 27.06.2017 г., № ТД-СГ.025/тип / М-во образования Респ. Беларусь, сост.: В.А. Коледа [и др.]. – Минск: РИВШ, 2017. – С. 5.

ЗООПСИХОЛОГИЯ ПОВЕДЕНИЯ ZOOPSYCHOLOGY OF THE BEHAVIOR

А. Р. Касьянова^{1,2}, К. Д. Дадько^{1,2}, И. З. Олевская^{1,2}
A. R. Kasyanova^{1,2}, K. D. Dadko^{1,2}, I. Z. Olevskaya^{1,2}

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск Республика Беларусь
dkd13092004@gmail.com, a14kasyanova@yandex.by
International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus

В статье показано, почему понимание психологии животных является важным. Ведь благодаря этому мы можем лучше понять их поведение, потребности и эмоции. Это в свою очередь помогает нам развивать более эффективные и этичные методы взаимодействия с животными. Понимание их психологии помогает

нам улучшить наше обращение и понимание животных, разработать более эффективные методы дрессировки, улучшения их условий содержания и защиты.

The article shows why understanding animal psychology is important. Because of this, we can better understand their behavior, needs and emotions. This in turn helps us develop more effective and ethical methods of interacting with animals. Understanding their psychology helps us to improve our treatment and understanding of animals, to develop more effective methods of training, improving their living conditions and protection.

Ключевые слова: Зоопсихология, общество, психика, окружающая среда.

Keywords: Zoopsychology, society, psyche, environment.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-279-283>

Зоопсихология (от греч. *zoon* - животное, *psyche* - душа, *logos* - учение) - отрасль психологии, изучающая закономерности развития и проявления психического отражения у животных, то есть это наука о становлении и развитии психики на дочеловеческом уровне. Первая группа людей думает, что психика есть только у человека, поскольку он обладает высшим разумом, а животные лишены этого свойства. Научная сторона также придерживается этой точки зрения и утверждает, что психика присуща только человеческому сознанию, которое отличается специфическими качествами, приобретенными благодаря культурному и эволюционному развитию. Однако другая группа исследователей считает, что психика также присутствует у животных и развивалась вместе с ними. Они утверждают: психика животных имеет свои особенности, но не отсутствует вовсе. Нужно учитывать, что термин «психика» требует более точного определения, а также термин «сознание» может включать в себя и сознание животных.

Зоопсихология исследует психику животных. Но в этом изучении есть одна существенная трудность. Ученый, изучающий психику людей, имеет представление о том, что происходит в субъективном мире человека при той или иной форме внешней активности. С одной стороны, психолог догадывается об этом, исходя из личного опыта проникновения в свой внутренний мир. С другой стороны, исследователь в конце концов может спросить о том, что переживает человек в той или иной ситуации. Зоопсихолог в этом отношении совершенно ничего не знает о субъективных переживаниях животного. Чувствует ли собака что-нибудь подобное тому, что чувствуем мы, когда рассержены, грустны или восхищены? Думает ли она о чем-то тогда, когда вопросительно смотрит в глаза хозяина, который поставил перед ней неразрешимую задачу. Трудно сказать, потому что для этого нам надо как минимум превратиться в эту собаку и, кроме того, отбросить все наше человеческое естество. Таким образом, зоопсихологу очень трудно оценить то, что творится во внутреннем, субъективном мире животных. Зоопсихология изучает психику животных, однако существует трудность в понимании субъективного мира животных. Если психолог, изучающий человеческую психику, может полагаться на общение с людьми для понимания их переживаний, то зоопсихолог не имеет такой возможности. Мы не знаем, чувствуют ли животные что-то подобное нам, думают ли они о чем-то или имеют субъективное ощущение своей сущности. Для того, чтобы узнать об этом, нам необходимо перевоплотиться в животное и отказаться от нашей человеческой природы. Это делает трудным оценку внутреннего, субъективного мира животных зоопсихологами. Проблема заключается в том, что чтобы полноценно изучить психику животных, необходимо анализировать не только внешние показатели, такие как поведение и реакции, но и закономерности, существующие в их субъективном мире. Однако, поскольку зоопсихолог не может анализировать внутренний мир животных, его исследования ограничиваются только поведением. Однако, с определенной методологией и подходом, зоопсихолог может обосновано предполагать, что происходит в субъективном мире животных, исходя из анализа их поведенческих реакций. Иными словами, специалист может строить представление о субъективном мире животного на основе изучения его поведения.

Зоопсихологам представляется весьма сложная задача понять происходящее внутри, субъективного мира животного, и в связи с этим возникают следующие проблемы. Тщательное изучение психических рефлексов требует анализ внешних реакций и объективное проявление психики, внешне зафиксированных в виде поведения, но также и изучения закономерностей. Однако, если зоопсихологи не обладают возможностью проанализировать психологический мир животных, это означает, что их исследования односторонни и ограничиваются только особенностями психических рефлексов животного. Таким образом, экологию животных, а также поведение животных следует рассматривать как отдельные дисциплины. Однако, используя единственный подход, можно сделать предположение о происходящем в субъективном мире животных на основе анализа их поведенческих реакций. Изучая поведение животных, зоопсихологи могут составить представление о том, что собаки не могут испытывать чувство вины. Например, собака выполнила что-то «не так» и осознает, что ее хозяин испытывает недовольство, она может поджать хвост и уши, отвернуться головой и отводить взгляд. Когда себя ведут люди аналогичным образом, мы можем считать, что это признак вины и осознать, что мы неправильно что-то делаем. Однако в собачьем языке такое поведение означает «я не хочу с тобой драться» или «смотри, я такой незащитный». Собаки могут пытаться умиротворить разозлившегося хозяина, чтобы предотвращать конфликты. Собаку нужно учить чтобы она понимала, что приемлемо и правильно, если ее стыдить и наказывать, результата не будет. Собаки - уникальные существа, чье поведение и способности вызывают неподдельный интерес. Они обладают поразительной способностью устанавливать хронологию между событиями и сопоставлять их последствия. Отмечается, что у собак причинно-следственные связи формируются весьма необычным образом. Например, они

не обладают пониманием принципов работы гравитации или других скрытых сил, которые очевидны для людей. Вместо этого, они основывают свои действия на фиксации малейших корреляций и использовании метода проб и ошибок. Отметим, что собаки обладают удивительными наблюдательными способностями, запоминают информацию и используют ее для прогнозирования. Возможность предугадывать человеческие мысли, предполагать, когда хозяин вернется домой или уметь считать - все это мифы, приписываемые питомцам, но на деле они просто хорошо умеют обращать внимание, анализировать и запоминать информацию. Отталкиваясь от этого, лучшим образом обеспечить психологический комфорт и благополучие своей собаки - создать среду, которая предсказуема, обеспечивая стабильный дневной режим и одинаковые реакции на различные события и каждодневные ритуалы. Что касается восприятия времени, исследования показывают, что собаки способны оценивать примерное время, прошедшее с момента, когда их хозяин покинул дом, на основании степени запаха человека в жилище. Они запоминают, что возвращение хозяина обычно происходит, когда запах становится некоторым образом слабее. То же самое может касаться и еды. Если вы привыкли кормить собаку в определенное время, она будет запоминать запах еды в момент, когда наступает пора кормления. Важно отметить, что у собак относительно человека значительно больше обонятельных рецепторов - от 250 до 300 миллионов против около 6 миллионов. Благодаря этим органам они способны улавливать запахи отдельных продуктов, их количество в пище, а также определить, где находилась еда день назад, и кто ее съел. Действительно, нос собаки способен достичь настоящих чудес. В контексте звуковой коммуникации, помимо языка движений, собаки используют разнообразные звуки: лай, скуление, вой, громкое дыхание, фырканье и рычание. В то время как мы достаточно легко трактуем большинство из этих звуков, с рычанием возникают затруднения. Часто люди неправильно интерпретируют рычание и реагируют на него агрессивно, думая, что таким образом показывают свою главенствующую роль. Более 20 лет назад исследователи со всего мира пришли к выводу, что взаимоотношения между собакой и человеком не являются иерархическими, где каждый стремится занять более высокое положение. Когда собака рычит, она просто сообщает о своем неприятном состоянии, а не проявляет агрессию и просит увеличить дистанцию или не вторгаться в его территорию или пространство. Кроме того, эти звуки могут указывать на проблемы, с которыми столкнулась собака: может быть, они чувствуют себя уязвимо, неуверенно или испытывают боль. Собаки имеют способность к самоуспокоению в моменты криза и сильного эмоционального возбуждения. Для того, чтобы им расслабиться и начать мыслить здраво, им нужно погрызть, пожевать или вовсе порвать что-либо. У них выделяется химическое вещество, которое является успокоительным. Если животное замечает, что кто-то из ее окружения чувствует тревогу или возможен конфликт, она неосознанно встает между двумя конфликтующими сторонами либо начнет зевать. На первый взгляд это может показаться ревностью, но на самом деле собака может расценить даже обычное сближение за ссору. Даже попытки объятий с животным, может спровоцировать конфликт, и он будет обязан предотвратить ссору. Люди думают, что псы могут мстить и это проблема первостепенной важности между хозяином и питомцем. Безусловно, доверия к животному, которое без остановки портит мебель в доме, нет. В такие моменты человек чувствует обиду и разочарование, и появляются мысли, что питомец сделал это с каким-либо злым умыслом, например, из-за того, что ему отказали в игре. Неправильное поведение часто вызвано страхом быть одиноким и обычной скукой. Для него наши вещи – это развивающая и занимательная игра. Решить эту проблему можно всего лишь спрятав вещи, которые для вас имеют свою ценность, а взамен предложите питомцу другое более интересное развлечение, благодаря которому он будет занят, пока вы отсутствуете. Если собака справляет нужду в доме, то корень проблемы чаще всего в здоровье или в редких выгулах. У всех живых существ должна присутствовать в безопасности и у собаки тоже она должна быть. [1]

Собаки не только способны устанавливать сложные связи, но и понимать эмоции других. Они особенно отзывчивы на страх или боль своих соседей по вольеру. Среди всего царства животных собаки непревзойденны в своем умении понимать жесты и эмоциональное состояние людей. Мы все знаем, что собаки каким-то образом чувствуют страх и, это правда – их тонкое обоняние способно учуять адреналин, выделяемый в нашем теле. Для насыщенной и гармоничной жизни собаки, нужно многообразие впечатлений. Благодаря равномерной нагрузке на ум и тело, спокойному и приятному взаимодействию с владельцем, щенок сможет правильно развиваться, а взрослый пес не будет стремиться искать новые приключения, не будет подбирать на выгулке то, что нельзя есть, и не будет рушить все в доме. Порядочные заводчики собак уже с самого начала занимаются с щенками, когда у них только начинает просыпаться интерес к миру. Они постепенно вводят незнакомые запахи, предметы и в жизнь щенков, чтобы они адаптировались к ним до переезда в свою новую семью. Этот процесс ускоряет адаптации собаки и повышает ее уверенность, что сказывается на дальнейшей жизни. Также на качественную жизнь собаки влияет потенциальное общение с другими сородичами. Между ними могут возникать разные отношения. Параметры, по которым они ищут себе друзей, для нас неизвестны, потому что это не зависит ни от возраста, ни от породы собаки. Питомцы, которые живут вместе, нередко могут чувствовать себя дискомфортно. Дружба между собаками подразумевает наслаждение проведенным временем вместе, даже замечено, что иногда у них есть места, где они встречаются, и, зная график прогулок, не хотят уходить, пока не увидят своего друга. Они доверяют друг другу и делятся игрушками.

Исследователи провели анализ психотипов собак по отношению к их владельцам. Такой психотип собаки – это результат сочетания генетических характеристик, полученных навыков через взаимодействие с человеком и дополнительное обучение и тренировки. В ходе работы было решено разделить собак на определенные группы. Для собаки с психотипом «потребители», хозяин служит лишь средством утешения своих

потребностей в ласке и т. д. Данные псы неохотно поддаются дрессировке и имеют склонность к проявлению доминирующего поведения при помощи подхалимств. У них проявляются черты, которые включают в себя привередливость, изменчивый аппетит, симулирование болезней и пониманием наивысшей ценности. Собаки «специалисты» фокусируются на стандартных формах контакта с хозяевами в ограниченном роде деятельности. Под напряжением у них возрастает вероятность проявления внезапных агрессивных действий. Собаки психотипа «солдаты» характеризуется стереотипными поведенческими и полным послушанием. Различные породы собак имеют свои особенности, которые могут повлиять на их возможность дрессировки. Некоторые собаки могут испытывать трудности в этом из-за их специфических особенностей, таких как робость перед хозяином и недостаток психической гибкости. Для собак с психотипом «рабочие» очень важно иметь хорошую связь с владельцем. Но существует риск избыточной дрессировки и проблем в установлении гибких отношений. У собак с психотипом «зависимые» владелец это источник ощущения чувства безопасности и комфорта, им важно иметь ласку, внимание. В условиях стресса такие собаки могут проявлять невротическое поведение, в одиночестве склонны лаять и выть или наносить вред имуществу. Собаки с психотипом «компаньоны» обладают отличным пониманием своего владельца. Но, при повышении напряжения, у них могут возникать психологические срывы. Психотип «сотрудники» характеризуется тактичным поведением и четким пониманием. Однако, хозяева часто переоценивают способности своих собак. [2]

Существуют совместимости психотипов собаки их владельцев. Квалифицированные люди выделили благоприятные сочетания: собаки «потребители» и хозяин «сторонний наблюдатель» либо «кормилец», либо «эмоционал». Собаки «специалисты» отлично уживутся с владельцем, который имеет психотипы «кормилец», «укротитель» или же «наставник». Псы «солдаты» будут хорошо себя чувствовать с хозяином, у которого психотип «наставник» или «укротитель». Питомцы с психотипом «рабочие» отлично ладят с хозяином, имеющим психотипы «наставник», «укротитель» или «друг». Собаки «зависимые» хорошо подойдут психотипы владельца такие как «кормилец» или «эмоционал». Псы «компаньоны» будут лучшим спутниками для владельцев, имеющих психотипы «эмоционал» или «друг». Животные «сотрудники» найдут что-то общее с человеческим психотипом «друг». Также существуют неблагоприятные сочетания: хозяева с психотипом «друг» не могут подходить для собак с психотипами «потребители», «специалисты» или «солдаты». Владелец психотипа «сторонний наблюдатель» не может найти общий язык с псами психотипов «солдаты», «рабочие» либо «сотрудники», либо «компаньоны». Хозяева, которые имеют психотипы «кормилец» не подходят животным «сотрудники». Владелец психотипа «укротитель» не подходит псам с психотипами «компаньоны» и «сотрудники». Хозяева с психотипом «эмоционал» не находят ничего общего с собаками «сотрудники». Хозяин психотипа «наставник» - с психотипом псов «зависимые» либо «компаньоны», либо «сотрудники». [3]

Зоопсихологи изучили модели контакта между собакой и человеком. Одна из таких моделей, названная «дикая», она характеризует взаимное непонимание и недоверие. В этой модели псы не только не принимают требования людей, но и руководствуются только своими инстинктами. Хозяин воспринимает этот отказ собаки как доказательство ее «звериной натуры» и это часто вызывает конфликты и боязнь. В результате отношения становятся источником постоянных конфликтов, разрешение которых часто происходит силой. В семье, у которой есть собака и с которой взаимодействует лишь один человек, потому что оставшиеся боятся её и меньше проводят времени с ней. На протяжении прогулки используются средства контроля, такие как поводок, намордник и строгий ошейник. В повышенном риске находятся псы без родословного документа, породы, которые относятся к боевым. При «бытовой» модели взаимодействия хозяин делает акцент на кормлении и гигиене собаки, но не понимает её психических потребностей. В итоге происходит избегание со стороны собаки, а также возможное доминирование. Если эту модель контакта можно объяснить какими-то переменами в жизни семьи, у собаки есть высокий риск развития хронического стресса. Такие собаки обычно не представляют социальной опасности. В основном собака имеет небольшой контакт с родственниками и практически не общается с посторонними людьми. В семье у собаки всегда будет так называемый «главный хозяин». [1-2] Хозяин уделяет повышенное внимание привычкам и слабостям собаки. Проблемы появляются тогда, когда собака начинает проявлять доминирование. Такие собаки часто плохо социализированы с другими сородичами и проявляют страхи, фобии и комплекс сверхценности. Также возможна симуляция заболеваний, особенно у самок - ложная беременность. В группе риска часто находятся мелкие собаки декоративных пород. «Сотрудничество» – это развитая форма взаимоотношений между человеком и собакой, основанная на удовлетворении психологических потребностей двух сторон. Хозяин активно контактирует с собакой, а она умеет выражать свои эмоции взглядом и мимикой. Во время совместных действий может показаться взаимопонимание без слов. Собака радушно общается с сородичами и проявляет доброжелательность и покровительство. Собака гибко выбирает формы угрозы, соответствующие ситуации. Собака редко кусает противника, за исключением случаев задержания. Собака может играть несколько социальных ролей, компенсируя недостаток межличностных отношений у человека - она может быть другом, супругом, ребенком, родителем и посредником в общении. И при этом не обязательно речь идет о мелкой собаке.

Таким образом, люди и собаки имеют некоторые общие черты, однако мы существенно отличаемся в ценностях и восприятии окружающего мира. Важно не забывать об этом и относиться с пониманием к такому поведению собак. Чтобы избежать неправильных толкований и ошибок, нужно изучать собак, следить за ними без предубеждений и пытаться понять их потребности и намерения. Мы должны тщательно и бережно строить взаимоотношения, обеспечивать защиту и уважать границы питомца – это ответственность хозяина. Собаки - су-

щества, которым необходим социум чтобы предотвратить все возможные конфликты и обеспечить выживание. Они очень миролюбивы и делают все возможное, чтобы избежать масштабных ссор и, следовательно, болезней после них и возможной смерти. У них нет возможности использовать слова, чтобы выразить свой страх или желание, чтобы человек сохранял дистанцию. Нет альтернативной системы сигнализации. Однако они имеют свою собственную методику общения - языки тела, разнообразные движения и звуки, и сигналы примирения. С помощью этих средств они коммуницируют с человеком и своими сородичами. [2]

ЛИТЕРАТУРА

1. Киселев С.Ю. Введение в зоопсихологию: учеб-метод. пособие / С. Ю. Киселев ; М - Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 160 с.
2. Совейко Е.И. Зоопсихология для специальности 1-23 01 04 Психология: учебно-методический комплекс по учебной дисциплине / Е.И. Совейко. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2022. – 100 с.
3. Иванов, А.А. Этология с основами зоопсихологии. [Электронный ресурс] / А.А.Иванов. – СПб: Лань, 2013. – 624 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/5708> – Дата доступа: 15.02.2024.

ПСИХОЛОГИЯ ЛИДЕРСТВА LEADERSHIP PSYCHOLOGY

Е. А. Губич, А. Н. Кот, И. З. Олевская
E. A. Hubich, A. N. Kot, I. Z. Olevskaya

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
Минск, Республика Беларусь
olevskaja@yandex.ru, aalchk@gmail.com, 3981eva@gmail.com
International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus

В современном мире все больше требуется эффективное руководство и управление в различных областях: в бизнесе, политике, образовании и т. д. Изучение темы лидерства помогает развить навыки руководителя и стать успешным лидером в своей сфере деятельности. Так же лидерство - ключевой фактор в достижении успеха в командной работе. Изучение лидерства помогает развить личные качества и навыки, такие как уверенность в себе, способность принимать решения, общаться и взаимодействовать с людьми. Говоря об условиях быстрого развития технологий и изменения взаимоотношений между людьми, лидерство должно быть гибким и адаптивным. Таким образом, изучение темы лидерства является актуальным и важным для развития как профессиональной, так и личной сферы жизни, а также помогает понять, как адаптироваться к изменениям и успешно руководить в условиях неопределенности и перемен.

In the modern world, there is an increasing need for effective leadership and management in various fields: business, politics, education, etc. Studying the topic of leadership helps to develop leadership skills and become a successful leader in your field of activity. Leadership is also a key factor in achieving success in teamwork. Studying leadership helps develop personal qualities and skills such as self-confidence, decision-making, communication and interaction with people. In a world where technology is rapidly evolving and relationships are changing, leadership must be flexible and adaptive. Thus, studying the topic of leadership is relevant and important for the development of both professional and personal spheres of life, and also helps to understand how to adapt to changes and successfully lead in conditions of uncertainty and change.

Ключевые слова: лидерство, влияние, доминирующее положение, межгрупповые отношения.

Keywords: leadership, influence, dominant position, intergroup relations.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-283-286>

Лидерство – это инструмент, служащий для изменения жизни некоторой группы людей. Лидер является членом этой группы, обладающим определенными качествами, способностями и моделями поведения, которые позволяют ему удовлетворить потребности группы и указать путь к их достижению. Лидер – человек обладающий определенными чертами характера и навыками, который способен организовать изменения в условиях работы, жизни и мировоззрения для того, чтобы улучшить жизнь многих людей. В этом процессе важные элементы включают коммуникацию, взаимодействие и управление отношениями внутри социальной системы, в которой работа проводится ради общей цели. [1]

Первые признаки лидерства можно наблюдать в животном мире. Социальные животные выделяют лидера (или вожака), который поддерживает внутреннюю иерархию, находясь в доминирующем положении. Вожак получает преимущества, а именно: приоритетный доступ к ресурсам, но он также несёт ответственность за защиту своего статуса.

Существуют различные теории лидерства, которые рассматривают его как феномен с двойственной природой. Одна из таких теорий - теория лидерских качеств, которая стремится определить, какие качества помогают человеку стать лидером. Однако разнообразие и противоречивость этих качеств, обнаруженных у прославленных лидеров прошлого, ставили под сомнение сам подход к изучению лидерства. Однако работы этого направления появлялись и в недавнем прошлом. Затем исследователи сфокусировались на изучении поведения лидеров. Этот процесс привел к разработке «двухмерного» подхода к анализу лидерского поведения, в котором основными параметрами стали внимание к результату деятельности, с одной стороны, и к людям и отношениям между ними - с другой. Этот подход больше сфокусирован на процессе лидерства. Основываясь на модели «управленческой решетки» Блейка - Моутона, были разработаны сложные тренинговые программы. Однако стало понятно, что эти параметры недостаточны для описания такого сложного феномена, как лидерство. Применение «управленческой решетки» приводит к представлению о существовании «идеального» стиля лидерства, что сомнительно даже с точки зрения здравого смысла. Анализ недостатков теорий, основанных только на рассмотрении поведения лидера, привел к возникновению нового направления исследований, которое стало известно, как ситуационная модель. В этих моделях авторы фокусировались на основном факторе, описывающем ситуацию лидера и последователей, и на основе этого предлагали различные стили лидерского поведения, оптимальные для различных ситуаций. Однако концепция стиля лидерства не отражает все аспекты деятельности лидера, такие как принятие решений. [1,2] Все эти модели требуют дальнейшего исследования для полного понимания лидерства. Прорывной в этом отношении стала работа Ф. Фидлера, в которой он предложил несколько новых идей.

Во-первых, Фидлер сделал вывод, что стиль лидерства отражает мотивацию лидера, в то время как конкретные формы его поведения зависят от ряда других факторов, что в итоге определяет эффективность его работы. В своей работе Фидлер рассмотрел элементы концепции лидерских качеств и внедрил новую характеристику лидера, которую можно условно назвать «терпимостью к наименее предпочтительным сотрудникам». Исследователь утверждал, что взаимосвязь между этой характеристикой лидера и его эффективностью зависит от трех ситуационных факторов: отношений между лидером и подчиненными, силы позиционной власти и степени структурированности задания. Несмотря на то, что ситуационная модель Фидлера была явно более реалистичной, она оказалась недостаточной. В ней цель деятельности лидера занимала второстепенное место. В результате этого ограничения появилась другая «ситуационная» концепция - концепция «путь - цель» Р. Хауза. В этой концепции акцент делался на осознании лидером связи между выбранным путем и желаемой целью последователя. Хауз предложил выбор из четырех стилей (директивный, поддерживающий, партисипативный и ориентированный на достижения), которые, по его мнению, следует применять, учитывая личность последователя и особенности окружающей среды. Позже была предложена модель П. Херси и К. Бланшара, где основным ситуационным фактором являлась «зрелость» последователей, определяемая их уверенностью в себе, готовностью и желанием выполнять работу. На основе модели Херси-Бланшара в настоящее время проводятся разнообразные тренинги по развитию лидерства. Однако понятие «стиль лидерства» не отражает в полной мере все аспекты деятельности, которые должен осуществлять лидер. Один из примеров такой деятельности - принятие решений. В рамках анализа стилей это решается однозначно: если выбрать партисипативный стиль, то необходимо вовлекать подчиненных в процесс разработки и принятия решений. Однако очевидно, что в определенных случаях лидер должен принимать решения самостоятельно. Это обстоятельство отражает неполноту «стилевого» подхода к лидерству. Поэтому В. Врумом и Ф. Йеттоном был развит подход, предполагающий выбор лидером метода принятия решения исходя из имеющейся информации, значимости решения, круга заинтересованных лиц и других факторов. Этот подход является фундаментально процессным, поскольку учитывает последствия принятого решения и следование этому решению со стороны подчиненных. [2,3]

Стиль лидерства характеризует способы, которыми лидер управляет и мотивирует подчиненных. Стиль определяется личными качествами, мировоззрением, особенностями характера и опытом лидера. Для различных ситуаций подходят разные стили. Например, в экстремальных условиях и при значительном превосходстве компетентности лидера наиболее эффективен будет авторитарный стиль, а в сообществе людей с высокой групповой сплоченностью и одинаковым уровнем знаний, более подходящим будет демократический стиль. Выделяют 7 стилей лидерства, а именно: авторитарный, демократический, либеральный, нарциссический, токсический, ориентированный на результат, ориентированный на отношения. Поговорим подробнее о самых популярных стилях.

Авторитарный стиль лидерства подразумевает, что принятие решений полностью ложится на лидера, власть является сильно централизованной. Подчиненным не требуется инициатива, а их задача - безусловно выполнять указания. Авторитарное лидерство отсылает к термину «авторитаризм». Лидер, придерживающийся данного стиля, стремится жестко контролировать поведение подчиненных, включая идеологические вопросы, методы и результаты работы. В данном случае фактически не допускается какая-либо свобода членов группы, т. к. лидер считает, что они просто не смогут самостоятельно справиться, проявляя недоверие к своим последователям. Кроме того, это становится и способом сохранить дистанцию и подчеркнуть ролевую дифференциацию, разность статусных позиций. Преимущества авторитарного лидерства: 1) Авторитарные лидеры способны выполнять про-

екты в сжатые сроки, 2) этот стиль полезен, когда нужны решительные действия, 3) автократическое лидерство может быть успешным, когда лидер обладает наиболее полными знаниями относительно остальной части коллектива. Недостатки авторитарного лидерства: 1) Данный стиль не способствует творчеству, 2) Коллеги могут видеть таких лидеров в отрицательном свете из-за подавления инициативы и чрезмерного контроля, 3) Авторитарным лидерам сложно примерять на себя какой-либо другой стиль лидерства, и, как правило, они не готовы отступать от своего плана.

Демократический стиль лидерства, напротив, предполагает участие всех членов сообщества в принятии решений. Название стиля произошло от термина «демократия». Демократические лидеры участвуют в поддерживающем общении, которое облегчает взаимодействие с последователями. При такой коммуникации последователи принимают непосредственное участие в определении целей и способов решения задач. Лидер предполагает, что последователи обладают способностью принимать рациональные решения и их вклад в активность группы будет позитивным. Преимущества коллегиального лидерства: 1) Согласно исследованию Левина, это самый эффективный стиль лидерства, 2) Коллегиальное лидерство способствует повышению качества работы, 3) Оно поддерживает творческий настрой, а участники коллектива чувствуют себя причастными. 4) Каждый понимает общую картину и заинтересован в достижении конечной цели. Недостатки коллегиального лидерства: 1) Коллективы с коллегиальным лидером не столь продуктивны, как в случае с авторитарным стилем лидерства, 2) Чтобы совместная работа была эффективной, все участники коллектива должны быть вовлечены в процесс.

Либеральный стиль лидерства отличается тем, что лидер свободно делегирует полномочия на нижестоящие уровни. Такой тип лидерства стимулирует развитие креативности и инициативности у подчинённых. Либеральный стиль лидерства характерен для управляющего, который унифицирует систему организованных правил, прав и зон ответственности различных по своим компетенциям подчинённых, а также контролирует её исполнение с целью максимальной реализации индивидуального потенциала каждого в равноправных и справедливых условиях труда. Будучи сконцентрированным на внешних факторах, влияющих на эффективность деятельности трудового коллектива компании, такой руководитель уступает принятие качественных решений членам команды, которые будут в итоге ответственны за их исполнение. Преимущества либерального лидерства: 1) Либеральный стиль может быть полезен, если все участники коллектива являются квалифицированными экспертами. 2) Этот стиль лидерства понравится тем, кому важна самостоятельность. 3) Если у коллектива та же цель, что и у лидера, её можно будет достичь. Для контроля хода работ можно использовать программное обеспечение для отслеживания целей. Недостатки либерального лидерства: 1) Согласно исследованию Левина, коллективы с попустительским лидерством наименее продуктивны. 2) В условиях либерального лидерства функции и обязанности сотрудников размыты. 3) При таком стиле участники коллектива могут начать винить друг друга, не принимая на себя никакой ответственности.

Также различают формальное и неформальное лидерство (в зависимости от того, осуществляется влияние с позиции должности или при помощи своих способностей, умений и ресурсов), лидерство по популярности и по способности, а также лидеров типа «чёрная овца».[3]

Если руководитель группы и её лидер являются разными людьми, то взаимоотношения между ними могут способствовать повышению эффективности совместной деятельности и гармонии в группе, или же могут приобретать конфликтный характер. Это зависит от уровня развития группы. В просоциальных и ассоциальных группах лидером часто становится член группы, который отвечает за поддержание положительной эмоциональной атмосферы, в то время как руководитель ориентирован на повышение эффективности работы группы и не всегда учитывает его влияние на социально-психологический климат в сообществе.

В корпоративных группировках функции лидера и руководителя поручаются одному и тому же лицу. Однако основания для лидерства и руководства в этих двух типах групп имеют принципиально различный характер. В корпоративных группировках совпадение статусных позиций лидера и руководителя связано с приоритетом отношений власти в ущерб эмоциональному аспекту, в то время как в просоциальной коллективной группе эмоциональное «подпитывание» власти часто становится фундаментом реализации формальной власти.

При обсуждении лидерства невозможно не затронуть тему политики. Лидерство проявляется в способности оказывать влияние на других людей. Влияние политического лидера имеет свои особенности: оно постоянно, обладает широкой сферой влияния и исходит от лидера, а также основывается на авторитете. Не каждый политический деятель может быть назван лидером. Каждый лидер обладает своими особенностями характера, методами руководства, способами достижения поставленных целей. В зависимости от различных критериев, можно выделить различные типы лидеров. М.Г. Берне разделяет их на преобразователей и дельцов. Преобразователи действуют в соответствии с их концепцией развития общества, в то время как дельцы сосредоточены на деталях без формирования глобального взгляда на будущее общество. Берне считает, что лидерство, вытекающее из партийно-политической деятельности, в нормальных условиях приводит к «деловому» типу лидерства, а в революционных условиях – к «преобразующему» типу. Великое влияние на исследователей оказала типология, разработанная немецким философом и социологом М. Вебером. Он выделил три типа лидерства: традиционное, харизматическое и рационально-легальное. Традиционное лидерство основано на вере в святость и неизменность традиций. Харизматическое лидерство опирается на веру в исключительные способности вождя, который обладает харизмой, ниспосланной ему богом. Рационально-легальное лидерство основано на вере в законность существующего порядка и деловые качества лидера. Харизма является наиболее интересным явлением, выделенным М. Вебером.

В качестве лидеров харизматического типа можно привести примеры Ю. Цезаря, Наполеона, Ф. Кастро, Мао Цзэдуна, В. И. Ленина, И. В. Сталина, Б. Муссолини и А. Гитлера. [4]

Далее будет рассмотрено устройство и классификация малых групп на основе теории Э. Берна. Малая группа – это небольшая по составу социальная группа, члены которой объединены общей социальной деятельностью и находятся в прямом личном контакте, что является основой для возникновения эмоциональных отношений, норм и процессов группы. Такие группы различаются по своему времени существования (долговременные и краткосрочные), степени близости контакта между членами группы, способу вхождения индивида и т. д. Существует около пятидесяти разных оснований классификации малых групп, но наиболее распространенными из них являются деление на первичные и вторичные группы, формальные и неформальные группы, а также группы членства и референтные группы. Первоначальное деление на первичные и вторичные группы было предложено Ч. Кули, который рассмотрел семью, друзей и соседей как первичные группы. В дальнейшем был выявлен определенный признак, характеризующий первичную группу – это непосредственность контактов. Вторичные группы, наоборот, осуществляют связь без непосредственного контакта, используя посредников или средства связи. Второе деление на формальные и неформальные группы было предложено американским психологом и социологом Э. Мэйо. Формальная группа характеризуется определенными позициями всех ее членов, определенными групповыми нормами. Примером формальной группы может быть любая группа, созданная в рамках определенной деятельности, например, группа врачей в больнице или учебная группа в университете. Э. Мэйо утверждал, что внутри формальных групп существуют неформальные группы, которые возникают случайно и не имеют четких взаимоотношений. Например, студенческая группа может содержать в себе несколько неформальных групп, объединенных общим интересом. Неформальные группы также могут возникать вне формальных. Третье деление разделяет группы членства и референтные группы. Это деление было предложено психологом Г. Хайменом, который в своих исследованиях обнаружил, что часть членов определенной группы принимает нормы другой группы, к которой они ориентируются. Такие группы называются референтными. Они выполняют две основные функции – сравнительную и нормативную. Референтная группа необходима индивиду по двум причинам: как эталон для сравнения своего поведения с ней и для нормативной оценки. Разделение на группы членства и референтные группы является перспективой для исследований, особенно в области изучения противоправного поведения подростков. Одно из тех возможных исследований, являющихся примером противоречия, заключается в том, что индивид, состоящий в формальной группе, например, в школьном классе, ориентируется на нормы другой группы, в которую он изначально не входил. [5]

ЛИТЕРАТУРА

1. Пономарёв А. В. Лидерство в молодежной среде: учебное пособие. / А.В. Пономарёв, А.О. Ланцев, М.С. Кырчиков – 2020.
2. Бендас Т. В., Бендас Т. В. Психология лидерства. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. – 216 с.
3. Кови Ст. Р. Лидерство, основанное на принципах / Стивен Кови; Пер. с англ., 4-е изд. – М.: Альпина Паблишерз, 2011
4. Скуденков В. А. Лидерство и социальное развитие //Социально-гуманитарные знания. – 2013. – № 2. – С. 180-184.
5. Робинова Ю. А. Психология лидерства /Colloquium-journal. – Голопристанський міськрайонний центр зайнятості, 2019. – С. 69-72.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕДИАКОНТЕНТА В ОБРАЗОВАНИИ THE USE OF MEDIA CONTENT IN EDUCATION

Д. Д. Савич, И. З. Олевская
D. D. Savich, I. Z. Olevskaya

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
Minsk, Belarus
dianasavich2003@gmail.com*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
г. Минск, Республика Беларусь*

Статья посвящена проблеме использования медиаконтента в образовательной среде. В ней раскрывается суть понятий «медиакомпетентность», «медиаобразование», «медиаграмотность». Рассматриваются подходы к использованию медиаресурсов в обучении, анализируются различные статьи по соответствующей теме, приводятся примеры некоторых образовательных программ, в которых задействованы информационно-

коммуникационные технологии: «Информбюро ICAR», «Интернет-журналистика». Выделяются основные критерии интернет-ресурсов, которые способствуют привлечению внимания детско-подростковой аудитории. Обсуждается негативное влияние средств медиа на детей, описаны последствия такого влияния: клиповое мышление. Подчеркивается необходимость внедрения информационных технологий в образование.

The article is devoted to the problem of using media content in the educational environment. It reveals the meaning of the concepts “media competence”, “media education”, “media literacy”. The approaches to the use of media resources in education are considered, various articles on the relevant topic are analyzed and examples of some educational programs that involve technologies are given. For instance, there are programs “ICAR Information Bureau” and “Internet Journalism”. The main criteria of Internet resources that help attract the attention of children and teenagers are highlighted. The negative influence of media on children is discussed and the consequences of such influence are described, such as clip thinking. The need to implement the technologies into education is emphasized.

Ключевые слова: медиаобразование, медиаграмотность, медиакomпетентность, образование.

Keywords: media education, media literacy, media competence, education.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-286-290>

Проблема использования медиаконтента в образовании и формирование медиакomпетентности являются одними из наиболее актуальных вопросов в современной науке. Медиаобразование становится новым направлением современной педагогики [2].

Термин «медиаграмотность», по словам педагога-ученого и специалиста по медиаобразованию Федорова А.В., понимается как «совокупность навыков и умений, которые позволяют людям анализировать, оценивать и создавать сообщения в разных видах медиа, жанрах и формах». Медиакomпетентность же, как пишет Федоров А.В., есть «результат медиаобразования, уровень медиакультуры, обеспечивающий понимание личностью социокультурного, экономического и политического контекста функционирования медиа, что свидетельствует его способности быть носителем и передатчиком медиакультурных вкусов и стандартов, эффективно взаимодействовать с медиапространством, создавать новые элементы медиакультуры современного общества». Под руководством педагога-ученого также были предложены показатели информационной компетентности. Среди них: мотивационный показатель; контактный показатель; информационный показатель; перцептивный показатель; интерпретационный/оценочный (аналитический) показатель; практико-деятельностный показатель; креативный показатель [2]. Как замечает кандидат педагогических наук Жижилина М.В., медиаграмотность и медиакomпетентность на сегодняшний день важны практически для всех направлений образования, более того, образование в сфере масс-медиа рассматривается как составная часть образования современного человека [4]. Таким образом, эти два термина имеют схожие черты, и медиакomпетентность можно назвать высшим уровнем развития медиаграмотности. Медиакomпетентность формируется в процессе медиаобразования.

Стремительное развитие информационно-коммуникационных технологий, повсеместное их распространение в различных сферах жизни современного человека позволяют успешно применять, развивать, интегрировать многие существующие модели медиаобразования, которые позволяют повысить качество образования, сделать учебный процесс более эффективным, интересным и привлекательным. В наше время проводится все больше исследований касательно эффективности так называемого гибридного обучения – формата обучения, при котором часть студентов присутствует на занятии очно, а остальная часть присоединяется к занятию виртуально с помощью технологий видеоконференций. В таком формате обучения медиаресурсы имеют наибольшую значимость.

Также ведутся споры о необходимости использования медиаконтента при очной форме образования, будь то занятия в высшем учебном заведении или уроки в школе. Проводятся многочисленные исследования на тему влияния медиаконтента на развитие тех или иных качеств личности, способности к анализу, на развитие профессиональных навыков и т.д. [1–5].

Например, Беляевым Н.А. была проведена работа по изучению медиакomпетентности у школьников в системе дополнительного образования. Исследование проводилось среди коллектива школьников МБОУ ДО «Икар» г.о. Тольятти. По словам автора, медиакomпетентность является необходимым навыком для современного школьника среднего и старшего возраста и способствует развитию творческой активности и коммуникабельности. Беляевым Н.А. медиакomпетентность подростков изучалась как совокупность наличия критериев: когнитивного, мировоззренческо-личностного, мотивационно-потребностного, деятельностно-поведенческого. Каждый из этих критериев автор представил как совокупность показателей. К примеру, показателями когнитивного критерия послужили знания о том, как устроено производство, понимание основ медиаконтента и осознание своих знаний и способностей к созданию медиапродукта. Показателями мировоззренческо-личностного критерия стали патристическое отношение к родному краю, ответственное отношение к своей команде и к работе, адекватное и объективное восприятие реальности. Мотивационно-потребностный критерий состоял из активной мотивации к творческой деятельности, самостоятельности при решении учебно-творческих задач, трудолюбия. Деятельностно-поведенческий критерий включал в себя комплекс умений: умения придумывать идеи, решать творческие задачи, создавать медиаконтент, презентовать и распространять результаты своего труда, анализировать информацию, оценивать результаты своего и чужого творчества.

Исследование уровня когнитивных качеств показало, что школьники обладают медиаграмотностью уровня выше среднего – хорошо ориентируются в современных технологиях и коммуникациях, понимают, как устроено медиапроизводство и способны создавать собственный медиаконтент. Изучение мировоззренческо-личностных качеств показало объективное и адекватное восприятие детьми окружающего мира. Анализ мотивационно-поведенческому критерию, у большинства школьников присутствует сильное творческое начало, но не все способны проявить его. На основе результатов исследования автор выдвинул предложение по формированию медиакомпетентности у учащихся путем самостоятельного создания ими собственного продукта медиаискусства – короткометражного фильма, в результате чего школьники смогут опробовать себя в роли специалистов в какой-либо сфере. Данная дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа получила название «Информбюро ICAR» [1]. Такая программа может стать отличной возможностью для проявления детьми их творческой натуры, для развития профессиональных навыков, для совершенствования их технологических знаний.

Ростовцева М.В., Юдина Ю.Г., Ковалевич И.А. изучали рефлексивный анализ у старшеклассников на основе медиаконтента. Авторы предложили свою программу обучения – «Интернет-журналистика». Программа состояла из трех этапов: открытие понятий интернет-журналистики (СМИ, СМК, интернет и др.), организация групповой дискуссии в контексте медиасферы и, наконец, создание собственного медиапродукта. Авторы проводили анкетирование до и после проведения курса «Интернет-журналистики». Анкетирование проходило по показателям рефлексивного анализа Н.В. Галкиной: креативный компонент, компонент объективации, компонент схематизации, компонент организации, компонент конструирования, интенция на овладение деятельностью. Анкетирование проводилось для получения первичных данных уровня рефлексивного анализа старшеклассников. В результате первого анкетирования у учеников были выявлены хорошо развитый компонент организации, средний уровень схематизации и креативности и низкий уровень развития компонентов конструирования и объективации, интенции на овладение собственной деятельностью. После проведения программы отмечался прирост показателей всех компонентов, в особенности компонентов конструирования, объективации и интенции на овладение деятельностью. В результате авторы пришли к выводу, что компоненты рефлексивного анализа можно развить за счет построения работы на основе комплексного подхода, принципов развивающего обучения и задействования материала, который интересен учащимся (табл. 1). Этим материалом выступает медиаконтент [5]. Таким образом, его использование с учетом возрастных особенностей и интересов учеников в программах обучения значительно повышает эффективность данных программ.

Таблица 1

Сравнительная таблица первичной и вторичной диагностики

№	Компонент	Первый срез		Второй срез		Сдвиг средних баллов в %
		Количество учеников с макс. баллом	Среднее количество баллов	Количество учеников с макс. баллом	Среднее количество баллов	
1	Интенция на овладение собственной деятельностью	3 ученика	2,3 из 4 баллов	8 учеников	3,5 из 4 баллов	30%
		20%	57,5%	53,3%	87,5%	
2	Конструирование	1 ученик	1,3 из 3 баллов	7 учеников	2,5 из 3 баллов	40%
		6,7%	43,3%	46,7%	83,3%	
3	Организация	8 учеников	1,5 из 2 баллов	12 учеников	1,8 из 2 баллов	25%
		53,3%	75%	80%	90%	
4	Схематизация	3 ученика	1,9 из 3 баллов	10 учеников	2,5 из 3 баллов	20%
		20%	63,3%	66,7%	83,3%	
5	Объективация	1 ученик	2 из 4 баллов	8 учеников	3,3 из 4 баллов	32,5%
		6,7%	50%	53,3%	82,5%	
6	Креативный	4 ученика	1,3 из 2 баллов	12 учеников	1,8 из 2 баллов	25%

Кандидат педагогических наук Везетиу Е.В. совместно с Тоировой Л.С. провели работу по изучению медиакомпетентности студентов ВУЗа. В статье рассматривалось актуальное средство медиаобразования – аудиовизуальный медиатекст. Авторы подчеркнули, что студенты должны понимать, как информация, представленная с помощью аудиовизуальных средств, влияет на их психическое и физическое здоровье. И благодаря пониманию этого они смогут правильно оценить и проанализировать полученную из аудиовизуального медиатекста информацию. В процессе развития медиакомпетентности у студентов предполагается не только просмотр и обсуждение медиатекстов, но и отработка проблемных вопросов и заданий, в том числе интерактивных, тренинговых, проектных (например, презентации медийных проектов), а также создание собственного медиаконтента. Авторы статьи выделили формы аудиовизуального контента; примеры медиаконтента, создаваемого студентами; компоненты подготовки студента к использованию информационно-коммуникационных технологий, а также предложили практические решения для работы с аудиовизуальным

контентом. Вдобавок, исследователи определили некоторые основные функции медиаобразования: информатизация образовательного процесса; активизация учебно-познавательной деятельности молодежи; повышение мотивации студентов к обучению; интерактивное обучение; мониторинг образовательного процесса; повышение эффективности усвоения учебного материала; мотивация к творческой деятельности. В завершении исследования авторы пришли к выводу, что в дальнейшем необходимо четко определить виды аудиовизуальных материалов с точки зрения их влияния на формирование медиакомпетентности студента; важна разработка и апробация методики формирования медиакомпетентности на занятиях по различным дисциплинам, выработка основных подходов к пониманию медиаобразования [2].

Касаемо разработки методик медиаобразования и подходов к его пониманию была проведена работа кандидатом социологических наук Губановой А.Ю., чья статья посвящена возможностям использования медиаконтента для детей в образовательном процессе. Автор в процессе рассуждения приходит к выводу, что в силу непрерывности образования, присущей нашему обществу, исчезает неизменяемость образования, вследствие чего образовательный контент должен постоянно, динамично развиваться, чтобы успевать за нововведениями, проникающими во все сферы жизни человека. А современные информационные технологии, в том числе медиаконтент, ориентированный на детей и подростков, способствуют выравниванию уровня образования, грамотное и лаконичное включение его в образовательный процесс – неотъемлемая часть новой образовательной парадигмы, формирующейся в настоящее время. На основании эмпирических данных, Губанова А.Ю. выделила четыре основных критерия, которые способствуют привлечению внимания детско-подростковой аудитории к интернет-ресурсу: 1) размещение на сайте не менее 10 изображений, в том числе известных детям и подросткам персонажей кино, мультфильмов или литературных произведений; 2) яркие, разнообразные цвета теплых оттенков (красный, оранжевый, желтый); 3) простая и понятная навигация по сайту (отсутствие выпадающего меню, скрытых элементов, все разделы сайта должны быть отражены в меню на главной странице); 4) качественная, полезная информация, написанная грамотным русским или иностранным языком, подлинность которой подтверждается наличием ссылок, списка литературы. Также в результате исследования были выяснены негативные параметры интернет-сайтов: неподходящая аудитории сайта реклама; отталкивающий (неинтересный, некрасивый, скучный, слишком яркий) дизайн; контент, неинтересный для определенной возрастной категории; недостаточное количество изображений (картинки, фотографии) на сайте.

Кандидат социологических наук также осветила и негативные аспекты использования средств медиа в обучении и повседневной жизни в целом. Характерная черта современных технологичных средств массовой информации – формирование так называемого клипового мышления, когда индивидом производится быстрая обработка информации без ее осмысления. Это новый, упрощенный вид мышления, который предполагает выделение новой информации из большого ее потока, при этом полученная информация не анализируется, а в мышлении создается лишь поверхностное понятие изученного. Кроме того, многие психологи, занимающиеся изучением влияния информационных технологий на развитие детей, отмечают, что ввиду длительного использования гаджетов могут возникнуть проблемы с концентрацией, речью и творческой активностью. По мнению специалистов, работающих с детьми, важно сформировать у ребенка способность использовать позитивные стороны взаимодействия с медиа для познания себя. Педагоги обращают внимание на то, что чем раньше ребенка научить взаимодействовать с медиа, тем меньше вреда ему будет нанесено, ибо в противном случае, этот процесс может приобрести неуправляемый характер и нанести вред раньше, чем медиакомпетентность сформируется естественным путем [3]. Наличие негативных последствий нерегулируемого использования информационных технологий в обучении и развитии детей подтверждает необходимость разумного включения технологий не только в образование, но и в повседневную жизнь людей. Причем чем раньше произойдет знакомство с информационными технологиями и чем раньше ребенок научится фильтровать потребляемую информацию, сопротивляясь возможным негативным влияниям медиа, тем лучше в будущем будет развита его медиакомпетентность.

Таким образом, в наше время необходимо развитие медиакомпетентности среди учащихся школ и студентов ВУЗов. Проблема формирования медиакомпетентности среди детей и подростков является актуальной. Ведется разработка всевозможных программ обучения с использованием информационно-коммуникационных технологий. Некоторые из таких программ уже были апробированы. Тем не менее, в образовательной практике все еще мало методических рекомендаций для реализации большинства современных программ обучения. Ожидается, что в будущем появится больше методического инструментария для качественной проработки новых учебных программ. При использовании средств медиа необходимо учитывать возрастные особенности учащихся, спектр их интересов, уровень их осведомленности в медиaprостранстве. Кроме того, при использовании информационных технологий детьми нужно помнить о таком явлении как «клиповое мышление», соблюдая комплекс действий по формированию медиаграмотности у детей с самого раннего возраста. Использование медиаконтента – неотъемлемая часть развития современного образования. Необходимо разрабатывать больше программ обучения с задействованием медиа для повышения заинтересованности учащихся, для совершенствования их навыков работы с информационными технологиями, для улучшения профориентации и т.п.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев, Н. А. Формирование медиакомпетентности у школьников в системе дополнительного образования / Н. А. Беляев // Интерактивная наука. – 2022. – №. 5 (70). – С. 8-12.

2. Везетиу, Е. В. Аудиовизуальный медиатекст как средство формирования медиакомпетентности студентов вуза / Е. В. Везетиу, Л. С. Тоирова // Проблемы современного педагогического образования. – 2023. – №. 78-2. – С. 61-64.
3. Губанова, А. Ю. Медиаконтент для детей как элемент образовательного процесса / А. Ю. Губанова // Медиаобразование. – 2017. – №. 2. – С. 152-169.
4. Жижилина, М. В. Медиаграмотность как стратегическая цель медиаобразования: о критериях оценки медиакомпетентности / М. В. Жижилина // Медиаобразование. – 2016. – №. 4. – С. 47-65.
5. Ростовцева, М. В. Организационно-педагогические условия развития рефлексивного анализа у старшеклассников на материале медиаконтента / М. В. Ростовцева, Ю. Г. Юдина, И. А. Ковалевич // Перспективы науки и образования. – 2022. – №. 6 (60). – С. 202-222.

ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКЕ **THE BASICS OF RADIATION SAFETY IN SPORTS TRAINING**

В. М. Иванова, О. Н. Онищук, М. М. Круталевич
V. M. Ivanova, O. N. Onishchuk, M. M. Krutalevich

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
ft@iseu.by

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University,
ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

В статье рассматривается влияние ионизирующего излучения на организм человека и отмечаются некоторые аспекты основ радиационной безопасности применительно к людям, занимающимся физической культурой и спортом. Вредное влияние ионизирующего излучения на организм спортсменов может повлиять не только на результат выступления, самочувствие, но и здоровье в целом. В организм спортсмена радионуклиды могут поступать преимущественно по пероральному (с пищей и водой), ингаляционному (с вдыхаемым воздухом) путям. На основе анализа литературных источников по основам радиационной безопасности выявлены конкретные профилактические меры по предупреждению негативного влияния ионизирующего излучения на организм лиц, занимающихся физической культурой и спортом.

The article examines the effect of ionizing radiation on the human body and reveals some aspects of the basics of radiation safety in relation to people engaged in physical culture and sports. The harmful effects of ionizing radiation on the body of athletes can affect not only the result of performance, well-being, but also health in general. Radionuclides can enter the athlete's body mainly by oral (with food and water), inhalation (with inhaled air) routes. Based on the analysis of literature sources on the basics of radiation safety, specific preventive measures have been identified to prevent the negative effects of ionizing radiation on the body of people engaged in physical culture and sports.

Ключевые слова: радиационная безопасность; спортсмены; организм; ионизирующее излучение; здоровье, радиация, тренировка, спорт, мероприятия, меры.

Keywords: radiation safety; athletes; body; ionizing radiation; health, radiation, training, sports, activities, measures.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-290-293>

Введение. Спортивная тренировка – это управляемый педагогический процесс по приобретению спортивного мастерства и его совершенствованию. Спортивную подготовку следует рассматривать как единый, круглогодичный, многолетний процесс обучения, воспитания и совершенствования функциональных возможностей организма.

В последние годы в странах с неблагоприятным климатом и неустойчивыми погодными условиями участились тренировки и соревнования по различным видам спорта на открытом воздухе. Наряду с профессиональным спортом все большую популярность приобретает рекреационная физическая активность на открытом воздухе, которая рассматривается как путь к активному и здоровому образу жизни. Подобные занятия могут оказаться не безопасными за счет влияния неблагоприятных погодных условий на неподготовленный организм. Дополнительной опасностью, кроме плохих погодных условий, может стать неблагоприятная радиационная обстановка в месте, выбранном для проведения тренировки [1].

Применение в промышленности источников ионизирующего излучения и ядерных материалов значительно повлияло на развитие человечества. Использование источников радиации в оборонной промышленности, энергетике, медицине, для стерилизации продукции, производства электронных деталей и многого другого

также привело к определенным экологическим последствиям. Кроме того следует учесть, что аварии на таких производствах, халатное отношение к радиационной безопасности, испытания ядерного оружия могут привести к радиационному загрязнению значительных территорий. Самые известные такие территории – Семипалатинский полигон (Казахстан), АЭС (далее – атомная электростанция) Фукусима-1 (Япония), территория химкомбината «Маяк» (Россия), Чернобыльская АЭС [1, 2, 3].

В результате крупной аварии 26 апреля 1986 года на Чернобыльской АЭС в атмосферу было выброшено большое количество радиоактивных веществ. В силу специфики выброса радиоактивность была рассеяна по северному полушарию, в основном над континентальной Европой. Это имело серьезные радиологические, медицинские и социально-экономические последствия для жителей Беларуси, Украины и России.

Влияние аварии на сельское хозяйство, производство и потребление продуктов питания, а также на окружающую среду было и остается очень значительным и в настоящее время. К примеру, в Беларуси сегодня площадь загрязнения составляет 12,3% от всей территории. По состоянию на 1 января 2023 года загрязненными на уровне свыше 1 Ки/кв. км остаются более 1,5 млн га лесов (15,5% от общей площади лесного фонда республики) и 825 тыс. га сельскохозяйственных земель (почти 11% от их общей площади)[3].

Значимыми эффектами радиации на здоровье человека являются повышение общесоматической заболеваемости, (рост сердечно-сосудистых, инфекционных и других заболеваний). Неблагоприятные изменения окружающей среды приводят к напряжению компенсаторно-приспособительных механизмов организма человека, к росту хронических заболеваний. Хроническая усталость может быть следствием повышения уровня хромосомных мутаций вследствие повреждения ДНК, вторичного иммунодефицита. Чтобы минимизировать отрицательное влияние ионизирующего излучения на здоровье и самочувствие человека, в частности лиц, занимающихся физической культурой и спортом, необходимо знать основы радиационной безопасности.

Радиационная безопасность как область знаний и практических мер, направленных на защиту людей и окружающей среды от вредного воздействия радиации, позволяет установить конкретные мероприятия, соблюдение которых позволит сохранить здоровье человека.

Цель исследования – выявить основы радиационной безопасности в тренировочном процессе спортсменов.

Методы исследования – теоретический анализ и обобщение материалов литературных источников.

Результаты и их обсуждение. В организм человека, как известно, радионуклиды могут поступать по трем основным путям: пероральному (с пищей и водой), ингаляционному (с вдыхаемым воздухом), перкутанному (через кожу, раневые поверхности).

Пероральный путь подразумевает поступление радионуклидов в организм с пищей или питьем. После аварии на Чернобыльской АЭС (по прошествии более 30 лет) основными радионуклидами, поступающими через пищу, которые могут представлять определенную опасность для организма, являются Sr-90 и Cs-137. В природе они являются аналогами К и Са, поэтому могут легко заменять эти элементы как в продуктах питания, так и в организме человека. Эти элементы чаще всего содержатся в молоке и молочных продуктах, мясе, большинстве грибов и некоторых ягодах. Стоит быть особенно осторожным с употреблением этих продуктов из неблагоприятных зон, воздержаться от их приобретения у непроверенных поставщиков. Поэтому естественно, что пищевая составляющая в жизни любого человека, а спортсмена тем более, должна быть под строгим контролем.

В связи с высокой фильтрующей способностью деревьев выпадение загрязняющих осадков было зачастую гораздо более выражено в лесах, чем в других районах. Следовательно, лесная среда – одно из мест, в котором наблюдались и впредь будут существовать особые проблемы. Поэтому сбор грибов и ягод на территориях, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС, может быть опасен для здоровья.

Ингаляционное поступление в нынешних реалиях может быть вызвано вдыханием пыли, содержащей частицы радионуклидов. Часть из них, осевшая после аварии в верхних слоях почвы, регулярно поднимается в воздух ветром, а также в ходе работы на полях. Для спортсменов во время тренировочного процесса потребление воздушной массы значительно увеличивается и, безусловно, в большей степени, чем в обычной обстановке, оказывает неблагоприятное влияние на организм. Эта ситуация несомненно должна учитываться при планировании места проведения как тренировок, так и проведения соревнований.

Перкутанное поступление в организм человека имеет следующий механизм. При прохождении ионизирующего излучения через организм человека оно взаимодействует с тканями и передает энергию клеткам и другим компонентам путем ионизации атомов. При этом может быть повреждена ДНК. Если повреждение незначительно и не было нанесено резко, т. е. при низком уровне облучения, клетки могут восстановиться самостоятельно. Если же повреждения непоправимы и достаточно серьезны, чтобы нарушить функции клетки, то она погибает сразу или после неоднократного деления.

При высоких дозах радиации восстановление и регенерация клеток могут быть недостаточными, что приводит к гибели большого количества клеток и нарушению функций органов. Такая быстрая гибель клеток без возможности восстановления под воздействием высоких доз радиации приводит к ранним неблагоприятным последствиям радиационного воздействия, которые проявляются через несколько дней или недель после облучения, и получили название тканевых реакций. Эти последствия могут быть опасными для жизни в краткосрочной перспективе, если полученная доза достаточно велика.

При низких дозах такие острые начальные эффекты не возникают, поскольку существуют механизмы клеточной репарации, компенсирующие повреждения. Однако такое восстановление может быть неполным или дефектным, и тогда клетки могут мутировать и стать раковыми. Последствия могут проявиться через годы после момента облучения. Такие отсроченные эффекты называются «стохастическими». От величины дозы в этом случае зависит частота проявления эффекта, а не его тяжесть. Кроме того, стохастические эффекты трудно связать с конкретной полученной дозой.

В диапазоне малых доз (до 100 мЗв) статистические данные о возникновении стохастических эффектов отсутствуют [3]. Данная информация также должна учитываться спортсменами в их практической деятельности.

После взрыва на Чернобыльской АЭС исследователи страны различных направлений стали публиковать информацию о последствиях аварии и мерах безопасности, а также мероприятиях, направленных на защиту человека от вредного воздействия радиации. В теории и методике физической культуры известны публикации различных ведущих ученых (В.А.Баркова, А.А.Гужаловского, В.М.Наскалова, В.А.Коледы, В.А.Медведева, А.Г.Фурманова, М.Е.Кобринского и др.), в которых анализировалась актуальная экологическая обстановка и предлагались конкретные меры защиты спортсменов от ионизирующих излучений [4].

Тренировки на свежем воздухе имеют множество полезных эффектов для организма занимающегося. Воздух на улице чище и свежее, чем в помещении, что способствует лучшему поступлению кислорода и улучшению качества дыхания. Кроме того, тренировки на улице позволяют получить достаточное количество витамина D от солнечного света, а это важно для здоровья костей и мышц. Разнообразные пространства и элементы окружения на открытом воздухе добавляют интереса и разнообразия в тренировки, большая свобода движения способствует развитию координационных способностей. В целом, тренировки на свежем воздухе не только улучшают физическую подготовленность, но и способствуют улучшению общего состояния организма. Однако такие занятия на свежем воздухе могут быть опасны, если неправильно подобрать место, время тренировки, а также не применять необходимые меры защиты. Хотя физиологические реакции на погодные и климатические условия у каждого человека различны, даже у высококвалифицированных профессиональных спортсменов могут возникать проблемы со здоровьем различной степени тяжести, связанные с внешними условиями, особенно без предварительной адаптации.

Согласно рекомендациям В.М. Наскалова при проведении занятий по физической культуре в закрытых помещениях необходимо проводить проветривание помещений или обеспечивать залы оборудованием по очистке воздуха (воздухоочистителями) [5].

Повышенный радиационный фон в месте тренировки может значительно повлиять как на результаты тренировки, самочувствие, так и на здоровье спортсмена в целом. В зависимости от радиационной обстановки, могут проявиться вышеизложенные эффекты. Например, в процессе тренировок спортсмены дышат чаще и глубже, системы и органы организма работают в интенсивном режиме. Это может повысить риск вдыхания радиоактивной пыли и поступление ее в организм занимающихся, особенно в ветреные дни. Также существует опасность перорального поступления радионуклидов с употреблением молочных продуктов, мясных изделий, различных грибов и ягод, загрязненных радиацией.

Для того, чтобы защитить и снизить негативное влияние повышенного радиационного воздействия на организм, возникшего в результате воздействия ионизирующего излучения, врачи рекомендуют принимать и включать в рацион больше продуктов, содержащих витамины Е, С, А и D, обогащать рацион минеральными солями, содержащими йод, кальций, железо, магний и др., употреблять в пищу продукты, содержащие клетчатку, пектины, пить фруктово-ягодные соки [4].

Риски, связанные с воздействием ионизирующего излучения на организм человека, требуют при выборе мест проведения тренировок тщательного мониторинга метеорологических прогнозов, в том числе уровня локальной радиационной обстановки.

Выводы. В заключение следует сказать, что пренебрегать влиянием радиационной обстановки на организм спортсмена не стоит. Многочисленные проблемы со здоровьем, в том числе и отдаленные, могут оказать значительное влияние как на результаты тренировок и спортивные достижения, так и на всю будущую жизнь спортсмена. В то же время, принятие таких простых превентивных мер, как правильный выбор тренировочной площадки, мониторинг прогнозов погоды и употребление проверенных продуктов, помогут избежать большинства проблем и обеспечить эффективность тренировочных мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сыроежина, Е. В. Высотный экстрим радиации, или спортивно-туристический «чернобыль» / Е.В.Сыроежина, С.А.Полиевский, В.С.Макеева // Вестник Челябинского государственного университета. – 2013. – № 34. – Образование и здравоохранение. – С. 121–125.
2. Черняев, А. П. Радиационная безопасность : учеб. пособие / А. П Черняев,, М.В.Желтоножская, С.М. Варзарь. – М.: ООП физического факультета МГУ, 2019. – 98 с.
3. Радиация в вопросах и ответах [Электронный ресурс]: rad.org.by – Режим доступа: <https://rad.org.by/articles/radiation/radfaq>. – Дата обращения: 28.08.2023.
4. Формирование физического здоровья детей и молодежи, проживающих на территории радионуклидного загрязнения : пособие для руководителей физич. воспитания дошк. учрежд., учителей физической культу-

ры необразоват. учрежд., преподаваелей физического воспитания высших учебных заведений / под общ. ред. М.Е.Кобринского, А.Г.Фурманова. – Изд.2-е, испр. и доп. – Минск : БГУФК, 2005. – 377 с.

5. Наскалов, В.М. Особенности методики проведения занятий по физическому воспитанию студентов в экологически неблагоприятной среде / В. М Наскалов. – Ученые записки университета им. ПФ Лесгафта, 2014. – №.12. – С.145–150.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ КАК НЕОТЪЕМЛЕМЫЙ КОМПОНЕНТ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТАНОВЛЕНИЯ БУДУЩИХ ПЕДАГОГОВ

ENVIRONMENTAL EDUCATION AS AN ESSENTIAL COMPONENT OF PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF FUTURE TEACHERS

В. А. Самойлова, О. К. Горбачева, К. Н. Новожилова

V. Samoilava, O. Gorbacheva, C. Novozhilova

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета,
МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ г. Минск, Республика Беларусь
11824528s@gmail.com*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

Экологическое образование играет важную роль в формировании будущих педагогов с осознанием ответственности за окружающую среду и образом мышления, соответствующего устойчивому развитию общества. Развитие экологической грамотности не только способствует сохранению природы, но и формированию гармоничных отношений между человеком и окружающей средой. Интеграция различных подходов в экологическом образовании позволяет готовить компетентных специалистов, способных решать вызовы современного общества и прививать важные ценности экологической культуры.

Environmental education plays an important role in shaping future teachers with an awareness of responsibility for the environment and a way of thinking consistent with the sustainable development of society. The development of environmental literacy not only contributes to the conservation of nature, but also to the formation of harmonious relationships between humans and the environment. The integration of various approaches in environmental education makes it possible to train competent specialists who are able to solve the challenges of the modern world and instill important values of environmental culture.

Ключевые слова: экологическое образование; студенты; молодежь; подходы; личность; обучение; человек; природа; окружающая среда; интеграция.

Keywords: environmental education; students; the youth; approaches; personality; education; Human; nature; environment; integration.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-293-296>

Введение. Одной из ключевых задач профессионального образования будущих педагогов является развитие личности, осознающей свою роль в сохранении природы и естественных ресурсов, способной принимать решения, основанные на принципах экологии. Основная цель современных научно-педагогических исследований заключается в выявлении и создании образовательных условий для формирования экологической грамотности как комплексного качества личности, тем самым передавая накопленные знания в этом направлении будущему в целом и молодому поколению в частности. Для обеспечения устойчивого развития общества чрезвычайно важно, чтобы каждый гражданин проявлял личный интерес к решению проблем окружающей среды. Это подразумевает осознание важности принятия ответственных решений, уважения к природе и стремление к жизни в гармонии с ней. Развитие экологической грамотности у будущих педагогов в процессе их профессионального становления способствует не только сохранению окружающей среды, но и формированию устойчивого образа мышления, принятию информированных решений и действий, способствующих благополучию как нашего общества, так и планеты в целом.

В Постановлении совета министров Республики Беларусь от 19 февраля 2021 г. № 99 отмечается, что цель Государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2021–2025 годы заключается в обеспечении «экологически благоприятных условий для жизнедеятельности граждан, охраны окружающей среды, сохранение и устойчивое использование природных ресурсов» [1]. Это свидетельствует о необходимости уделения особого внимания осознанному взаимодействию человека, в частности, будущих педагогов с окружающей средой и принятию экологически обоснованных решений для

сохранения природы и обеспечения устойчивого развития общества. (Э. А. Зверева, 2015; Т.И. Петрова, 2016; Ю.А. Бахмутская, Н.Н. Бахмутский, С.С. Скворцов, 2020; О.А. Чалова, 2023).

Цель исследования – анализ подходов экологического образования в профессиональном становлении будущих педагогов.

Основная часть. Для рассмотрения вопроса, прежде всего, следует обратиться к определению понятия «экологическое образование». Следует отметить, что в направлении этого понятия ученые высказывают различные мнения. Н.А. Балюк, Л.Е. Куприна, Т.В. Рыбалова отмечают, что впервые определение понятию «экологическое образование» было дано на конференции, состоявшейся в 1970 году и организованной Международным союзом охраны природы [2]: «экологическое образование – процесс и результат усвоения систематических знаний, умений и навыков в области воздействия на окружающую среду, состояния окружающей среды и последствий изменения окружающей среды» [2, с. 47]. Далее последовал и ряд других трактовок определения этого понятия. В частности, О.Л. Горбачева, Т.А. Москвиченкова, И. Д. Зверев, сходятся во мнении, что «экологическое образование – непрерывный процесс обучения, самообразования, накопления опыта и развития личности, направленный на формирование ценностных ориентаций, норм поведения и получение специальных знаний по охране окружающей природной среды и природопользованию, реализуемых в экологически грамотной деятельности» [3, с. 29; 4]. Г.Н. Каропа трактует экологическое образование как непрерывный процесс обучения, воспитания и развития личности, направленный на нормирование системы научных и практических знаний, ценностных ориентаций поведения и деятельности, обеспечивающих ответственное отношение человека к окружающей среде. Также в данном аспекте уместно будет принять во внимание и мнение А.П. Карканицы: «Экологическое образование не только дает научные знания из области экологии, но и является важным звеном экологического воспитания будущих специалистов, суть которого в том, что человек – часть природы и сохранение природы – это сохранение полноценной жизни человека» [5, с. 3].

На наш взгляд, наиболее полную трактовку рассматриваемого понятия выдвинул академик Г.Я. Ягодин, с точки зрения которого экологическое образование – это не часть образования, а новый смысл и цель современного образовательного процесса – уникального средства сохранения и развития человечества и продолжения человеческой цивилизации.

Экологическое образование студентов педагогических специальностей в современном высшем образовании играет ключевую роль в подготовке специалистов, способных эффективно решать социально-экологические проблемы и устанавливать гармоничные отношения с природной средой. Этот процесс включает в себя как обучение новым научным знаниям об окружающей среде и рациональном природопользовании, так и формирование новых ценностей и отношений студентов к природе.

В настоящее время активно ведутся исследования по разработке подходов экологического образования в профессиональном становлении будущих педагогов, к ним можно отнести деятельностный, технологический, компетентностный, культурологический, коммуникативный, прогностический, синергетический подходы (рисунок).



Рисунок – Подходы экологического образования в профессиональном становлении будущих педагогов

Анализируя деятельностный подход в экологическом образовании студентов следует отметить, что посредством него студенты приобретают не только теоретические знания, но и практические навыки, необходимые для решения проблем современной экологии. Важно, чтобы будущие педагоги умели применять новые социально-экологические технологии и подходы, способствующие сохранению природы для текущего и будущих поколений. Образование студентов в области экологии также направлено на развитие творческой деятельности и формирование глубокого уважения и ответственности к окружающей среде. В совокупности эти аспекты помогают студентам не только стать профессионалами в своей области, но и проявить себя активными участниками экологического движения, способствующего устойчивому развитию общества.

Технологический подход позволяет реализовывать образовательный процесс с учетом современных информационных технологий, делая процесс обучения более интерактивным и доступным для студентов, а также способствует популяризации экологических знаний.

Главной особенностью экологического образования студентов в свете реализации компетентностного подхода является высокий уровень экологических знаний, знание современных образовательных технологий, адаптация к экологическим вызовам и умение организовывать деятельность для формирования бережного отношения к природе. Вместе с тем, формирование экологической грамотности осуществляется посредством интеграции знаний об экологии с другими дисциплинами, а поощрение саморазвития и творчества помогает студентам находить инновационные решения для охраны окружающей среды. Педагоги, развивающие свою компетентность в экологическом образовании, могут стать образцом для учащихся и прививать важные ценности экологической культуры.

Культурологический подход экологического образования студентов играет важную роль в подготовке будущих педагогов к ответственной роли в сохранении окружающей среды и способствует формированию устойчивого отношения к окружающей среде с учетом особенностей молодежи. Культурологический подход позволяет учитывать культурные особенности и ценности, встраивая экологическое образование в контекст культуры и истории, что способствует формированию глубокого понимания важности сохранения природы. Также положения данного подхода позволяют направлять студентов на ценностные ориентиры, в частности, способствуя осознанию этических и моральных аспектов взаимодействия с окружающей средой, тем самым давая возможность будущим педагогам развивать эмпатию, сочувствие и заботу о природе.

Коммуникативный подход подчеркивает важность коммуникации и сотрудничества в обучении экологии, помогая обучающимся развивать навыки коллективной работы и эффективного общения.

Прогностический подход экологического образования студентов имеет важное значение для определения долгосрочных целей и задач формирования экологической культуры среди молодого поколения. Данный подход охватывает ряд аспектов, в частности:

- определение ключевых целей и задач: прогностический подход способствует установлению стратегических приоритетов в области экологического образования, определяя главные направления развития и обучения;
- исследование условий развития: анализируя текущие условия и тренды в области экологического образования, анализируемый подход выступает условием выявления насущных аспектов к потенциальным возможностям для повышения эффективности процесса обучения;
- разработка новых подходов и исследований: прогностическая составляющая подразумевает изыскание инноваций – разработка новых методик, программ и проектов в контексте экологического образования.
- внедрение в практику обучения: практическое применение полученных знаний и исследований в процессе обучения молодежи с целью повышения их осведомленности по вопросам экологии. Таким образом, прогностический подход играет важную роль в развитии экологического образования и способствует формированию у студентов осознанного и ответственного отношения к окружающей среде.

Синергетический подход в экологическом образовании студентов основывается на закономерностях самоорганизации сложных систем, что помогает студентам увидеть себя как часть сложной системы мира, понять важность взаимосвязей и влияния их собственных действий на окружающую природу. Через осознание внутренней связи с миром, студенты начинают ценить себя и окружающую среду, проявляя уважение к биоразнообразию и экосистемам. Все это способствует развитию целостной личности, способной гармонично проявлять себя в окружающем мире стремясь к обретению студентами своей уникальной роли в мире, а также становлению себя как активного участника сохранения экологической стабильности. Таким образом, синергетика в экологическом образовании стимулирует студентов к осознанному и глубокому взаимодействию с природой, способствуя формированию устойчивых и гармоничных отношений между человеком и окружающей средой.

Опираясь на изложенное выше следует отметить, что экологическое образование играет важную роль в формировании профессионализма будущих педагогов. Понимание принципов устойчивого развития, забота об окружающей среде и ее сохранение помогут педагогам в развитии критического мышления и ответственного отношения к миру. Экологическая грамотность важна для формирования личности будущего поколения, готового к решению вызовов современного мира.

Заключение. В процессе исследования были получены результаты:

1. Экологическое образование в профессиональном становлении будущих педагогов позволяет формировать личность, способную принимать решения на основе принципов экологии и важности ответственности за окружающую среду.

2. Актуальным направлением современных научно-педагогических исследований является создание условий для формирования экологической грамотности, как неотъемлемого ценностного компонента личности молодежи.
3. Экологическое образование играет ключевую роль в подготовке будущих педагогов к решению социально-экологических проблем и установлению гармоничных отношений с окружающей средой. Важным направлением в образовании становится интеграция подходов, таких как деятельностный, технологический, компетентностный, культурологический, коммуникативный, прогностический, синергетический для формирования экологической грамотности студентов, что способствует формированию компетентных специалистов, готовых к решению вызовов современного мира и устойчивому развитию общества.

ЛИТЕРАТУРА

1. О Государственной программе «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2021-2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 19 февраля 2021 г., № 9// ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2024.
2. Балюк Н. А., Куприна Л. Е., Рыбалова Т. В. Экологическое образование школьников в системе естественнонаучного дополнительного образования // Журнал педагогических исследований. – 2023. – №. 6. – С. 46-52.
3. Горбачева О.Л., Москвиченкова Т.А. Формирование экологических знаний в рамках программы ВУД «Математика плюс.8 класс»// Непрерывное экологическое образование: проблемы, опыт, перспективы : материалы III Всероссийской научно-практической конференции (31 октября – 1 ноября 2019 г.). – Томск 2019. – С. 129-130.
4. Зверев И. Д. Учебные исследования по экологии в школе: практ. пособие. – М.: Центр «Экология и образование», 1993. – 86 с.
5. Карканица А. П. Экологическое образование и культура. – Томск, БИЦ, 2013. – 38 с.

ФОРМИРОВАНИЕ И ВОСПИТАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

FORMATION AND EDUCATION OF ECOLOGICAL CULTURE IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Н. В. Воронцов, И. З. Олевская
N. V. Vorontsov, I. Z. Olevskaya

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь, NikitaVorontsov@mail.ru

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

Своё выступление я хочу начать со слов выдающегося педагога Василия Сухомлинского: «Мир, окружающий ребёнка – это, прежде всего, мир природы с безграничным богатством явлений, с неисчерпаемой красотой. Здесь, в природе, вечный источник детского разума»

I want to start my speech with the words of the outstanding teacher Vasily Sukhomlinsky: “The world surrounding a child is, first of all, the world of nature with a boundless wealth of phenomena, with inexhaustible beauty. Here, in nature, is the eternal source of the child’s mind”

Ключевые слова: преподаватель, учащийся, экологические проблемы, экологическое воспитание, экологическая культура.

Keywords: teacher, student, environmental problem, environmental education, environmental culture.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-296-299>

Прогресс человечества всегда был связан с овладением обществом силами природы. На современном этапе это привело к созданию мощных производительных сил и развитию систем связи. Эти и другие достижения научно-технического прогресса, с одной стороны, позволили создать благоприятные условия для существования человека, а с другой стороны, создали глобальные экологические проблемы.

Примерно с 60-х годов XX века начала формироваться новая наука экология и, как следствие, появилась экологическая культура. На мой взгляд, уровень экологической культуры прямо пропорционален экологической ситуации в мире, он напрямую зависит от экологического образования. И, как следствие, вопрос выживания человека зависит от уровня экологического образования. Поэтому необходимо внимательно подходить к проблеме экологического кризиса и противодействовать ему посредством образования.

В декабре Президент нашей страны принял участие во Всемирном саммите по борьбе с изменением климата. Форум проходил под эгидой Организации Объединенных Наций в Объединенных Арабских Эмиратах. Александр Григорьевич Лукашенко представил позицию Беларуси по решению глобальных климатических проблем.

Но местные климатические проблемы приводят к глобальным климатическим проблемам. Я живу на территории Пуховичского района Минской области, у нас много действующих предприятий, известных за пределами страны: ТЭЦ-5, ЗАО «Август-Бел», ЗАО «Белорусская национальная биотехнологическая корпорация» (БНБК), ОАО «Завод горного парафина», ООО «Белэкотехника», Газозаправочные станции станция ОАО «Руденск», где производятся светотехнические изделия для автомобильной, тракторной и сельскохозяйственной техники. В то же время деятельность этих мегапредприятий не противоречит законам природы, не нарушает ее устоявшихся веками циклов.

Задачи экологического образования и воспитания можно объединить в следующие группы:

1. Обучение-формирование знаний экологического характера
2. Воспитание- формирование ценностных ориентаций экологического характера
3. Развитие (интеллектуальное) способность к анализу ситуаций в системе «человек-общество-природа»

Чтобы обеспечить наиболее благоприятные условия для формирования отношения учащихся к действительности, школа организует трудовую, познавательную, экспериментальную, художественную, игровую, туристическую, краеведческую, спортивную и рекреационную деятельность детей на природе.

Формирование сознательного, ответственного отношения учащихся к природе должно пронизывать все сферы планирования, организации и контроля в работе школы: в общешкольных планах и документах классных руководителей, в системе трудового, нравственного, эстетического и физического воспитания учащихся.

В школе, которую я окончил, проводятся следующие формы работы:

1. **Экологическое воспитание** - систематическая педагогическая деятельность, направленная на развитие у учащихся экологической культуры.

Формы работы:

- учебные занятия
 - классные мероприятия
 - общешкольные мероприятия
2. **Экологические акции**
- уборка школьной территории
 - уборка близлежащих лесных массивов
 - сбор макулатуры
 - «Помоги пернатому другу»

3. **Мероприятия в библиотеке**

- презентации печатных изданий
- выставки осенних букетов, гербариев
- конкурсы, тематические мероприятия

4. **Мастер-классы по использованию вторичного сырья**

5. **Конкурсы, «экологические станции»**

6. **Экологические квесты**

7. **Выставки домашних животных**

8. **Встречи с зоозащитниками организации «ЗОО ШАНС»**

Отношение общества к природе сильно влияет на позиции школьников. Изучение опыта общества не только расширяет знания, но и обогащает использование экономических и морально-эстетических оценок окружающей среды. Понимая его материальную и духовную ценность, учащиеся лучше осознают необходимость заботиться о его сохранении.

Охрана окружающей среды определяется знаниями о природе и обществе, полученными в результате изучения географии, биологии, химии и физики. В экспериментальной и краеведческой работе, в деятельности бригад и отделений лесного хозяйства учащиеся участвуют в активной заботе о природной среде, в сохранении растительности и животных, а также в приумножении природных ресурсов.

Совокупность их практической деятельности включает посильный уход за растениями и животными, участие в воспроизводстве природных ресурсов, заботу о земле и водных источниках, защитные и лесозащитные мероприятия. Под руководством преподавателей формируются навыки рационального использования природных ресурсов.

Моральная сторона охраны окружающей среды формируется в действиях, направленных на охрану окружающей среды. Это связано с осознанием национальной идентичности, полезности и ценности природы. Формирование моральных принципов отношения к окружающей среде здесь неразрывно связано с растущей заботой о природе, о чистоте водных источников, о сохранении почвенного слоя, о пресечении действий, наносящих ущерб окружающей среде.

Организованные природоохранные мероприятия должны привести учащихся к пониманию эстетической ценности природных явлений. Понимание красоты окружающей среды также должно естественным образом порождать желание защищать окружающую среду и готовность предпринимать соответствующие практические действия.

Эксперименты, проведенные в различных природных условиях, показывают, что на отношение к природе влияют пол, индивидуальные особенности школьников, место жительства, профессия и образование родителей. Согласно исследованиям, девочки часто воспринимают ландшафт более эмоционально, в то время как мальчики больше ценят возможность исследовать новые уголки природы или заниматься спортом. Существуют различия в отношении к природе среди сельских и городских студентов. Не все в равной степени осознают влияние природы на их чувства, мысли и отношение к людям. Отмечено, что в семьях с более низким уровнем образования родители дети относятся к природе более прагматично. Рост образования родителей способствует установлению у детей более богатых духовных связей с окружающей средой. Эти данные показывают, что педагогическая работа должна учитывать влияние различных социальных факторов на отношение к окружающей среде. Особую роль во взаимодействии школьников с природой играет их индивидуальная избирательность осознанных связей с внешним миром. В природоохранной деятельности одного интересует содержание, другого - форма, третьего - инструменты. Часть детей увлечена жизнью леса, другая часть - возможностью провести время в лесу с друзьями. Познавательные и практические интересы, эстетические вкусы и чувства, индивидуальные оценки различных природных явлений и действий человека чрезвычайно разнообразны.

Опыт показывает, что учитель, увлеченный благородной задачей охраны окружающей среды, испытывающий постоянный интерес к красоте, новизне и динамизму окружающего мира, может сформировать у учащихся бережное отношение к природе. Развивая духовный мир школьников средствами природы, он в то же время закаляет детей физически, формирует их волю и характер, воспитывает коллективизм и патриотизм будущих заботливых хозяев родной земли. Чем бережнее учитель относится к природе, тем сознательнее и ответственнее относятся к ней его ученики. Школе нужен универсальный учитель, который глубоко знает не только свой предмет, но и общие закономерности воспитания по отношению к природе и людям.

Организованная педагогами деятельность детей порождает и развивает личные впечатления и чувства, убеждения и интересы. Отражение природных явлений в сознании возникает в деятельности. Однако это происходит не автоматически, а под влиянием ее целей и задач, указаний учителей и воспитательниц. Необходимо четко спланировать задачу восприятия и понимания окружающей среды. Переход учащихся от наблюдения за красотой природы на прогулках к аналогичным наблюдениям во время сельскохозяйственных экспериментов, при уходе за школьным детским садом, к наблюдениям во время продуктивной работы – это детализированный педагогический прием для целенаправленного обогащения индивидуальных эстетических отношений. Его применение должно привести к развитию содержания и форм наблюдения за красотой по мере усложнения деятельности и, следовательно, к общему усложнению прямых связей с окружающей средой. Я уверен, что научившись наблюдать за окружающей красотой в процессе работы и осознав возможность создавать красоту вокруг себя с ее помощью, ученик по-другому воспринимает окружающую среду. Поэтому прогулки и другие занятия раскрывают перед ним красоту природы.

Чтобы научиться ценить красоту растительных форм, грацию животных, контрасты цвета и света, симметрию явлений, гармонию звуков, свойства пространства и времени, необходимо участвовать в их познании как чувственно, так и абстрактно-логически. Это означает, что учителя должны привлекать учащихся к наблюдению за свойствами ландшафтов, организовывать упражнения, развивающие слуховое и зрительное восприятие, умение анализировать и обобщать собственные впечатления и оценки. В то же время необходимо более глубоко задуматься о возможностях педагогического воздействия на эстетические восприятия, чувства и суждения учащихся посредством тех видов деятельности, которые в наибольшей степени связаны с познанием, выявлением потребительских (более чем эстетических) свойств окружающей среды, например, различных поделок (сбор ягод, грибов, рыбалка и т. д.), сбор материалов для школьных коллекций, экспедиции по поиску местных строительных материалов, уход за птицами, водоемами, лесами и т. д.

Чем младше учащиеся, тем важнее игровые элементы в таких ситуациях. В подростковой группе на первый план выходят экспериментальные, исследовательские, краеведческие и спортивные занятия. Для старшеклассников ведущую роль играют работа, изучение науки и искусства. Разнообразное художественное творчество должно охватывать учащихся всех школьных возрастов.

В разном возрасте учащиеся по-разному оценивают важность одних и тех же вещей для их связей с природой. В зависимости от таких оценок меняются их увлечения, происходит переход от одного дела к другому, появляется интерес к явлениям, которые ранее не привлекали особого внимания. По моим наблюдениям, в среднем возрасте студенты предпочитают заниматься такими вещами, как посадка деревьев и кустарников, участие в экскурсиях, пеших походах. Освоение местного рельефа, изучение животных, растений и рыбалка являются престижными. Менее ценятся участие в охране природы, уход за деревьями, уборка территорий, зарисовки природных явлений, сбор лекарственных растений. Еще ниже оцениваются наблюдения за природными явлениями, прогулка в парке, а также уход за аквариумными рыбками. В более старшем возрасте на первый план в качестве эмоционально значимых действий вышли следующие: любование природой, спасение деревьев, работа в саду и огороде, отдых; духовные формы деятельности (размышления о жизни, чтение стихов, пение); сбор грибов, уход за животными. Во многом эта градация связана с особенностями психофизического развития подростков и молодежи.

Методы косвенного воздействия учителей на деятельность не способствуют сосредоточению внимания всех учащихся на эстетических свойствах природы. Некоторые из студентов, наименее восприимчивые к красоте, часто проявляют интерес к случайным явлениям, некоторые обращают внимание только на то, что бросается

в глаза, и не вникают в детали, признаки и свойства явлений. Такие методы недостаточно ориентированы на выявление основных, сущностных признаков, позволяющих оценить явление как красивое или уродливое.

Не только эстетическое восприятие природы, но и экологические устремления и действия не возникают автоматически. Формирование и того, и другого требует специальной педагогической работы, поэтому задача открытия красоты в природе, которую учитель ставит перед учащимися, должна быть неразрывно связана с практическими задачами труда и охраны природы и наоборот. Процессы воспитания эстетических и экологических установок школьников требуют комплексного подхода. В любой школе одинаково возможны два пути всестороннего воспитания этих отношений: от эстетического познания к практике (к труду и охране окружающей среды) и от практики к познанию.

Учителя литературы, пения и рисования быстрее и легче сформируют ответственное отношение учащихся к природе, опираясь изначально на средства искусства. Как известно, учащиеся с большим интересом пишут эссе о литературном пейзаже, картинах и музыке, отражающих природу. Под руководством учителей рисования они с удовольствием совершают экскурсии, чтобы зарисовать достопримечательности с натуры. Школьникам также увлекательно знакомиться с миром музыки, воспроизводя образы природы.

Для преподавателей естественных и математических дисциплин наиболее эффективным комплексным подходом к образованию является путь от преподавания основ естественных наук к организации непосредственного взаимодействия школьников с природой в познании и труде, а затем к установлению связей между природой и искусством, социальных и личностных взаимоотношений учащихся с окружающей средой.

Мероприятия на свежем воздухе также, на мой взгляд, являются объективной основой для возникновения и развития взаимоотношений между учащимися (студенческие группы, школьное лесничество, животноводческие подразделения, общественные сады). Здесь учитель может широко использовать массовые формы и методы пропаганды эстетической ценности природы и необходимости ее охраны. Это лекции, беседы, рассказы, разъяснения и читательские конференции. Методы воспитания примером и поощрения также эффективны. Коллектив легко и традиционно организует конкурсы и олимпиады, выставки, художественные кружки, вечера и праздники, посвященные бережному отношению к природе. Преподаватели выступают в роли консультантов и эдаких эзевров. Пример преподавателей активно влияет на сознание и поведение учащихся, их отношение к природе и друг к другу. Систематические консультации по домашнему хозяйству (садоводство, цветы, животные, рыбы, птицы), выставки находок и поделок из других материалов могут стать формами педагогического руководства индивидуальной деятельностью. Уместны рекомендации по режиму игр и отдыха на природе, ознакомление учащихся с правилами рыбалки и ухода за природой, законодательством. На беседы можно приглашать поэтов, писателей, рыбаков, охотников, лесников и т. д.

Достижение высокого уровня развития отношений к природе и друг к другу помогает удовлетворить интересы школьников.

Для реализации стоящих перед нашей страной задач по превращению каждого ее уголка в цветущий край необходимо формировать экологическую культуру, эстетическое отношение к природе, развивать любовь к ней и своевременно нести ответственность за ее состояние.

Природа не в силах помочь себе когда на нее плохо влияют. Влияют варварски, безразлично, и пассивно. Негативные манипуляции со стороны человека и вторжение в дела природы, которые приводят к многочисленной гибели растений и животных. В обществе приняли закон, связанный с охраной природы, который должен выполнять каждый гражданин страны. Экологическое образование является важнейшей целью в решении пагубных ситуаций охраны окружающей среды. В настоящее время каждый, неважно кто он по своей специальности, должен быть экологически образованным. Главной задачей является познакомить учащихся с нормами поведения на природе, не “сокрушить” различные табу, нужна точечная тяжелая работа.

Чтобы это стало нормой поведения для каждого человека, нужно с раннего детства точно воспитывать в себе чувство ответственности за природу, вырабатывать активное мировоззрение по восприятию проблемы сохранения окружающей среды.

Непосредственно существует множество различных методов благодаря которым, можно улучшить желание учащихся к экологии. Так, например, можно будет простимулировать их с помощью награды. Учащийся заинтересованный экологией посредством награды, показывают себя намного лучше, поскольку они получают вознаграждение за свои труды. У нас в школе проводились культурные мероприятия целью которых было облагораживание территории школы. Каждому учащемуся было выделено по подарку, а так-же небольшая лекция об окружающей среде. Похожие культурные мероприятия проводились и не на территории школы. Поездки в ботанические соды, производили крайне хорошее впечатление. Это показывало, насколько красива окружающая природа и насколько сильно ее надо беречь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Palmer, J.A, 1998: Environmental education in the 21st century: theory, practice, progress and prospects/ J.A. Palmer. – New York; 2022 – 11 – 267 p.

ПСИХОЛОГИЯ КОНФЛИКТА PSYCHOLOGY OF CONFLICT

В. Д. Пантюхов, Я. А. Ивашнева, И. З. Олевская
V. D. Pantsiukhov, Y. A. Ivashneva, I. Z. Olevskaya

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
Минск, Республика Беларусь

olevskaia@isei.by, ivasnevaana253@gmail.com, pantuhovvladimir855@gmail.com

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus*

Конфликт – неотъемлемая составляющая функционирования любой современной организации. И любой конфликт может выполнять как положительные, так и отрицательные функции. Хотя часто говорят, что определенный уровень конфликта может быть функциональным, большинство рекомендаций по организационным конфликтам преимущественно опирается на методы его разрешения, редукции или минимизации. Но конфликт не обязательно должен устраняться вовсе, скорее, им нужно эффективно управлять. Актуальность исследования обусловлена недостаточной разработанностью проблем конфликта в условиях социальной неопределенности, слабой изученностью конкретных форм проявления конфликтов в студенческой среде, неразработанностью механизмов их разрешения. Также это актуально в педагогическом процессе, в семейной жизни, то есть, в любой ситуации, где происходит взаимодействие личности и группы.

Conflict is an integral part of the functioning of any modern organisation. And any conflict can fulfil both positive and negative functions. Although it is often said that some level of conflict can be functional, most recommendations on organisational conflict are predominantly based on methods of conflict resolution, reduction or minimisation. But conflict does not necessarily need to be eliminated altogether, rather it needs to be managed effectively. The relevance of the study is due to the insufficient development of the problems of conflict in conditions of social uncertainty, weak study of specific forms of manifestation of conflicts in the student environment, undeveloped mechanisms for their resolution. It is also relevant in the pedagogical process, in family life, that is, in any situation where there is interaction between an individual and a group.

Ключевые слова: конфликт, поведение личности, методики решения, искажение восприятия.

Keywords: conflict, personality behaviour, solution techniques, perceptual distortion.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-300-302>

Понятие конфликта принадлежит как науке, так и обыденному сознанию, наделяющему его своим специфическим смыслом. Каждый из нас интуитивно понимает, что такое конфликт, однако от этого определение его содержания не становится более легким. Психологический словарь определяет конфликт как «трудно разрешимое противоречие, связанное с острыми эмоциональными переживаниями». При этом выделяют такие типы (уровни) конфликтов, как: внутриличностные; межличностные; групповые (между неформальными малыми группами в составе одной общности); внутриорганизационные (где конфликтующими сторонами являются группы-коллективы подразделений организаций); межгрупповые (конфликты между большими социальными группами). В зависимости от того, что попало в зону разногласий, выделяют конфликты: ресурсов (два субъекта претендуют на один материальный ресурс); задач (споры о том, как должно быть выполнено то или иное задание); психологических потребностей (не удовлетворяются или находятся под угрозой потребности во власти, дружбе, признании, уважении, независимости); ценностей (взглядов); мета-конфликты (возникновение разногласий о способах разрешения конфликтов) [1].

Конфликтная ситуация – противоречивые позиции сторон. Для перерастания возникшего противоречия в конфликтную ситуацию необходимо следующее:

- значимость ситуации для участников конфликтного взаимодействия;
- наличие препятствия, которое воздвигает один из оппонентов;
- превышение личной или групповой терпимости к возникшему препятствию, хотя бы у одной из сторон.

Таким образом, конфликтная ситуация – это условие возникновения конфликта, а конкретно конфликт, начинается после инцидента (повод, который ущемляет, пусть даже не умышленно, одну из сторон).

Б.И. Хасан, один из известных исследователей конфликта, предлагает следующее понимание конфликта: «Конфликт – это такая характеристика взаимодействия, в которой не могущие сосуществовать в неизменном виде действия взаимодетерминируют и взаимозаменяют друг друга, требуя для этого специальной организации. При этом важно учитывать, что действие можно рассматривать и во внешнем, и во внутреннем плане. Вместе с тем

любой конфликт представляет собой актуализировавшееся противоречие, т. е. воплощенные во взаимодействии противостоящие ценности, установки, мотивы. Можно считать достаточно очевидным, что для своего разрешения противоречие непременно должно воплотиться в действиях в их столкновении. Только через столкновение действий, буквальное или мыслимое, противоречие себя и являет». Анализ этих и других определений показывает, что при всей близости характеристик, описываемых в качестве компонентов или признаков конфликта, ни одно из определений не может быть принято в качестве универсального либо в силу ограниченности охватываемых им явлений лишь частью конфликтной феноменологии, либо из-за многозначности используемых формулировок. Авторы большинства существующих определений конфликта сходятся относительно лежащего в его основе «столкновения». Любой конфликт, независимо от его характера, конкретного содержания и вида, обязательно содержит в себе момент противостояния, «противоборства». Но противостояние становится возможным только во взаимодействии, другими словами, противоречие не может существовать само по себе, вне своих конкретных носителей. В контексте проблемы определения конфликтов – это свойство может быть обозначено как биполярность, что означает и взаимосвязанность, и взаимопротивоположность одновременно. Истинная точка зрения может существовать, только если с ней сосуществует ложная. Противостояние интересов предполагает наличие двух противоречащих друг другу или несовместимых интересов. Борьба мотивов также возможна только при их множественности [2].

Биполярность как особенность конфликта, видимо, характерна и для случаев более широкого социального противостояния. Например, один из видных современных теоретиков в области социологии конфликта Р. Дарендорф считает, что любой конфликт сводится к «отношениям двух элементов». Даже если в конфликте участвует несколько групп, между ними образуются коалиции, и конфликт вновь приобретает биполярную природу. Таким образом конфликт обнаруживает себя в «борьбе» его разных сторон, которая завершается разрешением или снятием этого противоречия. Г. Зиммель утверждал, что «конфликт... предназначен для решения любого дуализма, это – способ достижения своеобразного единства, даже если оно достигается ценой уничтожения одной из сторон, участвующих в конфликте». Таким образом, наряду с биполярностью, являющейся носителем противоречия, в качестве обязательного атрибута конфликта выступает активность, направленная на преодоление противоречия.

Еще один критерий, на основании которого мы можем охарактеризовать явление конфликта, – это наличие субъекта или субъектов как носителей конфликта. Действительно, «столкновение» как ядро конфликта предполагает осознанную активность сторон. Конфликт как фаза противоречия возможен лишь тогда, когда его стороны представлены субъектами. Где субъекта нет – не может быть конфликта. Это означает, что находиться в конфликте можно только с кем-то – с другой группой, с другим человеком, с самим собой. То, что конфликт требует наличия субъекта или субъектов, представляющих его стороны, предполагает возможность активных и осознанных действий со стороны данных субъектов. Этим конфликт отличается от противоречия, стороны которого не обязательно должны быть представлены субъектами. Из этого можно сделать вывод, что в ходе изучения конфликтов очерчивается широкий круг явлений, требующих систематизации. Речь идет о множестве видов конфликта с точки зрения «сторон» конфликтной ситуации, которыми могут быть группы, отдельные люди или личностные образования и тенденции человека. Мы остановимся на отдельных видах конфликтов, раскроем их понимание в рамках различных подходов.

Категория внутриличностных конфликтов объединяет психологические конфликты, состоящие в столкновении различных личностных образований (мотивов, целей, интересов и т. д.), представленные в сознании индивида соответствующими переживаниями. Конфликты этого вида в психологической литературе обозначаются как внутриличностные, личностные, внутренние, интрасубъектные, интраперсональные, наконец, как просто психологические [3]. Личностный же конфликт представляет собой противостояние двух начал в душе человека, воспринимаемое и эмоционально переживаемое человеком как значимая для него психологическая проблема, требующая своего разрешения и вызывающая внутреннюю работу, направленную на его преодоление. Общее значение таких конфликтов в психической жизни человека определяется тем, что «в психологическом конфликте изменяются прежние и формируются новые отношения личности; изменяется сама структура личности». Таким образом, «развитие и разрешение конфликта представляет собой острую форму развития личности». Это развитие осуществляется в ходе бессознательного неразрешимого противоречия между уровнем притязаний, «хочу», возможностями, «могу», и мотивом долга, «должен». В зависимости от того, какие из этих структур оказываются в противоречии, различаются основные виды внутриличностных конфликтов: мотивационный, когнитивный, нравственный, ролевой, адаптационный, конфликт нереализованного желания и неадекватной самооценки. Рассматривая тему конфликтов нельзя обойти стороной межличностные конфликты – ситуации противостояния, разногласий, столкновений между людьми. Такие конфликты чреваты негативными, деструктивными последствиями. Они мешают установлению взаимопонимания между людьми, затрудняют принятие решений, ведут к нестабильности и беспорядкам, сопровождаются негативными переживаниями, могут привести к разрыву отношений. Межличностный конфликт может быть определен как ситуация противостояния участников, воспринимаемого и переживаемого ими как значимая психологическая проблема, требующая своего разрешения и вызывающая активность сторон, направленную на преодоление возникшего противоречия и разрешение ситуации в интересах обеих или одной из сторон. Следом за межличностным конфликтом мы переходим к рассмотрению такого понятия, как межгрупповое взаимодействие, а, следовательно, межгрупповой конфликт. Межгрупповым принято называть взаимодействие как между собственно группами людей, так и между отдельными представителями этих групп, а также любые ситуации, в которых участники общения взаимодействуют в межгрупповом измерении,

воспринимая друг друга и себя как членов разных групп. Чаще, безусловно, когда речь идет о межгрупповых конфликтах, имеются в виду именно конфликты между группами людей. Один из вариантов объяснения межгрупповых конфликтов основан на известной концепции фрустрационной детерминации агрессии, которая дала толчок соответствующим исследованиям в области межгруппового взаимодействия. [4]. Традиционные классификации конфликтов далеко не всегда включают внутригрупповые конфликты. Это связано с тем, что обычным основанием для разграничения видов конфликта являются его стороны (личностные образования одного субъекта, разные субъекты или группы людей), а в вычленинии внутригрупповых конфликтов это основание явным образом нарушается. Действительно, кто является сторонами внутригруппового конфликта? Либо отдельные члены группы, либо отдельные группировки внутри нее, либо член группы и остальная ее часть (позиция которой, как правило, персонифицируется лидером или другим активным членом группы). Это стало основанием для принятого мнения, что внутригрупповые конфликты фактически не имеют самостоятельной феноменологии и принимают форму либо межличностных, либо межгрупповых конфликтов.

Благодаря конфликту оказывается возможным первичное установление единства или его восстановление, если оно было ранее нарушено. Однако не каждый тип конфликта будет способствовать укреплению группы, равно как и не во всех группах конфликт может реализовывать подобные функции. Наличие этих позитивных потенциалов конфликта определяется его типом, равно как и особенностями группы. Необходимым моментом исследования механизмов возникновения внутригруппового конфликта становится изучение системы предметных взаимосвязей индивидов, основой которых служит социально обусловленное проблемно-целевое содержание совместной деятельности». [5]. Из этого следует вывод, что конфликт нельзя рассматривать с точки зрения одной теории. Изучение данного феномена должно соблюдать некую психологическую традицию.

Конфликт следует рассматривать с разных сторон его проявления таких как:

1. конфликт с точки зрения интрапсихической интерпретации;
2. конфликт как реакция на внешнюю ситуацию;
3. конфликт как когнитивный феномен.

Конфликт в ходе своего развития и завершения оставляет на личности (группе) конструктивный или деструктивный сдвиг. Во многом именно тактика поведения в конфликте является решающим звеном в позитивном или негативном его завершении. На этом основании мы можем выделить схему, которая имеет следующий вид: конфликт – изменение – адаптация/дизадаптация – выживание/патологическое развитие.

Таким образом, конфликт – это сигнал к изменению и источник развития. И только индивид (группа) определяют, какой итог этого развития будет приобретен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нестерова, Л. В. Конфликты в вузе : классификация, причины и способы их разрешения : материалы Международной науч.-практ. конф. Четвертые Декартовские чтения «Рационализм и универсалии культуры». – 2017. – С. 148–156.
2. Кибанов, А. Я. Конфликтология : учеб. пособие / А.Я. Кибанов, И.Е. Ворожейкин [и др.]. ; под ред. А.Я. Кибанова; гос. ун-т. управл. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : НИЦ Инфра-М, 2014. – 301 с.
3. Абраменко, Е. В., Ефимов, Е. Г. Исследование стрессоустойчивости и конфликтности в контексте психологической безопасности студента // Казанский педагогический журнал. – 2019. – № 3 (134). – С. 89–93.
4. Аллахвердова, О. В. Центр разрешения конфликтов: рекомендации по организации / О. В. Аллахвердова. – СПб. : Центр разрешения конфликтов, 2019. – 40 с.
5. Адонина, Л. В., Вишнякова, А. В., Кузёма, Т. Б., Шутова, О. А. Фасилитация как средство профилактики «эмоционального выгорания» и устранения педагогических конфликтов // E-Scio, 2020. – №10 (49). – С. 1–8.

ON THE ISSUE OF INTRODUCTION TO HUMAN ECOLOGY AS PART OF A PRE-MEDICAL CURRICULUM

К ВОПРОСУ О ВВЕДЕНИИ В ЭКОЛОГИЮ ЧЕЛОВЕКА В РАМКАХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ К ПОСТУПЛЕНИЮ В МЕДИЦИНСКИЙ ВУЗ

M. M. Bandarenka, L. V. Victorka

М. М. Бондаренко, Л. В. Вукторко

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus
victorka@iseu.by*

*Учреждение образования «Международный государственный экологический университет
имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь*

The article considers the issue of introduction to human ecology as part of a preparatory department curriculum. The authors justify the feasibility of incorporating human ecology issues into classes of Chemistry and the English language and illustrate the possibility of promoting health consciousness and environmental awareness in international students by relating the course content to real life for stimulating active participation in analyzing and considering the solutions of urgent ecological problems.

В статье рассматривается возможность знакомства слушателей с проблемами, связанными с экологией человека, в рамках образовательной программы подготовительного отделения. Авторы обосновывают целесообразность обсуждения данных проблем в процессе обучения химии и английскому языку и демонстрируют на примерах способы мотивации здорового образа жизни и развития экологического сознания у иностранных слушателей посредством обучения на основе конкретных случаев, связывая содержание курса с реальной жизнью в целях мотивации активного участия в анализе и рассмотрении возможных вариантов решения актуальных экологических проблем.

Keywords: human ecology, health consciousness, environmental awareness, environmental health, international students, preparatory department, pre-medical curriculum.

Ключевые слова: экология человека, здоровый образ жизни, экологическое сознание, экологическое здоровье, иностранные слушатели, подготовительное отделение, программа подготовки к поступлению в медицинский вуз.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-302-306>

Social-ecological issues in students' education have been an important part of all curricula in International Sakharov Environmental Institute. Loss of biodiversity, land and air pollution do not just harm the nature around us, all this threatens our well-being. In the recent years human ecology has become a major topic of discussion in academic and public circles. The rapid development of industry and technology has led to deterioration in the chemical composition of the biosphere, which could not but affect people's health, leading to an increase of chronic, oncological, autoimmune diseases, and the emergence of allergic reactions.

In 1989 the World Health Organization (WHO) introduced the term "environmental health" and defined it as "Those aspects of human health and disease that are determined by factors in the environment and the theory and practice of accessing and controlling factors in the environment that can potentially affect health" [3]. Environmental health encompasses all of the external factors that affect human health and wellbeing. This ranges from the air we breathe, the food we eat and the water we drink, to the wider impact of human-made hazards on the world around us.

Researchers associate the ecological crisis situation to a greater extent with broken values of people, and to a lesser extent with the crisis of nature itself. Health consciousness and environmental awareness are indicators of a person's moral maturity. Our practice of interaction with international preparatory department students convinces us that this important component of a person's moral maturity is not completely formed. Teaching students from different countries helps us to observe that this problem is global and has been caused mainly by lack of knowledge therefore it is primarily an education problem.

Researchers prove the importance of ecological education for future doctors.

In 2012 the journal "Science" published an article "Add Ecology to the Pre-Medical Curriculum", where the authors expressed their belief that the specific competencies proposed by the Association of American Medical Colleges–Howard Hughes Medical Institute report in 2011 and the corresponding proposed changes to Medical College Admission Tests should include biodiversity and ecological interactions that can influence human health. They claim that understanding the role of species interactions with each other and with the abiotic environment will be crucial to future physicians as they diagnose disease and prescribe medication, as soon as a wide variety of species are medically important, both as causes and cures of disease. Approximately 75% of newly emerging infectious diseases in humans are zoonotic, predominantly from wildlife. Many illnesses are induced or exacerbated by environmental factors, including climate and pollution. They proposed an additional core competency for the pre-medical curriculum: "Demonstrate an understanding of taxonomic diversity and fundamental ecological processes and how they relate to human health" [2].

In his review article "Ecological analysis in general medicine" Jose Luis Turabian stresses that "human ecology designates a complex and multidimensional system that includes individuals and their reciprocal interactions with their global environments and the subsequent impact of these interactions on their health. Certain symptoms can be understood as attempts by the organism to adapt to a new environment or situation. Physical symptoms are signs that the body needs to change. The suppression of symptoms could lead to situation of imbalance at a deeper level of the organism". He suggests the introduction of ecological analysis into general medicine, which will lead to comprehensive understanding of patients, and therefore having a holistic view of diseases [5].

Pre-medical international students study the English language as well as Chemistry, Biology and Physics in English. The latter subjects are connected with the study of nature and environment, hence the preparatory course should include discussions based on a set of questions related to environment protection issues, brainstorming tasks consisting ideas or giving solutions to a given problem. The process of training should be properly organized. Teachers should use students' life experience for their further development.

In chemistry classes, it is important to focus not only on the physical and chemical properties of substances and compounds as well as on the ways they are produced and used, but also on the ways they affect the environment and human health. It is important to reveal the relationship between biochemical and physiological processes in the human body, and the concentration of chemical elements and their compounds in soil, water, air, food, to form ideas about the cycling of substances in nature, and the influence of anthropogenic factors on the emergence of ecologically disadvantaged territories.

It is widely known that with the increase in the number of motor vehicles, the concentration of chemical substances in the air has increased significantly. So in 2022 the average concentration of carbon dioxide was 150 percent of the pre-industrial level (according to the World Meteorological Organization for Greenhouse Gases). Carbon dioxide is highly carcinogenic and badly affects the human body. Due to the constant influence of high CO₂ concentrations, the hydrogen pH of the blood changes, namely, an increase in acidity, which leads to acidosis, and as a consequence leads to disruption of physiological processes in the body, for example, reduced absorption of magnesium, potassium, calcium, sodium ions, which in its turn can lead to the development of cardiac rhythm disorders, tendency to hypertension, muscle hypertonia. Acidosis can provoke the development of diabetes mellitus, problems with the musculoskeletal system, cardiovascular diseases, general weakness. Therefore, it is vitally important to carry out activities to reduce the concentration of carbon dioxide in the atmosphere. The activities (problem solutions) – planting green areas, ventilation of the premises, the use of humidifiers and air purifiers in the premises – are suggested by the students after completing a brainstorming task.

Increased concentration of most gaseous chemical compounds in the air course irritation of mucous membranes and airways and lead to respiratory diseases. Such substances include chlorine and its compounds, ammonia, nitrogen oxides, sulphur oxides, acetone vapours and others. According to statistics, among the urban population, the highest incidence of respiratory diseases is found in industrial regions where the air is heavily polluted by sulphur gas. The annual technological input of this substance exceeds 150 million tons: about 60% of this amount are products of fuel burning containing sulphur (including diesel). When it enters the body, sulfuric gas causes acute toxic lesions of the respiratory organs – laryngitis, tracheitis, bronchitis, toxic pneumonia. The compounds of the other chemical elements, nitrogen oxides (II and IV), are toxic enough to irritate the mucous membranes of the pulmonary edema. In addition to industrial emissions, NO, NO₂ are responsible for the increase in ambient air concentrations due to the combustion of diesel, cigarettes, keratin heaters, wood-burning boilers.

The human body is a complex self-correcting open system, which needs a variety of microelements for its proper functioning. For example, iodine is involved in the functioning of the thyroid gland, providing the formation of thyroxine and triiodothyronine, which are involved in regulating the processes of energy formation in the body and are necessary for the growth and differentiation of cells in the body tissues as well as for trans-membrane transport regulation. This micronutrient enters the body solely with food and people living near salty bodies of water are less likely to develop iodine-deficiency conditions. However, the uneven spreading of the waters of World ocean over the Earth's surface accounts for a sufficient number of areas with low concentration of iodine in water and soil that causes iodine deficiency in plants and animals, and thus in humans. For the prevention of iodine deficiency diseases in many countries of the world certain activities are carried out, for example, the use of iodized salt as well as iodine enriched food, the distribution of biological additives to food, etc. However, one of the consequences of iodine deficiency prevention has been an increase in the level of autoimmune thyroid diseases. It is generally accepted that two factors contribute to the development of autoimmune thyroid diseases: genetic and environmental. In recent years, excess iodine has been identified as an environmental risk factor for autoimmune thyreopathy. Experimental and clinical studies have shown the relationship between long-term excess iodine intake and the induction of autoimmune thyreopathy in humans and animals.

Food industry development has not only led to an increase in the diversity of food products, but also to the active use of various synthesized food additives. Food additives are widely used in fast food, semi-finished products, for prolonging shelf life of food products, reducing the calorie content of food. Today about twenty-two food additives are known, they include: colorants, preservatives, emulsifiers, flavour enhancers, stabilizers, etc. One of the main conditions for the use of food additives is their toxicological safety. At the same time very little attention is paid to assessing the impact of food additives on human mutagenesis. Not all modifications of the DNA molecule are dangerous, but spontaneous, non-directed mutations carry negative effects on the body. Induced mutagenesis can lead to hereditary oncological diseases, congenital malformations. Food additives can lead to an increase in spontaneous mutations in the human body, they can enhance the effects of mutagens present in the environment, that is, to manifest commutative activity. The main types of mutations caused by chemicals are: modifications of nucleotides in DNA structure and chromosomal abbreviations – changes in chromosome structure. For example cinnamon aldehyde showed mutagenic properties in an experiment on mice. Tin chloride preservative was found to be genotoxic in microbiological tests, and formaldehyde exhibited mutagenicity by inducing chromosome abbreviations in human cell culture. Food colorants such as: E142, E125, E150c, E150a caused chromosomal mutations in mammalian cell culture. So the mutagenic effects of most chemicals used in food industry are not properly studied yet. Consequently, it is not possible to predict the effects of the accumulation and transmission of possible mutations to the next generation.

Cancer is the second leading cause of death in the developed world. Environmental factors that increase the likelihood of malignant tumours are called carcinogens. Among these factors, we distinguish chemical carcinogens, which enter our body mainly with food. The most common are nitric acid salts – nitrates. If accumulated in large amounts in vegetables, as a result of the excessive use of nitrogen fertilizers, nitrates are restored to nitrite in the stomach and interacting with gastric juice, are converted into nitrosamines, substances with a wide range of carcinogenic and genotoxic effects. While

studying the negative effects of nitrosamines on human health, scientists conducted research on animal cell cultures. They concluded that this group of substances increases the risks of developing malignant neoplasms in the liver. In addition to vegetables, dangerous nitrogen organic matter can be found in jerky, processed fish, cocoa, alcoholic beverages, dairy products, fermented and marinated food. The Pharmaceutical Journal also reported that in 2019, an over-the-counter drug called Zantac was withdrawn from the US and EU markets due to nitrosamines. Pharmaceutical companies producing certain classes of pressure regulators – sartans – were also forced to revise their production processes in 2019 after massive drug recall in 2018. Another large group of chemical carcinogens are polycyclic aromatic hydrocarbons. They are formed by burning household waste, incomplete combustion of oil products, are released into the atmosphere air together with the exhaust gases, tobacco smoke. Being free, this group of substances enters open water, groundwater. This is facilitated by precipitation, directly washing polycyclic aromatic hydrocarbons into water, as well as the period of snow melting. The most dangerous of this group of organic compounds are benzantrazene, oval, benzipen. In addition to their carcinogenic properties, these compounds have the potential to disrupt foetal development. According to studies conducted at the Colorado University, polycyclic aromatic hydrocarbons can cause neoplasms in the lungs, as well as provoke the transformation of existing benign neoplasms into malignant ones. Moreover, such changes in animal cell culture occurred fairly quickly, within a few hours. So, exposure to this group of substances exceeding the limit doses can cause toxic effects to the body, and even irreversible processes in case of long-term exposure.

While studying the above mentioned issues pre-medical students develop creative projects, participate in round table discussions or debates, brainstorming tasks, case studies and role-plays. Creative activities in Chemistry and the English language classes help learners to visualize alternatives or possibilities from different perspectives, propose innovative ideas and resolutions. They review the progress of implementing them and adjust the process for improvement. Such ways of learning make learners curious about the process and the topic and foster learning itself. Emotions associated with information power long-term memory [4].

Incorporating human ecology issues into classes of Chemistry and the English language and promoting health consciousness and environmental awareness in international students through debate and negotiation requires complex modes of communication. According to the principle of interdisciplinary relationships the syllabus of the educational discipline “The English language” includes the following topics connected with environment protection and healthy way of life: “Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases”, “GMOs – their role in environmental management”, “Plant Kingdom diversity”, “Life of Animals”, “Challenging Problems of Ecology”.

The reader “English for students of medicine and biology” [1] is specially designed not only for vocabulary learning but also for promotion of health consciousness and environmental awareness in students. The topics suggested for discussion are all burning social-ecological and health issues: “Doctors in society”, “Medical professionalism in a changing world”, “Your body: how it works”, “The immune system”, “Main health problems and challenges”, “The human genome project”, “Mutations”, “Virology and viruses”, “Genetic engineering and human genetics ethics”, “Cloning”, “Ethical issues in biotechnology”, “Organ transplants”, “Challenging problems of ecology”. We hope that discussions and creative activities that we offer in this book will add to students’ motivation to improve environmental health. Enhancing creativity in the classroom is what we do to support in-depth learning. Telling an engaging story is a technique we use to build a creative learning experience through emotions. We believe that learners will get deeply engaged with creative tasks. As the more the students engage with the process, the longer they retain knowledge and get a better understanding of the problem, acquiring the desire to be environmentally friendly.

In our reader “English for students of medicine and biology” we suggest some creative activities in writing. For instance: “The human immune system can be thought as of as an army defending a kingdom, keeping it safe and keeping out invaders. Using this analogy, suppose that you are the leader of the army and that the king has just been killed in a fierce battle which was the result of an attack by an invading army. The invading army destroyed the castle, the surrounding village, and the homes of your people. You know it is your responsibility to rebuild the kingdom. To do this, you must select a new site for the village and must begin building the fortress to defend the castle and its people from future invaders. Describe what should be done step by step to restore safety and security of your people and to rebuild a well-protected kingdom (human body).”

Introduction to human ecology through creative activities for communicative practice suggested in the reader is also provided by brainstorming tasks and round table discussions:

- Do you know which diseases are still incurable? We are fortunate to live in a time when – thanks to scientific advances that have produced lifesaving vaccines and treatments –we can actually begin to imagine a disease-free world. This world may one day be possible. How?

- Embryonic stem cells offer hope for new therapies, but their use in research has been hotly debated. Embryonic stem cell research poses a moral dilemma. It forces us to choose between two moral principles: the duty to prevent or alleviate suffering and the duty to respect the value of human life. So which moral principle should have the upper hand in this situation?

- Human cloning is forbidden; yet, in some countries, therapeutic cloning is no longer illegal. There was a shocking 276 failed attempts before success with Dolly the sheep. Can you imagine having 276 failed attempts at human cloning? Do you think cloning is moral? What gives humans the right to dictate the production of new life?

- What can large cities do to improve their air quality? Do you think cars should be banned from city centres? What do you think the effects of such a ban would be? Should gas for motorists be more expensive? What would be the

advantages and disadvantages of this? How much more would you be prepared to pay for an environmentally-friendly car? Would you like to own a hybrid or electric car?

– Do think global warming is real? What is global warming? Do you think this is an effect of pollution?

What's happening to forests in the world? What happens when we remove forests? What can we do to protect forests?

– Are you concerned about the environment? What do you think is the biggest issue? What little things do you think you could do to help protect the environment? Look at the following list of things which could help the environment. Work in a group to establish which are very important, which are good ideas and which are irrelevant. Say which ones you do or don't do and explain why.

– Turn off the tap when you brush your teeth.

– Turn off your computer when you are not using it.

– Turn down the thermostat or air conditioning at home.

– Don't buy bottled water.

– Use public transport whenever you can.

– Recycle everything you can.

– Don't buy products with excess packaging.

– Turn off the lights when you leave a room.

The topics for creative projects suggested in the reader are designed to promote interest in wildlife and maintain the values of environment preservation in students:

– What animal best represents you? Why? If you could be any animal in the world what would it be and why? What natural animal ability or talent would you like to have?

– Create a presentation of an animal that is commonly found in your country. Try to include information on where it lives, how it viewed in your country and any culture that surrounds it.

People's environmental awareness today is an integral part of the world in which our great-grandchildren will live. We can all take actionable steps as individuals to help improve our environmental health. It is quite obvious that it is necessary for people to form a new vision of the world, a new type of ecological consciousness, characterized by the absence of opposition between man and nature. In this regard, promoting health consciousness and environmental awareness in students for the sake of environment preservation on the one hand, and their own health on the other hand, is the main task for school and university teachers in the framework of environmental education. Human ecology as content for teaching is an effort worth pursuing as we give students knowledge, competencies, and tools to live in a healthy environment.

REFERENCES

1. Английский язык для слушателей медико-биологического профиля = English for students of medicine and biology : хрестоматия / сост. : М. М. Михалевич, Л. В. Викторко, М. М. Бондаренко. – Минск : ИВЦ Минфина, 2022. – 120 с.

2. Beck, Ch. W. Add Ecology to the Pre-Medical Curriculum [Electronic resource] / Ch. W. Beck [et al.]. // Science. – 2012. – № 3. – Mode of access: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.335.6074.1301-a>. – Date of access: 15.02.2024.

3. Environmental health [Electronic resource] // Wikipedia. – Mode of access: https://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_health. – Date of access: 15.02.2024.

4. The Difference Between Creativity Vs. Creative Learning (and How To Harness Both) [Electronic resource] // ELM. – Mode of access: <https://elmllearning.com/blog/creativity-vs-creative-learning>. – Date of access: 15.02.2024.

5. Turabian, J. L. Ecological analysis in general medicine [Electronic resource] / J. L. Turabian // Open Access Text. – Mode of access: <https://www.oatext.com/ecological-analysis-in-general-medicine.php>. – Date of access: 15.02.2024.

ПСИХОЛОГИЯ ПРЕОДОЛЕНИЯ СТРЕССОВЫХ СИТУАЦИЙ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО МЕГАПОЛИСА PSYCHOLOGY OF OVERCOMING STRESSFUL SITUATIONS IN THE CONDITIONS OF MODERN MEGAPOLIS

**И. З. Олевская, С. В. Шинкоренко
I. Z. Olevskaya, S. V. Shinkorenko**

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
Svyataslava2@gmail.com*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus*

В современной действительности, возрастает число людей которые подвергаются длительному стрессовому воздействию, растет доля ментальных расстройств, в связи с чем растет актуальность исследований связанных с психологией стресса, в частности методиками преодоления стресса. Также актуальным на сегодняшний день является просветительская деятельность, а области психологии, для улучшения психологического здоровья населения.

In modern reality, the number of people who are exposed to long-term stress is increasing, the share of mental disorders is growing, and therefore the relevance of research related to the psychology of stress, in particular methods of overcoming stress, is growing. Also relevant today is educational activities in the field of psychology, to improve the psychological health of the population.

Ключевые слова: психология стресса, методика психологического заземления, дистресс, когнитивная психология стресса, коппинг-процесс.

Keywords: stress psychology, psychological grounding technique, distress, cognitive psychology of stress, coping process.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-306-309>

В условиях современного ритма жизни, техногенного антропологического влияния на окружающую среду, возрастает количество людей, которые испытывают дистресс, который в дальнейшем ведет к возникновению психических расстройств. По материалам Международной организации здравоохранения каждый восьмой человек в мире страдает ментальным расстройством. В некоторых случаях получение своевременной помощи является невозможным. К счастью, на сегодняшний день существует множество средств профилактики стресса, которые можно и нужно применять в домашних условиях.

Перед началом рассказа о методиках борьбы со стрессом, нужно дать определение самому понятию, а также иметь представление о различных типах стресса.

Стресс – (от англ. stress – обозначающее давление, напор, напряжение) является неспецифической реакцией организма на психологическое или физическое воздействие, нарушающее гомеостаз организма на неопределенный промежуток времени, при этом характеризующееся особым состоянием нервной системы.

Различают системный и психический стрессы. Системный стресс возникает, как ответная реакция организма на травмы, воспаление, инфекции и другие патологические физиологические изменения организма. Психический стресс наоборот вначале возникает на уровне психики, приводя позднее к биологическим изменениям организма [1].

Родоначальником теории биологического стресса является Ганс Селье. В своей теории автор заметил, что организм сам приспосабливается к стрессу и пытается восстановить потерянный гомеостаз.

Еще одно наблюдения автора состоит в том, что у каждой реакции на стресс есть свои пределы. Если организм постоянно подвергается воздействию стресса, то постепенно внутренние запасы организма истощаются [2].

То как организм приспосабливается к стрессу автор назвал общим адаптационным синдромом и разделил его на три фазы:

1 стадия или стадия тревоги. Сигнал о влиянии стресса отсылается в гипоталамус, который начинает выработку гормонов, имеющих название глюкокортикоиды. Далее глюкокортикоиды индуцируют образование адреналина, норадреналина и кортизола, влияя на симпатическую нервную систему. Данное состояние можно отследить в гормональном профиле слюны, в котором будет повышен уровень кортизола.

2 стадия или стадия сопротивления. В ней организм пытается воосстановить нарушенный гомеостаз, используя для этого уже парасимпатическую нервную систему. Надпочечники же используют для этого механизм, называемый “захват прегненолона”. Изменяя метаболизм прегненолона, они уменьшают выработку тестостерона, т. к. он является исходным химическим веществом, из которого синтезируется тестостерон и кортизол.

3 стадия или стадия истощения, проявляется истощением адаптационных механизмов. Надпочечники истощают свои возможности, поэтому в гормональном профиле слюны будет наблюдаться нормальный, а затем пониженный уровень кортизола. Если данный процесс не прекращается, то это приводит к дистрессу, а далее, проблемам со здоровьем.

Причин возникновения стресса может быть огромное множество, поэтому мы будем говорить о самопомощи, которую может оказать себе сам человек.

Первая методика называется заземление. Она состоит в том, чтобы в минуты гнева или других негативных эмоций, всегда вспомнить о своих ценностях, главное из которых это забота об окружающих и себе. В ситуации, когда эмоции и переживания с тревогой берут над нами верх, человек оказывается “отстраненным” от реальной жизни. В стрессовой ситуации советуют переключаться на реальную жизнь, а не быть на крючке мыслей и чувств.

Одним из упражнений в таком случае, например, выпить чашечку кофе, сосредоточив все внимание на вкусе, аромате и запахе напитка, переключив свое внимание с существующей проблемы. Также, можно поговорить с близким человеком, попытавшись сосредоточить внимание на его голосе и том, о чем он говорит. Всякий раз, когда тревожные мысли будоражат вас, мы переключаем внимание на то, что мы делаем в данный момент времени.

Бывают ситуации, когда остановить эмоции, представляется невозможным, тогда нам нужно научиться “заземляться”.

Замедлите темп и начните слушать свое дыхание, выдохните и вдохните воздух, встаньте на ноги, почувствуйте, как ноги опираются на землю, вытяните руки либо сомкните ладони. Переключите внимание на внешний окружающий вас мир, прислушайтесь к звукам, далее почувствуйте окружающий вас запах, осознайте где вы находитесь и что делаете в данный момент. Дотроньтесь до колена или любого предмета, до которого вы можете дотянуться, ощупайте предмет, осязайте.

Данные упражнения, не избавят никого от негативных чувств, однако вы сможете полноценно выполнять свою работу, либо проживать окружающую вас действительность, что повысит вашу стрессоустойчивость. Не забывайте упражняться, вы можете это делать в любой удобный момент времени.

Методика “отвязываться от крючка”. Большинство людей избавляются от неприятных эмоций и переживания знакомой всем реакцией “бей или беги”. Избегая неприятных событий, либо агрессивной реакцией заканчивающийся нередко криком, драками и ссорами.

Выпишите мысли, которые цепляют вас на бумагу, прислушайтесь к своим ощущениям в теле, назовите их.

Даже во время разговора с другим человеком, испытывая неприятные эмоции и переживания, важно сказать об этом внутри себя “Я обращаю свое внимание...”, а далее изложить суть проблемы, так можно продолжать разговор, не уходя в себя, утопая в своих проблемах и эмоциях. Далее следует переключиться на окружающий вас мир, используя технику “заземление” [3].

После переключения и освобождения от эмоций, а возможно и фрустрации из-за недостижимой цели, осознайте, какие ценности важны для вас. Вы можете жить в соответствии со своими ценностями. Действуйте согласно вашим жизненным ценностям.

В любой даже самой стрессовой жизненной ситуации у вас есть три выхода из сложившейся ситуации:

1. Уйти
2. Попытаться изменить существующую ситуацию, используя свои возможности. Если же такое невозможно, принять боль от существующей ситуации и жить согласно своим ценностям
3. Сдаться и отказаться от своих ценностей.

Обязательно относитесь к себе с добротой, проговаривайте и избавляйтесь от плохих мыслей, посещающих вас. Создавайте пространство для ваших плохих мыслей, переключайтесь на окружающий вас мир.

Постарайтесь отвлеченно посмотрев на проблему, как будто вы зритель в зрительном зале, который наблюдает неприятную ситуацию со стороны. Также возможно отделяться от негативных мыслей, попробовав представить их, написанными строчками из книги, которая не имеет к вам прямого отношения.

Проявляйте доброту к окружающим вас людям, также не забывайте по-доброму относиться к себе, разговаривайте и прощайте себя за неудачи.

Сконцентрируйте внимание на неприятной мысли, представьте себе ее цвет, размер, форму, температуру. Представьте ее как предмет, попробуйте прожить эту мысль, не пытаясь давить неприятные эмоции и чувства.

Такие упражнения помогут справиться со стрессом самостоятельно. С научной точки зрения, на данный момент существует три основных теоретических модели преодоления стресса: Эго-психологии, характерной черты или склонности и контекстуальная модель.

Эго-психологическая модель основывается на бессознательных адаптивных механизмах. В этой модели даже существует иерархия механизмов. К примеру: сублимация, подавление, альтруизм и юмор относятся к наивысшему уровню адаптивных процессов.

Следующий уровень объединяет различные невротические проявления, включающие в себя: формирование реакций, смещение, диссоциация и интеллектуализация.

Самые “низкие” механизмы адаптации к стрессу представляют собой следующие проявления: ипохондрия, проекция, воображение, выход из действия, а также пассивно-агрессивное поведение. Также существуют вызывающие когнитивные искажения механизмы адаптации: отрицание внешней реальности, искажения и обманчивые проекции.

Недостатки данной теории состоят в том, что она не учитывает стрессовые условия, их характер. Во-вторых, иерархическая классификация не всегда верно отражает степень адаптации механизма к условиям среды. К примеру, юмор, хоть и принадлежит к высокому уровню, может вообще не оказать влияния или усугубить положение, если будет применен неадекватным образом.

К тому же поддержание эмоционального равновесия, хоть и является адаптацией, не может разрешить основную проблему, из-за которой стресс возникает.

Модель личностных черт является второй теорией. Полагают что, основываясь на индивидуальных личностных чертах и склонностях, которые формируются для преодоления стресса, можно спрогнозировать последующие действия индивида. Но предрасположенность и характерные особенности не могут предопределить, то как человек справится со стрессом в условиях реальной жизни.

Минусом данной теории является отсутствие контекста или по-другому, опираясь на личностные черты, мы забываем о внешних факторах, не представляем себе сложившейся ситуации, а это означает, что мы не можем спрогнозировать достоверный результат.

Третья модель имеет название Контекстуальной(ситуационной) модели. В этой модели, преодоление стресса оценивается в рамках сложившейся ситуации. На преодоление стресса, в рамках данной модели влияют намере-

ния и действия индивида, которые он использует для того, чтобы преодолеть внутренние и внешние требования, которые возникают из-за взаимосвязи человека и стрессовых условий среды.

Есть определенные черты отличающие именно эту модель, от ранее изложенных.

Преодоление стресса – это осознанный процесс. Преодоление стресса оценивается по контекстуальным критериям, т. е. на то как будет преодолен стресс, будет влиять жизненная ситуация. Также в данной теории преодоление стресса является динамической характеристикой, а значит изменяется на протяжении всей жизни, т. е. не зависит полностью от генетических особенностей организма. Мы не рождаемся с выученными механизмами борьбы со стрессом, они возникают в условиях внешней среды и будут зависеть от воспитания, в частности.

Р.Лазарус описывал типы когнитивной оценки, которые влияют на данный процесс.

Первичная оценка зависит от степени угрозы, свойства стрессора и психологических особенностях индивида. Таким образом, мозг делает вывод о характере ситуации: угрожающая или ситуация изменения.

Есть разные виды событий, к примеру:

1. События, не затрагивающие человека напрямую и поэтому не требующие от него никакой реакции.

2. Позитивные события, которые могут быть объектом желаний человека, либо же не вызывать у него никаких эмоций.

3. Стрессовые события.

Стрессовая оценка опять разделяется на три типа: оценка сложной задачи; оценка угрозы; утрата, травмирующая угроза;

Вторичная оценка позволяет определить, каким методом может повлиять на события, их исход. Также человек может выбрать механизм и ресурсы для преодоления проблемной ситуации. Буквально это означает то, что человек начнет обдумывать как предотвратить или преодолеть, уменьшить, а иногда и улучшить критическую ситуацию.

Третий же тип оценки, включает в себя переоценку существующих на данный момент у человека ценностей.

Такой тип оценки возникает, когда первичная и вторичная оценка сливаются, человек предпринимает действия и далее, корректирует свою вторичную оценку согласно существующей реальности, возможности воздействия на причину стресса.

После когнитивной оценки ситуации, сознательно или нет, включаются механизмы по преодолению стрессовой ситуации, так называемый коппинг-процесс. На коппинг-процесс будет влиять не только оценка собственных действий и ее успешности, а также и ресурсы, которые будут необходимы для преодоления кризисной ситуации.

Существуют две основные функции, которые выполняет механизм преодоления стресса:

1. Разрешение проблемы (фокусировка на проблеме).

2. Регулирование эмоций (фокусировка на эмоциях).

Для анализа этих функций используется несколько концептуальных категорий.

Перлин и Шулер, говорят о реакции на ситуацию, которая ее изменяет и контролирует стрессовые ощущения до наступления дистресса, при невозможности разрешения проблемы. Когнитивная активность изменяет отношение к ситуации, придавая ей определенную значимость, в зависимости от контекста. Также она будет влиять на действия [3].

Все же, для успешного преодоления стресса требуется независимость от временного воздействия и характера ситуации. Проведенные исследования показывают, что в зависимости от ситуации, Люди могут изменять свои стратегии преодоления стресса. В зависимости от степени опасности, физических и психических возможностей человека, а также чем является для данного индивида конкретная ситуация, потерей, угрозой либо мелкой неприятностью, человек будет выбирать разные стратегии поведения.

Сегодня мы можем говорить об ситуативном интегративном личностном подходе, как о понимании взаимоотношения личности с окружающей ее средой. Ситуации, происходящие в жизни, так же принципиально отличаются друг от друга, как индивидуальные особенности каждой отдельной личности. Так же люди с определенными личностными характеристиками. Склонны попадать в определенные социальные ситуации. Когнитивное оценивание и придание определенной значимости ситуации и уровню ее стрессогенности, будет вести к определенному способу ее разрешения, а также методике преодоления стресса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельникова, М. Л. Психология стресса: теория и практика [Электронный ресурс] : учебнометодическое пособие / М. Л. Мельникова ; Урал. гос. пед. ун-т ; науч. ред. Л. А. Максимова. – Электрон. дан. – Екатеринбург : [б. и.], 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

2. Селье, Г. Стресс без дистресса / Г. Селье – Москва : Прогресс, 1982. – 124 с.

3. Важные навыки в периоды стресса: иллюстрированное пособие [Электронный ресурс].: Женева - Всемирная организация здравоохранения; 2020.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОДЛЕНИЯ ЖИЗНИ И ДОСТИЖЕНИЯ БЕССМЕРТИЯ

ANALYSIS OF MODERN INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR PROLONGING LIFE AND ACHIEVING IMMORTALITY

В. М. Рудак, В. Н. Лучина, В. В. Сивуха
V. Rudak, V. Luchina, V. Sivukha

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
sivuxa.2001@mail.ru*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

С давних времен люди мечтают о расширении границ своих возможностей и достижении бессмертия. К этому стремились адепты китайского даосизма, европейские алхимики и другие ученые и мистики. Сейчас технологии обретают собственный импульс, и их развитие бывает очень трудно остановить или контролировать. В силу дороговизны этого направления, есть ли риск классового конфликта? Готов ли человек к бессмертию? Если человека возможно роботизировать, способны ли мы очеловечить робота? Будет ли превосходство роботов над людьми?

For many millennia people have been asking the question of expanding the limits of their abilities and achieving immortality. The adepts of Chinese Taoism, European alchemists and other scientists and mystics strived for this. In our time technologies acquire their own impulse, and it is very difficult to stop or control their development. Due to the costliness of this trend, is there a risk of class conflict? Is man ready for immortality? If it is possible to robotise humans, are we able to humanise a robot?

Ключевые слова: геронтология, киборгизация, иммортализм, загрузка сознания, крионика, бессмертие, экзокортекс, живой коллаген, теломеры.

Keywords: gerontology, cyborginisation, immortalism, consciousness uploading, cryonics, immortality, exocortex, living collagen, telomeres.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-310-313>

Изучением биологических, социальных и психологических аспектов старения человека, его причин и способов борьбы с ним занимается наука геронтология. Эта наука родилась лишь в конце XX в. Несмотря на это, данная наука закрепились и развивается по сей день. До сих пор ни один из десятков геропротекторов (общее название группы веществ, имеющих способность увеличивать продолжительность жизни), испытанных на животных, не оказались достаточно эффективными и безопасными. Большинство биологов сходятся во мнении, что в мире не существует никаких фундаментальных принципов, ограничивающих длительность жизни или запрещающих бессмертие.

Сегодня основными препятствиями, с точки зрения биологии, являются так называемый предел Хейфлика и изнашивание коллагена, играющего роль «арматуры» организма, но эти аспекты имеют решения. Очевидно, что в развитых странах продолжительность жизни увеличилась с 35–40 лет в XVIII в. до 75–80 лет в настоящее время – пять революций в медицине подарили людям дополнительные 40 лет жизни.

Первая революция в медицине была в 17–18 веках, она была связана с кардинальным изменением значения гигиены. В начале 19 века, с появлением антисептиков и асептиков, благодаря которым резко снизилась детская смертность и смертность после хирургических операций, произошла вторая революция. Третья революция связана с появлением вакцинации. В середине 20 века – четвертая, с появлением антибиотиков. Пятая революция идет в наше время вместе с открытиями молекулярной биологии и изучение генома человека с последующей расшифровкой [1].

На кардинальные изменения повлияли понимание роли гигиены, появление асептиков и антисептиков, которые позволили резко снизить детскую смертность, а также смертность после хирургических операций, вакцинация, открытие антибиотиков, открытия молекулярной биологии и расшифровки генома человека, которые продолжают по сей день. В геронтологии есть термин «здоровое старение»: он означает, что естественный процесс старения организма происходит по значительно замедленным темпам. Но можно ли, сохранив внешнюю молодость, сохранить трудоспособность человека? Уверенность в том, что жизнь коротка и нельзя попусту тратить время, есть и всегда будет стимулом для всех, кто ищет правду. Проблема поиска бессмертия породила и новые

философские течения, и концепции. Появилось философское течение – иммортализм. Двумя популярными сторонниками иммортализма являются Рэй Курцвейл, который считает, что человечество может победить старение через продвижение технологий и Обри Де Грея, который утверждает, что человеческое тело представляет собой очень сложную машину и, таким образом, может быть отремонтировано до бесконечности. Научный иммортализм предполагает достижение желанного бессмертия при помощи сил науки. Некоторые не воспринимают его всерьез, а другие, его сторонники, спонсируют и всячески способствуют исследованиям в этом направлении.

Наряду с ним выступает трансгуманизм. Трансгуманисты изучают возможности и последствия применения современных технологий, опасности и преимущества их использования, рассматривая, в том числе, идею конвергенции биологических, информационных, познавательных и нанотехнологий. Трансгуманизм развивается и в культуре, например, произведения этого жанра часто философские по натуре, они рассуждают о влиянии, которое технологии могут иметь на человеческую жизнь. К примеру, в рассказах Линды Нагата анализируются возможные отношения между натуральным и искусственным, в результате чего предполагается, что хотя трансгуманистические модификации природных вещей могут быть благотворными, но они также могут стать и опасными, поэтому они не должны претворяться в реальность легкомысленно. В работах Грегга Игана исследуются такие идеи как размножение населения в пост-человеческом мире, насколько это необходимо. В книге Золтана Иштвана «Пари трансгуманиста» размышляется о том, насколько глубоко может зайти один человек, чтобы достичь неопределённой продолжительности жизни через науку и технологии.

Некоторые инновации уже «на пороге у человечества». Например:

Загрузка сознания. Гипотетическая технология сканирования и картирования головного мозга, позволяющая перенести сознание человека в другую систему, на какое-то иное вычислительное устройство (например, компьютер). Это вычислительное устройство будет моделировать все необходимые процессы, которые происходили в мозге оригинала таким образом, чтобы загруженное сознание могло продолжить реагировать на внешние раздражители неотличимо от того, как оно реагировало бы в биологическом оригинале. Для работы загруженного сознания необходима среда, функционально соответствующая человеческому мозгу, например, подробные модели мозга на компьютере. Существует несколько научных проектов по созданию действующей компьютерной модели мозга. Такие работы ведутся по проекту Blue Brain Project («голубой мозг»). Blue Brain Project – проект по компьютерному моделированию головного мозга человека. Так же Google в сотрудничестве с Гарвардским университетом в июне 2021 года презентовал образец человеческой коры мозга H01 размером 1 кубический миллиметр, содержащий миллионы клеток, синапсов и других структур. В то же время, с точки зрения многих философов, концепция выгрузки и загрузки сознания основана на неверном учении о независимости личности от тела: личность представляет собой жизнь, функцию или деятельность тела. Это – действующее тело, живущее тело; точнее, это – тело, действующее и живущее определённым способом, тесно связанным с головным мозгом и с остальной центральной нервной системой. Личность может быть абстрагирована от человеческого тела не в большей степени, чем дыхание или пищеварение. То есть личность, таким образом, является качеством тела, а не независимо существующей вещью [2].

К появлению экзокортекса может привести развитие биоинженерии: устройств для восстановления функций нервов и рецепторов; нейробиологии; нейроморфных процессоров; вычислительной нейробиологии. Людей с подобными вживлёнными устройствами можно будет называть киборгами или постлюдьми. На современный рынок уже готовятся выйти модуляторы настроения, основанные на принципах электростимуляции, однако в отсутствие обратной связи их можно рассматривать лишь как устройства для ТЭС-терапии. Сейчас этим занимаются компании со следующим перечнем услуг. Microsoft ToDo: план внедрения экзокортекса в Microsoft ToDo, тестирование напоминаний в Microsoft ToDo. Google Docs: создание папок и документов для всех дисциплин в Google Docs, разбор одной главы курса ШСМ, создание документа для общих идей, тестирование записи идеи в виде таблицы с заливкой. Motivation: аффирмации, направленные на удержание внимания на важном, настройка приложения Motivation под себя [3].

Живой коллаген. Так как одна из причин старения – изнашивание не обновляемого ресурса коллагена, который играет важную роль и в внешнем виде человека, наука и разработчики в серьёз задумались о создании витаминной добавки с этим белком. Так появился «живой коллаген». Он представляет из себя желеобразную добавку, которую надо принимать ежедневно по утрам. Если человек может употреблять коллаген, которого не хватает – значит он может возобновлять запасы тем самым продлевая жизнь? Все не совсем так и тут как обычно играет маркетинговый слоган. Что происходит, когда экзогенный коллаген (извне) или желатин (денатурировавший коллаген) поступают в организм человека? Коллаген – белок имеющий в составе 1,4 тысячи аминокислот в каждой, из трех цепочек – это очень большая молекула. Она не может просто диффузировать сквозь стенки желудочно-кишечного тракта. Поэтому, как и все белки, коллаген при поступлении в ЖКТ расщепляется на отдельные аминокислоты. Это важный момент: аминокислота лизин из расщепленного коллагена ничем не отличается от аминокислоты лизин, поступившей в ЖКТ с молоком, мясом или бобами. Даже если расщепление молекулы коллагена произошло не до отдельных аминокислот, а до небольших полипептидов, способных проникнуть сквозь стенки ЖКТ и отправиться к костям, мышцам и другим тканям – они при этом полностью теряют свой статус «частей коллагена» и превращаются в обычные обезличенные белки. Так что нет никакой разницы, съел ли человек ложку гидролизованного коллагена, желатина или погрыз свиной хрящ – в результате он получит просто аминокислоты. А из них уже тело при участии витамина С и других веществ выработает наш, человеческий, эндогенный коллаген [4].

Бесконечное деление клеток. В 2012 году испанские исследователи разбирали генную терапию, которая способна продлевать жизнь – в частности, лабораторным мышам. Взрослым (12 месяцев) и пожилым (24 месяца) грызунам вводили специально созданный вирус с активным геном теломеразы. Вирус внедрял свою ДНК в клетки животных и заставлял их производить этот фермент. Теломераза – фермент, который позволяет растягивать и увеличивать теломеры, ресурс которых и приводит к смерти клетки, так как после укорочения теломера со временем, клеточное деление невозможно, а значит нет ресурсов чинить повреждённые ткани. В результате исследования продолжительность жизни годовалых грызунов, которым вводили активный ген теломеразы, в среднем увеличилась на 24 процента. Их двухлетние сородичи после генной терапии жили на 13 процентов дольше ровесников из контрольной группы. При этом у животных, получивших активный ген теломеразы, улучшилась нейромышечная координация и замедлилось развитие остеопороза. Оба показателя считаются маркерами старения.

После этого исследования ученые Хьюстонского методистского исследовательского института (США) провели успешные опыты по генной терапии на культурах клеток человека, удлинив теломеры и таким образом затормозив преждевременное старение клеток, взятых у больных прогерией. У больных взяли образцы фибробластов – клеток соединительной ткани – с укороченными теломерами. А затем трижды с интервалом в 48 часов вводили в них матричную РНК, кодирующую человеческую теломеразу. В результате фибробласты продолжали делиться, преждевременное клеточное старение замедлилось. При этом ученые заметили, что фибробласты омолаживаются – теломераза в них стала активнее и теломеры длиннее. В США в настоящее время идут исследования этих способов на людях, но результаты будут известны только через год. Предыдущие исследования не были официально опубликованы [5].

Крионика. Технология сохранения в состоянии глубокого охлаждения людей и животных в надежде на то, что в будущем их удастся оживить и при необходимости – вылечить. Первые попытки заморозить живое существо, чтобы разморозить его спустя несколько лет, проводились еще в XVII веке. Но лишь в XX веке ученые начали изучать этот процесс более детально, разрабатывая способы оживить органы, которые предварительно были заморожены, тогда же появились первые криофермы. Как правило криоконсервации подвергают только головной мозг. Крионика основывается на том, что смерть мозга, теоретически, может и не быть окончательной смертью. Предполагается, что когда-нибудь в будущем достижения высокоразвитой технологии позволят каким-либо образом оживить таких людей, хранящихся при низких температурах.

Перед непосредственным актом крионики проводят подготовку тела (обязательна юридически подтвержденная смерть, так как без нее это будет считаться убийством). Предварительная процедура называется перфузия – в ходе нее происходит замена крови в теле на криопротектор – специальный незамерзающий состав, который сохраняет клетки в первоначальном состоянии при консервации. После подготовки тела его опускают в жидкий азот, который замораживает клиента при температуре минус 196 градусов Цельсия. При такой температуре не происходит ни одной химической реакции. Затем тела погружают для хранения в сосуды, которые по сути своего строения – огромные термосы. На сегодняшний день, крионика не пользуется высокой популярностью. На данный момент российской компанией «КриоРус» было крионировано 94 человека, в том числе 27 иностранных граждан. В штате Мичиган есть институт крионики. На декабрь 2022 года в нем числилось 1916 участников, у которых были заключены и оплачены контракты на проведение процедуры криоконсервации на месте после подтверждения юридической смерти. Также 237 человек и 233 домашних животных на тот момент были сохранены в жидком азоте [1].

Киборгизация – это процесс интеграции человеческого тела с различными механизмами с целью его улучшения. Этот процесс состоит в постоянно увеличивающемся числе замены живых органов искусственными аналогами, добавлении новых органов. Киборг – биологический организм, содержащий механические или электронные компоненты, машинно-человеческий гибрид. В современной науке отдельно выделяют «биокиборгизацию», когда новые органы создаются методами управления живой материей, например, введение новых клеток, новых хромосом или тканей, состоящих из клеток других организмов [4].

Эпоха «киборгизации» станет массовой после создания мощных нанотехнологий и относится, скорее всего, ко второй половине XXI в. Она будет состоять в постоянном увеличении концентрации микророботов во внутренней среде человека. Тем не менее, можно предположить, что ожидаемая продолжительность жизни такого «киборгизированного» тела составит несколько тысячелетий, старение в нём будет сведено к нулю, и основной риск для него будут представлять разные крупные катастрофы. Интересно отметить, что процесс нанотехнологической «киборгизации» может развиваться и внедряться быстрее, чем чисто биологические программы замедления старения [2].

Безусловно, из-за дороговизны всех вышеперечисленных инноваций есть риск разжигания межклассового конфликта, так как право долго жить смогут получить лишь очень обеспеченные слои населения нашей планеты. Тем самым, будет противоположность современности в виде «больше работаешь – дольше живешь».

Готов ли человек к бессмертию?

При открытии панацеи бессмертия, будет обострен вопрос о переселении планеты, о котором говорят уже в наше время. Что же будет, если люди перестанут умирать? Тут же поднимается и вопрос о ресурсах планеты, как об ограниченности не возобновляемых, так и о возобновляемых, на восстановление которых необходимо множество лет. Также поднимется вопрос расширения жилых площадей. Возможно, в кладбищах не будет смысла, и на их месте начнут строить новое жильё, однако и этого будет недостаточно. Ещё одним немаловажным вопросом будет качество и количестве продуктов питания.

Сейчас очень доступны и популярны различные виды нейросетей в виде искусственного интеллекта. ИИ заменяет очень многие базовые потребности и решает задачи разного уровня за людей. ChatGPT один из популярнейших видов общедоступных ИИ, который поражает все больше и больше своими способностями в разных сферах. Это все показывает доступность и простоту роботизировать привычные возможности и действия человека. Нужно ли будет бессмертие в будущем, где будет симбиоз искусственного и природного интеллекта?

Если человека возможно роботизировать, способны ли мы очеловечить робота? Но и над этим ученые работают, пытаясь изолировать мозг, который сохраняет свою работоспособность и жизнедеятельность. Но изолируют ли они человеческую личность, время покажет...

ЛИТЕРАТУРА

1. The plateau of human mortality: Demography of longevity pioneers / Elisabetta Barbi, Francesco Lagona, Marco Marsili // Science – 29 Jun 2018
2. Гринин, А. Л. Кибернетическая революция и исторический процесс (технологии будущего в свете теории производственных революций) / А. Л. Гринин, Л. Е. Гринин // Философия и общество. – 2015. – № 1. – С. 17–47.
3. Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века = Sakharov readings 2019 : environmental problems of the XXI century : материалы 19-й международной научной конференции, 23–24 мая 2019 г., г. Минск, Республика Беларусь : в 3 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Бел. гос. ун-та; редкол. : А. Н. Батян [и др.] ; под ред. д-ра ф.-м. н., проф. С. А. Маскевича, д-ра с.-х. н., проф. С. С. Позняка. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – Ч. 3. – 528 с.
4. Мифы об омолаживающем коллагене: надежды и реальность [Электронный ресурс] Medaboutme. – Режим доступа: https://medaboutme.ru/articles/mify_o_tselebnom_kollagene_nadezhdy_i_realnost/. – Дата доступа: 05.02.2024.
5. Azithromycin and Roxithromycin define a new family of “senolytic” drugs that target senescent human fibroblasts. / Ozsvari B, Nuttall JR, Sotgia F // Aging (Albany NY) – 2018 – 10(11)

СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БИО-МЕДИЦИНСКОГО ДЕЛА В РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

THE STATE, PROBLEMS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF BIOMEDICAL SCIENCE IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Е. А. Гродицкая, В. Н. Лучина, В. В. Сивуха

E. Groditskaya, V. Luchina, V. Sivukha

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
sivuxa.2001@mail.ru*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

Текущее состояние био-медицинского дела в Республике Беларусь находится на уровне развитых стран. В Республике ведутся активные исследования в области био-медицины, направленные на изучение генетических, молекулярных и клеточных механизмов заболеваний. Однако, анализ текущего состояния био-медицинского дела в Республике Беларусь показывает наличие как положительных, так и отрицательных аспектов развития данной сферы. Вместе с тем, уровень медицинского образования в нашей стране достаточно высокий, что обеспечивает должный профессионализм врачей. Медицинская инфраструктура достаточно развита, включая современные клиники, лаборатории и научные центры. Все это позволяет Беларуси занимать лидирующие позиции в области био-медицины среди ближайших зарубежных стран.

The current state of biomedical science in the Republic of Belarus is at the level of developed countries. The Republic conducts active research in the field of biomedicine aimed at studying the genetic, molecular and cellular mechanisms of diseases. The level of medical education in our country is quite high, which ensures the proper professionalism of doctors. The medical infrastructure is well developed, including modern clinics, laboratories and research centers. All this allows Belarus to take a leading position in the field of biomedicine among the nearest foreign countries.

Ключевые слова: медико-биологическое дело, медицинская инфраструктура, медицинское образование, телемедицина, биотехнологии, биохимические и иммунологические анализы, генетическая терапия.

Keywords: biomedical engineering, medical infrastructure, medical education, telemedicine, biotechnology, biochemical and immunological analyses, genetic therapy.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-313-316>

Исследования в области био-медицины в Республике Беларусь имеют широкий спектр направлений. Ученые активно занимаются изучением механизмов возникновения и развития различных заболеваний, включая онкологические, сердечно-сосудистые и нейродегенеративные заболевания. Также проводятся исследования в области генетики, фармакологии, биотехнологии и регенеративной медицины. Результаты этих исследований помогают разрабатывать новые методы диагностики, лечения и профилактики заболеваний [1].

Научно-исследовательская лаборатория Научно-исследовательского института экспериментальной и клинической медицины является базой для выполнения научно-исследовательских работ по актуальным медико-биологическим проблемам. НИЛ как подразделение лабораторной поддержки для осуществления научных работ участвует в совместных научных разработках с различными кафедрами медицинских университетов, учреждениями Министерства здравоохранения Республики Беларусь, Национальной академией наук и другими ведомствами нашей страны [2].

Экспериментальные научно-исследовательские работы, моделирование у лабораторных животных патологических состояний различного генеза, апробация новых способов медикаментозной и немедикаментозной коррекции патологии, мониторинг общего состояния животных, доклинические испытания лекарственных препаратов и изделий медицинского назначения проводятся на базе научно-исследовательской лаборатории «Виварий» Научно-исследовательского института экспериментальной и клинической медицины, позволяющего одновременно содержать все основные виды мелких и крупных лабораторных животных (до 2500 особей крыс и мышей, 10 свиней, 25–30 кроликов, 20 морских свинок) [2].

Медицинская инфраструктура в Республике Беларусь активно развивается. В последние годы было построено и оборудовано по современным стандартам множество клиник, больниц, научных центров и лабораторий. Это позволяет обеспечивать достаточно высокий уровень медицинской помощи и проводить сложные диагностические и терапевтические процедуры. Также развивается телемедицина, что дает возможность оказания медицинской помощи на удаленном расстоянии. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рассматривает телемедицину как «предоставление специалистами услуг здравоохранения в условиях, когда расстояние является критическим фактором, с использованием информационно-коммуникационных технологий для обмена необходимой информацией в целях диагностики, лечения и профилактики заболеваний и травм, проведения исследований и оценок, а также для непрерывного образования медицинских работников в интересах улучшения здоровья населения и развития местных сообществ». Европейская медицина дает более конкретное определение: «Телемедицина – это оперативный удаленный доступ к услугам медицинских специалистов с помощью ИКТ вне зависимости от того, где находится пациент или где хранится соответствующая информация» [2]. Эти меры способствуют улучшению качества здравоохранения и повышению эффективности био-медицинского дела.

Уровень медицинского образования в Республике Беларусь достаточно высокий. В стране функционируют престижные медицинские университеты и академии, где студенты получают фундаментальные знания и практические навыки в области медицины. Обучение проводится в соответствии с международными стандартами и современными методиками. Также врачи проходят постоянное профессиональное обучение, повышение квалификации и стажировки. Это способствует развитию медицинской науки и обеспечивает профессионализм врачебного сообщества [3].

Подготовка специалистов отрасли здравоохранения в Республике Беларусь осуществляется на основе современных образовательных технологий высшего и среднего медицинского образования в сочетании с высокотехнологическими методами практической медицины, что позволяет им быть конкурентоспособными и мобильными на мировом рынке труда [4].

Подготовка специалистов со средним медицинским и фармацевтическим образованием осуществляется в 14 учреждениях страны, обеспечивающих получение среднего медицинского и фармацевтического образования: УО «Белорусский государственный медицинский колледж», УО «Могилёвское государственное медицинское училище», РУО «Оршанский государственный медицинский колледж», УО «Пинский государственный медицинский колледж» и др. [1].

Подготовку специалистов с высшим медицинским образованием в Республике Беларусь осуществляют четыре медицинских университета: Белорусский государственный медицинский университет, Витебский государственный медицинский университет, Гродненский государственный медицинский университет, Гомельский государственный медицинский университет.

Обучение в медицинских университетах ведётся с учётом достижений современной науки и техники, в условиях тесной интеграции учебного процесса с научной и практической деятельностью преподавателей и студентов. С этой целью в медицинских университетах созданы научно-исследовательские лаборатории, учебно-производственные и исследовательские предприятия. Срок обучения в медицинских вузах составляет от 5 до 6 лет в зависимости от специальности [4].

В УО «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета осуществляют подготовку специалистов по специальности 6-05-0511-04 «Медико-

биологическое дело». Студенты данной специальности изучают биологические (углубленно) и медицинские науки, а также современные методы и средства лабораторной диагностики, используемые для оценки функционального состояния организма человека. Студенты данной специальности приобретают навыки биоаналитической работы, чтобы проводить биохимические, иммунологические и другие анализы, а также исследования биологических проб в медицинских целях и их расшифровки. Подготовка таких специалистов осуществляется с целью их дальнейшей работы в лабораториях медицинских, образовательных и научных учреждений [5].

Анализ текущего состояния био-медицинского дела в Республике Беларусь показывает наличие как положительных, так и отрицательных аспектов развития данной сферы. В сфере био-медицины в Беларуси имеются значительные достижения, включая разработку и производство лекарственных препаратов, создание инновационных медицинских технологий и методик, а также реализацию научных исследований и клинических испытаний. Однако, существуют и проблемы, такие как ограниченность ресурсов и несовершенство инфраструктуры, слабая организация и координация деятельности в области био-медицины, а также недостаток квалифицированных специалистов [4].

Также в результате анализа можно выделить основные характеристики и тенденции развития данной сферы. В Беларуси активно ведутся исследования и разработки в области биомедицины, включая создание и тестирование новых лекарственных препаратов, биотехнологических продуктов и медицинской аппаратуры. Ведется сотрудничество со странами-партнерами в области медицинской науки и практики. Значительными достижениями являются создание и производство инновационных лекарственных препаратов, использование новых методов диагностики и лечения, а также проведение клинических исследований и научных разработок. Однако, существует недостаток ресурсов и некоторых ключевых компетенций, что затрудняет полноценное развитие данной отрасли [4].

Вместе с тем, в био-медицинском деле Республики Беларусь отмечаются некоторые проблемы, такие как ограниченность ресурсов и финансирования, недостаток квалифицированных специалистов и слабая координация деятельности в области био-медицины. Наиболее проблемным моментом является ограниченное количество современных медицинских центров и лабораторий, оснащенных современным оборудованием. Это ограничивает возможности проведения высокотехнологичных исследований и обследований пациентов. Кроме того, наблюдается неравномерное распределение медицинских учреждений по территории, что создает трудности в доступности качественной медицинской помощи и проведения высокотехнологичных исследований для жителей регионов. Дефицит современного оборудования также ограничивает возможности внедрения новых технологий и методик лечения, что затрудняет прогресс в развитии био-медицинского дела. Отсутствие достаточного финансирования и несовершенная организация в сфере здравоохранения также являются серьезными препятствиями для успешного развития био-медицинского дела. Для решения этих проблем необходимо усилить инвестиции в инфраструктуру и оборудование, повысить уровень профессиональной подготовки специалистов биомедицинского профиля [4].

Также, одной из основных проблем развития био-медицинского дела в Республике Беларусь и странах ближайшего зарубежья является недостаток квалифицированных специалистов. В сфере био-медицины требуется наличие высококвалифицированных врачей, научных исследователей и других специалистов, обладающих глубокими знаниями и практическим опытом. Однако, существует нехватка таких специалистов, что сказывается на качестве медицинских услуг и исследований, проводимых в этой области. Недостаточное количество квалифицированных специалистов не только затрудняет внедрение новых технологий и методик, но и сдерживает развитие био-медицинского сектора в целом. На наш взгляд, для решения этой проблемы необходимо усиление системы подготовки и повышения квалификации специалистов, а также более активное привлечение иностранных специалистов для обмена профессиональным опытом и знаниями [6].

Таким образом, в био-медицинском деле в Республике Беларусь и странах ближайшего зарубежья существуют значительные финансовые и организационные проблемы, которые необходимо решить для обеспечения эффективного развития этой отрасли. Первая проблема касается недостаточного финансирования био-медицинских исследований и разработок. Отсутствие достаточных средств приводит к ограниченным возможностям для приобретения необходимого оборудования и материалов, а также для привлечения квалифицированных специалистов. Важно разработать эффективную систему управления и координации, чтобы оптимизировать расходы и улучшить работу в этой сфере [6]. Вторая проблема связана с недостаточной организацией системы био-медицинских исследований. Отсутствие единой координации и планирования приводит к дублированию исследований, негативно влияет на прогресс и усложняет взаимодействие между учеными и медицинскими учреждениями. Так, «предлагаемые подходы к установлению равной эффективности и безопасности «скопированных» препаратов позволят также сократить издержки производителей на выполнение полномасштабных клинических исследований, заменив их исследованиями на малых группах добровольцев или моделированием таких исследований. Это исключит необходимость дублирования исследований в каждом из государств ЕАЭС и возможность непризнания результатов исследований в рамках союза» [6]. Важно разработать эффективную систему управления и координации, чтобы оптимизировать расходы и улучшить работу в этой сфере.

Во всем мире происходит довольно динамичное развитие таких сегментов биомедицины, как клеточные и генные технологии, биосовместимые материалы и технологии молекулярногенетической диагностики. Однако,

в нашей стране и в Российской Федерации развитие данного направления происходит медленнее, что вызвано вышеописанными проблемами.

Вместе с тем, в России представлены такие разработки клеточных технологий как многослойный пласт кератиноцитов на полимерных пленках, дермальный эквивалент, полный эквивалент кожи, заместительная клеточная терапия ожогов, трофических язв, методы контроля эффективности трансплантации клеточных препаратов, технология трансплантации иммуносовместимых кроветворных стволовых клеток для лечения онкогематологических заболеваний и других форм тяжелой иммунологической недостаточности, а также технология применения стволовых клеток костного мозга для лечения сердечно-сосудистых заболеваний.

В Республике Беларусь, как и в странах ближнего зарубежья, перспективы успешного развития биомедицинского дела связаны с внедрением новых технологий и методик. В данной области возникает постоянная потребность в развитии и совершенствовании методов диагностики, лечения и профилактики различных заболеваний. Внедрение новых технологий позволяет повысить эффективность медицинских процедур, улучшить качество медицинской помощи и ускорить процесс выздоровления пациентов. Развивающаяся на сегодняшний день генетическая терапия, позволяющая проводить редактирование участков ДНК, может стать революционным подходом в лечении генетических заболеваний. Редактирование генома включает в себя такие технологии как CRISPR/Cas9, TALENs, ZFNs. Они позволяют точно изменять участки ДНК, внося изменения в геном. Технология CRISPR/Cas9 – это простой способ удалить мутировавший фрагмент ДНК и заменить его правильным вариантом. Данная технология имеет огромный потенциал для лечения многих генетических заболеваний, таких как гемофилия или болезнь Хантингтона. В будущем направленные вмешательства в ДНК могут помочь в лечении множества врожденных нарушений здоровья, например, диабета или хронических вирусных инфекций. Также перспективными методиками являются использование искусственного интеллекта для анализа медицинских данных и развитие технологий телемедицины для удаленной консультации и наблюдения за пациентами [7].

Бесспорно, укрепление международного сотрудничества в био-медицинской сфере является важным аспектом развития био-медицинского дела как в Республике Беларусь, так и в странах ближайшего зарубежья. В последние годы был предпринят ряд мер по укреплению сотрудничества в области обмена медицинской информацией и опытом с зарубежными партнерами. Беларусь активно сотрудничает с международными организациями, такими как Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) и Европейская ассоциация биоинформатики (ЕАБИ) в рамках различных актуальных проектов и программ. Также проводятся совместные исследования и образовательные мероприятия в области биомедицины с участием зарубежных ученых и специалистов. Зарубежные партнеры стараются оказывать финансовую поддержку различным проектам и программам, способствуя развитию био-медицинского дела в нашем регионе [1].

Процесс внедрения новых технологий и методик в био-медицинское дело является достаточно активным и находится в постоянном развитии. В Республике Беларусь наблюдается обнадёживающее внедрение инновационных подходов и технических решений в медицинскую практику, что выражается в использовании современного оборудования, разработке новых лекарственных препаратов, применение прогрессивных методик диагностики и лечения. Внедрение новых технологий и методик позволяет снизить затраты на медицинскую помощь, повысить эффективность лечения и улучшить качество жизни пациентов. Благодаря такому активному внедрению инноваций, био-медицинское дело в Республике Беларусь обладает хорошим потенциалом для дальнейшего развития и прогресса [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Сачек, М. М. Двадцать лет исследований по определению стратегических направлений развития здравоохранения и информатизации отрасли / М. М. Сачек, И. В. Малахова, Д. Ф. Куницкий и др. // Вопросы организации и информатизации здравоохранения. – 2012. – Приложение. – С. 7–8.
2. Поляков С. М., Лапицкий В. А., Асташкевич Ж. Г., Сачек М. М. Телемедицина В Республике Беларусь // Вопросы организации и информатизации здравоохранения. – 2012. – Приложение. – С. 272.
3. Биомедицинская этика и коммуникации в здравоохранении = Biomedical ethics and communications in health service : учеб.-метод. пособие для студентов учреждений высш. образования, обучающихся по специальности 1-79 01 01 «Лечебное дело» / В. С. Глушанко [и др.] ; М-во здравоохранения Республики Беларусь, УО «Витебский гос. мед. ун-т». - Витебск : ВГМУ, 2018. - 233 с.
4. Леванов, В. М. Научное обоснование использования электронных технологий в условиях модернизации здравоохранения на региональном уровне/ В. М. Леванов // Автореф. дисс. ... докт. мед. наук. М.: 2013. – 42 с.
5. 6-05-0511-04 «Медико-биологическое дело» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iseu.bsu.by/ru/abiturientu/specialnosti-i-napravlenija/mediko-biologicheskoe-delo/>. – Дата доступа: 26.02.2024.
6. Демидов, А. В. Информатизация организаций здравоохранения Республики Беларусь / А. В. Демидов // Вопросы организации и информатизации здравоохранения. – 2014. – № 3. – С. 20–25.
7. Кулик, С. П. К проблеме социальной оценки биомедицинского знания: философско-методологический анализ / С. П. Кулик // Достижения фундаментальной, клинической медицины и фармации : материалы 74-й науч. сес. ВГМУ, 23-24 янв. 2019 г. - Витебск : ВГМУ, 2019. - С. 549-550.

**РОЛЬ ОБРАЗОВ ПРИРОДЫ В БАЛЕТЕ И. СТРАВИНСКОГО
«ВЕСНА СВЯЩЕННАЯ» В ФОРМИРОВАНИИ ЭКОЛОГО-ЭСТЕТИЧЕСКОГО
ПРОСВЕЩЕНИЯ ЗРИТЕЛЬСКОЙ АУДИТОРИИ**

**THE ROLE OF IMAGES OF NATURE IN STRAVINSKY'S BALLET "SACRED SPRING"
IN THE FORMATION OF ECOLOGICAL AND AESTHETIC EDUCATION
OF THE AUDIENCE**

**Н. П. Ермачёнок, В. Н. Лучина, В. В. Сивуха
N. Yermachonok, V. Luchina, V. Sivukha**

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
sivukha.2001@mail.ru*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

Балет – это сложный симбиоз многих видов и жанров искусства, таких как музыка с ее средства музыкальной выразительности: мелодия, ритм, лад, гармония, регистр, тембр, темп, модуляция, секвенция и т. д.; хореография с ее блистательной пластикой и системой танцевального мышления; литература, изобразительное искусство, сценография, театральная режиссура, скульптура, искусство освещения, сценические костюмы, грим и т. д. Говоря о формировании эколого-эстетического просвещения зрительской аудитории при помощи средств художественной выразительности балетного спектакля, рисующих зрителю образы природы, мы должны отметить, что данный вид искусства как нельзя успешно, наряду с оперным искусством, решает эту задачу.

Ballet is a complex symbiosis of many types and genres of art, such as music with its means of musical expression: melody, rhythm, fret, harmony, register, timbre, tempo, modulation, sequence, etc.; choreography with its brilliant plasticity and dance thinking system; literature, visual arts, set design, theatrical directing, sculpture, lighting art, stage costumes, makeup, etc. Speaking about the formation of ecological and aesthetic education of the audience with the help of means of artistic expression of a ballet performance, drawing images of nature to the viewer, we must note that this type of art, along with opera art, solves this problem as successfully as possible.

Ключевые слова: искусство, балет, средства художественной выразительности, диссонанс, хореография, партитура, либретто, сценография, кубизм, фовизм, импрессионизм, экспрессионизм.

Keywords: art, ballet, means of artistic expression, dissonance, choreography, score, libretto, set design, cubism, fauvism, impressionism, expressionism.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-317-320>

Общение с природой – большое счастье и жизненная потребность для любого человека. Природа привлекает музыкантов, поэтов, художников своей чарующей неповторимостью. Говоря о средствах художественной выразительности, которые рисуют слушателю и зрителю образы природы, необходимо отметить, что все они гениально и исчерпывающе представлены в балетном искусстве. Для того, чтобы анализировать роль балетного искусства в формировании эколого-эстетического просвещения зрительской аудитории, следует проанализировать все наиболее распространенные виды искусств, включающих в себя как изобразительные или изображающие средства художественной выразительности, так и предлагающие собственную трактовку в момент поглощения зрителем потока информации.

Кинематографическое искусство, живопись, графика, архитектура, скульптура и т. д. являются наиболее явственными примерами видов искусства, через которые автор преподносит целиком своё видение этого мира. Таким образом, можно с полной уверенностью полагать, что 50% содержания произведений подобного рода заложены автором и воспринимаются зрителем без изменений. Вторая половина содержания – текста, зашифрованного автором – преподносится в образе не считываемой тайны – воображению зрителя предоставляется раздолье немислимых масштабов для возведения ассоциаций, воспоминаний, художественных образов и т.п. Через данный угол восприятия мы можем признавать киноискусство, живопись, архитектуру и другие жанры искусства, на 90% самостоятельными отраслями искусства: форма, цвет, свет, динамика, символы – своего рода гигантский ствол дерева от которого отходят ветви, зависящие от оси самым фактом своего единства с ней.

Однако, можно выделять и иную сторону художественной выразительности – сторону, предлагающую собственную трактовку от начала и до конца. В такую группу можно отнести балетное и оперное искусство, «обслу-

живающееся» и подпитывающееся всеми вышеперечисленными видами искусства, источниками и средствами художественной выразительности. Словом, если форма, цвет, свет, динамика и символы - ствол дерева, его ветви - архитектура, графика, скульптура, то общее пространство кроны целиком и полностью заполнено музыкальным звучанием и ритмом, постоянно повторяющимися консонансами и, чаще всего, диссонансами (встречами и разлуками абсолютных противоположностей), чем и является балетная музыка начала 20-го века, в частности, музыка к балетам Игоря Стравинского. Музыка, словно гигантский купол, покрывает своей эфемерностью целые пласты культуры, виды и жанры искусства, проникает в них и подчиняет своим мотивам.

С самого зарождения человечества и теперь нас окружает немислимое количество звуковых сигналов извне. Гром, проливной дождь, град и вьюга - одни из многих естественных музыкальных мотивов, которые окружают человечество с первой секунды его зарождения. Певущий же соловей, назойливая муха - словно маленькие живые инструменты. Так мы подходим к тому, что человек называл музыкой, а что он осознавал лишь как набор несвязанных воедино звуков. Именно на данном этапе зарождается понятие музыкант - певец природы, человек, способный так или иначе изобразить целый ряд естественных мотивов, если угодно, синтетическим путём.

Следует заострить внимание на следующем феномене: там, где рождается музыка, на несколько секунд позже, словно фантастический брат, рождается танец. От самых удалённых уголков Австралии, до тропиков Средней и Южной Америки человек повинует ритму и неуловимой эмоции крови вот уже больше 40 тысяч лет. Фламенко, танго, самба, жига, чарльстон, полонез, вальс - маленькие зеркала души конкретного народа, наиболее полно отражающие его традиции, идеи, восприятие окружающего мира и самобытность.

Однако, существует один вид танца, зародившийся при дворе Людовика XIV – Короля-Солнца, не похожий на все остальные - балет. Непохожесть его на другие виды танцевального искусства заключается в том, что вся его суть направлена на преодоление основных законов природы и, что самое важное, человеческого тела. К этому стоит прибавить невероятно жёсткую дисциплину и ежесекундное сосредоточение всей своей физической мощи на каждом сантиметре мышечной ткани. Это обстоятельство роднит балет со спортом. Не стоит забывать и тот факт, что данный вид искусства был и остается, наряду с оперой, самым дорогим: постоянно требовал баснословные средства из королевской казны, запрашивал лучших композиторов, способных написать балетную партитуру, либреттистов, хореографов, художников, сценографов, гримеров, портных (впоследствии, мастеров по сценическим костюмам), скульпторов и осветителей. Таким образом, подходим к выводу: балет - вид элитарного искусства, который способен развивать духовные сферы человеческой жизни, далекие от повседневности и утилитарности области человеческого существования, восприятия окружающего мира и художественных образов.

Объединяя под своим куполом, наполненным музыкой, кардинально противоположные повседневности и рутинности сферы человеческой жизни, балет развивается чуть быстрее самого человека - его понимания о прекрасном. Развивается посредством задействованных в нём творцов, как говорилось ранее - от композиторов и живописцев до осветителей. Наиболее ярким примером в истории классического балета стали Дягилевские сезоны в начале 20 века в Париже, воплотившие в себе академизм и новации, ошеломившие искушенную публику и гремевшие на весь мир в первой четверти 20 века.

Человек танцует с незапамятных времен, не переставая создавать новую пластику, новые ритмы, новую музыку. Танец – это и инструмент выражения духовной и интеллектуальной деятельности личности, это и способность коммуникации, это и один из первичных факторов формирования человеческого самосознания и культуры. В ряду изящных искусств танец играет роль иницирующего и системообразующего фактора. Каждая эпоха создает свою модель (систему) танцевального мышления. Хореографический язык формирует танцевальное сознание и неразрывно связан с историческими процессами развития различных видов искусства [1].

Можно утверждать, что история балетного искусства после премьер балетов на музыку Игоря Стравинского разделилась на до и после, при этом так же можно сказать и про драматическое искусство, моду, экономическую, культурную и спортивную жизни обычных людей. Для Европы того времени открылись невероятные виды тысячи и одной ночи, которые привезли русские артисты. Ориентализм стал самым популярным явлением того времени. Он включал в себя не только восточную философию, но и открытые наряды жарких стран, популярность свободных линий в женском гардеробе и полное отсутствие чётко очерченной линии талии и бёдер. Словом - всё что связано с небывалым восточным шиком, но при этом такое же удобное, как шаровары, вихрем ворвалось в жизнь обычных европейцев.

Не стоит забывать и про совсем новаторские идеи в танце и музыке. Хореография Вацлава Нижинского явилась новацией и стала подлинным открытием, определила начало новой эры в балете и танце. Исследовательница творчества Нижинского Вера Красовская четко формулирует: «В «Весне» завершился поворот балетного театра от изобразительного импрессионизма к экспрессионизму с его сильными, грубыми, намеренно примитивными средствами воздействия, во всем противоположными красивой описательности Фокина» [2]. Ритмическая сторона «Весны священной» Игоря Стравинского имеет решающее значение и составляет основу новаторского сочинения, взломавшего старые стереотипы как в музыке, так и в хореографии. В пластике балета господствует сложный и вместе с тем примитивный рисунок. «Ноги, вывернутые носками внутрь, прижатые к телу локти, «деревянность» скачков, лишенных полетности романтического танца, – все передавало стихийно-первобытный пляс массы, желающей не оторваться от земли, а, напротив, слиться с ней» [2]. В «Весне священной» хореография основана не на па, а на жесте, причем не на одиночном жесте, а на массовом. «Стилизованная архаика пластики с ее напряженной скованностью способствовала колоссальному нагнетанию экспрессии. Нижинскому

удалось создать хореографию, полностью соответствующую новаторской музыке, максимально выражающую чувство. Привычная симметрия балета была нарушена, в композиции господствовала асимметричность, притом удивительно искусная» [2].

Композитор Игорь Стравинский воскрешает в музыке первозданную суровость обычаев племени, возглавляемого Старейшим - Мудрейшим, возрождает обряды весенних гаданий, заклинаний сил природы, сцену умыкания девушек, древнейший обряд Поцелуя земли, величание Избранной и, наконец, орошение земли ее жертвенной кровью. Музыка «Весны священной» насыщена такой напряженной, стихийной силой диссонансов, какая никогда еще не возникала в партитуре ни одного композитора. Значительное место в музыке «Весны» занимают политональные построения. Сложность гармонического языка, усугубляемая изощренностью ритмов, непрестанно меняющих свои очертания, как полыхающее пламя, сплетающиеся мелодические потоки. Все это производит впечатление какой-то первобытной дикости, мира прапредков, в котором природа и человек нераздельно едины [3].

Хореография Вацлава Нижинского и музыка Игоря Стравинского переплелись и создали небывалое «Нечто» под названием «Весна священная», а наш соотечественник Леон Бакст создал уникальные костюмы, отражающие удивительную специфику русских мифов и легенд. Игорь Стравинский еще весной 1910 года встретился с великим художником Н. Рерихом, ставшим художником-сценографом для балета «Весна священная». Вместе они набросали первоначальный план балета. Художественному видению Рериха был свойствен пантеизм, излюбленной темой его творчества являлось единение древнего человека с природой. Эпическое главенствует в полотнах Рериха и в его эскизах «Весны». Художник утверждал союз человека с природой и поэтизировал преклонение человека перед могучей силой земли. Автор первой монографии о Николае Рерихе Сергей Эрнст отмечал: «Цветут зеленые холмы, блистают вешние воды, под благостно клубящимися юными облаками ликует земля, возрождаясь к новой славе. Все линии бегут широким «космическим» порывом, краски лежат сильными пластами» [3]. Однако, не о том звукописала музыка: резкие, нарочито дисгармоничные звуко сочетания, говорящие о таинственном лике первобытных людей, об их ужасе перед непознанной и потому страшной природой, разрушали и эпичность, и созерцательность сценографии. Господствующей стихией балета стал ритм – гипнотический, все себе подчиняющий. Он царит в необычной, полной стихийной силы музыке, управляет движением согнутых, как бы прижатых к земле людей. Вступление создает картину постепенного пробуждения природы, от первых робких ручейков к бушующей радости весны. Четкий ритм, выдерживаемый у струнных, и возгласы валторн открывают «Весенние гадания. Пляски шеголих» [3].

В 1913 году Европа в буквальном смысле пошатнулась от невиданных доселе движений, напоминавших больше спортивную гимнастику и акробатические трюки нежели классический танец, от пестроты русского колорита и изобразительной прямоты художников. Всё вышеперечисленное также наложило на устоявшуюся жизнь европейского искусства, как такового. Брак, Пикассо, Матисс, Леже и многие другие гении рубежа изобразительного искусства - перехода от жестких установок академизма к вольным трактовкам форм-сюжетов - попали под влияние русских сезонов Дягилева. Последовательными движениями кистей мастеров переворачивалось представление о свете, цвете, тени и даже чувствах, которые способно вызвать то или иное произведение искусства [4].

С большой вероятностью для жителей Парижа, своего рода подготовкой к буйству эмоций от русских балетов стал такой жанр изобразительного искусства, как кубизм, который зародился в 1907 году с созданием Пикассо «Авиньонских девиц». Стоит упомянуть и фоввистов, однозначно повлиявших на рамки дозволенного в цветовом спектре и тем самым подготовившим питательную среду для восприятия европейской публикой идей самобытного Бакста и его неординарного художественного мышления [5].

Однако, если мы прочитаем воспоминания современников русских сезонов, например скульптора Родена, то с большей уверенностью скажем, что публика, скорее, вообще не была подготовлена, а фундамент европейского авангарда будто бы был возведён для иных строений. 29 мая 1913 года в театре Елисейских полей под управлением Пьера Монте на премьере «Весны священной» зрители в буквальном смысле устроили гигантский боксёрский ринг в здании театра: от почтенных дам и господ летели нелестные высказывания в сторону друг друга, а зрители в партере, засучив рукава устраивали рукопашные бои. Именно так прошёл первый показ балетного спектакля. Исключением не стал и балет «Послеполуденный отдых Фавна» Игоря Стравинского, своим сюжетом и хореографией вылившийся в очередной грандиозный скандал.

Таким образом, мы можем опровергнуть предубеждение о том, что балет может воспринимать только образованная публика. Отнюдь. Форма искусства, его выразительные особенности и неординарность будет восприниматься тем более чётко и ясно, чем более зрел сам зритель - открыт новым горизонтам, не боится принять что-то не виданное им ранее. Как правило, заурядный мозг привыкает к чему-либо незаурядному тогда, когда это становится заурядным. В этом можно узнать кубизм и фовизм, русские балеты Дягилева и новый силуэт, разработанный законодательницей моды Габриэль Шанель.

В 1920 году в «Русском балете Сергея Дягилева» появилась новая «Весна священная» с хореографией Леонида Мясина. Весна человечества трактовалась как первый «брачный танец» двадцати мужчин и двадцати женщин. В мощном процессе мужчины демонстрировали свою нарастающую силу, доблесть и своеобразную красоту. От почти животных инстинктов – к природному, срежиссированному ритуалу завоевания женщины-избранницы мужчиной-избранником. Жизненная сила Весны толкала род человеческий к размножению [3]. Ритмически разнообразную, более профессиональную постановку зрители приняли спокойно.

Культуру балета можно также превратить в серьёзное духовно-просветительское оружие, прививающее любовь к искусству, природе, Отчизне. Говоря о формировании эколого-эстетического просвещения зрительской аудитории при помощи средств художественной выразительности балетного спектакля, рисующих зрителю образы природы, мы должны отметить, что данный вид искусства как нельзя успешно, наряду с оперным искусством, решает эту задачу.

Подобным образом поступали в советском балете - никаких радикальных веяний, только классика, доведённая до предела совершенства. И это работало. В 1920-е, 30-е, 40-е, 50-е балет для советского и для зарубежного зрителя во время гастролей олицетворял всю мощь советской культуры. Такие гении танца, как Уланова, Семёнова, Плисецкая, Васильев, Максимова и т. д. стали именами нарицательными ещё при жизни, олицетворяя целые пласты русской и советской культуры. Именно в эти годы советские граждане могли позволить себе ходить в театр, словно на работу, смотреть прекрасные сюжеты, воплощенные в филигранной пластике движений балерин и танцоров.

Но, как и всё хорошее, это время кануло в Лету. Пришло время, когда искусство начало двигаться по рельсам, проложенным бизнесом и стратегиями. Это привело к появлению широчайшей прослойки заурядности и пресности практически всего репертуара, который ставится в современных театрах. Мы являемся свидетелями того, как театры просто прокручивают старые сюжеты, получая от этого финансовую выгоду.

Чем является балет для зрителя? Почему мы до сих пор готовы платить деньги за билет на желанный спектакль, хотя вполне можем себе позволить посмотреть его в записи на просторах интернета? Мы хотим видеть перед своими глазами завораживающую эстетику движений, которые подстраиваются под музыку великих композиторов; мы жаждем зрелища, которое напаяет наше воображение, позволит ему переступить порог ежесекундной обыденности; нас обволакивает чувство защищенности, граничащее с трепетом и восторгом, когда мы проникаем в любой театр и слышим, как в оркестровой яме ведутся последние наладки инструментов - всё вышеперечисленное можно объединить в одно понятие - «Дом». Дом, в котором тебя не будут ругать или журить за неправильные трактовки сюжетов, не будут наказывать за невосприимчивость к той или иной форме музыкального искусства - эти эмоции-чувства остаются и разрабатываются на подкорках головного мозга, на уровне первобытных инстинктов. В доме под названием «Театр» нам покажут вариацию нашей собственной жизни: какой она была бы, какой бы стала если... это не означает, что мы будем делать из этого серьёзные выводы, но это точно означает, что это повлияет на нас на уровне спинного мозга, изменит наш взгляд на тот или иной аспект нашей жизни, вразумит или позабавит, расстроит или рассердит - словом покажет маленькую жизнь на маленькой сцене, которая уж точно является миниатюрой планеты Земля. А мы робко вздрогнем, вспоминая свои эмоции-чувства, когда впервые увидели поднимающийся занавес. Вздрогнем и поведём слегка плечами под мысленный мотив «Болеро» Мориса Равеля, как тысячелетия назад вздрагивали наши предки, услышав гром, резкую песнь соловья и мерный шум морского прибора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявцева, Т. А. Объединение балетных жанров начала XX века: академизм и новации (постановка проблемы) / Т. А. Кудрявцева // Вестник академии русского балета им. А.Я. Вагановой / Академия Русского балета им. А.Я. Вагановой ; под ред.: С.В. Лавровой. – Санкт-Петербург, 2010. – С. 178–188.
2. Интернет-портал Belcanto.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.belcanto.ru/ballet_printemps.html. – Дата доступа: 26.02.2024.
3. И.Ф. Стравинский: влияние на музыку XX века. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.boutique-project.ru/reading/articles/319>. – Дата доступа: 26.02.2024.
4. Схейен, Ш. Дягилев. «Русские сезоны» навсегда / Шенг Схейен ; пер. с нидерландского Н.Возненко и С. Князьковой. – М. : КоЛибри, Азбука-Аттикус, 2017. – 608 с.
5. Хьюз, Р. Шок новизны / Роберт Хьюз ; пер. О. Серебряная и П. Серебрянный. – М. : Азбука-Аттикус, 2021. – 624 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КОМПЕТЕНТНОСТЬ КАК СРЕДСТВО РЕШЕНИЯ СОЦИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ СТУДЕНТОВ

ENVIRONMENTAL COMPETENCE AS A MEANS OF SOLVING THE SOCIAL ACTIVITY OF STUDENTS

А. В. Яцковская, Д. А. Яцкевич, Е.Ю. Жук
A. Yatskovskaya, D. Yatskevich, E. Zhuk

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
yatskovskaya26@gmail.com*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus*

Экологическая компетентность студентов определяет социальную активность молодого поколения в области решения Целей устойчивого развития. Формирование экологической компетентности представляет собой непрерывный процесс в становлении молодого специалиста. Уровень экологической компетентности зависит от целого ряда факторов, в том числе от будущей профессиональной деятельности студентов.

Environmental competence of students determines the social activity of the younger generation in the field of achieving sustainable development goals. The formation of environmental competence is a continuous process in the formation of a young specialist. The level of environmental competence depends on a number of factors, including the future professional activities of students.

Ключевые слова: экологическая компетентность, Цели устойчивого развития, социальная активность.

Keywords: environmental competence, sustainable development goals, social activism.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-321-323>

Экологическое образование на уровне профессиональной школы должно быть направлено на подготовку специалистов к практическому решению проблем окружающей среды и определяться конкретными практическими задачами, стоящими перед обществом в связи с переходом к устойчивому развитию [1]. Необходимым условием решения вопросов экологического образования в интересах устойчивого развития является формирование у специалистов различного профиля экологической компетентности. Процесс формирования экологических компетенций является непрерывным, имеющим практико-ориентированное направление в образовательном процессе [2].

Экологическая компетенция имеет надпредметный и надпрофессиональный характер и представляет собой сложную, иерархически устроенную систему взаимозависимых и взаимодополняющих элементов. Экологическая компетенция студента – это высокий уровень подготовки, который включает экологические знания и опыт решения важных экологических проблем, основываясь на практическую экологическую деятельность. Экологические компетенции позволяют будущему специалисту решать жизненные и профессиональные ситуации, подчиняя их принципам устойчивого развития [3].

Экологическая компетентность как основа современного экологического образования является необходимым условием становления личности, осознающей значимость и серьезность современных экологических проблем, понимающей их причины и возможные последствия, способной к планированию и реализации природоохранной деятельности.

Проблема социальной активности в условиях образовательного процесса является значимой и определяющей в процессе формирования профессиональных компетенций специалиста. Социальная активность студентов определяется различными факторами и зависит от уровня сформированности активной жизненной позиции. Формирование социальной активности студентов возможно на основе применения различных методов. Для решения проблем устойчивого развития и решения Целей устойчивого развития несомненный интерес представляет уровень сформированности экологической компетентности студентов, как активного компонента социальной активности студентов в образовательном процессе [4].

Нами проведен сравнительный анализ информированности студентов МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ в области решения Целей устойчивого развития (ЦУР).

Студентам было предложено выполнить задания:

1. Выделите наиболее значимые ЦУР, связанные с Вашей профессиональной деятельностью.
2. Выделите наиболее значимые ЦУР, по степени значимости для Вас.

3. Напишите эссе на тему «Я выступаю за решение Цели.....» и предложите механизмы достижения конкретной выбранной ЦУР.

На основе анализа опроса и эссе, как формы самостоятельной работы с обучаемыми установлены экологические компетенции в области решения ЦУР и показаны особенности сформированной экологической компетентности студентов специальностей: «Природоохранная деятельность» (квалификация – Эколог. Инженер), «Ядерная и радиационная безопасность» (квалификация – Физик. Инженер), «Медицинская экология» (квалификация – Эколог-эксперт), «Медико-биологическое дело» (квалификация – Биолог-аналитик. Преподаватель биологии).

Установлено, что наиболее значимыми для профессиональной деятельности студентов специальности «Природоохранная деятельность» отмечены: Цель 6 Чистая вода и санитария (90,9%), Цель 15 Сохранение экосистем суши (86,4%), Цель 13 Борьба с изменением климата (77,3%).

Студенты специальности «Ядерная и радиационная безопасность» указали, что для их будущей профессиональной деятельности наиболее значимы: Цель 12 Ответственное потребление и производство выбрало (98,2%), Цель 8 Достойная работа и экономический рост (70,8%), Цель 7 Недорогостоящая и чистая энергия (58,3%).

Студенты специальности «Медико-биологическое дело» указали, что наиболее значимы ЦУР для будущей профессиональной деятельности: Цель 4 Качественное образование (75,8%), Цель 3 Хорошее здоровье и благополучие (69,4%), Цель 15 Сохранение экосистем суши (67,7%).

Студенты специальности «Медицинская экология» указали, что наиболее значимы ЦУР для профессиональной деятельности являются: Цель 3 Хорошее здоровье и благополучие (59,4%), Цель 13 Борьба с изменением климата (52,3%), Цель 4 Качественное образование (45,8%) (рисунок 1).



Рисунок 1 – Выбор студентами разных специальностей ЦУР наиболее значимых для профессиональной деятельности

Выбор конкретной ЦУР наиболее значимой для студента, как будущего специалиста, свидетельствует о понимании значимости экологической компетентности в профессиональной деятельности.

При выборе ЦУР наиболее значимой для себя как личности показал, что в данном случае выбор студентов не показывает связи с профессиональной деятельностью, а определяется личностью студента, как субъекта общества. Выбор ЦУР в данном случае в большей степени связан с заботой о своем здоровье, образовании, о состоянии окружающей среды и социальной активностью студента (рисунок 2).

Студенты специальности «Природоохранная деятельность» выбрали: Цель 3 Хорошее здоровье и благополучие (63,6%), Цель 4 Качественное образование (59,1%), Цель 1 Ликвидация нищеты (36,7%).

Студенты специальности «Ядерная и радиационная безопасность» выбрали: Цель 3 Хорошее здоровье и благополучие (68,8%), Цель 8 Достойная работа и экономический рост (62,5%), Цель 12 Ответственное потребление и производство (43,8%).

Студенты специальности «Медико-биологическое дело» отметили: Цель 3 Хорошее здоровье и благополучие (77,4%), Цель 4 Качественное образование (69,4%), Цель 6 Чистая вода (48,4%).

Студенты специальности «Медицинская экология» отметили: Цель 3 Хорошее здоровье и благополучие (73,2%), Цель 4 Качественное образование (59,2%), Цель 11 Устойчивые города (46,1%).

В целом, следует отметить для студентов МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ всех специальностей определяющими ЦУР оказались: Цель 3 Хорошее здоровье и благополучие и Цель 4 Качественное образование

Эссе, как форма самостоятельной работы дает возможность высказать свою точку зрения по конкретной проблеме. Анализ эссе студентов разных специальностей показал их уровень социальной активности в области решения ЦУР. Выбор конкретной ЦУР определялся социальной активностью личности студента и желанием принять участие в решении данной проблемы.

Студенты специальности «Природоохранная деятельность» определяющими ЦУР показали: Цель 1 «Ликвидация нищеты», Цель 5 «Гендерное равенство» и Цель 13 «Борьба с изменением климата». Студенты специальности «Ядерная и радиационная безопасность» выбор конкретной ЦУР определили как: Цель 4 «Качественное образование», Цель 3 «Хорошее здоровье и благополучие», Цель 16 «Мир, правосудие и эффективные институты».

Студенты специальности «Медицинская экология» выбрали ЦУР: Цель 5 «Гендерное равенство», Цель 13 «Борьба с изменением климата», Цель 6 «Чистая вода и санитария» и Цель 14 «Сохранение морских экосистем».

Анализ эссе студентов специальности «Медико-биологическое дело» показал, что студенты выбрали: Цель 3 «Хорошее здоровье и благополучие» Цель 4 «Качественное образование», Цель 12 «Ответственное потребление и производство».



Рисунок 2 – Выбор студентами разных специальностей ЦУР наиболее значимых для себя, как социальной личности

Предложенные механизмы решения конкретных ЦУР свидетельствуют о наличии у студентов соответствующих экологических компетенций. Студенты понимают значимость решения ЦУР для сохранения окружающей среды, для решения вопросов устойчивого развития. Уровень экологической компетентности свидетельствует о активной жизненной позиции студентов.

Проведенный анализ является хорошей предпосылкой для осуществления работы по повышению уровня социальной активности студентов посредством формирования экологической компетентности.

Исследования проводились в рамках выполнения ГПНИ «Разработка модели формирования экологических компетенций студентов как средство решения Целей Устойчивого Развития».

ЛИТЕРАТУРА

1. Роговая, О.Г. Экологическая деятельность как сфера проявления экологической компетентности / О.Г. Роговая // Известия РГПУ им. А.И. Герцена, 2008. – № 8. – С. 36-42.
2. Гудова, М.В. Оценка экологической компетентности студентов-экологов / М.В. Гудова, Е.Ю. Жук. // II Международная научно-методическая конференция «Экологическое образование и устойчивое развитие. Состояние, цели, проблемы и перспективы», Минск, Республика Беларусь, 25-26 февраля 2021 г. – Минск. МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ, 2020. – С. 138-140.
3. Лаврентьева, Л.А. Экологическая компетентность в современных исследованиях: сущность, содержание и структура / Л.А. Лаврентьева // Известия Иркутской государственной экономической академии. – 2012. – № 5. – С. 209-212.
4. Ситаров В.А. Социальная активность личности (уровни, критерии, типы и пути ее развития) /В.А. Ситаров, В.Г. Маралов,- Проблемы педагогики и психологии, 2015. - №4 – С. – 164- 176.

ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ И ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

FEATURES OF ENGINEERING THINKING AND ENGINEERING ACTIVITY, ENGINEERING ENVIRONMENTAL PROTECTION

А. П. Секирина, П. А. Миренцова, Е. А. Шушкет, Н. Д. Лепская
A. P. Sekirina, P. A. Mirentsova, E. A. Shushket, N. D. Lepskaya

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
s.sekirina@gmail.com

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus*

Современная экологическая обстановка характеризуется наличием множества источников техногенного воздействия, поэтому все более актуальной становится проблема охраны окружающей среды. Расширение производства сопровождается массовым разрушением природных систем и интенсивным загрязнением окружающей среды, нанося колоссальный ущерб природе и обществу. Возникшие противоречия между человеком и природой углубляются. Соответственно, задача состоит в том, чтобы в мире производства, технологий и информации, рационально использовать природные ресурсы и удовлетворять жизненно важные потребности человека без ущерба для природы.

The modern ecological situation is characterized by the presence of many sources of anthropogenic impact, therefore, the problem of environmental protection is becoming more and more urgent. The expansion of production is accompanied by massive destruction of natural systems and intense pollution of the environment, causing enormous damage to nature and society. The contradictions that have arisen between man and nature are deepening. Accordingly, the task is to make rational use of natural resources in the world of production, technology and information and to satisfy vital human needs without harming nature.

Ключевые слова: инженерное мышление, инженерная деятельность, защита окружающей среды, техника, технологии, техногенное воздействие.

Keywords: engineering thinking, engineering activities, environmental protection, engineering, technology, man-made impact.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-324-327>

В эпоху Возрождения профессия инженера стала зарождаться благодаря ученым, обратившим свое внимание на технологии, и ремесленникам-самоучкам, изучавшим науки самостоятельно. Первые инженеры были одновременно художниками, архитекторами, консультантами, артиллеристами и специалистами по гражданскому строительству, алхимиками, врачами, математиками и изобретателями. В эпоху Возрождения впервые появился новый вид технической литературы. Это были энциклопедии технических знаний, трактаты, инженерные и художественные размышления. Изменилось отношение к изобретательству, повысился социальный статус инженеров и архитекторов как специалистов по строительству и эксплуатации. Последний этап становления инженера связан с машиностроением, для которого характерно постоянное использование научных знаний.

Слово «инженер» происходит от латинского *ingeniare*, что означает «создавать», «делать» или «внедрять». Из латинского языка слово перешло в итальянский, затем во французский и, наконец, в русский. Русские слова «изобретательный», «искусный», «хитрый» близки к этому слову по значению. Слово «механик» в его первом значении применялось также к ремесленникам, изобретателям и создателям машин. Кстати, слово «машина» было синонимом слова «искусность» [1].

Чтобы прояснить природу «инженерного мышления», необходимо подчеркнуть некоторые важные особенности, характерные для логического отображения действительности. То есть оно отражает потребности общества в целом. Инженерное мышление ориентировано на выявление потребностей и обязательно включает в себя знания о будущих технических объектах. Инженер предвидит не только достижение целей, но и то, как использовать все имеющиеся средства.

Инженерное мышление включает в себя анализ физических процессов, которые описывают характеристики, функции и структуру технических устройств. Оно также зависит от социальных факторов, таких как анатомия и физиология человека и социальная среда, в которой функционирует технический объект. Мышление техника во многом зависит от сферы деятельности технического объекта.

Для принятия и реализации технических решений инженерам необходимо опираться не только на собственные навыки, компетенции и производственные технологии, но и на обширные социокультурные знания. Они также должны быть изобретательными и оригинальными.

Инженерное мышление – это особая форма активного рассмотрения морфологических и функциональных взаимосвязей объектной структуры практики с целью удовлетворения технических потребностей в знаниях, методах и приемах для создания технических средств и организации техники [2].

Инженерное мышление и развитие его основных теоретических концепций неразрывно связаны с материальным производством. Задача проектирования имеет практическую направленность и нацелена на изучение взаимосвязей между структурой и функцией объекта. Иными словами, инженеры черпают свои идеи из практики эксплуатации объекта и его основной формы материального производства.

Инженерное мышление основано на развитом творческом воображении и фантазии, системном мышлении и владении методологией инженерного творчества. Это позволяет создавать новые идеи и контролировать процесс их дальнейшего развития.

Важнейшей характеристикой творческого инженерного мышления является его системность.

К числу качеств инженерного мышления относятся

- а) способность выявлять технические противоречия и сознательно ориентировать мышление на идеальные решения, при которых основная функция объекта выполняется как бы сама собой, без затрат энергии и ресурсов;
- б) направление мышления в наиболее перспективном направлении с точки зрения законов развития технологической системы
- в) умение управлять психологическими факторами и сознательно реализовывать творческое воображение.

В реальной жизни инженеры сталкиваются с широким кругом проблем, и их специализация требует разного уровня креативности. Некоторые из них не отражают реальности, выходящей за рамки обычной работы, требуют традиционного подхода к окружающему миру и решаются исключительно с помощью логического мышления. В таких ситуациях противоречия и несовместимость мнений могут быть разрешены на уровне компромисса. Это низший уровень креативности.

Инженерное мышление, которое находится в середине креативности – это способность генерировать идеи, улучшающие производство, технологии и конструкцию машин. Эти методы могут быть применены не только в данной отрасли, но и в других. Решение сложных проблем требует выхода за рамки узких знаний экспертов и поиска путей устранения противоречий. Реализация новых идей требует смелого мышления и настойчивости и из-за возможной негативной реакции окружающих – от простого непонимания до страха перед неизвестным.

Высший уровень инженерного мышления проявляется в способности инженера самостоятельно разрешать технические противоречия, возникающие в процессе работы, и находить необходимые решения, используя современные научные знания и редко используемые физические, химические, математические и другие эффекты и явления.

Инженерное мышление на высшем уровне развития характеризуется использованием методов разрешения сложных противоречий, которые обычно выходят за рамки научных достижений. В таких случаях впервые делаются рывки и решаются сложные производственные задачи на основе новых научных данных. Инженерное творчество на этом уровне опирается на соответствующий уровень инженерного мышления и напрямую определяет прогресс техники и ее стратегическое направление.

Одна из главных задач инженеров – активно содействовать научно-техническому прогрессу. Этим специалистам приходится создавать новые машины, технологии и материалы, радикально отличающиеся от существующих. Формальная логика и опыт не всегда полезны в этом деле. Противоположной тенденцией является также формирование устоявшихся стереотипов, которые неизбежно укрепляются в силу ограниченной специализации. Некоторые инженеры, полагаясь на свой профессиональный опыт и здравый смысл, считают, что творческое мышление не может решить проблему, поскольку сталкивается с противоречиями. Секрет в том, что, на первый взгляд, «мощные» и инновационные решения не соответствуют формальной логике и поэтому кажутся иррациональными. Логические рассуждения должны оставить проблему нерешенной, потому что они заходят в тупик противоречий.

Единственный верный путь – это способность инженеров целенаправленно и осмысленно генерировать «сильные» идеи и нестандартное мышление. В результате инженерное мышление должно быть склонно к сознательному отходу от логики и обращению к парадоксальной логике, когда это необходимо [3].

Научный гуманизм становится фундаментом для принятия инженером решений, которые выражают интересы общества в целом и придают высшую ценность человеческой жизни. Это изменение ценностей вдохновляет инженера на комплексное осуществление научно-технических программ, автоматизацию научно-исследовательских работ, разработку новых технических систем, экологически чистых технологий, обеспечивающих безопасность общества.

Проектирование сложных технических систем требует от инженера не только высокого уровня общетеоретической технической подготовки, тщательной системной проработки создаваемых проектов, но и высокого абстрактного мышления, позволяющего ориентироваться, понимать и учитывать широкие междисциплинарные связи, воспринимать их как норму при построении конкретной технической системы. Для успешного выполнения инженерных проектов, учитывающих экономические и социальные потребности людей, необходимо обла-

дать значительными навыками и в гуманитарных науках. Создание больших полифункциональных технических систем, многократно умножающих технологические возможности человека, поставило под угрозу не только природу, но и существование общества.

Идея человеческой жизни как высшей ценности определяет необходимость выбирать новые направления в технологическом творчестве, которые должны отвечать в основном гуманистическим нормам и выражаться в определенных эргономических, эстетических, социально-психологических, правовых и других требованиях, которые должны стать основной внутренней регуляцией инженерного мышления.

Техническая картина мира включает в себя всю совокупность научной и технической информации, полученной на основе развития эмпирических, теоретических, инженерно-технических знаний, методологии технического творчества, понятийно-категориального аппарата теории техники. Обобщенное знание такого рода представляет собой преломление определенных философских принципов, которые пронизывают все техническое знание и направляет мышление инженера на всестороннее постижение функциональных и морфологических взаимосвязей технического объекта. Играя важную эвристическую роль уже на этапе формирования технического замысла как воображаемой технической модели, философские представления эксплицируют исходные принципы, выступают в качестве обоснования наиболее общих, высокоабстрактных мысленных представлений о техническом объекте и методе его исследования. Эти методологические регулятивы функционируют на всех этапах создания технического устройства, определяя общую стратегию и оптимальные пути решения инженерных задач [2].

Современное инженерное мышление отличается следующими признаками:

системность – она требуется при создании, как простейших технических изделий, так и современных сложных технических систем. Необходимость учитывать при их создании экономические, экологические, социальные, психологические, здравоохранительные и т. д. последствия делает инженерное мышление главным генератором системности;

рациональность – инженерное мышление целиком рационально и имеет тенденцию к формализации и стандартизации в целях удобства хранения, распространения и использования;

расчетность – современное инженерное мышление является математически обоснованным; расчетность есть одна из форм математизации. Она становится доминантой инженерного мышления в период научно-технической революции.

машинность – развитое инженерное мышление формируется на машинной основе, как мышление по поводу конструирования, создания и эксплуатации машин, приборов, приспособлений и применения их для решения различных задач;

научность – современное инженерное мышление глубоко научно, его по праву можно назвать технически научным. Инженерное мышление выработало свои собственные науки – технические.

Инженерная деятельность занимает одно из важных и существенных мест в современной культуре человечества. Без достижений инженерного творчества и инженерной мысли невозможно создание и существование цивилизации на ее этапе развития. Инженер является центральной фигурой в научно-технической деятельности. Результаты инженерной деятельности окружают нас повсюду, а нормы и методы инженерного мышления проникают в научную, социальную и гуманитарные сферы.

В современной инженерной деятельности можно выделить три основных направления, требующих различной подготовки соответствующих им специалистов:

1) инженеры-производственники, выполняющие функции технолога, организатора производства и инженера по эксплуатации;

2) инженеры-исследователи, сочетающие в себе функции изобретателя, проектировщика и конструктора, являются основным звеном, соединяющим науку с производством;

3) инженеры-системотехники, занимающиеся организацией и управлением сложной инженерной деятельности, комплексным исследованием и системным проектированием. Они синтезируют знания и умения различных отраслей фундаментального, технического и социально-гуманитарного знания.

Для таких специалистов особенно важно междисциплинарное и общегуманитарное образование, в котором одну из основных ролей сыграла бы философия техники.

Инженерная деятельность проникает в смежные области, взаимодействуя с ними и оказывая на них воздействие. Это способствует более широкому использованию гуманитарных и социальных знаний в инженерной сфере. Важно, чтобы современная техника была направлена на улучшение условий жизни человека, поэтому инженерное проектирование должно исходить из потребностей человека, а не машины.

Инженерная защита окружающей среды (она же экологическая инженерия, инженерная экология, природоохранная инженерия (англ. environmental engineering)) – совокупность научных и инженерных принципов по улучшению природной среды, обеспечивающих чистую воду, воздух и землю для обитания человека и других организмов, а также по очистке загрязненных участков. С целью достижения максимальной экологической безопасности хозяйственной деятельности человека и снижения риска антропогенного воздействия на окружающую среду, специалисты в этой области знаний – инженеры-экологи – осуществляют разработку, проектирование, наладку, ввод в эксплуатацию и совершенствование природоохранной техники и технологии, организуют экологическую работу на предприятиях и территориально-промышленных комплексах, проводят экспертизу проектов, технологий и производств, осуществляют сертификацию продукции [4].

Инженеры-экологи изучают влияние от реализации технических решений на окружающую среду. Чтобы оценить опасность вредных отходов производства проводятся их исследования и даются рекомендации, как их обезвредить и не допустить загрязнение окружающей среды. Кроме того, инженеры-экологи участвуют в проектировании систем по очистке промышленных сточных вод и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

В числе первоочередных задач – уменьшение или прекращение выброса углекислого газа в атмосферу. Концентрация углекислого газа в воздухе растёт, и людям, особенно в городах, где промышленные и транспортные выбросы этого газа крайне велики, становится всё труднее дышать, учащаются случаи заболевания болезнями органов дыхания: астмой, раком лёгких. Кроме того, необходимо также уменьшить выбросы азотосодержащих соединений в атмосферу, которые разрушают озоновый слой, вызывая «парниковый эффект».

Необходимо улучшение инфраструктуры городов – крупнейшие города мира «задыхаются» от потока людей, машин, товаров. Необходимо так организовать систему жизнеобеспечения городов, включающую в себя водопровод, канализацию, электросеть, газопровод, транспортные артерии, ландшафтно-рекреационные области, русла рек, чтобы загрязнения атмосферы удалялись направленным потоком воздуха по экологическим коридорам за пределы города, чтобы сделать жизнь населения более комфортной в экологическом, экономическом и социальном планах [5].

Заключение. С созданием больших технических комплексов, загрязняющих природу теплом, электромагнитным излучением, радиационными выбросами, возникает проблема сохранения окружающей среды – хрупких природных конструкций, которые порой не поддаются восстановлению. В решение глобальных проблем современности должны внести свой вклад инженеры различных специальностей, понимающие, что гуманистические, эргономические, экологические требования должны всесторонне учитываться и строго выполняться уже на стадии принятия инженерных решений.

В настоящее время формируется новый стиль инженерного мышления, характеризующийся строгой системностью с ориентацией на экологический аспект, как основу инженерно-технического творчества, направленного на создание принципиально новой техники и организации современных технологий производства. Есть все основания полагать, что новое инженерное мышление будет широко утверждаться и его роль все более возрастать по мере развития науки и техники и требований общества к качеству окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инженерное мышление. Интуиция инженера [Электронный ресурс] – Режим доступа: – https://studopedia.ru/19_264653_inzhenernoe-mishlenie-intuitsiya-inzhenera.html – Дата доступа: 01.02.2024
2. Формирование инженерного мышления студентов через исследовательскую деятельность [Электронный ресурс] – Режим доступа: – <https://www.litres.ru/book/raznoe-55610/formirovanie-inzhenernogo-myshleniya-studentov-cherez-issledo-10245361/chitat-onlayn/> – Дата доступа: 25.02.2024
3. Понятие и сущность инженерного мышления [Электронный ресурс] – Режим доступа: – <https://kazedu.com/referat/76508/1> Дата доступа: 22.01.2024
4. Инженерная защита окружающей среды [Электронный ресурс] – Режим доступа: – https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B7%D0%B0%D1%89%D0%B8%D1%82%D0%B0_%D0%BE%D0%BA%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B5%D0%B9_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%8B – Дата доступа: 01.02.2024
5. Инженерная защита окружающей среды [Электронный ресурс] – Режим доступа: – <https://studfile.net/preview/4242040/page:7/> – Дата доступа: 22.01.2024.

АНАЛИЗ ПРОФИЛЯ СМЫСЛО-ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ЗНАЧИМОСТИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ЛИЧНОСТИ СОИСКАТЕЛЯ

ANALYSIS OF THE PROFILE OF SEMANTIC AND EMOTIONAL SIGNIFICANCE IN THE STUDY OF SOCIAL AND PSYCHOLOGICAL ATTITUDES OF THE APPLICANT'S PERSONALITY

С. Н. Толкач, А. В. Зеленко, О. К. Сунякова
S. N. Tolkach, A. V. Zelenko, O. K. Siniakova

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: prof@rspch.by*

*Republican unitary enterprise "Scientific practical centre of hygiene"
Minsk, Republic of Belarus*

В статье проводится осмысление роли социально-психологических установок личности в формировании профессионального выбора. Продемонстрирована роль анализа профиля смысло-эмоциональной значимости в оценке профессиональной пригодности кандидата к будущей профессии. Показана практическая значимость комплекса психодиагностических методик по оценке личностных характеристик в разрезе описания профессиональной надежности человека, опирающийся на возможности комплекса объективного психологического анализа и тестирования с биологически обратной связью, который основан на потенциальных возможностях интерпретации профиля смысло-эмоциональной значимости.

The article shows the role of social and psychological attitudes of the individual in the formation of professional choice. It has been demonstrated the role of analyzing the profile of meaning and emotional significance in assessing the professional suitability of a candidate for a future profession. It has been showed the practical significance of the psychodiagnostic methods for assessing personal characteristics in the context of describing the professional reliability of a person is shown, based on the capabilities of the complex of objective psychological analysis and testing with biologically feedback, which is based on the potential possibilities of interpreting the profile of meaning and emotional significance.

Ключевые слова: профессиональный выбор, личность, комплекс объективного психологического анализа и тестирования.

Keywords: professional choice, personality, complex of objective psychological analysis and testing.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-328-331>

В современном обществе большое значение имеет сохранение профессионального здоровья и долголетия как основа экономической стабильности общества. Для профессионального долголетия большую роль играет исходный правильный профессиональный выбор, основанный на адекватном профессиональном самоопределении.

При этом профессиональное самоопределение зависит от целого ряда разноплановых факторов. С одной стороны, выбор профессионального пути зависит от личности, от понимания своих личностных характеристик, от её психофизиологического потенциала, определяемого психологическими и физическими возможностями, в основе которых лежат как генетически детерминированные задатки, так и работоспособность человека, определяемая во многом типом высшей нервной деятельности личности, темпераментом, эмоционально-волевой сферой. С другой стороны, в профессиональном самоопределении играют роль социальные механизмы, лежащие в воспитательно-образовательной сфере, особенно качество и направленность полученного образования и воспитательная работа, проведенная с учащимися за весь образовательный период (школа, средне-специальные, профессионально-технические учреждения образования), а также влияние семьи и окружения человека.

Особенно отметим роль социально-психологических установок личности, которые представляют стабильные склонности к определенному виду поведения, мышления и оценки в соответствии с социальными нормами, ценностями и ожиданиями. Они играют важную роль в профессиональной коммуникации, так как влияют на:

- выбор профессии, мотивацию к труду, удовлетворенность работой и карьерный рост;
- способность к адаптации к различным условиям и требованиям трудовой деятельности, уровень стрессоустойчивости и психического здоровья;
- установление и поддержание эффективных взаимоотношений с коллегами, руководителями, клиентами и партнерами;
- развитие профессиональных компетенций, творческого потенциала и личностного роста.

Таким образом, социально-психологические установки личности являются существенным фактором, определяющим успех и качество профессиональной коммуникации. Они могут способствовать или препятствовать достижению профессиональных целей, формированию положительного имиджа и репутации, удовлетворению потребностей и интересов как субъекта, так и объекта коммуникации. Поэтому важно изучать, диагностировать и корректировать социально-психологические установки личности в процессе обучения, подготовки и совершенствования профессиональных кадров, также немаловажным кажется изучение социально-психологических установок у соискателя на имеющуюся вакансию.

В процессе выбора направления деятельности или подбора кадров на имеющиеся вакансии как ответственный исполнитель, так и соискатель неизбежно сталкиваются с рядом противоречий:

противоречие между профессиональными планами личности и её стойкими личными качествами;

противоречие между профессиональными планами личности и планами, вынашиваемыми в отношении него старшими (родителями или заменяющими их лицами), а также сверстниками;

противоречие между высокими запросами молодежи, воспитанной в школе, к уровню культуры труда на производстве и реальным уровнем этой культуры в конкретных случаях;

противоречие между объективными требованиями исторически сложившихся трудовых постов, должностей, профессий и сложившимися у людей стойкими личными качествами.

В ряде работ в области профессиональной ориентации личности (Джиги Н. Д., Ростунов А. Т.) акцентируется внимание на направленность личности как один из важнейших факторов, определяющих профессиональный выбор. При этом обращается внимание, что непосредственно на профессиональный выбор оказывают влияние:

пригодность – отсутствие противопоказаний к деятельности, нормальный уровень развития интеллектуальной и коммуникативно-познавательной активности;

готовность – направленность на профессию, мировоззренческая зрелость, профессионально-предметная компетентность;

включаемость – систему личностных способностей, влияющих на способность эффективно усваивать и выполнять профессионально необходимые действия.

Важно помнить, что личностная оценка собственных возможностей в выбранном профессиональном направлении соискателем опирается на эмоциональную привлекательность профессионального направления и зависит, с одной стороны, от внешнего окружения, с другой – от внутреннего представления о самом себе. Обе стороны влияния имеют, в том числе, и эмоциональную окраску.

Возникает вопрос, каким образом можно выявить эмоциональную привлекательность выбранного профессионального направления для данного конкретного человека.

Профиль смысло-эмоциональной значимости (СЭЗ) является тем инструментом, благодаря которому появилась возможность отследить эмоционально значимые реакции испытуемого и сформировать объективную картину реальных предпочтений человека в той или иной области. Он формируется в рамках метода эгоскопии на основании фиксации пиктографических и физиологических реакций испытуемого, объективно отражающих произвольные и непроизвольные реакции обследуемого в привязке к основным смысловым кластерам стандартных тестов, что предоставляет психологу возможность для объективизации результатов проведенного исследования. Построение профиля СЭЗ базируется на интегральных нормированных показателях, получаемых на основе физиологических (ЭКГ, ФПГ, КГР) данных и данных с пиктографического планшета, характеризующих психомоторику (латентные периоды ответов, давление на перо, скорость рисования и др.). По мнению производителя, учитывается интенсивность реакций – отклонение, вариабельность реакций, значимость или достоверность отклонения показателей относительно нулевой оси профиля, соотношение модальных компонентов по разным каналам входных потоков данных в привязке к этапам сценария или списку смысловых кластеров (одиночных или групповых, в зависимости от выбранного иерархического уровня профиля). Исследователя интересует, в первую очередь, то, на какой диапазон смыслов у испытуемого есть эмоциональная реакция, чтобы потом в ходе консультативной беседы помочь определиться человеку в своих чувствах и желаниях.

Анализ профиля СЭЗ, который опирается на фиксацию эмоциональных реакций испытуемого в ходе ответа на вопросы психологических методик и позволяет выделить и сгруппировать достоверные эмоциональные реакции в соответствии со шкалами этих методик, как раз и помогает выявить противоречия между профессиональными планами личности и её стойкими личными качествами, что повышает объективность ответов, получаемых при использовании опросных методов исследования. Такой подход позволяет в ходе последующей работы сравнить балльные значения шкал методики и соответствующие им эмоциональные реакции, в частности, направленность (позитивная - негативная), а также их силу и выраженность.

В республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр гигиены» в рамках работы с населением внедрена в практику услуга «Помощь в профессиональном самоопределении», в основе которой лежит использование метода эгоскопии.

Было проведено диагностическое исследование 23 учащихся 10 класса одного из учреждений среднего образования г. Минска с использованием метода анализа профиля СЭЗ. Для оценки степени выраженности социально-психологических установок личности применялась методика «Социально-психологические установки личности в мотивационно-потребностной сфере О. Ф. Потемкиной».

Пример одного из профилей СЭЗ, полученных в ходе исследования, представлен на рисунке 1.

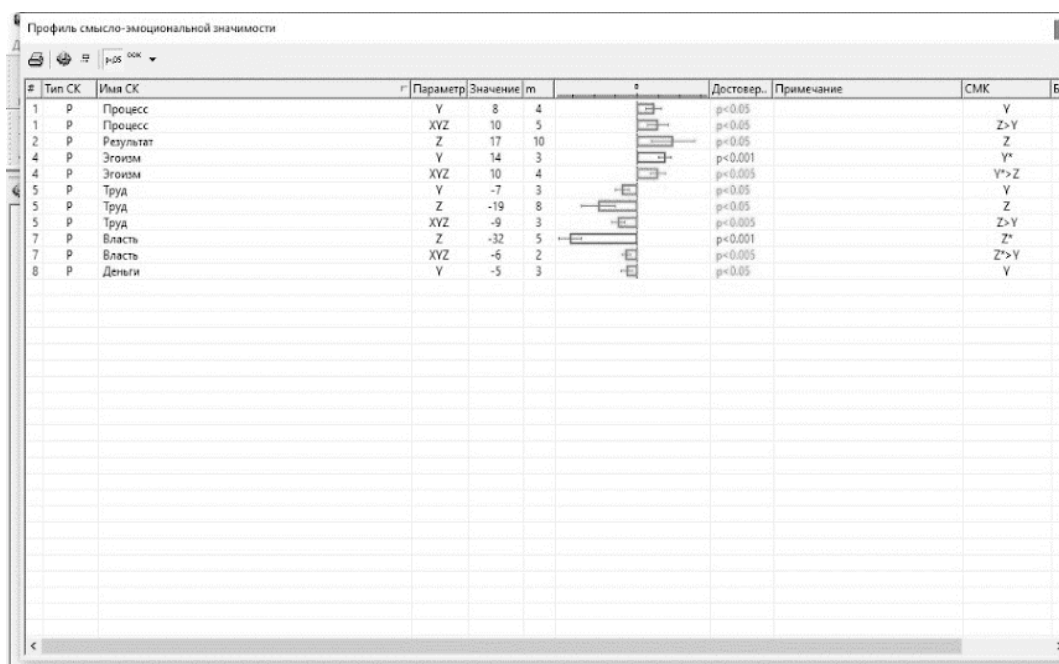


Рисунок 1 – Профиль смысло-эмоциональной значимости методики
«Социально-психологические установки личности в мотивационно-потребностной сфере О. Ф. Потемкиной»

В данном случае продемонстрирован очень высокий уровень отрицательного значения в категории «Власть», что может быть понято как отсутствие признания властности как части личности. Также можно отметить отрицательное отношение к труду, что может указывать на то, что человек испытывает негативные эмоции или неудовлетворенность в отношении своей профессиональной деятельности или общего подхода к работе. Отрицательное отношение к труду может иметь различные причины: несоответствие профессиональных интересов и способностей, недостаточная мотивация, конфликты с коллегами или руководством, перегрузка работой, недостаточное вознаграждение и другие факторы.

В то же время имеющееся положительное отношение к результату и процессу означает, что человек проявляет высокую мотивацию к достижению успеха, удовлетворение от достигнутых результатов и стремление к самореализации через свою профессиональную деятельность, испытывает удовлетворение от самого процесса выполнения задачи, работы над проектом или достижения цели, независимо от конечного результата.

Человек с положительным отношением к результату и процессу обычно радуется своим успехам, ценит свои достижения, готов работать над собой и развиваться профессионально, стремится к постоянному улучшению своих навыков и знаний может быть вдохновлен своей работой, чувствовать поток при выполнении задачи, испытывать радость от самого процесса творчества и саморазвития.

Понимание этих аспектов личности также поможет в разработке индивидуальных стратегий работы с конкретным человеком, направленных на поддержку его мотивации, укрепление позитивного отношения к работе и достижению желаемых результатов, способствует повышению продуктивности, улучшению качества выполнения задач, увеличению уровня удовлетворенности от профессиональной деятельности. Положительное отношение к процессу также способствует формированию позитивного рабочего настроения, повышению мотивации и уровню вовлеченности в работу.

В контексте подбора персонала, понимание этого аспекта личности может помочь в разработке индивидуальных стратегий работы с человеком для улучшения его отношения к труду и повышения мотивации к профессиональной деятельности, либо в отказе от найма.

С другой стороны, можно использовать совокупный анализ результатов прохождения методики группой. В таком случае мы уже можем говорить о групповых тенденциях и преобладающих установках, характерных для данной группы лиц. Это позволит нам сравнивать различные группы по определенным критериям, выявлять сильные и слабые стороны, а также определять направления коррекционной и развивающей работы. Кроме того, совокупный анализ может способствовать формированию общей картины образовательного процесса, выделению типичных и аномальных случаев, а также выработке общих рекомендаций и стратегий для улучшения качества образования. На рисунке 2 приведен пример подобного анализа.

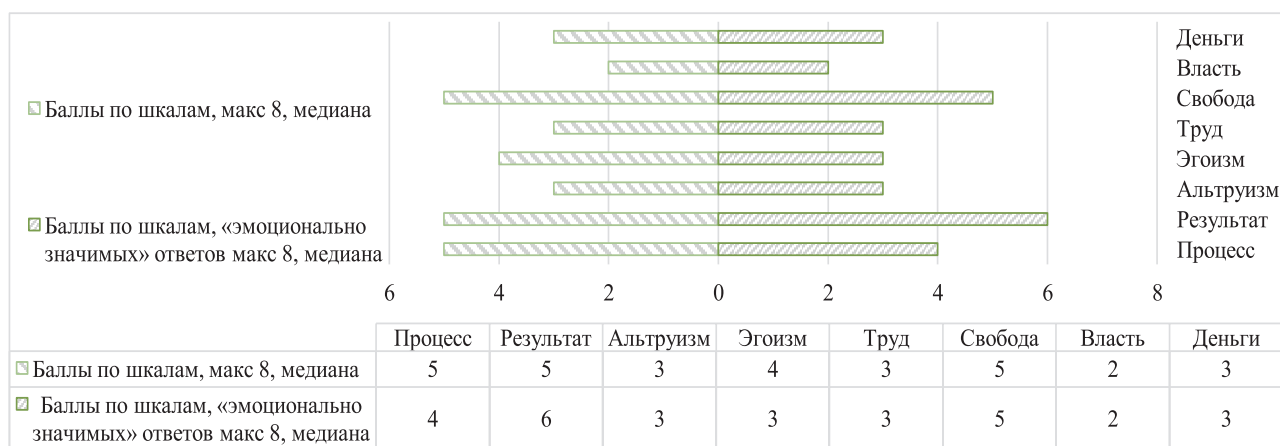


Рисунок 2 – Сравнительные результаты по методике «Социально-психологические установки личности в мотивационно-потребностной сфере О. Ф. Потемкиной»

В данном случае сравнивались балльные результаты полученные в ходе прохождения методики испытуемыми (левая сторона диаграммы) и балльные результаты ответов с объективно значимой эмоциональной реакцией (правая сторона диаграммы). Для исследуемой группы школьников наиболее значимым мотивом, определяемым эмоциональной реакцией на ответы, является стремление к результату. Они обладают устойчивостью к внешним дистракторам и ориентируют свою деятельность на реализацию конкретной цели. Свобода, как ценность самовыражения, неприятия давления и контроля над собой, также играет важную роль для данной группы. В то же время, деньги и власть не выступают в качестве главной ценности, а рассматриваются как необходимый ресурс для достижения результата.

Методический подход, используемый в клинической лаборатории профилактической медицины и опирающийся на возможности комплекса объективного психологического анализа и тестирования с биологически обратной связью «Эгоскоп», позволяет структурировать у испытуемого его интересы, его систему ценностей и определить свои способности, что, в свою очередь, поможет ему исключить «фоновое» влияние значимых и не очень лиц его окружения и сделать свой профессиональный выбор максимально приближенный к собственным возможностям.

Практическое использование современных достижений в области психодиагностики является важным компонентом в практике как психолога, так и специалиста кадровой службы. В конечном итоге именно совместная работа по содействию профессиональному самоопределению личности обеспечивает долгую и плодотворную трудовую деятельность каждого конкретного специалиста.

Следует отметить, что анализ профиля СЭЗ предоставляет возможность не только проводить глубокое индивидуальное консультирование, но и оценивать эмоциональные состояния внутри групп на качественном уровне. Такой подход позволяет более точно воспринимать внутригрупповые динамики и, следовательно, выбирать соответствующие стратегии для дальнейшей работы с данными группами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Толкач, С.Н. Формирование психологической устойчивости работников ОПЧС как составляющая процесса подготовки специалиста / С.Н. Толкач // Теория и практика психологического сопровождения руководящих кадров: сборник статей/ Акад. Упр. при Президенте Респ. Беларусь – Минск : Акад. Упр. при Президенте Респ. Беларусь. – 2017. – С. 175-178.
2. Шахновский, Д.В. Прогнозирование результативности деятельности спасателя в условиях ликвидации чрезвычайных ситуаций / Д.В. Шахновский, С.Н. Толкач, В.Н. Сергеев // Проблемы экстремальной и кризисной психологии : сборник научных трудов. – Харьков, 2017. – Вып. 22. – С. 291-299.
3. Джига, Н. Д. Формирование профессиональной пригодности будущего специалиста / Н. Д. Джига. – Минск : Зорны верасок, 2011. – 175 с.
4. Ромашова, Л. О. Противоречия в профессиональном самоопределении молодежи / Л. О. Ромашова // Знание. Понимание. Умение. – 2013. – № 3. – С. 179–182.
5. Тулынина, А.Ю. Работа с психологическими тестовыми методиками, включенными в программно-аппаратное устройство «Эгоскоп» (новые возможности психодиагностических исследований): методическое пособие / А.Ю. Тулынина – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011.– 35 с.

ГЕНЕЗИС МЕТОДИКИ ПИЛАТЕСА КАК ЭКОЛОГООРИЕНТИРОВАННОГО ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО НАПРАВЛЕНИЯ

THE GENESIS OF THE PILATES TECHNIQUE AS AN ENVIRONMENTALLY ORIENTED HEALTH-IMPROVING TREND

**М. М. Круталевич¹, Н. А. Гришанович¹, О. Н. Онищук¹,
Л. А. Глинчикова², К. А. Илькевич², Е.Л. Матова³**

**М. М. Krutalevich¹, N. A. Grishanovich¹, O. N. Onishchuk¹,
L. A. Glinchikova², K. A. Ilkevich², E. L. Matova³**

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь,
ft@iseu.by

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»
Высшая школа физической культуры и спорта, г. Калининград, Россия

³Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Калининградской области «Училище (техникум) олимпийского резерва»
имени заслуженного мастера спорта России А.А. Шумилина, г. Калининград, Россия

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus

²Immanuel Kant Baltic Federal University, IKBFU, Kaliningrad, Russia

³State Budgetary Professional Educational Institution
Kaliningrad Region "School (Technical School) Of The Olympic Reserve"
Named After The Honored Master Of Sports Of Russia A.A. Shumilin,
Kaliningrad, Russia

В сложных современных экологических условиях одним из способов решения проблемы оздоровления организма является метод, разработанный Джозефом Хубертусом Пилатесом. Он создал авторскую систему реабилитационных физических упражнений, а также разработал ряд тренажеров, с помощью которых стало возможным корректировать физическое развитие человека. В дальнейшем методика Пилатеса получила широкое распространение не только в Америке, но и стала широко популярна во всем мире. Это связано с эффективностью регулярных практических занятий по методу Пилатеса, результатом которых является улучшение физической подготовки и восстановления здоровья как одного из факторов экологоориентированного физического воспитания и совершенствования личности.

In difficult modern environmental conditions, one of the ways to solve the problem of improving the body is the method developed by Joseph Hubertus Pilates. He created an author's system of rehabilitation physical exercises, and also developed a number of simulators with which it became possible to correct the physical development of a person. Subsequently, the Pilates technique became widespread not only in America, but also became widely popular all over the world. This is due to the effectiveness of regular practical exercises using the Pilates method, the result of which is to improve physical fitness and restore health as one of the factors of environmentally oriented physical education and personal improvement.

Ключевые слова: методика, пилатес, физические упражнения, тренажеры, экология, физическая подготовка, здоровье, реабилитация.

Keywords: methodology, pilates, physical exercises, simulators, ecology, physical training, health, rehabilitation.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-332-335>

Экологические проблемы современности, влияние которых имеют огромный масштаб и значение для человечества, вследствие чего они признаны глобальными, в настоящее время усугубляются. Отрицательное воздействие неблагоприятной экологической обстановки на организм человека приводит к нарушению адаптации его систем и органов к таким условиям. Все это отрицательно сказывается на здоровье человека, его работоспособности и жизнедеятельности. Для того, чтобы противодействовать подобным неблагоприятным воздействиям, нивелировать возможный вред организму, одним из средств здоровьесбережения является использование существующих оздоровительных программ. Среди них особой популярностью в современном мире пользуется оздоровительная программа, разработанная Джозефом Хубертусом Пилатесом и получившая в его

честь наименование «пилатес». По своей природе пилатес оказался одной из самых эффективных оздоровительных программ для большинства людей, поскольку специалисты как традиционной, так и альтернативной медицины обнаружили благоприятное воздействие этой гимнастики в избавлении от болей в спине, излечении травм позвоночника, борьбе с остеоартритом, остеопорозом, последствиями травм коленных и плечевых суставов, а также проявлениями стресса и головной боли [4]. Зарождение и последующий процесс развития (генезис) методики пилатеса начинается с использования Д. Пилатесом различных подходов к выполнению физических упражнений для укрепления своего здоровья. Постоянные эксперименты с использованием элементов йоги, гимнастики, лыжного спорта, циркового и боевого искусств, танцевальных движений, тяжелой атлетики и др., их целенаправленное сочетание дали положительный эффект в восстановлении его здоровья и стали основой системы пилатеса. Разработанная система упражнений широко использовалась Д. Пилатесом в начале XX века, когда он стал одним из нескольких специалистов по физической культуре в период Первой мировой войны 1914 года в лагере заключенных на острове Мэн, расположенном в Ирландском море. Там он проводил с заключенными ежедневные занятия по данной системе, в лагерьном лазарете помогал лежащим больным восстанавливать силы после операций и различных заболеваний. Позже Д. Пилатес работал в военном госпитале, где солдаты британской армии и военнопленные восстанавливались после ранений. По окончании военных действий, в начале 1919 года, Д. Пилатес в Гамбурге и Берлине повышал свою квалификацию в данном направлении, учился у практикующих врачей, осваивая основы физической реабилитации. Из больничных коек он разработал конструкции для реабилитации больных, ставшие прототипами современных тренажеров, которые постоянно совершенствовались, в том числе и с помощью своего брата Фреда, после иммиграции в апреле 1926 года в Соединенные Штаты Америки [1].

Постоянно совершенствуя созданную методику применения физических упражнений при восстановлении и реабилитации организма Д. Пилатес стал известен среди представителей различных направлений деятельности человека. Например, благодаря своей способности успешно тренировать и проводить физическую реабилитацию после различных травм, он к концу 30-х годов в Нью-Йорке пользовался огромным авторитетом среди знаменитостей мира искусств: основоположника американского балета и современного неоклассического танцевального искусства Джорджа Баланчина, артистов балета и хореографов, известных танцоров и др. С 1942 по 1947 годы Д. Пилатес преподавал в известном танцевальном центре для мужчин в Бекете, Массачусетсе, используя созданную методику пилатеса, где каждый тренировался в своем собственном режиме, отвечающем его конкретным проблемам и интересам. В этот период им были разработаны основные упражнения пилатеса на коврике [1, 2].

Таким образом, оздоровительное значение системы пилатес заключается в улучшении функций дыхания, развитии силовых и координационных способностей, гибкости и других физических качеств организма. Особое значение придается концентрации внимания и правильному дыханию. При этом Д. Пилатес всегда придерживался основных принципов, заложенных в разработанную программу упражнений. В нее обязательно входят концентрация внимания, интеграция тела, контроль техники выполнения упражнений, центрирование, дыхание, плавность, визуализация [3, 4]. Уникальность его подхода к использованию созданной системы упражнений состоит в том, что Д. Пилатес постоянно совершенствовал свой метод, приспособивая данные упражнения к индивидуальным нуждам занимающихся, рекомендовал строго определенную последовательность выполнения созданных упражнений, которая необходима для соблюдения мышечного баланса, логической последовательности и принципа перехода от простого к сложному. Как результат такого подхода в реализации сложившейся системы было предложено несколько уровней программы пилатес:

- 1) *программа базового уровня системы пилатес*. Это самые легкие по технике выполнения 5–7 упражнений;
- 2) *программа начального уровня системы пилатес* состоит, как правило, из 12–14 упражнений, включающих упражнения базового уровня и видоизмененные или модифицированные упражнения;
- 3) *программа среднего уровня системы пилатес* состоит из 20–22 упражнений, 11 из которых входят в программу начального уровня;
- 4) *программа уровня повышенной сложности системы пилатес* состоит из 34 упражнений. Это упражнения предшествующих уровней и несколько модифицированных упражнений [3, 5] (рис.1).



Рисунок 1 – Примеры упражнений различных уровней системы пилатес

Со временем данная система Д. Пилатеса модернизировалась. На базе указанной системы, которая в исходных показателях насчитывала всего 34 упражнения, постепенно создавались новые, и сейчас их насчитывается около 500.

Д. Пилатес постоянно продолжал разрабатывать и тренажеры, добавив линейку корректирующих кресел и кроватей. Однако, несмотря на активную работу в этом направлении, у него было очень мало патентов на свои изобретения (рис. 2) [1].



Рисунок 2 – Джозеф Хубертус Пилатес работает в своей студии

Свои идеи в отношении полного благополучия при использовании разработанных методов оздоровления Д. Пилатес изложил в изданиях «Ваше здоровье» в 1934 году и «Возвращение к жизни посредством контроля», опубликованном в 1945 году. Его видение проблемы заключалось в том, что систематический подход к физическому и умственному совершенствованию поднимет человека на уровень более высокого личного осознания и окажет положительное влияние на мир, устраняя человеческие страдания.

Процесс развития методики пилатеса, как уже отмечалось, был постоянным, активно осуществлялся как Джозефом, так и его учениками. Д. Пилатес усердно работал, обучая своим идеям о теле, здоровье и благополучии свое окружение. Художники, знаменитости и светские люди стали горячими последователями Д. Пилатеса, придерживаясь его убеждений. Некоторые из них стали преподавателями в созданных студиях. На протяжении всей своей карьеры о Джозефе писали в журналах и газетах, пропагандировали на телевидении, однако его работа оставалась ограниченной элитной группой преданных последователей.

В 1950-х годах Пилатес активизировал свои усилия, направленные на признание его метода медицинской и образовательной системами, но эта цель оказалась по большей части безуспешной. Он считал пассивным определение понятия «здоровье» со стороны медицинского сообщества, а также был не доволен узким взглядом на профилактическую медицину и низкими стандартами физической подготовки. Несмотря на отсутствие признания со стороны медицинского сообщества, метод Д. Пилатеса незаметно прижился в ряде других учреждений (Нью-Йоркский университет, Театр танца Гарлема, школа Кэтрин Данэм и др.). К середине 60-х годов хореографы современного танца стали добавлять упражнения Д. Пилатеса в танцевальные тренировки. Кроме того, метод Д. Пилатеса начал распространяться далеко за пределы Нью-Йорка. Первое поколение учеников Д. Пилатеса продолжало практиковать и обучать своей философии и методам студентов и преподавателей [1].

В 1980-х годах учителя второго поколения развернули свою практику, начали появляться программы подготовки учителей по пилатесу. К 1995 году пропаганда средств массовой информации о методе Д. Пилатеса, групповые занятия на ковриках, программы клубов здоровья и интерес, проявляемый в медицинском сообществе, способствовали распространению данного оздоровительного направления. Так, слово «пилатес» стало широко ассоциироваться с особым типом упражнений, в котором используются уникальные тренажеры, система упражнений и методика. При занятиях пилатесом во избежание травм и напряжений движения выполняются плавно и медленно, без рывков, с большой амплитудой. Это помогает придать силу слабым мышцам, удлинить короткие, а также увеличить подвижность суставов. Отсюда и уникальность пилатеса: он позволяет комплексно воздействовать на организм, в процессе занятий задействуются все части тела. Упражнения дополняют друг друга и обеспечивают организму баланс и равновесие, являясь полным и гармоничным методом тренинга. Все это способствовало распространению метода Джозефа Пилатеса и превратило его в глобальный феномен.

Такое оздоровительное направление деятельности стало характерно и для учреждений образования в Республике Беларусь и Российской Федерации, широко используется в образовательном процессе. Например, студенты МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ, Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта (БФУ им. И. Канта), Училища (техникума) олимпийского резерва имени заслуженного мастера спорта России А.А.Шумилина, г. Калининграда активно посещают занятия, проводимые с использованием элементов данной методики, а также непосредственно по системе пилатес с реализацией программ разных уровней. Обучающиеся при этом отмечают положительный эффект для поддержания своего здоровья. Пилатес сегодня очень модное направление среди студентов. Подтверждением

вышесказанного служит такой факт как выбор студентами Высшей школы физической культуры и спорта БФУ им. И. Канта – будущими специалистами данного направления – тем для изучения и разработки занятий с различным контингентом занимающихся с использованием элементов пилатеса в написании выпускных квалификационных работ.

Таким образом, опыт преподавания Джозефа Пилатеса отразился в его инновационном методе, основанном на ежедневных целенаправленных оздоровительных занятиях физическими упражнениями, а также в создании уникальных тренажеров. Данный метод является не просто практикой, ориентированной на сохранение и укрепления здоровья человека, в том числе экологоориентированной направленности, но и парадигмой жизни. Так, на телесном уровне практика метода Д. Пилатеса приводит к физическому совершенствованию, расширяет адаптационные возможности человека. На психологическом уровне – улучшает эмоциональное состояние и помогает справляться со стрессами. Результатом осознанной и регулярной практики метода Д. Пилатеса является восстановления здоровья, а в целом – совершенствование личности. Метод Д. Пилатеса актуален, реализуется и совершенствуется его учениками, остается мощной силой развития, феноменом и преподается по всему миру, оказывая влияние на сотни тысяч последователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Йозеф Пилатес: методика, покорившая мир [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://germania-online.diplo.de/ru-dz-ru/sport/portraet/joseph-pilates/1910148>. – Дата доступа: 10.02.2024.
2. Anderson, Brent Introduction to Pilates-Based Rehabilitation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=e11f34bd58bc7680591358a58e9f8358d0c3ea95>. – Дата доступа: 10.02.2024.
3. Гришанович, Н.А. Применение упражнений по системе Пилатеса на занятиях физической культурой со студентками : учеб.-метод. пособие / Н.А. Гришанович. – Минск, 2009. – 62 с.
4. Методика работы физкультурного комплекса пилатес: методические рекомендации для студентов очной и заочной формы обучения и преподавателей кафедры физического воспитания и спорта / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» ; сост. Е.В. Литвинов, А.П. Костюков. – Воронеж, 2017. – 23 с.
5. Пилатес как средство физического воспитания студентов: методические рекомендации / Составитель Н.Г. Демидович // Белорусский национальный технический университет, 2014. – 97 с.

**КРУГЛЫЙ СТОЛ 1
КАФЕДР ЮНЕСКО
«АКТУАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ XXI-ГО ВЕКА»**

ДВЕ СТРАНЫ, ОДНА ПУЩА. ЗАГРАДИТЕЛЬНЫЙ ЗАБОР НА ТРАНСГРАНИЧНОЙ ТЕРРИТОРИИ ОКАЗЫВАЕТ НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОСИСТЕМУ БЕЛОВЕЖСКОЙ ПУЩИ

TWO COUNTRIES, ONE FOREST. A BARRIER FENCE ON A CROSS-BORDER TERRITORY HAS A NEGATIVE IMPACT ON THE ECOSYSTEM OF BELOVEZHSKAYA PUSHCHA

В. А. Терлецкая, О. С. Бочарова
V. A. Terletsкая, O. S. Bocharova

Филиал Российского государственного социального университета в г. Минске
Branch of the Russian State Social University in Minsk
terletskayavaleria@gmail.com

В статье рассматривается проблема регулирования взаимоотношений государств на международной арене в области охраны окружающей среды через объединенный трансграничный резерват Беловежская пуца. Анализируются причины уменьшения численности популяций видов животных и растений до такой степени, что они могут исчезнуть как в белорусском, так и в польском заповедниках, что нанесет невосполнимый значительный ущерб животному и растительному миру Беловежской пуцы и повлечёт ее исключение из списка объектов всемирного наследия ЮНЕСКО.

The article deals with the problem of regulating relations between states in the international arena in the field of environmental protection through the united transboundary reserve Belovezhskaya Pushcha. The reasons for the decrease in the number of populations of animal and plant species to such an extent that they can disappear in both Belarusian and Polish nature reserves, which will cause irreparable significant damage to the fauna and flora of Belovezhskaya Pushcha and will entail its exclusion from the list of UNESCO World Heritage Sites.

Ключевые слова: Беловежская пуца, международные соглашения, миграционный кризис, охрана окружающей среды, объект всемирного природного наследия ЮНЕСКО, пограничный заградительный забор, функциональные зоны, экология.

Keywords: Belovezhskaya Pushcha, international agreements, migration crisis, environmental protection, UNESCO World Natural Heritage site, border fence, functional zones, ecology.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-337-340>

Из года в год страны стремятся развивать свои отношения не только в области политики и экономики, но и в области экологии, которая включает различные аспекты охраны окружающей среды.

В современном мире проблемы, связанные с экологией и охраной природных ресурсов, приобретают широкомасштабный характер. Такие проблемы наносят ущерб не только одному государству, но также выходят и за его пределы, влияя на всё мировое сообщество в целом. Для регулирования взаимоотношений государств на международной арене в области охраны окружающей среды создаются специализированные международные организации, заключаются двусторонние и многосторонние международные соглашения и договоры.

Беларусь на сегодняшний день является государством-участником 22 международных соглашений, которые затрагивают все направления в области охраны окружающей среды, как на территории нашей страны, так и за её пределами.

В Республике Беларусь есть объекты, имеющие всемирную значимость, объекты, которые входят в систему охраны Всемирного наследия ЮНЕСКО.

Беловежская пуца – это не просто заповедник, а крупнейший Национальный парк в Европе, являющийся объектом Всемирного природного наследия ЮНЕСКО вот уже на протяжении 40 лет. Большая часть Беловежской пуцы охраняется с XV века.

Исторически территория Беловежской пуцы неоднократно переходила от одного государства к другому, но всегда являлась местом охот различных особ. В 1558 году был издан закон об охране королевских охотничьих угодий, а в 1577 году положено начало опеки над зубром, где специальными распоряжениями устанавливалось количество животных для отлова, и определялся круг лиц, имеющих право охоты. В начале XX века был создан «Парк девственной природы», который, после окончания Первой мировой войны и перехода Пуцы в польское владение, стал прототипом Беловежского национального парка.

С 1939 года Беловежская пуца находится в составе БССР и объявлена Государственным заповедником, а после Великой Отечественной войны разделена в соответствии с Договором о советско-польской государственной границе между Польской Республикой и СССР: «...часть территории Беловежской Пуцы на

участке Немиров-Яловка, расположенную на восток от «линии Керзона», включая Немиров, Гайновку, Беловеж и Яловку, с отклонением в пользу Польши максимум на 17 километров» (п. 6 ст. 1) [1].

Республика Беларусь оформила правопреемство Указом Президента Республики Беларусь от 10 ноября 1995 г. № 445 «О правопреемстве Республики Беларусь в отношении некоторых договоров, заключённых между бывшим Союзом ССР и Польшей».

Ранее, в 1991 году, был изменен статус Беловежской пуши на Государственный национальный парк «Беловежская пуца» и территорию разделили на функциональные зоны, что дало возможность применять не только пассивные, но и активные методы охраны популяций растений и животных.

Этот лес один из самых больших на средневропейских равнинах: длина от запада к востоку составляет 55 километров, а от севера к югу – 51 километр. Общая площадь Национального парка составляет 150 тысяч гектаров.

Граница между Польшей и Республикой Беларусь проходит через Беловежскую пуцу, разделяя её на две равные части. Полностью отличаясь от польской части, белорусская часть Государственного национального парка «Беловежская пуца» не является зоной развлечений, а представляет собой подлинный природоохранный объект. Здесь нет музеев и экологических гостиниц, что делает его ещё более природным и неизменным.

Пуца восхищает своим древним и необъятным обликом, который всё ещё сохранился, благодаря реликтовым сообществам растений и животных. Эти сообщества, оставшиеся почти нетронутыми, уже исчезли во многих других местах земного шара в результате вмешательства человека и вырубки лесов.

Поскольку Беловежская пуца находится на пересечении двух геоботанических зон, она является уникальным местом с точки зрения биологического разнообразия. На её территории произрастает огромное количество видов растений и обитает большое количество животных, не найденных в таком масштабе нигде на всём европейском континенте [2, с.77].

В Беловежской пуце можно наблюдать все главные растительные и животные виды, а также все важные типы лесной экосистемы, которые встречаются в европейском регионе. Это происходит благодаря разнообразию мест обитаний, особому географическому расположению и сохранению ключевых элементов окружающей среды.

В этом лесу, среди огромных деревьев и густой растительности, существует около 11 000 видов животных и растений, которые трудно найти где-либо ещё в Европе. В этом лесу гнездятся более 120 видов птиц, обитают 7 видов рептилий, 11 видов земноводных и около 8500 видов насекомых. Большое внимание следует уделить наличию европейского зубра, последней в Европе популяции этого вида, который включён в Красную книгу Беларуси.

С целью сохранения биологического разнообразия Беловежской пуши и в соответствии с законом Республики Беларусь «Об особо охраняемых природных территориях и объектах» от 20 октября 1994 г. вся территория Пуши разделена на четыре функциональные зоны с различным режимом охраны [3].

Так, в границах Пуши выделяются следующие зоны:

«...заповедная зона, предназначенная для сохранения в естественном состоянии природных комплексов и объектов, обеспечения условий их естественного развития, в границах которой запрещаются все виды деятельности, кроме проведения научных исследований и мероприятий по её охране;

зона регулируемого использования, предназначенная для сохранения природных комплексов и объектов, обеспечения условий их естественного развития и восстановления, в границах которой устанавливается режим охраны и использования, ограничивающий отдельные виды хозяйственной и иной деятельности и использование природных ресурсов в соответствии с положением о национальном парке;

рекреационная зона, предназначенная для осуществления туризма, отдыха и оздоровления граждан, в границах которой устанавливается режим, обеспечивающий охрану и устойчивое использование рекреационных ресурсов;

хозяйственная зона, предназначенная для обеспечения функционирования национального парка, в границах которой осуществляется хозяйственная и иная деятельность с использованием природоохранных технологий, не препятствующая сохранению особо охраняемых природных комплексов и объектов, туристических и рекреационных ресурсов»[3].

На территории Пуши запрещается любая деятельность, которая может нанести вред природным комплексам и объектам.

Государственный национальный парк «Беловежская пуца» был включён в список Всемирного наследия ЮНЕСКО в 1992 году. В последующие годы парк также получил статус биосферного заповедника и был удостоен диплома Совета Европы в 1997 году. В 2014 году Комитет Всемирного наследия принял решение объявить весь парк, включая его польскую и белорусскую части, трансграничным объектом Всемирного наследия ЮНЕСКО.

Национальный парк «Беловежская пуца» имеет ценность как объединённый трансграничный резерват, поскольку дикие животные не придают значения государственным границам – для них область питания является единым пространством.

На основании принятого 29 октября 2021 года Республикой Польша закона «О строительстве заграждений государственной границы» вдоль границы Республики Беларусь, в том числе в пределах Национального парка Беловежская пуца, уже возведён пограничный заградительный забор [4]. Этот забор в виде капитальной стены состоит из бетона и стали высотой 5,5 метров, поверх которой находится полуметровая спираль армированной

колючей проволоки «концертина». Стена закрывает 186-километровый участок польско-белорусской границы. Часть польского забора – около 64 километров проходит как раз по территории Пущи. Следствием этой стройки является значительный ущерб животному и растительному миру заповедника.

Пограничный забор (или барьер) – это физическая преграда, которая проходит вдоль международной границы или близ расположена к ней. Такие барьеры зачастую создаются с целью контроля пограничной зоны, включая пресечение нелегальной миграции, торговли людьми и контрабанды. Некоторые пограничные барьеры также могут быть построены с соображениями обороны и безопасности. В случаях, когда граница неопределённая или спорная, возведение барьера может служить односторонней консолидации территориальных притязаний, заменяя формальное разграничение. При этом пограничный барьер обычно не указывает на фактическое положение границы и строится одной страной без согласия или сотрудничества другой страны [5].

Главная проблема заключается в том, что присутствие пограничного забора препятствует перемещению и генетическому обмену многих видов животных, таких как рыси, волки, лоси, олени, зубры и бурые медведи. Это может привести к уменьшению численности популяций этих видов до такой степени, что они могут исчезнуть как в белорусском, так и в польском заповедниках. В дополнение, пограничный забор прерывает важный экологический коридор для сохранения лесных и водно-болотных местообитаний в Центральной Европе, имеющий значение для всей Европы, который существенно облегчает миграцию животных. Нарушение функционирования этого коридора может иметь отрицательные последствия не только для территории Пущи, но и для всего европейского континента [2, с.78].

Ещё одной проблемой является нарушение экологической связанности местообитаний водно-болотных угодий. Это поставит под угрозу сохранение многих важных природных процессов.

Любые действия подобного характера снижают экологический статус заповедника, который составляет основу для внесения в список Всемирного наследия ЮНЕСКО. Создание экологического барьера в результате строительства стены приведет к функциональной и пространственной изоляции польской и белорусской частей Беловежской пуши. Строительство забора в виде пограничной стены на территории Беловежской пуши является неразумным действием польской стороны и идёт вразрез с международными нормами экологического права [2, с.78].

В статье 5 и 6 Конвенции ЮНЕСКО об охране всемирного культурного и природного наследия говорится, что государства «...должны стремиться обеспечить более эффективную охрану и сохранение популяризации культурного и природного наследия, расположенного на их территории», а также «...каждое государство обязуется не принимать прямой или косвенный ущерб культурному и природному наследию, расположенному на территории других государств».

Согласно статье 3 Рамсарской Конвенции о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение, договаривающиеся стороны «...определяют и осуществляют свое планирование таким образом, чтобы способствовать охране водно-болотных угодий, включенных в Список водно-болотных угодий международного значения, а также, насколько это возможно, разумному использованию водно-болотных угодий, находящихся на их территории».

При этом в статье 4 названной Конвенции упоминается что «...в тех случаях, когда из-за настоятельных государственных интересов, Договаривающаяся сторона исключает из Списка водно-болотных угодий международного значения или сокращает размеры водно-болотного угодья, включенного в него, она должна, насколько это возможно, компенсировать происходящую в результате этого потерю ресурсов водно-болотных угодий; и, в частности, она должна создавать дополнительные природные резерваты для водоплавающих птиц, а также обеспечивать защиту достаточной части территории первоначального их местообитания в этом районе или где-либо в другом месте».

В Конвенции по сохранению мигрирующих видов диких животных статья 2 содержит в себе основополагающие принципы о том, что стороны должны сохранять и восстанавливать те местообитания, которые важны для защиты данных видов от угрозы исчезновения; свести до минимума отрицательные последствия действий и помех, серьёзно мешающих или исключающих миграцию данных видов.

В статье 1 Конвенции о биологическом разнообразии определяются цели, на основании которых в статье 6 каждая договаривающаяся сторона должна предусматривать «...насколько это возможно и целесообразно, меры по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия в соответствующих секторальных или межсекторальных планах, программах и политике».

Все эти международные акты были приняты в рамках Организации Объединенных Наций. Они заложили принципы сотрудничества государств в области охраны окружающей среды. Любые действия государств на международной арене должны совершаться в соответствии с теми обязательствами, которые каждая страна взяла на себя, когда подписывала те или иные международные договоры. Таким образом, государства ни при каких обстоятельствах не могут нарушать нормы Конвенций [2, с.78-79].

Беловежской Пуще в настоящее время наносится огромный ущерб, что может привести к её исчезновению. Беловежская пуца – достояние, которое связывает два государства и за которое ответственны два государства. Беловежский лес – объект всемирного наследия ЮНЕСКО. Но теперь из списка он может быть вычеркнут.

За последнее время порядка 40 обращений было направлено в различные организации от белорусской общественности – в Гринпис и Всемирный фонд дикой природы. Но со стороны Гринпис никаких действий и реакций не наблюдается. В то же время Фонд дикой природы пытается призвать международные структуры, в том числе

Европейскую комиссию и ЮНЕСКО, стать посредниками в решении проблемы Беловежской пуцци. Фонд дикой природы отмечает, что «...строительство забора серьезно повлияет на экосистему леса, который является объектом Всемирного наследия ЮНЕСКО <...> строительство заграждения приведет к внесению Беловежской пуцци в список объектов всемирного наследия, находящихся под угрозой. Особую опасность представляет колючая проволока на заборе, которая может стать смертельной для животных и свести на нет усилия по защите природы, предпринятые в течение последних 30 лет».

Зачастую, экологические угрозы выходят далеко за границы одного государства. Данный принцип описан в Декларации Стокгольмской конференции ООН по проблемам окружающей человека среды 1972 года (Принцип 24): «Международные проблемы, связанные с охраной и улучшением окружающей среды, должны решаться всеми странами, на основе равноправия, и это сотрудничество должно быть организовано так, чтобы должным образом учитывались суверенные интересы всех государств».

Решение этих насущных и немаловажных проблем предполагает объединение всех стран для защиты природы и окружающей среды. Этого можно добиться путём согласованных усилий и общими действиями.

Для решения данной проблемы, в первую очередь, необходимо создать все условия для диалога между Беларусью и Польшей, в ходе которого будут оговорены взаимные шаги для урегулирования как миграционного кризиса на польско-белорусской границе, так действия по защите экосистемы Беловежской пуцци.

ЛИТЕРАТУРА

1. Договор между СССР и Польшей о границе 1945. Состоялся в Варшаве 5 февраля 1946 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://brestobl.com/nasel/naselen/dok/1945/index.html> – Дата доступа: 14.02.2024.

2. Терлецкая, В.А. Забор как памятник человеческой бездумности / В.А. Терлецкая // Мир студенческой науки: сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2023. – с.76-80.

3. Об особо охраняемых природных территориях: закон Республики Беларусь №3335-ХІІ, 20 октября 1994 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=V19403335> – Дата доступа: 14.02.2024.

4. Строительство заградительного забора на трансграничной территории: негативное влияние на экосистему Беловежской пуцци [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.belta.by/roundtable/view/stroitelstvo-zagraditelnogo-zabora-na-transgranichnoj-territorii-negativnoe-vlijanie-na-ekosistemu-1442/> – Дата доступа: 14.02.2024.

5. Пограничный забор – Border barrier. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Border_barrier – Дата доступа: 14.02.2024.

СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ

WAYS OF WATER PURIFICATION AT HOME

Т. Е. Казакевич, Л. Хассун, М. Севрук

T. E. Kazakevich, L. Hassoun, M. Siauruk

Государственное учреждение образования «Гимназия №22 г.Минска»,

г. Минск, Республика Беларусь

Missis.kazakevich@mail.ru

State Educational Establishment «Gymnasium 22 of Minsk»,

the Republic of Belarus

Научно-исследовательская работа экологически ориентированных студентов. В статье рассмотрена история появления фильтров для воды и представлены особенности различных способов очистки воды. Статья будет интересна учителям, использующим интерактивные технологии на занятиях и внеклассных мероприятиях по темам, связанным с водой. Статья содержит полезные ссылки и инструкции для учащихся по проведению экспериментов.

Research work of environmentally oriented students. The paper examines the history of the appearance of water filters and presents the features of various methods of water purification. The article will be of interest to teachers who use interactive technologies in classes and extracurricular activities on topics related to water. The article contains useful references and instructions for students to conduct experiments.

Ключевые слова: способы очистки воды, фильтры для очистки воды, интерактивные технологии, экологический эксперимент, формирование экологической культуры.

Keywords: water purification methods, water purification filters, interactive technologies, ecological experiment, environmental behavior development.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-340-344>

По данным Всемирной организации здравоохранения 2,2 миллиарда человек по-прежнему живут без доступа к питьевому водоснабжению, организованному с соблюдением требований безопасности, и в том числе 115 миллионов человек пьют поверхностные воды. Вода может создать мир, а ее нехватка вызвать конфликт. Когда воды не хватает или она загрязнена, когда у людей неравный доступ к воде или его нет совсем, между сообществами и странами может возникнуть напряженность. [1].

Мы решили узнать, как очистить воду, с каких времен люди очищают воду, какие бывают способы очистки воды, какую воду мы пьем, какой фильтр наиболее удобен в быту для семьи. Проведение анкетирования и опытов с водой помогли нам на практике закрепить основы экологической культуры и бережного отношения к воде и водным ресурсам.

В нашем исследовании приняло участие 160 человек 5-10 классов (приложение 1). Учащимся были заданы вопросы: используют ли в семье очищенную водопроводную воду или бутилированную, по каким причинам используют фильтрованную или бутилированную воду, воду какого производителя используют чаще и в какой таре. Анкетирование показало, что 33% всех опрошенных используют бутилированную воду, 52 % фильтрованную воду и 17% водопроводную воду без какой-либо дополнительной очистки. Наибольшее количество опрошенных используют бутилированную воду марки «Святой источник», разлитую по бутылкам емкостью 1 литр. В семьях используют бутилированную воду для питья, заботясь о своем здоровье. На желание использовать фильтрованную и бутилированную воду наибольшее влияние оказали вера в безопасность очищенной воды, забота о здоровье всех членов семьи, доступность бутилированной воды, удобство в её приобретении и доставке. Наибольшее количество – опрошенных 52 % используют фильтрованную воду или воду из скважин и источников. Однако фильтры в семьях менее распространены потому что для установки требуется место на кухне, финансовые вложения, а также организация самого процесса и время на его осуществление. Сами учащиеся не могут повлиять на ситуацию уже сложившуюся в семье, но считают, что если бы родители были более осведомлены в этом вопросе то отдали бы предпочтение установке фильтрам и системам обратного осмоса. По мнению наших учащихся (4%) реклама не влияет на мнение использовать специально подготовленную воду. Большее влияние оказывает доступность бутилированной воды, сознательная забота о здоровье, привычки семьи. Также отметим что 80 % опрошенных для приготовления пищи используют водопроводную воду, считая, что при кипячении вода достаточно очищается, а ее вкус обогащается естественным образом благодаря пищевыми ингредиентами. Учащиеся слышали о «народных» способах очистки воды, но не используют их дома или на даче регулярно. Небольшая часть учащихся старших классов (5 %) пробовали талую воду, замороженную в морозильной камере или воду, отстоянную с кремнием или шунгитом, воду на рябине. По мнению ребят, вода была очень вкусная, такую воду хотелось пить очень часто в течение дня. Но привычка очищать воду таким способом не стала регулярной по бытовым причинам и временным затратам. Похожая причина повлияла на редкое использование фильтров кувшинов дома, на даче или отдыхе, потому что требуют своевременной замены картриджей.

Из результатов анкетирования мы узнали, что учащиеся умеют оценивать качество воды по запаху и прозрачности. «Цветность» воды оценивают на фоне белой бумаги, а жесткость воды с помощью мыла. В мягкой воде мыло пениться лучше. Наличие примесей гимназисты определяли, попробовав остуженную кипяченую воду. Горечь воды свидетельствует о наличии солей магния, терпкость появляется от наличия железа, сладковатый привкус дает гипс. Мы провели много интересных опытов с водой (Приложение 3). Создавали фильтр (абсорбция), моментально замораживали воду (в очищенной воде нет точки начала кристаллизации) [2]. На результат наших опытов влияло качество воды, важно было использовать воду без примесей. Оценивание на вкус и цвет не может точно оценить качество бытовой воды. Если мы хотим узнать какого качества воду мы пьем лучше сделать анализ воды.

Нашим учащиеся знают, что с давних времен люди изобретали различные способы очистки воды. Свои знания о важности, о свойствах очищенной воды наши предки передали нам в сказках о живой и мертвой воде. Ямка, вырытая вблизи водоема, служила одним из первых фильтров. Вода, просачиваясь сквозь толщу земли, фильтровалась естественным образом. Позже появились колодцы. Люди следили за чистотой колодцев. Для получения визуально чистой питьевой воды пропускали воду через кору деревьев, крупный песок, хвою. Есть примеси которые негативно сказываются на здоровье человека. Иероглифы, датированные 2000 годом до нашей эры, свидетельствуют о том, что первые «фильтры» для воды появились в Древнем Египте. Для того, чтобы избавиться от крупных механических примесей использовали лоскут ткани. Его сворачивали в виде воронки или растягивали над емкостью. Процедуру фильтрации воды повторяли несколько раз, улучшая вкус воды различными ароматическими веществами во время кипячения. Первые водопроводы появились в древнем Риме. Вода, протекая по трубам из свинца, была чистой, без запаха и явного привкуса, но насыщалась тяжелым металлом, который накапливался в организме человека. Систематическое отравление свинцом, сказалось на продолжительности жизни (в среднем около 25 лет), и росте древних римлян (не многим более 100-120 см). Переизбыток в воде еще одного металла - серебра тоже имел негативные последствия. Серебряная посуда была ранее не роскошью, а необходимостью. Наши предки использовали серебро для обеззараживания воды. Избыточное серебро приводило к аргиррии – заболеванию, сопровождающимся изменением цвета кожи до бледно-голубоватого оттенка.

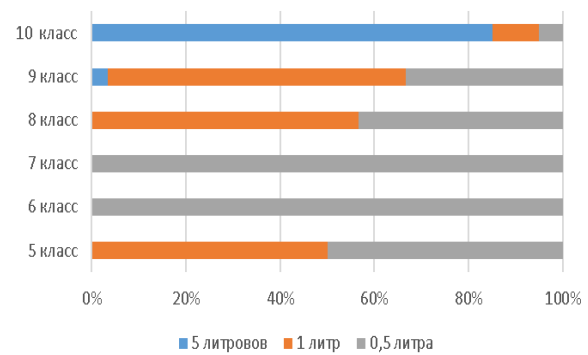
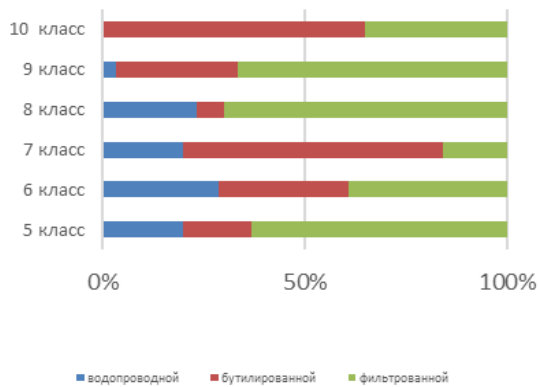
Первые современные фильтры появились в конце 18 века воды на территории городов европейских государств. При использовании таких водопроводов очищение осуществлялось В основном от крупных механических примесей. Изобретение микроскопа позволило увидеть микробы и бактерии. Для очистки воды люди стали использовать хлорорганические соединения, что позволило спасти сотни человеческих жизней от холеры, дизентерии и брюшного тифа. Благодаря развитию науки, было установлено негативное воздействие хлора на организм. Используя хлорированную воду на протяжении многих лет, мы подвергаем свой организм угрозе возникновения рака кишечника. Поэтому стали создаваться фильтры для очистки водопроводной воды, которая уже прошла очистку.

Бытовые фильтры очищают воду от тех вредных примесей, которые не были удалены в результате очистки на городских станциях, или накопились в воде во время движения по водопроводным системам, а также выводят из воды вредный хлор. Бытовые фильтры условно можно разделить на три категории – простейшие бытовые фильтры (кувшины и насадки), средней степени очистки (фильтрующие системы с установкой под мойку) и бытовые фильтры высшей степени очистки (обратноосмотическая очистка воды). На выбор фильтра для домашнего использования влияют следующие факторы: средний расход воды в семье, наличие свободного места на кухне, желаемая степень очистки, бюджет семьи.

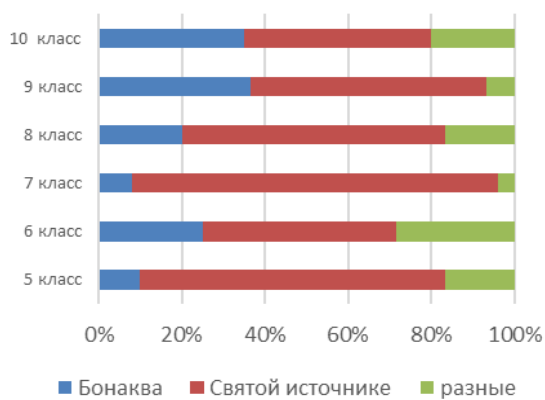
Из выше перечисленных трех категорий для изучения нам был доступен фильтр-кувшин, который называется так за внешнее сходство с кувшином. (Приложение 2). Объем воды небольшой: от 2 до 4 литров. Кувшинный фильтр состоит из двух отсеков и картриджа. Вода наливается в резервуар, просачивается через фильтр и очищается. Вода после фильтрации кувшином становится мягкой, без посторонних запахов. Не стоит использовать для питья воду, которая простояла после прохождения фильтра более 3 дней. Если по каким-то причинам не будем пользоваться кувшином-фильтром около недели, нужно снять картридж, обернуть его полиэтиленом и положить в холодильник чтобы снизить скорость размножения бактерий. При покупке необходимо обратить внимание на пластик кувшина, обычно его изготавливают из прозрачного материала, чтобы удобно было отслеживать объем воды. Если кувшин сделан из стекла, то он устойчив к царапинам, если из пластика – то к ударам. Пищевой пластик имеет соответствующую маркировку. У самого кувшина должны отсутствовать дефекты и какие-либо запахи. При покупке нужно обратить внимание на ручку. От формы ручки зависит насколько удобно наливать воду из кувшина. Самые практичные прорезиненные ручки. Ориентироваться при покупке нужно на возможность приобретать сменные фильтры, а не на узнаваемость бренда. Сменный картридж должен быть герметично упакован с указанием сроков годности. Сменные картриджи рассчитаны примерно на 170-350 л воды. Такая разница в ресурсе объясняется степенью загрязнения воды и частотой использования кувшина. Фильтр-кувшин может иметь специальный индикатор для своевременной замены картриджа. В таких фильтрах заложен накопительный механический принцип очистки воды. Картриджи бывают разного наполнения: универсальные и специальные (для очистки воды с повышенным содержанием определенного элемента или бактерий). Внутри картриджа есть слой активированного угля, обработанного серебром, и ионообменной смолой. Такой картридж не очищает от бактерий, он впитывает хлор, тяжёлые металлы, пестициды, мелкие механические частицы. От бактерий может очистить только кассета с полволоконной мембраной. Отдельным достоинством кувшина является его компактность и мобильность. Фильтр-кувшин подходит тем, кто не желает что-либо устанавливать или подключать, кто не желает тратить значительную сумму на приобретение фильтра, кто не нуждается в больших объемах очищенной воды. Недостатки такого фильтра: небольшой объем очищенной воды, невысокая скорость очистки и частая замена картриджа. 

Вода может разрушить жизнь, став причиной многих болезней. И наоборот при употреблении очищенной воды улучшается самочувствие. Каждый бытовой вид фильтров для очистки воды занимает свою ценовую категорию. Подружившись с удобным кувшинчиком или установив систему обратного осмоса, можно не только избежать опасных заболеваний, но и поправить здоровье. Если вы решите, что затраты на фильтр для воды не оправданы, то вспомните о том, какие бывают последствия употребления загрязненной воды, и сколько будет стоить последующее за этим лечение. Пейте чистую воду и будьте здоровы!

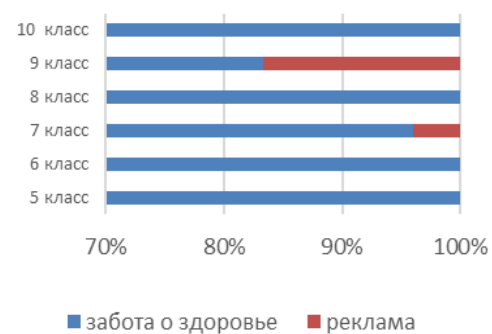
Размер упаковки



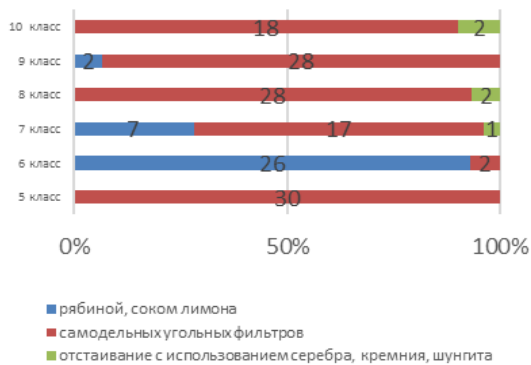
Марки питьевой воды



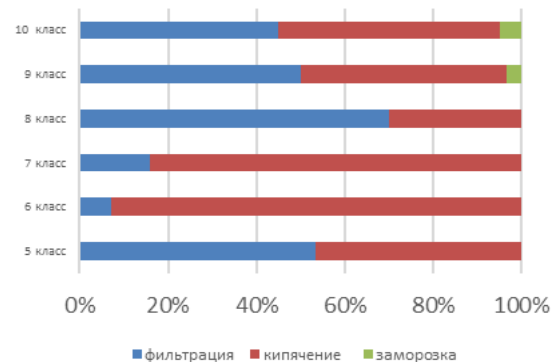
Причины использования бутилированной воды



Наиболее известные «народные» способы очистки воды



Наиболее известные способы очистки воды

[illegible]

Увлекательные опыты с водой

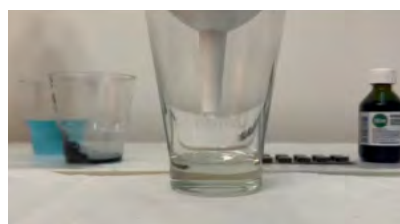
1. Опыт с окрашиванием пекинской капусты или цветов белого цвета. Под абсорбцией в медицине (от латинского «absorptio» – поглощение) понимается всасывание веществ в кровь одним или несколькими слоями клеток различных органов и поверхностей тела. Этот опыт показывает важность использования чистой воды.

Для этого эксперимента подойдут листья пекинской капусты, цветы ромашки и любые другие цветы белого цвета, к примеру, хризантемы, тюльпаны. Так же используем 3 стакана воды и жидкие натуральные красители.

Подкрасим воду в двух стаканах разными цветами. Гуашь, акварель, сухие краски в таблетках не подойдут, опыт лучше получается с жидкими красителями. Если проводить эксперимент с пекинской капустой, то можно подрезать лист снизу на две части. Первую часть опустить в один стакан, вторую – в другой. Лист начнёт окрашиваться с двух сторон. Оставляем листья капусты или цветы в стаканы на час. Можно увидеть, как капуста или ромашки начинают окрашиваться. В течение двух часов цвет станет ещё более насыщенным.

2. Опыт по очистке воды (абсорбция). Активированный уголь –успешно абсорбирует ненужные примеси и неприятные «ароматы». Фильтр –кувшин «работает» именно на угольных фильтрах. Можно самим изготовить подобный фильтр. Для этого возьмите активированный уголь (10 таблеток), марлю или бинт достаточной ширины, вату. Видео можно посмотреть по ссылке

https://drive.google.com/file/d/1miwxrAbmudwsM-2Ifp9cgYwrJ7_PRxRC/view?usp=drive_link



3. Опыты с водой «шипучий вулкан» и «вулканическая лава». Вода безопасна для изучения различных физических свойств предметов. Возьмите растительное масло, пищевой краситель любого оттенка, несколько шипучих таблеток (например, аспирин).

Видео можно посмотреть по ссылке

https://drive.google.com/file/d/1mkm_2dbRWrMHVo24ACMmXsUZgo5_HCWD/view?usp=sharing

https://drive.google.com/file/d/1mmDp_zS8eZ6DbwQthJ5Tz60mHgZlfMe1/view?usp=sharing



ЛИТЕРАТУРА

1. Организация Объединённых Наций [электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.un.org/ru/observances/water-day> - Дата доступа: 15.02.2024

2. И.В.Галузо. Физика 7-9 классы. О чем в учебниках не прочитаешь/ -Минск: Аверсэв, 2012.-160с

3. РИА новости [электронный ресурс] - Режим доступа: <https://ria.ru/20110322/356580881.html>- Дата доступа: 15.02.2024.

**КРУГЛЫЙ СТОЛ 2 «АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ
К ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ
И МЕЖКУЛЬТУРНОЙ КОММУНИКАЦИИ»**

**ТРУДНОСТИ В УСВОЕНИИ ЛЕКСИКИ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА
(НА ПРИМЕРЕ СОЦИАЛЬНОГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЕЙ)
DIFFICULTIES IN LEARNING VOCABULARY OF A FOREIGN LANGUAGE
(BASED ON THE EXAMPLE OF SOCIAL AND PROFESSIONAL MODULES)**

**Н. А. Грицай, Л. А. Кистрина, Е. Г. Устименко
N. Gritsai, L. Kistrina, E. Ustimenko**

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
gricajn309@gmail.com, kistrinalara@mail.ru, evoshhilo@mail.ru
International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

В статье рассматриваются трудности усвоения лексики во французском, немецком, английском языках на примере социального и профессионального модулей. Установлено, что студенты, изучающие указанные иностранные языки, сталкиваются при усвоении лексики социального модуля с понятием лингвистической интерференции, что приводит к ошибочному пониманию слов. Выявлено, что при обучении лексики на модуле профессионального общения у студентов возникают трудности в понимании научного текста из-за неправильного перевода терминов, сложных лексических конструкций, характерных для научного стиля.

The article considers the difficulties of mastering vocabulary in French, German and English using the example of social and professional modules. It has been established that students studying these foreign languages encounter the concept of linguistic interference when mastering the vocabulary of the social module, which leads to a misunderstanding of words. It has been revealed that when teaching vocabulary in the professional communication module, students have difficulties in understanding scientific text due to incorrect translation of terms and complex lexical structures specific to the scientific style.

Ключевые слова: лексика, лингвистическая интерференция, научный текст, академический список слов.

Keywords: vocabulary, linguistic interference, scientific text, academic word list.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-346-350>

В условиях быстро развивающегося современного мира, среди необходимых знаний и умений, предъявляемых выпускникам вузов, одно требование остается неизменным – владение хотя бы одним иностранным языком. Несмотря на то, что английский язык является более распространенным из-за его статуса мирового языка, не умаляются при этом и значение других языков. Так, Н. А. Селиванова пишет: «Учитывая интеграционные процессы, происходящие в мире, в стратегическом плане многоязычие становится как культурологической, так и экономической категорией, поскольку богатство языкового опыта человека помогает ему не только развить свое общечеловеческое сознание, но и свободнее интегрироваться в мировую систему профессиональных и деловых взаимоотношений [1].

В данной работе рассматриваются трудности усвоения лексики во французском, немецком и английском языках в МГЭИ им. А.Д. Сахарова на примере социального и профессионального модулей.

В МГЭИ им. А.Д. Сахарова, помимо английского языка, с третьего курса студентам для изучения в качестве второго иностранного языка предлагаются три языка на выбор – французский, немецкий, испанский. Как правило, если английский язык большинство студентов изучали в школах, то при изучении второго иностранного языка в вузе все студенты начинают «с нуля», т. е. с алфавита и правил чтения.

Преподавателю второго иностранного языка необходимо делать опоры на известные студенту явления первого иностранного языка. Проведение межязыковых параллелей помогает студенту быстрее усвоить изучаемый материал.

Обучение иностранному языку это, в первую очередь, обучение лексике, так как именно знание слов иностранного языка позволяет осуществлять общение (устное либо письменное). Кроме того, как один из основных элементов вербального общения, лексический запас тесно связан с грамматикой и фонетикой. На основе новых лексических единиц (для изучающих язык) происходит овладение системой звуков (фонем). При изучении новой грамматической темы грамматический материал организовывается так, чтобы грамматические явления сочетались с лексическими в коммуникативных единицах, объемом не меньше предложения. Для построения фразы (подлежащее – сказуемое – прямое дополнение) нужны, по меньшей мере, 3 слова, а учитывая специфику любого европейского языка, например, французского необходимо добавить еще и служебные слова – притяжательные (*Je prends mon cahier. J'ai pris mon sac. Tu prend ton cahier. Tu a pris ton sac*).

Разумеется, чем большее количество слов используется в общении, тем более яркими и точными могут быть фразы и высказывания. При этом нельзя не учитывать тот факт, что у студентов есть потенциальный словарный запас из-за того, что существуют заимствования и интернационализмы. Особенно ярко это видно, когда студенты, владеющие английским языком, начинают изучать французский. Около третьей части английских слов, в той или иной степени, были заимствованы или образованы из французского языка.

Для формирования лексических навыков используются ознакомление, тренировка и речевая практика, а при изучении второго иностранного языка добавляются компаративные и комплементарные связи с первым. В таком случае процесс обучения второму (и последующим языкам) может быть значительно ускорен. Например, при введении новых лексических единиц на занятии можно осуществлять не просто демонстрацию предметов, картинок, действий, а демонстрацию того, что уже известно обучающимся: *une table* (франц. яз.) и *a table* (англ.яз.), *une lettre* (франц.яз.) и *a letter* (англ.яз.). В данной ситуации может возникнуть проблема, связанная с лингвистической интерференцией, под которой понимается смешение языковых единиц, возникающее при контакте языков, что приводит к таким ошибкам, как смешение графического облика слова, ошибочное использование аналогии, убежденность в однозначности слов и грамматических форм, неверный перевод слов и др. [2]. Для того чтобы убедиться в этом, мы провели небольшой лингвистический эксперимент, который выявил одну проблему: неправильное понимание и перевод слов, схожих по произношению и написанию. Эксперимент заключался в том, что студентам необходимо было перевести на русский язык по 10 французских, немецких, английских слов (см. таблицу 1).

Таблица 1

Список слов, предложенных для перевода с французского, немецкого, английского языков на русский язык

№ п/п	Французские слова	Правильный перевод на русский язык	Немецкие слова	Правильный перевод на русский язык	Английские слова	Правильный перевод на русский язык
1	bâton	палка, жезл, посох	die Krawatte	галстук	accurate	точный
2	magazine	журнал	das Magazin	журнал	magazine	журнал
3	journal	газета	der Dom	собор	brilliant	блестящий, отличный
4	conducteur	водитель	das Wetter	погода	camera	фотоаппарат, телекамера
5	parole	слово	das Glas	стакан, рюмка, стекло	list	список
6	fourchette	вилка	die Dose	банка, розетка	paragraph	абзац
7	ridicule	смешной	die Familie	семья	repetition	повторение
8	sable	песок	der Krug	кувшин, кружка	artist	художник
9	jalousie	зависть, ревность	der Karton	картонная коробка, футляр	prospect	перспектива
10	émotion	волнение, переживание	der Termin	назначенное время встречи, встреча	decade	десятилетие

Прежде чем перейти к анализу полученных результатов, дадим некоторые пояснения относительно лингвистического эксперимента. Для получения более точных данных в эксперименте участвовало одинаковое количество студентов – по 20 человек для каждого языка. Что касается французского и немецкого языков, то перевод выполняли студенты 3 курса начинающего уровня. Перевод с английского языка на русский осуществляли студенты 2 курса, изучавшие английский язык в школе, но имеющие невысокий уровень владения (Elementary Level). В таком случае целесообразно сначала проанализировать перевод слов с французского и немецкого языков (ФЯ и НЯ). Полученные результаты в обобщенном виде представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты перевода слов с французского и немецкого языков на русский язык

Слова ФЯ	Количество студентов, %			Слова НЯ	Количество студентов, %		
	Верно	Неверно	Без ответа		Верно	Неверно	Без ответа
bâton	0	100	0	die Krawatte	0	91	9
magazine	100	0	0	das Magazin	64	36	0
journal	100	0	0	der Dom	0	91	9
conducteur	0	100	0	das Wetter	9	82	9
parole	0	100	0	das Glas	55	45	0
fourchette	0	90	10	die Dose	0	55	45
ridicule	0	70	30	die Familie	91	9	0
sable	0	70	30	der Krug	27	73	0
jalousie	0	100	0	der Karton	0	100	0
émotion	0	100	0	der Termin	0	91	9

Как следует из таблицы, во французском языке у студентов не возникло трудностей при переводе слов *magazine* ‘журнал’, *journal* ‘газета’, остальные слова были переведены неправильно либо не был дан никакой вариант перевода. Так, например, *bâton* ‘палка, жезл, посох’ 80% студентов перевели как «батон», 10% –

«кнопка», 10% – «хлеб»; *conducteur* ‘водитель’ 70% студентов перевели как «кондуктор», 30% – «контролер»; *jalousie* ‘зависть, ревность’ все студенты перевели как «жалюзи». В немецком языке у некоторых студентов выявлены верные переводы слов *die Familie* ‘семья’, *das Magazin* ‘журнал’, *das Glas* ‘стакан, рюмка, стекло’, *der Krug* ‘кувшин, кружка’ и *das Wetter* ‘погода’. Слово *die Krawatte* ‘галстук’ практически все студенты перевели как «кровать», лексему *der Dom* ‘собор’ – как «дом», «здание», слово *der Karton* ‘картонная коробка, футляр’ – как «картон».

Как показал анализ результатов, лучше всего с предложенным заданием справились студенты, изучающие английский язык, что является вполне предсказуемым, так как эти студенты владеют языком на более высоком уровне по сравнению со студентами, изучающими французский и немецкий языки. Из 10 слов только 2 слова не были никем правильно переведены: *camera* ‘фотоаппарат, телекамера’, *prospect* ‘перспектива’. Кроме того, сложными для перевода оказались лексемы *paragraph* ‘абзац’, *accurate* ‘точный’, *decade* ‘десятилетие’. Первая единица переводилась как «параграф», «статья», вторая – как «аккуратный», слово *decade* переводили как «декада», что обозначает 10 дней (см. таблицу 3).

Таблица 3

Результаты перевода слов с английского языка (АЯ) на русский язык

Слова АЯ	Количество студентов, %		
	Верно	Неверно	Без ответа
accurate	18	18	64
magazine	91	9	0
brilliant	27	73	0
camera	0	100	0
list	64	27	9
paragraph	9	91	0
repetition	27	46	27
artist	36	64	0
prospect	0	82	18
decade	18	36	46

Таким образом, обработав и проанализировав полученные данные, можно констатировать, что студентам присуще ложное отождествление. В русском языке существует огромное количество заимствований из разных языков и, наблюдая соответствия, например *abat-jour* – абажур, *aquarelle* – акварель, *etude* – этюд, *das Butterbrot* – бутерброд, *der Buchhalter* – бухгалтер, *der Soldat* – солдат, *ivory* – айвори, *jeans* – джинсы и т. д., студенты действуют по шаблону и переводят схожие по написанию и произношению слова одинаково, не задумываясь над тем, что далеко не все слова, пришедшие из другого языка, сохранили свою семантику.

Перейдем к рассмотрению особенностей в обучении лексике английского языка на модуле профессионального общения.

На этом этапе обучения работа над лексикой имеет 2 направления. Первое – это освоение конкретного словарного запаса, который необходим для понимания научного текста. Для выполнения этой задачи студенты составляют индивидуальные словари-гlossарии, отражающие в своем составе сферы их научных интересов. Второе направление – это развитие аналитического подхода к слову в контексте, иными словами, формирование и развитие языковой догадки с целью увеличения индивидуального словарного запаса для более быстрого извлечения из текста необходимой информации. Здесь стоит задача избежать механического соединения английского слова с его русским эквивалентом, подбор адекватного эквивалента при понимании научной статьи по специальности.

Необходимо отметить, что для словарного состава научной литературы характерно применение большого количества научных терминов, но провести грань между словами, являющимися терминами и общеупотребительными словами очень сложно, а порой невозможно, поскольку для английского языка характерна многозначность слов. Например, термины *water* или *cancer*, которые являются и общеизвестными понятиями и терминам в научном контексте. Кроме того, один и тот же термин имеет различное значение и в пределах одной отрасли науки и в разных областях науки.

При работе с лексикой на профессиональном модуле важно учитывать, что термин может быть однословным или представлять собой терминологическую группу, в состав которой входит базовое слово или одно или несколько предложных определений, уточняющих смысл термина, например, *the antimony wave*, *the forward rate constant*, *carbon-fibre composite* и др.

Из-за сложной эволюции английского языка в нем широко развита лексическая синонимия, т. е. одно и то же понятие можно выразить разными словами, которые имеют латинское (французское) происхождение и много используются в научной литературе, с которой имеют дело студенты на профессиональном модуле обучения. Например, вместо глагола *to say* употребляются *to assert*, *to state*, *to declare*; вместо *to soil* – *to contaminate*. Это придает более точную дифференциацию определенных процессов и специфическую языковую окраску.

Особое внимание уделяется так называемым «академическим» словам и устойчивым словосочетаниям, которые употребляются с высокой частотой в научных текстах на английском языке по различным направлениям (экологии, биологии, биохимии и т. д.). Академический список слов (AWL) является производным от письменных академических текстов и может быть полезным ресурсом для построения собственных письменных и устных научных текстов. На занятиях уделяется внимание тому, что английский язык имеет значительное количество клишированного языка, другими словами, фиксированных или часто встречающихся комбинаций слов, которые также относятся к данной категории лексики и составляют списки AWL [3; 4].

Для научной речи характерны отвлеченность и обобщенность изложения, что достигается исключением (или нейтрализацией) из структуры предложения личного субъекта действия. Средством реализации отвлеченно-обобщенности изложения является широкое употребление так называемых номинализированных структур, или именных групп (например, *strengthening of environmental policy, providing the legal foundation and a social environment, mastering the tools of biochemical analysis, maintaining chemical balance*), которые являются конденсатами соответствующих глагольных структур [5]. Кроме того, существительное или герундий, находящиеся в центре номинализированной структуры, не имеют категории времени, лица, числа, благодаря чему представляют действие более обобщенно, без избыточной конкретизации.

Реализацией отвлеченно-обобщенности служит также и другой тип именных групп (например, *exert an influence upon, have an impact upon, make a choice, keep a record*), в которых семантика предиката выражена существительным, а глагол выполняет формальные функции выражения предикативности. Данные конструкции по сравнению с соответствующими глагольными конструкциями не представляют действие в его конкретной реализации, а лишь называют его [6, с. 164]. Абстрагированный характер изложения приводит к затруднениям в понимании и интерпретации текста студентами и магистрантами.

В проведенном опросе студентов и магистрантов, непосредственно имеющих дело с научной лексикой, сложность для понимания представляют понимание функциональности и использование следующих сложных лексических сочетаний, которыми насыщены научные тексты. Приводим их в порядке сложности от 1 до 10: *in some instances – in as much as – subsequent to – the question as to whether – adjacent to – a major consideration – it is the belief of – with regard to – a great deal of – in addition to*.

В заключении, интересно отметить, что, казалось бы, знакомые и часто употребляемые существительные могут представлять определенные трудности для точного понимания научной статьи. В таблице 4 приводим результаты перевода студентами некоторых английских существительных, характерных для научной литературы.

Таблица 4

Русские эквиваленты некоторых английских существительных, характерных для научной литературы

AC	Перевод, предложенный студентами	Правильный перевод (в контексте предложения)
Alternative	альтернативный	другой, возможный
Approach	подход	метод
Consideration	рассмотрение	причина
End	конец	цель
Evidence	доказательства	данные
Experience	опыт	практика
Instance	пример	случай
Procedure	процесс	метод
Technique	Методика, метод	Техника, аппаратура

Таким образом, приведенные выше трудности и примеры ошибочного употребления лексических единиц в академической устной или письменной речи студентами и магистрантами свидетельствуют об отсутствии навыков академического общения, поэтому вопросы овладения ими в сфере научной коммуникации являются актуальными.

Знание лексических особенностей, характерных для научного стиля, умение владеть речевыми стратегиями устного и письменного предъявления информации по теме научного исследования на иностранном языке открывает широкие возможности перед будущими учёными в ведении их профессиональной и научной деятельности, в работе в исследовательских коллективах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Селиванова, Н. А., Шашурина А. Ю. *Rencontres: Niveau 1: Guide pédagogique / Французский язык. Первый год обучения. Книга для учителя* // Н. А. Селиванова, А. Ю. Шашурина. – Просвещение, 2009. – 64 с.
2. Интерференция (лингвистика) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F_\(%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B2%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F_(%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B2%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0)). – Дата доступа : 07.02.2024.

3. Lederman, J. S., Lederman, N. G. Taking Action as a Researcher or Acting as a Researcher / J. S Lederman, N. G. Lederman // Journal of Science Teacher Education, 2015. – № 26. – P. 117–120.
4. Milton, J. Measuring the contribution of academic and general vocabulary knowledge to learners' academic achievement / J. Milton // Journal of English for Academic Purposes, 2018. – Vol. 31. – P. 44–57.
5. Таренкин, Е. В. Интерпретация научно-учебного текста в методическом аспекте / Е. В. Таренкин // Педагогика высшей школы. – 2017. – № 1. – С. 38–41.
6. Самарская, С. В. Языковая реализация специфических черт научного стиля в английской письменной речи / С. В. Самарская // Актуальные проблемы филологии и педагогической лингвистики. – 2018. – № 3(31). – С. 163–169.

ИНОЯЗЫЧНАЯ ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РАМКАХ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ДИСКУРСА

FOREIGN LANGUAGE TRAINING OF SPECIALISTS IN NUCLEAR AND RADIATION SAFETY, TAKEN INTO ACCOUNT THE FEATURES OF PROFESSIONAL DISCOURSE

Т. Г. Ковалева^{1,2}

T. G. Kovaleva^{1,2}

¹*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ г. Минск Республика Беларусь*

²*Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь»*

*г. Минск, Республика Беларусь
kova77@mail.ru*

¹*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus*

²*State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Republic of Belarus»
Minsk, Republic of Belarus*

Статья посвящена теоретическим и практическим вопросам иноязычного образования будущих специалистов в области ядерной и радиационной безопасности. Анализируются подходы и методы повышения эффективности обучения иностранному языку на основе изучения особенностей дискурса профессиональной сферы. Рассматриваются специфические характеристики англоязычного дискурса сферы радиационной безопасности, а также методические и дидактические приемы подготовки к профессиональной коммуникации в этой сфере.

The article is devoted to theoretical and practical issues of foreign language education of future specialists in the field of nuclear and radiation safety. Approaches and methods for increasing the effectiveness of teaching a foreign language are analyzed based on studying the characteristics of the discourse of the professional sphere. The specific characteristics of the English-language discourse in the field of radiation safety are considered, as well as methodological and didactic techniques for preparing for professional communication in this field.

Ключевые слова: экологический дискурс, ядерная и радиационная безопасность, речевой акт, коммуникативная ситуация

Keywords: environmental discourse, nuclear and radiation safety, speech act, communicative situation

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-350-353>

Введение. Значение термина «коммуникация» связано с его происхождением от латинского слова. *communicatio*, от *communico* – *делать общим, делать сообща, связывать, общаться*. Коммуникация изучается в разных аспектах и, соответственно, термин «коммуникация» наполняется разными смыслами и расширяется дополнительными значениями. В известной работе М.А. Василюк проведен обстоятельный анализ понятия коммуникации и выделены следующие его аспекты: универсальный (коммуникация как способ связи объектов материального и духовного мира; технический (коммуникация как способ, пути и средства передачи информации); биологический (как функция сигнальной системы преимущественно у животных); социальный (как особые связи и отношения между людьми в обществе) [1, с. 11].

В лингвистике понятие коммуникации связывается с использованием языковых знаков и с осуществлением одного из видов человеческой деятельности - говорения. Научное направление, называемое «коммуникативная

лингвистика», охватывает так называемые речевые акты, например, сочувствие, согласие, несогласие, просьбу, вопрос, удивление, возражение. Исследователей интересуют механизмы, позволяющие комбинировать конечный набор языковых средств (фонетику, лексику, грамматику, интонацию) с бесконечными смыслами, которые возникают в ситуациях общения с учетом социальных и даже психологические характеристик участников общения. В рамках коммуникативистики анализируются речевые тактики и стратегии, факторы успешной и неуспешной коммуникации. Поскольку речь идет о речевой деятельности, в сферу анализа вовлекаются все ее компоненты: условия, участники, цели, намерения (интенции), поведение. Таким образом, в фокусе внимания находится не система языка как стабильный конструкт, а пластичный дискурс, понимаемый как «речь, погруженная в жизнь» [2, с. 137].

Основная часть. Постановка проблемы. Смещение фокуса исследований на речевую деятельность как дискурсивный процесс мотивирован поиском новых путей обучения неродному языку в условиях, когда диапазон общения значительно расширяется благодаря новым технологиям и средствам связи. Результаты научных исследований разных дискурсов дают основание для разработки новых методов и приемов, способствующих эффективному обучению иностранному языку и уточнению целей иноязычного образования. Конкретизация элементов, составляющих ситуации речевой коммуникации, позволила научно обосновать разграничение бытового и профессионального общения, создав уточненные списки лексико-грамматических полей, грамматических средств, речевых моделей. Разработаны методические и дидактические подходы, позволяющие обучать иностранному языку в точном соответствии с конечными целями обучения и учетом понятийной сферы общения.

Лингвистическое образование современного специалиста в области экологии в настоящее время дифференцировано, поливариантно и нацелено на развитие коммуникативной компетентности, то есть формирование таких умений и навыков, которые позволили бы ему решать задачи в будущей профессиональной деятельности. Профессиональная иноязычная компетенция, – это довольно новое понятие, его теоретической разработкой занимается профессиональная лингводидактика, определяя цели, содержание, формы, средства, методы обучения [3]. Отличие профессиональной лингводидактики от общей методики и дидактики обучения иностранным языкам состоит в том, что профессиональная лингводидактика обращена к мотивированному будущей профессией адресату, который будет решать производственные и профессиональные задачи, используя иностранный язык. Сужение сферы коммуникации, с одной стороны, облегчает методические задачи отбора грамматики или лексики. С другой стороны, задача усложняется определением тематики обучения, так как преподаватель иностранного языка не может владеть понятийными полями и терминологией всех наук.

Экологический дискурс представляет собой весьма широкое понятие и дифференцируется в зависимости от конкретной области профессионального общения. В данной статье под дискурсом сферы ядерной и радиационной безопасности понимается совокупность письменных и устных текстов, затрагивающих тематику радиационной безопасности во всем многообразии их жанров и реализации в разных коммуникативных ситуациях, в рамках определенных речевых моделей и грамматических категорий. Базовые лингвистические навыки нужны всем в равной степени, а вот профессиональная лексика, грамматические и речевые модели различаются в зависимости от сферы будущей деятельности обучающихся. Так, для специальности медицинская физика требуется, помимо физических и технических терминов, определенная медицинская терминология. Медико-биологическое дело ориентировано на знание медицинских и биологических терминов, и в меньшей степени или вообще не требуется физическая и техническая терминология, а специалист в области ядерной и радиационной безопасности должен владеть терминологической системой ядерной физики и техники. Помимо специальной терминологии специалистам необходимы коммуникативные умения и навыки в области делового и производственного общения на иностранном языке. Дискурсивный подход, при котором учитывается язык как система знаков и погружение этой системы в речь, позволяет анализировать аутентичные ситуации общения специалистов, письменные и устные документы на иностранном языке, опыт носителей языка-специалистов и на основании всего этого разрабатывать методики и технологии эффективного обучения языку специальности.

Терминологические потребности определяются понятийными полями соответствующей отрасли науки или техники, сложнее обстоит дело с грамматическими и речевыми образцами, подлежащими активному употреблению. Не существует научных исследований с обоснованием объема грамматических знаний и речевых умений, необходимых для той или иной подсистемы экологического дискурса, в связи с этим обоснованным представляется эмпирический подход. Создатели отечественных и зарубежных учебных пособий для профессиональных целей действуют эмпирическим путем, определяя необходимый и, на их взгляд достаточный, минимум речевых актов, коммуникативных ситуаций и связанную с ними грамматику.

С целью выявления языковых, жанровых и речевых характеристик дискурса сферы ядерной и радиационной безопасности был проведен сравнительный анализ зарубежного учебника Nuclear English, созданного автором Serge Gorlin в издательстве World Nuclear Association 2005 и учебника Nuclear Chemistry», изданного в Республике Беларусь коллективом авторов в Издательском центре БГУ в 2011 году. Эти учебники основаны на аутентичном материале и содержат неадаптированные тексты, освещающие современные подходы ко многим вопросам ядерной физики и радиационной безопасности. Тематика текстов во многом пересекается, например, и в первом, и во втором учебнике раскрывается тема устройства, функционирования и безопасности ядерных реакторов, экологических проблем в связи с атомной энергетикой. Есть и различия. В белорусском учебнике подробно описана структура атомного ядра и сущность происходящих в нем процессов распада; природа радионуклидов, приборы для измерения уровня радиоактивности, виды и единицы радиоактивного излучения; воздействие

ионизирующего излучения на живые организмы (всего 16 понятийных и лексико-семантических полей). В зарубежном учебнике больше внимания уделяется циклу радиоактивного топлива: добыче, обогащению, транспортировке, переработке и утилизации (12 понятийных лексико-семантических полей). Таким образом, дискурс сферы ядерной и радиационной безопасности представлен по двум источникам 28 понятийными лексико-семантическими полями, ядром которых является специальная научная терминология, например, *radioactive decay* 'радиоактивный распад'; *nuclide* 'нуклид', *gamma emitter* 'гамма-излучатель', *decommissioning* 'вывод из эксплуатации', *control rods* 'контрольные стержни', *emergency core cooling system* 'система охлаждения активной зоны реактора'; *internal exposure* 'внутреннее облучение'.

Лексический состав дискурса ядерной и радиационной безопасности расширяется за счет общенаучных и общетехнических терминов. Например, *particle* частица, *device* прибор, *hazard* 'риск', *unit* 'единица', *power* 'энергия', *design* 'конструкция', *simulator* 'симулятор', *processing* 'обработка', *consumption* 'потребление'. Процентное соотношение узкоспециальной, технической, медицинской, общенаучной лексики – это предмет будущих исследований, который даст материал для создания учебных словарей и лексических минимумов.

В отечественном учебнике задания и упражнения коммуникативной направленности отрабатываются в части «Навыки коммуникации». Упражнения, связанные с изучением языковых структур, размещены в разделе «Языковой фокус». В зарубежном учебнике имеется раздел «Language work» 'Работа над языком', где совмещены языковые и коммуникативные задания, что создает определенный хаос.

Сравнительный анализ двух учебников выявил сходство в наборе речевых актов, подлежащих отработке. Как в зарубежном, так и в отечественном учебнике представлены такие речевые модели, как выражения своего мнения, запрос чужого мнения; просьба подтвердить информацию; согласие, несогласие, уточнение. Можно считать, что набор таких актов – типичная характеристика делового жанра дискурса ядерной и радиационной безопасности.

Определенное сходство между двумя учебниками имеется в представлении языкового материала. Как в белорусском, так и в английском учебнике грамматика излагается не системно, а функционально-прагматически. Языковой материал отобран в тщательном соответствии с понятийным и лексико-семантическим полем для реализации определенных речевых актов в определенных коммуникативных ситуациях. Так, в учебнике Serge Gorlin в теме «Reactor Management» 'Управление реактором' изучаются три понятийные и лексико-семантические области: «Control room» 'Пункт управления', «Outage» 'Простой оборудования', «Effects of radiation exposure» 'Последствия радиационного облучения'. Терминологическая лексика отрабатывается в коммуникативной ситуации «Describing working relationship» 'Описание производственных отношений' с опорой на грамматические категории сравнения, формы будущего времени и средств выражения разрешения (конструкции с глаголами *allow* 'разрешать', *enable* 'давать возможность', *permit* 'позволять, разрешать, давать разрешение').

В учебном пособии автора Serge Gorlin «Nuclear English» речевые акты принципиально включены в раздел «Language work» 'Работа над языком', их отработка перемежается с грамматическими заданиями. В различных разделах учебника отрабатываются следующие речевые акты: дать определение; сформулировать цель; описать инструкцию или обязанность; сделать вывод; выразить причину; выразить следствие; провести сравнение; спросить мнение; выразить мнение; выразить оговорку; запросить информацию; выразить несогласие; выразить согласие; разъяснить; запросить разъяснение.

В учебнике белорусских авторов речевая практика заложена в части «Communication skills» 'Навыки коммуникации'. Отрабатываются следующие речевые акты: уточнить детали; запросить больше информации; попросить повторить; дать совет; попросить совет; пожаловаться; попросить объяснить; попросить подтвердить и другие.

Названные речевые акты реализуются в рамках нескольких дискурсивных жанров. Термин «жанр», ранее использовавшийся только в стилистике, в настоящее время необходим для дискурсивного анализа. Дискурсивный жанр понимается как комбинация некоторых особых характеристик, отличающих один тип речевого произведения от другого. Известный русский литературовед, философ, культуролог М.М. Бахтин утверждал [4, с. 258] что «разнообразие дискурсивных жанров необозримо, потому что неисчерпаемы возможности разнообразной человеческой деятельности и в каждой сфере деятельности существует целый репертуар дискурсивных жанров, дифференцирующийся и растущий по мере развития и усложнения данной сферы деятельности». По мнению М.М. Бахтина, существуют первичные дискурсивные жанры, включающие короткие реплики бытового диалога с учетом ситуации, состава участников; бытовой рассказ; различные формы письма. В военном дискурсе отельным жанром является короткая стандартная военная команда; развернутый детализированный приказ; рапорт, служебная записка. Научное общение располагает своими жанрами: реферат, статья, тезисы, монография, учебник, справочник, презентация, доклад и другие. Научный дискурс, по мнению ученого, относится к вторичным жанрам, которые развиваются в процессе высокоразвитого культурного общения, в том числе научного [4, с. 270].

Дискурс сферы ядерной и радиационной безопасности, представленный в учебниках Nuclear Chemistry и Nuclear English, реализуется в устной и письменной форме в репертуаре следующих выявленных жанров. Устно-письменные: резюме научной статьи, резюме научно-популярного текста; научная презентация; учебно-научная презентация; аннотация статьи; аннотация научного текста; аннотация учебно-научного текста. Устные: дебаты, дискуссия, кейс-анализ. Письменные: реферат, статья, тезисы, глоссарий, словарь терминов, список литературы. Каждый из этих жанров отличается специфическими грамматическими особенностями, употреблением текстовых скреп, вводных слов и предложений определенной модальности, средствами связности и целостности. Отечественный учебник Nuclear Chemistry предлагает модель и лексико-грамматические средства

составления резюме (*rendering*) научного или учебно-научного текста. Модель включает следующие структурные элементы. Заголовок, авторы, основная идея, содержание (факты, даты, имена, цифры), личное отношение к информации. Кейс-анализ представлен более лаконично, имеет место описание фактической ситуации, формулировка проблемы или задание продолжить рассуждение. Глоссарий представляет собой одноязычный перечень терминов с определениями, иногда с комментариями или примерами. Оформление глоссария также является жанровым признаком: заголовочный термин выделяется полужирным шрифтом, далее следует тире, за ним толкование в виде одного и более абзацев. Список литературы (раздел *References and further reading*) оформляется по установленным правилам.

В зарубежном учебнике Nuclear English глоссария как такового нет, но есть ключевые слова *key terms* ‘ключевые термины’, которые также являются жанровой характеристикой научной или учебно-научной публикации. Анализ кейсов представлен описанием ситуации, он комбинируется с ролевой игрой, в которой каждое действующее лицо выполняет свои коммуникативные задачи. Например, задается ситуация переговоров высших руководителей с рабочими предприятия, добывающего уран. Задача руководителя убедить рабочих (через их представителя) работать сверхурочно. Представитель рабочих выражает желание трудящихся чаще видеть свои семьи и больше отдыхать и нежелание работать сверхурочно. Коммуникация идет в форме устного диалога с реализацией таких речевых актов, как выразить несогласие или согласие, запросить подробную информацию, запросить разъяснение, попросить повторить. Интенция участников коммуникации – убедить противоположную сторону в обоснованности своих требований и отстоять свою позицию.

Выводы. Анализ образцов дискурса сферы ядерной и радиационной безопасности, представленных в отечественных и зарубежных учебниках, позволяет выявить его отличительные лексические, грамматические, стилистические и жанровые особенности. Дальнейшие исследования в данном направлении должны вовлечь в сферу анализа научные и научно-публицистические материалы, позволяющие дополнить списки речевых актов, коммуникативных ситуаций, интенций, жанров, отличающих данную сферу деятельности и речевой коммуникации от многих других.

ЛИТЕРАТУРА

1. Василик, М.А. Основы теории коммуникации: учебник / под ред. М.А. Василика. – М : Гардарики, 2007. – 615 с. : ил.
2. Арутюнова, Н. Д. . Язык и мир человека. / Н.Д. Арутюнова. М.: Языки русской культуры, 1999. - 895 с.
3. Крупченко, А. К. Основы профессиональной лингводидактики: Монография / А. К. Крупченко, А. Н. Кузнецов / М.: АПКИППРО, 2015. – 232 с. (Серия «Профессиональная лингво-дидактика»).
4. Бахтин М. М. Эстетика словесного творчества / Походаев В. С.. – Москва: Искусство, 1986. – С. 445. – 258 с.
5. Дискурсивные жанры в деловой коммуникации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studopedia.ru/1_4321_diskursivnie-zhanri-v-delovoy-kommunikatsii.html. Дата доступа: 22.02.2024

ФОРМИРОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЗАЩИТЫ ЯЗЫКОВОГО ПРОЕКТА

FORMATION OF COGNITIVE COMPONENTS OF ENVIRONMENTAL CONSCIOUSNESS IN THE PROCESS OF PROTECTING A LANGUAGE PROJECT

Ю. И. Буткевич
Y. Butkevich

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
englishbutkevich@mail.ru

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

В статье выявляются и обосновываются механизмы формирования экологического сознания через компонентный анализ данного концепта. К практическим инструментам формирования экологического сознания относятся экологическое образование и психолого-педагогическое просвещение, стимулирующее и расширяющие экологические знания, ценности, мировоззрение и отношение людей к окружающему миру. Также в статье рассматривается процесс формирования когнитивных компонентов экологического сознания с использованием методики «Защита языкового проекта». Обосновывается вывод о том, что включение профессионально ориентированных проектов в процесс преподавания иностранного языка, в частности языковых проектов, связанных с устойчивым развитием и решением проблемы изменения климата, повышает эффективность формирования когнитивных компонентов экологического сознания.

The article identifies and substantiates the mechanisms of environmental consciousness formation through the component analysis of this concept. The practical tools for the formation of environmental consciousness include environmental education and psychological and pedagogical enlightenment that stimulates and expands environmental knowledge, values, worldview and people's attitude to the surrounding world. The article also considers the process of formation of cognitive components of ecological consciousness using the technique "Language Project Defense". The conclusion is substantiated that the inclusion of professionally oriented projects in the process of teaching a foreign language, in particular language projects related to sustainable development and solving the problem of climate change, increases the effectiveness of formation of cognitive components of environmental consciousness.

Ключевые слова: экологическое сознание, экологическое образование, когнитивные компоненты сознания, защита языкового проекта.

Keywords: environmental consciousness, environmental education, cognitive components of consciousness, protection of a language project.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-353-357>

Сложность экологического сознания определяется, прежде всего, его структурой, включающей рефлексивные, когнитивные, регулятивные, эмоциональные, этические и другие элементы. В современной литературе можно выделить несколько основных концепций экологического сознания, среди которых наиболее устойчивыми являются следующие:

1. Психологическое описание экологического сознания, подразумевающее под этим понятием «многомерный динамический рефлексивный слой в сознании человека, в котором представлены целостные аспекты взаимодействия человека с окружающей средой и окружающим миром, как представителя вида и человеческого сообщества» [1, с. 9].

2. Поведенческая концепция экологического сознания, рассматривающая это понятие как личностное отношение, совокупность действий и поступков индивидов и групп людей, а также их поведенческие установки и ценности, благоприятные для окружающей среды [2].

3. «Педагогическая концепция», рассматривающая экологизацию всех уровней образования с целью формирования устойчивой экологической культуры на всех возрастных этапах личностного и профессионального развития человека и общества.

4. Ноосферная парадигма, которой посвящено множество работ как российских, так и зарубежных исследователей (В.И. Вернадский, Т. де Шарден, Н.Н. Моисеев, А.А. Яшин и др.) определяет экологическое сознание как ноосферное знание, транслирующее осознанность и осмысленность деятельности человека в системе сосуществования со Вселенной. На этом уровне экологическое сознание характеризуется «целостностью и осмыслением глобальных проблем выживания человечества» [1, с. 9].

Обобщение теоретических данных вышеназванных концепций позволяет выделить ряд фундаментальных компонентов экологического сознания: природа сознания, свойства сознания, функции сознания, когнитивность сознания, эмоциональность или аффективность сознания и поведенческие структуры.

Природа экологического сознания в данном случае рассматривается вне жесткой корреляции с естественнoнаучным подходом, но делается акцент на совокупности взаимодействий на уровнях человек (человек и общество) - окружающий мир (живая и неживая природа), порождая потребность в ментальном сознании (индивидуальном и групповом) в отношении охраны и безопасности окружающей среды.

В этом контексте экологическое сознание определяет «способность субъекта выйти за пределы своего собственного существования» [1, с. 7], осознавая свое отношение к окружающему миру и личную ответственность, то есть включает в себя рефлексивность, осознанность, благоразумие и упорядоченность.

Многообразие функций экологического сознания представлено такими компонентами как регулятивность, оценка, креативность, целеполагание и планирование, предвидение, иррациональность, и т. д.

Экологическое сознание рассматривается как многокомпонентный феномен, включающий когнитивные и деятельностные компоненты. К первым относятся экологическое внимание, экологическая память, экологическое мышление и экологическая воля, ко вторым – восприятие окружающей среды и оценка воздействия на окружающую среду. Охарактеризуем каждый из компонентов экологического сознания.

Экологическое внимание – это уровень осведомленности и сосредоточенности людей на экологических вопросах, проблемах и событиях. Оно включает в себя активный поиск информации по экологическим темам, пребывание в курсе текущих экологических событий и внимание к экологическим сигналам в своем окружении.

Экологическое внимание имеет решающее значение для воспитания чувства ответственности и заботы об окружающей среде. Оно позволяет людям распознавать экологические проблемы и возможности для действий.

Экологическая память включает в себя способность сохранять и вспоминать информацию, связанную с прошлым экологическим опытом, событиями и знаниями. Она включает в себя хранение и извлечение экологической информации, такой как экологические факты, исторические контексты и личный опыт общения с природой. Экологическая память помогает учиться на прошлых ошибках, понимать последствия человеческих действий для окружающей среды и информировать о процессах принятия решений для устойчивого поведения.

Экологическое мышление включает в себя когнитивные процессы анализа, синтеза и оценки экологической информации, концепций и проблем, навыки критического мышления, решения проблем и принятия решений, применяемые к экологическим вопросам, такие как оценка рисков, поиск решений и взвешивание компромиссов. Экологическое мышление способствует более глубокому пониманию сложных экологических проблем и решений. Оно позволяет людям творчески, совместно и эффективно решать экологические проблемы.

Экологическая воля – это мотивация, решимость и приверженность людей к действиям и изменениям, направленным на улучшение экологических условий. Она включает в себя готовность принять экологически безопасные модели поведения, практики и образа жизни, несмотря на потенциальные препятствия или сопротивление. Экологическая воля стимулирует индивидуальные и коллективные усилия, направленные на обеспечение устойчивости и рационального природопользования. Она стимулирует социальную активность, пропаганду и инновации, направленные на позитивные экологические изменения.

Экологическое восприятие окружающей среды включает в себя интерпретацию и понимание окружающей среды с точки зрения экологических аспектов, включая природные ландшафты, экосистемы и особенности окружающей среды, способность распознавать закономерности, отношения и связи в окружающей среде, а также воспринимать изменения и угрозы для стабильности окружающей среды. Экологическое восприятие влияет на отношение, поведение и действия людей по отношению к окружающей среде. Оно формирует у них представление о ценности природы и вдохновляет на усилия по защите и сохранению природных ресурсов.

Оценка воздействия на окружающую среду – это характеристика деятельности и поведения человека в контексте влияния на окружающую среду, включая его экологический след, выбросы углекислого газа, уровень загрязнения и разрушение среды обитания. Она включает в себя понимание последствий индивидуальных и коллективных действий для экосистем, биоразнообразия, качества воздуха и воды, а также глобальных климатических моделей. Осознание воздействия на окружающую среду мотивирует людей внедрять устойчивые практики, минимизировать вред, наносимый окружающей среде, и выступать за политику и инициативы, способствующие сохранению и восстановлению окружающей среды.

Некоторые исследователи выделяют три элемента в компонентной структуре экологического сознания: когнитивность, эмоциональность (аффективность) и бихевиоризм [4, с. 164]. Когнитивный элемент подразумевает ментальное осознание природного и социального окружения; эмотивный компонент подразумевает сенсорно-эмоциональное восприятие окружающего мира; бихевиористский (поведенческий, волевой) транслирует стратегии саморегуляции и адаптации в среде, через взаимодействие и самовыражение.

Отсюда следует уточнение, что экологическое сознание, рассматриваемое в разных областях и контекстах научной мысли, может быть интерпретировано как экологическое поведение, экологическая осведомленность, экологическая озабоченность и т. д., но основной пласт этих интерпретаций заключает в себе единое утверждение о личной и групповой осведомленности об экологических вопросах и проблемах.

Типология экологического сознания обычно основывается на взаимодействии четырех базовых компонентов: экологических знаний и опыта, взаимодействие в системе «субъект – объект», определение целей как направления деятельности, а также отношение к себе, миру и другим людям [5, с. 27].

Экологическое сознание реализуется в форме индивидуального или коллективного сознания. Их реальное проявление включает в себя также совокупность антропоцентрического, эгоцентрического, синергетического элементов и зависит от ситуации, социальных условий, экологических рисков и иных факторов.

В процессе формирования экологического сознания основным стимулирующим фактором является уровень экологической культуры, характерный как для отдельного человеческого сообщества, так и для населения в планетарном масштабе. При этом существуют определенные противоречия между высоким уровнем теоретизации и разработкой применимых методологических подходов к развитию экологического сознания, которые обеспечили бы наиболее эффективный переход от изучения экологических знаний к их практическому использованию. Данные подходы способны обеспечить формирование таких компонентов экологического сознания как: экологические знания, экологические установки, экологические ценности, экологические намерения, экологически безопасные поведенческие стратегии, и т. д. Все эти элементы играют основополагающую роль в формировании экологической культуры.

Основным механизмом формирования экологической культуры является образование и просвещение. Педагогический характер моделирования экологического мировоззрения (совокупности взглядов, убеждений и ценностей) влияет на развитие экологической ответственности у населения на уровне индивида, коллектива и человечества в глобальном масштабе. На этом этапе необходимо задействовать все виды образовательных структур и уровней для развития экологического интеллекта. Интеллектуальный аспект включает в себя совокупность экологических знаний и навыков, которые связаны с процессом формирования мировоззрения.

Также в этот компонент входят методы поиска причинно-следственных связей между определенными явлениями и процессами в окружающем мире. Открытые образовательные тренинги, семинары и другие элементы экологической пропаганды можно также отнести к образовательным механизмам. Такая система углубляет экологическое сознание на личностном уровне, который включает в себя самомотивацию, систему личных взглядов и оценок, уверенность в собственных силах и способности внести значительный вклад в реализацию системы мер по предотвращению экологической катастрофы, а также свои внутренние потребности требующие поддержки и защиты окружающей среды.

Таким образом, внутренняя готовность к защите природы определяется желаниями, намерениями и потребностями в реализации своей позиции через поступки и деятельность по защите окружающей среды. В частности, мировоззрение, убеждения, идеалы и социальные интересы, которые одновременно выступают в качестве мотивов деятельности в обучении, воспитании и социализации, наполняются экологическим содержанием.

Ценность экологического образования в контексте решения экологических проблем заключается в целенаправленном включении и регулировании экологического сознания, а также в формировании когнитивных компонентов экологического сознания, таких как экологическое внимание, экологическая память, экологическая воля. Кроме того, они иногда перерастают в поведенческие привычки, тесно связанные с вопросами охраны окружающей среды, расширения видового разнообразия и устойчивого развития природных экосистем.

Образование, в том числе обучение английскому языку, играет важнейшую роль в формировании отношения и поведения людей во взаимодействии с окружающей средой по нескольким направлениям:

1. Доступ к информации: английский язык является наиболее распространенным языком научных исследований, международных конференций и экологической литературы. Владение английским языком открывает людям доступ к огромному количеству первичной информации по экологическим вопросам, включая изменение климата, утрату биоразнообразия, загрязнение окружающей среды и устойчивое развитие. Такой доступ позволяет людям оставаться в курсе глобальных экологических проблем и потенциальных решений.

2. Осведомленность и понимание: обучение английскому языку помогает людям глубже понять экологические концепции, терминологию и содержание научных дискуссий по данной проблематике. Благодаря англоязычным учебникам, лекциям и учебным материалам студенты способны осмыслить взаимосвязь между деятельностью человека и миром природы, принципы, на которых строится экологическая политика, основные идеи экологической этики.

3. Коммуникация и сотрудничество: знание английского языка позволяет эффективно общаться с людьми из разных слоев общества, включая ученых, политиков, экологических активистов и представителей местных сообществ по всему миру. Это облегчает сотрудничество в рамках экологических проектов, исследовательских инициатив и пропагандистских кампаний, направленных на решение экологических проблем на местном, национальном и глобальном уровнях.

4. Критическое мышление и алгоритмы решения проблем: подготовка к защите проектов, дебатам и дискуссиям на английском языке способствует развитию навыков критического мышления, аналитических способностей и методов решения проблем, необходимых для решения сложных экологических задач. Студенты учатся оценивать доказательства, определять достоверность источников и разрабатывать инновационные решения экологических проблем благодаря обучению на английском языке. Критическое мышление развивается как у докладчика, так и у остальных обучающихся. У докладчика – когда он готовит материал, докладывает его и отвечает на вопросы и возможные замечания, у остальных – во время прослушивания и высказывания своих замечаний.

5. Культурный обмен и восприятие перспектив: обучение английскому языку способствует культурному обмену и межкультурному взаимопониманию, позволяя людям изучать различные точки зрения на экологические проблемы. Знакомясь с англоязычной литературой, фильмами и дискуссиями из разных культурных контекстов, студенты могут получить представление об альтернативных подходах к сохранению окружающей среды, традиционных экологических знаниях и взглядах коренных народов на природу.

6. Ответственность в понимании глобальных проблем: обучение английскому языку воспитывает чувство гражданственности и ответственности за рациональное природопользование. Изучая экологические проблемы на английском языке, студенты развивают сочувствие к сообществам, пострадавшим от деградации окружающей среды, и чувство солидарности с глобальными усилиями по продвижению устойчивости и социальной справедливости.

7. Расширение возможностей в распространении экологических знаний: знание английского языка позволяет людям отстаивать экологические интересы, участвовать в экологических движениях и вовлекаться в процессы формирования политики на местном, национальном и международном уровнях. Появляется возможность поделиться своими историями и мобилизовать поддержку экологических действий через социальные сети, онлайн-платформы и международные сети.

Создание и предоставление обучающимся таких условий способствует стимулированию их к проявлению интереса к познанию мира, стремлению осмыслить свое отношение к окружающей природе. При этом важно оказывать обучаемым эмоциональную поддержку, которая способствует формированию у них положительной самооценки, уверенности в решении экологических проблем.

Успешности формирования экологического сознания способствует участие обучающихся в экологической деятельности в виде разработки и реализации учебных проектов, направленных на решение и предупреждение экологических проблем.

Проектное обучение представляет собой личностно-ориентированную технологию. Слово «проект» происходит от латинского слова «projectus», что означает «брошенный вперед, выступающий, выдающийся вперед». Подготовка проектов закладывает прочный фундамент для будущей заинтересованности в освоении знаний и закреплении навыков, полученных в ходе работы над проектом.

Ориентация проектного обучения на личностное развитие объясняется тем, что в ходе разработки и реализации проекта обучающийся занимает авторскую позицию, когда он может воплотить экологическое содержание своего сознания и откорректировать его. При этом педагог выступает в роли партнера, консультанта,

а систематизация полученной научной информации, установление степени ее достоверности становится прерогативой обучающегося, который вместо усвоения готовых знаний и понятий строит свой проект, свое сознание, свое представление о мире.

Являясь одной из инновационных технологий, проектный метод помогает развивать когнитивные навыки студентов, способность самостоятельно мыслить, проявлять творческий подход и инициативу, ставить проблему и находить ее решения, ориентироваться в информационном пространстве и уметь отбирать информацию, которая является достоверной, репрезентативной и актуальной, способность обрабатывать и анализировать этот медиа контент, прогнозировать и оценивать результаты своей работы. Одно из преимуществ проектного метода перед другими образовательными технологиями заключается в том, что они помогают развивать самостоятельную деятельность студентов, индивидуально или в группах, их аналитические и творческие навыки и ориентировать их на дальнейшую исследовательскую работу.

Одна из форм проектного обучения, которая предлагается студентам – защита языкового проекта по темам курсовых работ или научных интересов. На подготовительном этапе студенты обсуждают возможные сферы деятельности своего проектного исследования, определяют цели и задачи проекта. На втором этапе студенты работают над проектом, планируют, собирают и анализируют материал, проводят исследования и изучают опыт исследований подобного рода. Третий этап - демонстрация и защита языкового проекта на английском языке. Проект может быть представлен в виде презентации PowerPoint в классе, или студенты могут создать реальные страницы в социальных сетях, которые привлекут реальных подписчиков и покажут реальную обратную связь аудитории. Заключительным этапом является оценка проекта преподавателями и обмен отзывами, когда студенты делятся своими впечатлениями о проделанной работе, обсуждают их роль и вклад в проект.

Участие в защите языковых проектов позволяет поэтапно, последовательно, целенаправленно повышать уровень экологической культуры студентов и развивать коммуникативную компетенцию. Проектная деятельность также дает возможность обучающимся максимально раскрыть свой творческий потенциал, способствует повышению уровня интеллектуального развития, развитию познавательного интереса и мотивации к новым открытиям - важным и полезным как для отдельного человека, так для общества в целом. Участие в проектах повышает эффективность формирования ответственного отношения к окружающей среде на основе экологического сознания, мотивирует обучающихся к занятию научно-исследовательской деятельностью в сфере экологии, повышает уровень экологической культуры и формирует активную жизненную позицию в направлении защиты и охраны окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шмелева, И.А. Системное психологическое описание экологического сознания в контексте глобальных экологических проблем. / И.А. Шмелева // Психологический журнал. – 2011. – т.32. – №5. – С.5-15
2. Jiménez-Sánchez, Manuel & Lafuente, Regina. Defining and measuring environmental consciousness. / Manuel Jiménez-Sánchez, Regina Lafuente // Revista Internacional de Sociologia. – 2010. –№ 68. – 10.3989 – ris.2008.11.03.
3. Панов, В.И. Экологическое сознание: теория, методология, диагностика: монография. / В.И. Панов [и др.] // Психологическая диагностика. – 2012. – №1. – 126 с.
4. Соболева, Е.В., Караваев, Н.Л. Анализ программных сервисов и платформ, обладающих потенциалом для геймификации обучения/ Е.В. Соболева, Н.Л. Караваев // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – № 8 (август). – С. 14–25.
5. Медведев, В.И., Алдашева, А.А. Экологическое сознание: Учебное пособие для вузов по педагогическому, психологическому и экологическому направлениям и специальностям. / В.И. Медведев, А.А. Алдашева. – М.: Изд.-книготорговый дом “Логос”, 2001. – 374с.
6. Хуторской, А.В. Компетентностный подход в обучении: научно-методическое пособие. / А.В. Хуторской. – М.: Эйдос; Ин-т образования человека, 2013. – 73с.

РАЗВИТИЕ НАВЫКОВ РЕФЕРИРОВАНИЯ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ (НА ПРИМЕРЕ НЕМЕЦКОГО И ИСПАНСКОГО ЯЗЫКОВ)

DEVELOPING REFERENCING SKILLS IN FOREIGN LANGUAGE CLASSES (ON THE BASE OF GERMAN AND SPANISH LANGUAGES)

М. В. Орлова, И. М. Качан

M. V. Orlova, I. M. Kachan

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus
kfl@iseu.by*

В статье рассматривается реферирование текстов на занятиях по иностранному языку как способ компрессии основного содержания с последующим кратким изложением.

The article considers summarizing texts in foreign language classes as a way to compress the main content, followed by a summary.

Ключевые слова: иностранный язык, реферирование, клише, упражнения.

Keywords: foreign language, summarization, cliché, exercises.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-358-361>

Экология представляет собой сложную систему взаимосвязанных наук. Система экологического образования тесно связана с теорией, а также с учебной и исследовательской деятельностью студентов в высших учебных заведениях. Любая деятельность учащихся, будь то теоретическая, либо практическая, связана с обработкой большого количества информации. Для более широкого ознакомления с научными или исследовательскими данными учащиеся часто изучают статьи на иностранном языке. Объем таких статей иногда достаточно велик и требует детальной переработки первоисточников с целью извлечения главного содержания, что является основной идеей реферирования.

Реферирование представляет собой проработку текстов большого объема, направленную на выявление и выборку из их содержания наиболее существенной, новой и проблемной информации, с последующим представлением ее в краткой форме в соответствии с целевым назначением. В процессе работы над текстами учащиеся совершенствуют грамматические и лексические навыки, применяя проработанный материал на практике. Итоговым результатом данного вида работы является реферат.

При реферировании, в отличие от перевода, предварительное общее понимание текста в целом является необходимым условием. Реферат можно рассматривать, как новый текст, при создании которого студент осмыслил и понял содержание статьи в целом. Учащиеся излагают информацию из оригинального источника в виде нового текста. Таким образом, рефераты, как итоговый продукт смысловой переработки содержания, являются не только кратким изложением информации из первоисточника, но и отвечают на вопрос: “Какова основная идея и новизна материала оригинальной статьи?”

Необходимо отметить, что реферат является жанром научной литературы, который помимо общих закономерностей функционального стиля, имеет особенности, отличающие данный жанр от других. Основная цель реферата состоит в передаче информации, а не в убеждении, поэтому в реферате отсутствуют рассуждения, сравнения, оценки, сопоставления и пр. Реферат «дает ответ на вопрос, что именно, что нового, существенного содержится в первичном документе, и передает, излагает основное содержание документа, новую проблемную информацию, содержащуюся в нем» [3, с. 56].

Выделяют некоторые фундаментальные требования, которыми необходимо руководствоваться при составлении рефератов. К ним относят объективность, единство стиля, литературный язык, внутреннюю логичную композицию и полноту [2, с.13]. Внутренняя композиция реферата состоит, как правило, из трех взаимосвязанных частей: вступление (вводная часть), основная часть (описание), заключение. Как показывает опыт, сложности при реферировании текста на иностранном языке вызывают такие его части, как введение и заключение [1, с. 51].

Вступление дает краткую характеристику автора и оригинального источника. Основная часть описывает существенные положения и новые сведения, которые содержатся в первоисточнике. Заключение представляет собой обобщение содержания, где автор резюмирует итог работы. Реферирование текстов предполагает также использование клише (устойчивых выражений). На практических занятиях по немецкому и испанскому языкам мы применяем различные клише, которые условно можно разделить на те, что употребляются во введении, в основной части и в заключении.

Для реферирования текста выделяют следующие три группы устойчивых выражений:

- клише, устойчивые выражения, начинающие реферирование и определяющие главную тему:

– Der Artikel beginnt mit + Dat., weiter ist aber die Rede von + Dat. / über + Akk (нем.)

El artículo comienza (con), y luego dice (se trata) de (algo) (исп.)

Статья начинается (чем-либо), и далее говорится (речь идет) о (рус.);

– Der Artikel beginnt mit dem Problem (нем.)

El artículo comienza con el problema (исп.)

Статья начинается с проблемы (рус.);

– In diesem Artikel geht es um (нем.)

El artículo trata sobre (исп.)

В этой статье речь идет о (рус.);

– In erster Linie (vor allem) (нем.)

En primer lugar (исп.)

В первую очередь, прежде всего (рус.);

- клише, устойчивые выражения, которые оформляют ключевую (главную) мысль текста:

– Es wird von + Dat. mitgeteilt (нем.)

Se informa de (algo) (исп.)

Сообщается о чем-либо (рус.);

– Es wird ... ausführlich beschrieben (нем.)

Se describe detalladamente (algo) (исп.)

Подробно описывается что-либо (рус.);

– Es wird ... kurz gesagt (нем.)

Habla brevemente sobre (algo) (исп.)

Кратко говорится о чем-либо (рус.);

– Es wird die Wichtigkeit + Gen. betont (нем.)

Se destaca la importancia de (algo) (исп.)

Подчеркивается важность чего-либо (рус.);

– Es handelt sich um + Akk. (нем.)

Se trata de (algo) (исп.)

Речь идет о (рус.);

– Es beruht auf + Dat. (нем.)

Se basa en (исп.)

Это основывается на (рус.);

– Der Autor äußert seine Meinung zu + Dat. (нем.)

El autor expresa su opinión sobre (исп.)

Автор выражает свое мнение о (рус.);

– Der Autor untersucht (das Problem) (нем.)

El autor investiga el problema de (исп.)

Автор исследует проблему (рус.);

– Der Autor bringt eine Analyse (нем.)

El autor proporciona un análisis (исп.)

Автор анализирует (рус.);

– Der Autor gibt einen Überblick zu + Dat. (нем.)

El autor da una visión general (исп.)

Автор дает обзор (рус.);

– Der Autor des Artikels behandelt.. (нем.)

El autor del artículo considera (исп.)

Автор статьи рассматривает (рус.);

– Der Artikel besteht aus + Dat. (нем.)

El artículo consta de (исп.)

Статья состоит из (рус.);

- клише, устойчивые выражения, которые приводят заключения либо выводы автора (авторов) статьи, либо самостоятельных выводов реферирующего:

– Als Schlussfolgerung (нем.)

Como conclusión (исп.)

В качестве вывода (рус.):

– Der vorliegende Artikel bietet eine klare Vorstellung über (Akk.) (нем.)

Este artículo da una idea clara de (исп.)

Данная статья дает ясное представление о (рус.);

– Der Autor zieht Schlussfolgerungen für (Akk.) (нем.)

El autor hace conclusión (исп.)

Автор подводит итоги (рус.)

Успешное реферирование предполагает формирование у учащихся навыков и умений, необходимых для полного понимания содержания текста. Таким образом, для детальной проработки текста стоит различать следующие этапы: предтекстовый, текстовый и послетекстовый.

На практических занятиях по иностранному языку на предтекстовом этапе могут выполняться серии упражнений, целью которых является языковая догадка, дифференциация языковых единиц и речевых оборотов, овладение видовременными формами или словообразовательными элементами:

Übung 1. Lesen Sie vor. Beachten Sie die Betonung (нем.)

Прочитайте. Обратите внимание на ударение.

Übung 2. Lesen Sie vor. Beachten Sie die Intonation (нем.)

Прочитайте. Обратите внимание на интонацию.

Übung 3. Lesen Sie vor und analysieren Sie die Wortbildung (нем.)

Прочитайте и проанализируйте способы образования слов.

Übung 4. Analysieren Sie die Wortfolge. Übersetzen Sie ins Russische (нем.)

Проанализируйте порядок слов. Переведите на русский язык.

Übung 5. Was passt in die thematische Reihe nicht? (нем.)

Какое слово лишнее в тематическом ряду?

Übung 6. Bilden Sie die Komposita (нем.)

Образуйте сложные слова.

Übung 7. Ergänzen Sie das Assoziogramm (нем.)

Дополните ассоциогамму.

Actividad 1. Lea y traduzca el vocabulario (исп.)

Прочитайте и переведите слова.

Actividad 2. Analice las estructuras gramaticales (исп.)

Проанализируйте грамматические структуры

Упражнения текстового этапа характеризуются извлечением основной и второстепенной информации. На данном этапе целесообразно выполнять следующие упражнения:

Übung 1. Lesen Sie die Überschrift. Vermuten Sie, wovon handelt der Text (нем.)

Прочитайте заголовок. Предположите, какая основная идея данного текста?

Übung 2. Lesen Sie den Text durch. Was ist die Hauptidee des Textes? (нем.)

Прочитайте текст. Какова основная идея текста?

Übung 3. Ergänzen Sie passende Verben / Adjektive (нем.)

Дополните подходящие по смыслу глаголы / прилагательные.

Übung 4. Wählen Sie passenden Artikel. Beachten Sie den Kasus (нем.)

Выберите подходящие артикли. Обратите внимание на падеж.

Übung 5. Was ist die Hauptidee in jedem Absatz? (нем.)

Какова основная идея в каждом абзаце?

Actividad 1. Lea el título y trate de adivinar de qué se trata el texto. (исп.)

Прочитайте заголовок и предположите о чем, говорится в тексте.

Actividad 2. Lea el texto y indique cuál es el tema principal y los temas secundarios (исп.)

Прочитайте текст и укажите главную и второстепенные темы.

Actividad 3. Lea el texto y indique las ideas principales de cada párrafo (исп.)

Прочитайте текст и укажите основные идеи каждого абзаца.

Actividad 4. Identifique la estructura u organización del texto (исп.)

Определите структуру последовательность текста

Actividad 5. Haga el esquema del contenido (исп.)

Сделайте план содержания

Контроль полноты понимания содержания текста выполняется на послетекстовом этапе посредством таких упражнений как:

Übung 1. Richtig oder falsch? Korrigieren Sie die falschen Aussagen (нем.)

Верно или неверно? Исправьте неверное высказывание.

Übung 2. Beantworten Sie die Fragen zum Text (нем.)

Ответьте на вопросы к тексту (рус.).

Übung 3. Welche Faktoren sind im Text nicht beschrieben? (нем.)

Какие факторы не описаны в тексте?

Übung 4. Fassen Sie den Inhalt des Textes zusammen. Gebrauchen Sie folgende Strukturen (нем.)

Обобщите содержание текста. Используйте следующие структуры.

Actividad 1. Verdadero o falso, justifique la opción (исп.)

Правильно или неправильно, обоснуйте свой выбор.

Actividad 2. Conteste a las preguntas (исп.)

Ответьте на вопросы.

Actividad 3. Seleccione la opción correcta

Выберите верный вариант.

Actividad 4 Haga el resumen de lo leído (исп.)

Сделайте краткий обзор прочитанного.

В заключении стоит сказать, что реферирование развивает аналитическое и критическое мышление и делает речь как письменную, так и устную последовательной, связной и информативной. Оно является с одной стороны интеллектуальным, а с другой стороны творческим процессом, который состоит из поэтапной компрессии письменного текста. Составление реферата требует от обучающихся определенных навыков и умений, которые они формируют и совершенствуют на занятиях по иностранному языку в рамках вышеизложенных упражнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Володарская Е.Б. Английский язык. Методология написания рефератов // Учеб. пособие // Е.Б. Володарская, М.М. Степанова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009.

2. Демидова А.К. Пособие по русскому языку: Научный стиль речи. Оформление научной работы. – М.: Рус. яз., 1991. – 201 с.

3. Наумова О.В. Особенности обучения реферированию текстов на английском языке в процессе обучения аспирантов / Электронное научное издание (периодический сборник) «Лингвистика и методика преподавания иностранных языков» выпуск2/2010/http://iling-ran.ru/beta/publications/for_lang

К ВОПРОСУ О МЕТОДАХ ИНТЕНСИВНОГО ОБУЧЕНИЯ РУССКОМУ ЯЗЫКУ КАК ИНОСТРАННОМУ

SOME ISSUES OF METHODS OF INTENSIVE TEACHING RUSSIAN AS A FOREIGN LANGUAGE

Г. Л. Стойка, М. О. Филиппович

G. Stoika, M. Filipovich

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus
kdo@iseu.by*

В статье рассматривается возможность применения элементов интенсивных методов при обучении русскому языку как иностранному.

The article considers implementation of intensive methods into teaching Russian as a foreign language.

Ключевые слова: интенсивное обучение, метод, комбинированное обучение, суггестия, коммуникация, грамматика, диалог, полилог, иностранный язык.

Keywords: intensive teaching, method, blended learning, suggestion, communication, grammar, dialogue, polylogue, foreign language.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-361-364>

Глобализация, тенденция, постоянно присутствующая в современном мире, влияет на все процессы общественной жизни, в том числе и на образование. Владение иностранным языком все чаще является необходимым фактором развития в различных областях жизни современного общества. Изучение иностранного языка в эпоху глобализации, часть процесса, который требует ускорения для прогрессивного взаимодействия в рамках продуктивного международного сотрудничества и развития.

Интенсивный путь изучения иностранного языка отвечает естественной потребности общества «сегодня», где целью обучения является овладение общением на иностранном языке за короткий период. Интенсивное обучение требует использования интенсивных методов обучения, которые помогут сформировать у слушателей необходимый комплекс практических умений и навыков, но главное, – создадут условия для преодоления слушателем психологического языкового барьера при формировании вторичной языковой компетенции. Интенсивные методики в основном направлены на овладение устной иноязычной речью в сжатые сроки и при значительной ежедневной концентрации учебных часов, используют в обучении психологические резервы личности учащегося, коллективные формы работ, экспериментальные приемы и др. Еще одним обязательным условием при интенсивном обучении является использование таких методов, которые будут учитывать цели обучения и контингент обучаемых. Методы обучения рассматриваются как совокупность приемов, вытекающих из определенных методических принципов и заданной цели обучения.

Для интенсификации процесса обучения им необходимо четко управлять. Слушатель (студент/учащийся) должен научиться ориентироваться в коммуникации, правильно ее планировать и осуществлять. Ориентиры общения более или менее жестко заданы с самого начала обучения. Позже, когда учащийся освоит коммуникацию в управляемой ситуации, ограничения постепенно снимаются, что позволяет дать свободу варьирования и переход в новые условия обучения. Именно эти два типа обучения учитываются при интенсивной методике – тренировка в общении и практика общения.

Задачей краткосрочного языкового курса является выработка умения спонтанного говорения, согласующегося с темой, целью и ситуацией общения. Слушателю необходимо за короткий срок освоить навык сформулировать свою мысль/просьбу/требование/желание/вопрос, понимая для чего это нужно, а также правильно интерпретировать услышанное в ответ. Таким образом, мотивы и цель определяют смысл речи. Учитывая, что интенсификация обучения обеспечивается применением современных эффективных методов, ориентированных на мотивацию и «выход» в речь, на развитие коммуникативной деятельности, основной ориентир – это использование *комбинирования* различных методов. Однако, хотелось бы отметить некоторые отдельные методы, особенно актуальные, на наш взгляд.

В 60-70-е годы XX века появляется ряд новых методов обучения, которые были основаны на разработках болгарского психолога Г. К. Лозанова, который пропагандировал внедрение *суггестопедического метода* при интенсивном изучении языков. Суггестивное воздействие (*суггестия* (лат. *suggestio*) – «внушение») – это обращение к бессознательному и чувствам. Внушение (суггестия) включает в себя как вербальные (особые речевые конструкции), так и невербальные (тембр голоса, жесты, эмоциональная окраска сказанного) элементы. Автор выделял три вида суггестии, которые целесообразно использовать в учебном процессе:

- 1) психологическая (учет психологических факторов, эмоционального воздействия);
- 2) дидактическая (использование особых приемов, активизирующих обучение);
- 3) художественная суггестия (использование музыки, живописи, фильмов и т. д. на занятии).

Главные принципы методики сводятся к следующему:

- обучение должно быть радостным и ненапряженным;
- его следует осуществлять на сознательном и на подсознательном уровнях;
- в обучении следует использовать обычно незадействуемые резервы сознания с целью повышения результативности.

Последователями Г. Лозанова стали Г.А. Китайгородская, А.А. Леонтьев, Н.В. Смирнова, И.Ю. Шехтер, Л.Ш. Гегечкори, В.В. Петрусинский и другие, а сами методы известны в методической литературе как «лозановские», «экспресс-методы», а позже – «интенсивные методы» [1, 2].

Наибольшее распространение при обучении русскому языку как иностранному получил *метод активизации возможностей личности и коллектива* Г.А. Китайгородской. Первоначальное психологическое тестирование слушателей позволяет «раздать» им роли (профессии) в условном коллективе на весь период обучения. Преподаватель сперва выступает «вне группы», а затем становится еще одним собеседником в команде. Каждое занятие строится на полилогах, решающих различные ситуативные задачи, постепенно усложняя уровень лексики. Слушатели из урока в урок решают проблемы, максимально приближенные к реальности в рамках своих социальных ролей. Это предполагает значительное увеличение объема учебного материала и активизацию совместной деятельности преподавателя и студентов, направленной на усвоение материала, что реализуется посредством максимальной вовлеченности обучаемого в процесс управляемого группового воздействия, так называемого, общения-обучения [1].

От традиционных методов обучения интенсивные отличаются, прежде всего, повышенным вниманием к различным формам педагогического общения, социально-психологическому климату в группе, созданию адекватной учебной мотивации, снятию психологических барьеров при усвоении языкового материала и речевом общении.

Далее рассмотрим некоторые частные методы, которые можно отнести к группе интенсивных методов обучения русскому языку как иностранному.

Прямой метод. Обучение строится на изучаемом языке, без использования родного языка или языка-посредника. Этот метод акцентирован на развитии устных навыков. Объяснение лексики с помощью пантомимы и визуальных материалов. Освоение грамматики происходит через индукцию, когда учащиеся сами находят закономерности в языке и делают выводы. Фокус на шаблоне «вопрос-ответ». На таких занятиях слушатель курсов отвечает на разные

вопросы преподавателя, пишет диктанты, читает вслух, беседует, переписывает абзац своими словами. Преподаватель не исправляет ошибки прямо, а дает учащемуся проанализировать и исправить свои ошибки самостоятельно.

Аудиолингвальный метод – изучение языка по диалогам с акцентом на подражание носителю, также без использования родного языка, нивелирует недостатки предыдущего метода. Например, схема может быть такой: преподаватель дает прослушать сложные слова, фразы или диалог по теме, незнакомые слова объясняются картинками на карточках или действием. Учащиеся повторяют и заучивают реплики. Затем разыгрывают в парах и группах заданные ситуации. Диалог выступает в качестве модели речевых способов и средств решения конкретных ситуаций общения на практике. Овладение диалогическими формами речи неизмеримо облегчает процесс овладения и другими видами речевой деятельности – монологической формой говорения, аудированием, чтением и письмом. Этот метод акцентирует внимание на аудировании и говорении, тренирует понимание на слух. Преподавателю крайне важно исправлять все ошибки, чтобы исключить их в дальнейшем и обеспечить правильность речи. Преимущество отдается устной речи по сравнению с письменной. При использовании аудиолингвального метода подразумевается следующая иерархия овладения видами речевой деятельности:

- 1) аудирование,
- 2) говорение,
- 3) чтение,
- 4) письмо.

Аудиовизуальный, или структурно-глобальный, метод предполагает широкое использование аудиовизуальных (мультимедийные презентации, видеоклипы, кинофильмы, игротека, фонотека) и технических (компьютеры, проектор, интерактивная доска) средств обучения, глобальную подачу материала. Аудио- и кинофрагменты не разделяются на отдельные эпизоды, грамматические структуры обычно вводятся, повторяются и закрепляются целиком. Овладение единицей языка осуществляется только при многократном повторении и заучивании.

Коммуникативный метод является наиболее распространенным методом, при котором иностранный язык можно и нужно сразу использовать в реальной жизни. Он помогает уточнить направленность обучения, он ориентирует на обучение таким видам речевой деятельности, которые наиболее естественны и применимы в практике общения, перспективны в качестве окончательного результата курса обучения и полезны в качестве основы для обучения другим видам речевой деятельности. Такими наиболее приоритетными видами иноязычной речевой деятельности являются диалоги и полилоги, которые выступают в качестве модели речевых способов и средств решения конкретных ситуаций общения на практике.

Этот подход помогает осваивать язык планомерно повышая уровень. На нем построены международные экзамены для подтверждения уровня владения языком по всем аспектам (говорение, понимание на слух, письменная речь, чтение, освоенные лексические единицы).

Плюс этого метода заключается в том, что обучающийся не тратит месяцы на перевод и/или заучивание слов, как, например, при грамматико-переводном методе. Грамматика подается и осваивается без зубрежки. Материал запоминается через коммуникативные игры и упражнения, закрепляется в дискуссиях и проектах, используется много вариантов активностей, аудио- и видеоматериалов. При этом преподаватель, носитель языка, выступает и в роли помощника, и в роли собеседника. Такой подход помогает слушателю:

- в кратчайшие сроки преодолеть языковой барьер (язык сразу можно использовать в простых бытовых ситуациях);
- быстро пополнить активный словарный запас (вся новая лексика и грамматические конструкции отрабатываются на уроке в разных формах);
- параллельно развивать навыки аудирования, говорения, чтения и письма;
- развить понимание речи на слух без дословного перевода (если обучающийся не знает всех слов из вопроса собеседника, он уловит суть и поймет, что ответить);
- справиться со страхом говорить неправильно (обучающийся не боится ошибок, потому что главная цель освоения любого языка – это коммуникация, а беседу можно поддерживать на любом уровне, получая удовольствие от учебы).

В условиях «концентрированного» курса важен объективный контроль умений и навыков, особенно навыков практического употребления языкового материала, выражающихся в понимании на слух, проецировании самостоятельного высказывания, чтения и письма. Однако, контроль и коррекция ошибок на первоначальном этапе более жесткие и планомерные, в последующем предлагаемые рамки понемногу расширяются, чтобы предоставить обучаемым возможности для экспериментов с языковым материалом на основе усвоенных алгоритмов.

В применении интенсивных методов обучения, безусловно, имеются определенные *трудности*. В связи со смещением акцента на непосредственную речевую деятельность и бытовое общение, а также в условиях нехватки учебных часов, не всегда достаточно внимания уделяется работе над языковыми категориями и грамматикой. Следствием этого является сохранение в речи учащихся фонетических и грамматических ошибок. Данные проблемы возможно преодолеть путем включения в систему занятий тренировочных произносительных упражнений и использования грамматических тренажеров (по возможности, электронных и дистанционных, так как они не требуют обязательной коммуникации «преподаватель–студент»).

Следует отметить, что в условиях интенсивного обучения значительно увеличивается роль преподавателя, так как ему приходится справляться с большим количеством методических и психологических задач.

Во-первых, преподаватель отвечает за источники и отбор информации (языкового материала), необходимой для реализации коммуникативного запроса конкретной аудитории. Во-вторых, периодически выступает в роли лидера учебного коллектива (далее – его авторитетным членом наравне со слушателями), актера, режиссера и пр. В-третьих, речь преподавателя становится для слушателя «образцовой», выступает неоспоримой моделью для речевой деятельности обучаемых, поэтому четкость и грамотность речи, емкость и разнообразие грамматических конструкций, используемых преподавателем в обиходе, играет огромную роль как на занятии, так и во внеучебное время. В-четвертых, преподаватель является организатором комфортного психологического микроклимата в группе, задает общую тональность общения [1, с. 163-164].

Атмосфера в коллективе должна быть не просто доброжелательной, но и эмоционально активной, насыщенной чувством удовлетворения достигнутыми результатами. В условиях высокой концентрации часов и напряженной учебной деятельности необходимо регулярно использовать возможности выхода из «зоны комфорта» при решении коммуникативных задач.

И, наконец, одним из самых важных условий интенсификации процесса обучения является максимальное погружение слушателя в языковую среду и лишение возможности общаться на родном языке. Как следствие, обучающиеся из многонациональных и разноязычных групп демонстрируют более высокие и быстрые результаты в освоении языка (по сравнению с однородной языковой группой).

ЛИТЕРАТУРА

1. Китайгородская, Г.А. Методика интенсивного обучения / Г. А. Китайгородская – М.: Высш. шк., 1986. – 175 с.
2. Лебединский, С. И., Гербик, Л. Ф. Методика преподавания русского языка как иностранного. Учебное пособие / С. И. Лебединский, Л. Ф. Гербик – Мн., 2011. – 309 с.
3. Мухачева, А. М. Интенсивный метод обучения русскому языку как иностранному [Электронный ресурс] / А. М. Мухачева // Молодой ученый. – 2010. – № 6 (17). – С. 215–220. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/17/1699>. – Дата доступа: 25.02.2024.

РАЗВИТИЕ КУЛЬТУРНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ПРЕПОДАВАНИЯ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА В ПОЛИКУЛЬТУРНОЙ ГРУППЕ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ

DEVELOPING CULTURAL IDENTITY THROUGH TEACHING ENGLISH IN A MULTICULTURAL GROUP OF INTERNATIONAL STUDENTS

Л. В. Вукторко, М. М. Михалевич

L. V. Victorka, M. M. Michlevich

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus
victorka@iseu.by*

The article is devoted to the place of culture and cultural identity in the foreign language classroom. Native and target cultures, being in mutual dependence, determine the special content of education, which is intended to implement in practice the dialogue of cultures.

Статья посвящена месту культуры и культурной идентичности на занятиях по иностранному языку. Родная и изучаемая культура, находясь во взаимозависимости, определяют особое содержание обучения, которое направлено на реализацию на практике диалога культур.

Keywords: culture, cultural identity, intercultural competence, cultural awareness, social-cultural approach, dialogue of cultures.

Ключевые слова: культура, культурная идентичность, межкультурная компетентность, культурное самосознание, социально-культурный подход, диалог культур.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-364-368>

Развитие цифровых технологий привело к значительным изменениям во всех сферах жизни. В то время как телевизионное и спутниковое вещание способствовали превращению мира в глобальную деревню, распространение во всем мире Интернета привело к стиранию границ времени и пространства. С появлением социальных

сетей связь приобрела новые масштабы. В результате люди ежедневно сталкиваются с множеством иностранных языков и культур. В таких условиях, люди (особенно молодые) находятся под влиянием различных культур. В связи с этим, под влиянием глобализации, существует реальная опасность размывания национальных культур.

По мнению Б. Холла, культура – это исторически сложившаяся система символов, через призму которой мы воспринимаем окружающий мир [4, с. 4]. Наша культура говорит нам, кто мы, какое место занимаем в обществе, с кем и на каком языке общаемся. В данном конкретном смысле все индивидуумы в обществе фактически являются представителями культуры: каждый человек родился в культуре и развивается благодаря культуре.

Одной из стратегических целей социально-культурного подхода, который в настоящее время доминирует в образовательной среде в целом и на занятиях по иностранному языку в частности, является формирование культурного самосознания. Мы рассматриваем культурное самосознание как систему знаний о культурном пространстве (форма существования культуры в умах ее представителей) и культурном наследии страны в целом. Социально-культурный подход позволяет учащимся сравнить историю своей страны и страны изучаемого языка, понять различия между собой и людьми из других слоев общества, в частности, различия во взглядах и ценностях.

Социально-культурный подход в образовании направлен на развитие у учащихся поликультурного мировоззрения. Его целью является формирование личности, небезразличной к истории человечества и своей собственной нации, а так же формирование у учащихся широких взглядов на окружающий мир. Язык как средство общения выражает, воплощает и символизирует культурную реальность. Таким образом, язык и культура тесно связаны и взаимодействуют. Поэтому изучение иностранного языка – это не просто смена кода. Его нельзя отделять от осознания различий между родной и иной культурой.

Важно обращать внимание учащихся на сходства и различия в восприятии реальности различными этническими группами. Многие исследователи подчеркивают важность развития межкультурной компетенции в процессе изучения иностранных языков, поскольку она предполагает способность толерантно воспринимать особенности других культур. В этом случае учащийся обогатит как язык, так и свою культуру [2].

Межкультурная компетентность представляет собой сочетание знаний, умений и навыков, которые при встрече с культурными «различиями» позволяют понимать людей с другими культурными ценностями; адекватно и уважительно общаться с представителями других культур; понимать себя и свою собственную культурную принадлежность [3, с. 16–17].

Как полагает П. В. Сысоев, в процессе обучения в рамках дисциплины «иностраннный язык» поликультурный подход, в котором идея культурного разнообразия становится ключевой и системообразующей, выходит на первый план. Такой подход предусматривает привитие учащимся системы разнообразных и взаимодействующих культурных ценностей [1, с. 98]. Далее он отмечает, что языковое поликультурное образование представляет собой процесс овладения знаниями о культурном разнообразии окружающего мира стран соизучаемых языков и о взаимоотношениях между культурами в современном поликультурном мире, а также формирования активной жизненной позиции и умений взаимодействовать с представителями разных стран и культур [1, с. 101–102].

Родная и иная культуры, находясь во взаимной зависимости (иное познается через свое, свое переоценивается через иное), обуславливают особое содержание образования, которое призвано реализовать на практике диалог культур, сделать его доминантой в сознании личности, познающей свою и иную культурные данности. Одновременно обе культуры влияют на человека и вне собственно образовательного пространства (в пределах действия неформального (дополнительного) и информального образования). Обучающийся «овеществляет» культуру (родную и иную / иные) для себя, присваивая ее продукты как лично значимые, вводя их в свое индивидуально своеобразное пространство ценностных координат [2]. Диалог культур как наиболее продуктивный вид межкультурного взаимодействия характеризуется наличием взаимного восприятия двух или более культур. Осознание чужой культуры способствует пониманию собственной культуры.

Поскольку люди по своей сути социальные, они не могут жить без своей культуры. Культурная идентичность является важной особенностью психики человека, поскольку она определяет его отношение к другим людям. Социальная идентичность основывается на принадлежности к социальным группам (например, нации, этнической группе, религиозной группе и т. д.). Она помогает людям определить свою идентичность и позиционировать себя по отношению к окружающим. Культурная идентичность (идентичность, создаваемая людьми на основе их принадлежности к культурным группам) является особым типом социальной идентичности [3, с. 13]. Поэтому одной из главных проблем современного образования является поиск эффективных путей воспитания и развития личности, способной к самоопределению в мире культуры.

Однако наша собственная культура является настолько всепроникающей, что мы даже не задумываемся о ее влиянии на наш образ жизни, мысли, поступки и т. д. Как гласит пословица: «Последнее, что заметит рыба – это вода». Таким образом, процесс развития межкультурной компетенции при обучении иностранному языку включает в себя развитие культурного самосознания и самоанализа учащихся.

Обучение иностранным языкам в контексте диалога культур требует от преподавателя серьезной подготовки, связанной с подбором материалов, которые могут использоваться не только для знакомства учащихся с новой для них культурой, но и для анализа как изучаемой, так и родной культуры. Поскольку ни один учебник не обеспечивает полной интеграции языкового и культурного образования, преподавателям необходимо подбирать дополнительные материалы и соответствующие формы работы, с тем, чтобы изучение культуры стало постоянным компонентом занятий по иностранному языку.

Следует отметить, что преподавание может быть эффективным только в том случае, если наряду с прослушиванием и чтением текстов культурологической тематики проводятся различные культурные мероприятия и выполняются такие интерактивные задания, как:

- обсуждение или дебаты на основе комплекса вопросов, связанных с культурными и межкультурными проблемами,
- сюжетно-ролевые игры,
- интеллект-карты,
- веб-квесты,
- проекты, в рамках которых учащимся предлагается подумать над фактами своей культуры и обосновать своё мнение.

Таким образом, включение культурного содержания в языковое образование предполагает постоянное принятие решений, касающихся выбора тем, подбора материалов и форм работы, а так же организацию мероприятий, во время которых у учащихся будет возможность продемонстрировать свои знания и умения.

Мы считаем, что курс иностранного языка для студентов университетов должен включать в себя учебные модули, позволяющие студентам изучать различные культуры.

Познание своей и иной культуры посредством изучения иностранного языка может осуществляться в разных условиях. Чаще всего преподаватели высших и средних специальных учебных заведений и их учащиеся являются носителями одной, общей культуры, например, белорусской. В этом случае, прежде чем студенты «отправятся в неизвестность», рекомендуется начинать изучение культуры с познания родной. Изучая свою собственную культуру, учащиеся приобретают словарный запас, описывающий знакомые ценности, обычаи, традиции, ритуалы и символы. Они узнают о белорусах, которые стали известными в различных сферах жизни – науке, литературе, музыке, кино, спорте, медицине – и даже помогли коренным изменениям в развитии других стран. Как только учащиеся научатся говорить о своей собственной культуре, они могут обсуждать культурные ценности и символы других народов. Наша цель – познакомить студентов с некоторыми основными культурными понятиями, подготовить их к разговору о различных культурах, развить их интеллектуальные способности.

Помимо практических занятий, направленных на пополнение лексического запаса и приобретение межкультурных компетенций, эффективным инструментом является использование игровой активности, которая, помимо контрольных функций, также используется для познания и мотивации. Например, в конце модуля студентам предлагается подготовить квесты для своих товарищей, включив самые интересные факты о своей Родине и народе, и организовать своеобразный турнир, который не только повысит их потенциал, но и мотивирует познавательную деятельность.

Межкультурная коммуникативная компетенция сегодня становится неотъемлемой частью общей профессиональной компетенции специалиста, поскольку она расширяет возможности доступа к новейшей профессиональной информации на иностранных языках, тем самым способствуя повышению профессиональных знаний и навыков. В связи с этим студенты, часто не владеющие английским языком в полной мере, выбирают для получения высшего образования обучение на английском языке в другой стране. В этом случае мы имеем дело с ситуацией, когда студенты и преподаватели являются носителями различных культур. В таких условиях, преподаватели иностранных языков постоянно сталкиваются со стремительно меняющимися обстоятельствами и необходимостью быстро переходить от проблем к их решению и адаптироваться к новым условиям.

Одним из методов, стимулирующих студентов к обучению, в поликультурной группе иностранных студентов с разным уровнем владения английским языком, является обучение с применением творческих заданий разного уровня сложности. Вот несколько предпосылок обучения через творчество [5]:

- Персонализация обучения – обеспечение личной учебной среды для каждого учащегося. Персонализированное обучение сочетает адаптивное и индивидуальное обучение. Таким образом, процесс обучения адаптируется к уровню знаний и умений учащегося.
- Создание пути обучения для активного вовлечения в процесс обучения всех учащихся, не зависимо от их уровня подготовки. Путь обучения посредством пошаговых заданий, которые позволяют слушателю приобретать знания постепенно, позволяет ему учиться самостоятельно в свободное время.
- Сочетание различных методов – от микрообучения до игрового обучения – для повышения вовлеченности учащихся.

Мы используем следующие приемы обучения через творчество: гипотетические сценарии, импровизация (с упражнениями или играми), аналогии, мозговые штурмы и дебаты, повествование («Расскажи увлекательную историю»).

Работая с поликультурной группой иностранных студентов, преподаватель должен знать как можно больше об их социальном и культурном происхождении. Несомненно, иностранные студенты всегда готовы говорить о своей стране, культуре, языке, традициях, праздниках, музыке и т. д. Именно поэтому образовательная программа по дисциплине «Английский язык» для подготовительного отделения по направлениям специальностей «Биологические и смежные науки», «Окружающая среда», «Физические, математические и химические науки, науки о Земле», «Ветеринария», «Здравоохранение» в каждом модуле содержит темы, связанные не только с особенностями стран изучаемого языка и Беларуси, как страны, в которой им предстоит жить и учиться, но и со своеобразием родной страны и культуры слушателей.

Модуль социального общения включает в себя большое количество тем, изучение которых дает возможность слушателям рассказать о себе, своих родных, о том, что их интересует и волнует, чем они живут и вдохновляются. Приехав учиться в другую страну, молодые люди часто тоскуют по дому и с удовольствием описывают свою семью, делятся фотографиями и видео о своих родных. На начальном этапе обучения, проявив интерес к тому, что дорого слушателям, преподаватель создает доверительную атмосферу в аудитории. Проекты на темы “The family is a haven in a heartless world”, “A person who influenced me greatly”, “Home, sweet home...”, “A traditional house in my country” вызывают у слушателей неподдельное желание рассказать преподавателю и товарищам о людях, которые им дороги. Творческая деятельность пробуждает у учащихся интерес и стимулирует обучение. Прием «Расскажи увлекательную историю» часто используется при обучении, так как эмоции, возникающие в связи с определенной информацией, улучшают ее запоминание [5]. Изучение данного блока тем заканчивается в преддверии Дня матери. В связи с праздником кураторы групп обычно проводят беседу «Самое главное слово – мама» и конкурс поздравлений «Открытка для мамы». Данное мероприятие служит ярким финальным аккордом в изучении темы, поскольку язык общения всех преподавателей со слушателями поликультурных групп английский, молодые люди практикуются в устном и письменном общении на изучаемом языке не только на занятиях, но и на внеклассных мероприятиях. Слова любви, написанные на открытках для мам, не оставляют никого равнодушным: “Hello my beautiful mother! I do not know in what language to thank you for the 27 years you have worked hard for me and raised me. I know I was not a very good boy, I always bothered and upset you, but you kindly loved me. Today is the most beautiful event of God’s creation! Congratulations on your day and I hope you will always be healthy and happy! And I can come back to Iran with complete success and kiss your hand. I love you, dear mother!”

Одна из самых интересных тем для обсуждения в поликультурной группе иностранных студентов – еда и традиции приема пищи. Еда – важнейшая составляющая часть жизни любого человека. Для многих народов прием пищи – не просто способ утолить голод, но и целый ритуал. Национальная кухня народов Ирана – одна из самых древних в мире – необычна и специфична. Весьма разнообразные кулинарные предпочтения африканцев разительно отличаются как от европейской, так и от азиатской кухни. Несомненно, темы “Different eating cultures”, “Recipes”, “Traditional Belarusian cuisine”, “Traditional cuisine of my native country” вызывают живой интерес у слушателей. Они с удовольствием слушают рассказы друг друга, смотрят видео- и мультимедийные презентации. Чтобы удерживать внимание слушателей, преподаватель должен апеллировать к эмоциям, таким как удивление, любопытство или восторг [5]. Таким образом, самый популярный вид заданий по данной теме – викторина об особенностях национальных кухонь различных стран. Слушатели чаще всего выбирают викторину, каждый вопрос которой начинается словами “Do you believe that...”. Например: “Do you believe that Iranian cuisine is based on traditional medicine?” или “Do you believe that most Cameroonian traditional dishes are very fatty?” Такой способ знакомства с культурой и традициями страны, как показывает практика, помогает поддержать интерес слушателей.

Применение различных творческих заданий для знакомства с культурными традициями дает слушателям свободу исследовать и учиться друг у друга. По мере того, как они воплощают в жизнь свои творческие идеи, слушатели приобретают уверенность в себе, повышается их самооценка.

Место, где человек родился, является объектом особого значения. Таким образом, изучение темы “Socio-cultural portrait of Belarus and the native country” превращается в увлекательное путешествие по разным странам. Слушатели с энтузиазмом говорят о местах, которые им дороги, где сформировалась их личность, так как жизнь там связана с семьей и друзьями. Изучая национальные традиции и ценности, праздники и культурные события Беларуси, слушатели проводят параллели со своей родной культурой и традициями, указывая на сходство и различия, высказывают предположения и делают выводы, чем они обусловлены. Например, слушатели из Ирана с большим удивлением узнают, что праздник «Купалле» в белорусской культуре имеет много общего – как в традициях празднования, так и в символике ритуалов – с Праздником огня (Chaharshanbe Suri) в персидской культуре.

Даже изучение таких, не самых интересных тем, как “Climate and weather” и “My favorite season” встречается в поликультурной группе иностранных слушателей с энтузиазмом, так как знакомство с природными условиями других стран происходит не посредством чтения скучного учебника по географии, а через живое общение с людьми, живущими в другом климате.

Итогом изучения вышеперечисленных тем является выступление студентов на традиционных мероприятиях, таких как «Кола зімовых святаў», где преподаватели и слушатели рассказывают о традициях зимних праздников в различных культурах, «Мінская гасцеўня: давайце знаёміцца» (история, национальные традиции, культура, кухни народов мира). «Любімаму факультэту пра маю Радзіму», «Персидский Новый год: традиции и современность».

Говоря о формировании культурной идентичности у слушателей нельзя не остановиться на таком важном для современного общества компоненте культуры человека как экологическая культура, без которой существование следующих поколений ставится под сомнение. Экологическая культура и экологическая идентичность являются показателями нравственной зрелости человека. Наша практика работы с иностранными слушателями подготовительного отделения убеждает нас в том, что эти качества у молодых людей еще не до конца сформированы и эта проблема носит глобальный характер. Совершенно очевидно, что в процессе обучения необходимо формировать новое видение мира, новый тип экологической культуры, характеризующийся гармонизацией отношений человека с природой, с людьми и самим собой.

Модуль профессионального общения включает в себя тему “The biggest environmental problems”. При ее изучении активно используются такие приемы обучения через творчество как: гипотетические сценарии, импровизация, мозговые штурмы и дебаты. Примеры вопросов, применение которых в различных видах заданий на выбор преподавателя, заставит, по нашему мнению, молодых людей задуматься о будущем – своем и следующих поколений – и, в конечном итоге, повысит уровень их экологической культуры:

– Are there litter laws where you live? If so, what is the penalty for littering? Do you think recycling is an important community service? What are some things which you recycle? Does your local government make it easy or hard for citizens to recycle? Do you have any ideas on how to minimize the use of plastic bags and Styrofoam boxes?

– What can you do to make this world a better place? Which is more important, increasing people’s standard of living, or protecting the environment? What are some things that your community is doing to help the environment? What can you do to help prevent pollution? Who do you think is more responsible for pollution, individual people or the government? What can corporations do to help the environment? What kinds of technologies do you know of that might help stop environmental problems?

– What are some ways energy is wasted? Packaging uses a lot of energy. What ways can you think of to reduce the amount of packaging used? What types of energy are popular in your native country? If you could choose one alternative energy source to develop which one would you choose? Why? Who should pay for the costs associated with renewable energy? Should we make the development of renewable energy sources an economic priority? What is the main problem with renewable energy sources?

– How much difference do you think energy-efficient home appliances and light bulbs make? What energy efficient appliances do you have installed? How do you think we could encourage people to turn off lights and other appliances, such as the television, the radio, etc., when they are not being used? Do you think houses will be more environmentally friendly in the future? Can you get a grant in your country to improve your home insulation? What would the process be? Would you install a solar heating system just to help the environment or would you only do it if you got a lot of financial help from the government?

В заключение следует отметить, что культура – это не просто список праздников или религиозных традиций; это личный опыт, уникальный для каждого человека. Наша задача как педагогов – развивать интеллект и творческие способности студентов, стимулировать их образовательную деятельность путем приближения учебного процесса к реальности, прививать учащимся чувство гордости за культурное наследие родной земли, формировать отношение к другим культурам как к ценности, обогащать собственный моральный, эстетический и экологический опыт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сысоев, П. В. Языковое поликультурное образование в XXI веке / П. В. Сысоев // Язык и культура. – 2009. – № 2 (6). – С. 96–110.
2. Тарева, Е. Г. Система культуросообразных подходов к обучению иностранному языку [Электронный ресурс] / Е. Г. Тарева // Язык и культура. – 2017. – № 40. – Режим доступа: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000621419>. – Дата доступа: 22.04.2023.
3. Developing intercultural competence through education / ed.: J. Huber, Ch. Reynolds. – Strasbourg : Council of Europe Publishing, 2014. – 130 p.
4. Hall, B. Among Cultures: The challenge of communication / B. Hall. – Belmont, CA : Thomson Wadsworth, 2005. – 374 p.
5. The Difference Between Creativity Vs. Creative Learning (and How To Harness Both) [Electronic resource] // ELM. – Mode of access: <https://elmllearning.com/blog/creativity-vs-creative-learning>. – Date of access: 15.02.2024.

TRANSITION OF ENVIRONMENTAL EDUCATION TO EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT AT THE UNIVERSITY

ПЕРЕХОД ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ К ОБРАЗОВАНИЮ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В ВУЗЕ

N. N. Dovgulevich, N. N. Taletskaia, I. F. Mishkin
Н. Н. Довгулевич, Н. Н. Талецкая, И. Ф. Мишкин

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus

kfl@iseu.by, taletskaia_16@rambler.ru, mishkinina@mail.ru

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь*

This article focuses on the problem of the transition of environmental education to education for sustainability at a university. Particular attention is paid to the changing roles of teacher and student in the era of modern technology, social networks, and online learning. This work reveals the need for the development and implementation of new methods and technologies in the transition from environmental education to education for sustainable development. The features of traditional and innovative education for sustainable development are considered; methodological, substantive, motivational-value, and activity components are indicated.

В данной статье основное внимание уделено проблеме перехода экологического образования к образованию для устойчивого в вузе. Особое внимание уделяется смене роли преподавателя и студента в эпоху современных технологий, социальных сетей, онлайн обучения. Данная работа раскрывает необходимость развития и внедрения новых методов и технологий в переходе от экологического образования к образованию для устойчивого развития. Рассмотрены особенности традиционного и инновационного образования для устойчивого развития; обозначены методологический, содержательный, мотивационно-ценностный, деятельностный компоненты.

Keywords: environmental education, education for sustainable development, higher education, university, teaching methods.

Ключевые слова: экологическое образование, образование для устойчивого развития, высшее образование, вуз, методика преподавания.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-368-371>

The topic of environmental education is consistently given high attention. Today there is a rethinking and redesigning of human relations to nature, the transition from the society of consumption to the society of creation [1, p. 21-32].

In 2015, 17 UN sustainable development goals were adopted. This program is aimed at the rational use of natural resources, green development not only of large cities, but also national projects without exception. Research activity in education is the main force in solving the set tasks of life of all living things.

Here it is important the interaction of inter-university and inter-faculty realizations to solve the tasks of the project. For the implementation of project implementation is open to all interested in the rational use of natural resources, as well as in industrialization, in the promotion of production and consumption of resources, in the restoration of ecosystems.

Environmental education in higher and secondary educational institutions of all countries, understanding this problem, together with other universities, is aimed at new and united programs on:

- reduction of atmospheric air pollution;
- efficient waste management;
- improvement of drinking water quality;
- ecological rehabilitation and purification of water bodies;
- preservation of biological diversity and much more [2].

The ideas of education for sustainable development have become the basis for modernization of education in many countries of the world. Researchers note the significant potential of ESD both for improving the quality of environmental education and for the education system as a whole - transition from reproductive to creative learning, development of critical thinking, education of a free personality, lifelong learning, competency-based approach, implementation of values of environmental ethics, social partnership of educational and non-educational (cultural, environmental, industrial, public, etc.) organizations.

It should be noted that in order to realize this task, education needs new didactics, breakthrough educational technologies and implies systemic changes at all levels of education.

At present, environmental education is not a priority in the national education system, but it allows the young generation to be prepared to search for and choose solutions in a rapidly changing world. This is explained by the fact that environmental education has a comprehensive practice-oriented approach to the relationship between nature, economy and society.

It is important to emphasize that environmental education today is represented by a wide variety of poorly interrelated subject environmental knowledge, which is repetitive and fragmentary in nature. The decisive drawback is the lack of a full-fledged formation of world understanding.

Environmental education should be focused on achieving individual environmental culture of sustainable development, which includes sustainable lifestyle and human consumption; personal values, meanings and attitudes of activity in the interests of sustainable development of the family, school, local community.

Environmental education has not yet acquired a high enough status, and its development is slow. And this situation will not change much until the education system moves to education for sustainable development.

It should be added that a significant contribution to the development of environmental education can be a new content of education for sustainable development with an integrated cultural approach. At the moment it is required not only scientific understanding, but also practical implementation of projects and programs focusing on the environmental and socio-economic component of sustainable development.

Education for sustainable development integrates the problems of environment, economy and society, provides for active involvement of students in the process of independent learning, obtaining practical skills to live rationally and ecologically competent, maintain a healthy lifestyle, actively participate in solving local and global problems [3].

Sustainable development is understood as development that meets the needs of the present and actualizes the needs of future generations, taking into account the possibilities of nature.

Sustainable development is a lifelong process, therefore it is necessary to reorient education towards sustainable development and to increase the training of teaching staff in the first place.

It should be noted that education for sustainable development requires focusing the main attention from the transfer of knowledge to the comprehension of problems and the search for their possible solutions, analyzing real-life situations.

Such education allows to form a system of knowledge, skills and abilities that will allow school graduates to make a conscious choice of profession and to work successfully in the conditions of constant modernization of society.

All this should affect the structure of curricula and teaching methods, requiring the teacher and student to make decisions on the basis of dialog with the use of environmentally-oriented activities. Modern methods can help in this.

An important aspect in enhancing student literacy is play activities. In the conditions of game activity, on the one hand, it is supposed to create conditions for group cohesion. On the other hand, it promotes communication and exchange of opinions among all participants.

It has been established that the use of role-playing games, brainstorming, round tables, dialogues reveals the level of mastered knowledge and contributes to its comprehensive expansion.

Game activity allows the student to express emotional state, show interest in the problems of environmental, social and economic nature, as well as to reveal the presence of positive experience in the perception of nature, to accept life values and realize the importance of health, to indicate the system of personal values, personal position [4].

Interactive methods that promote optimal assimilation of new material and consolidation of the studied material in the mode of interpersonal communication deserve special attention: dialog, conversation, discussion, brainstorming.

Interactive methods immerse students in communication, while the dominant position is retained by the students, while the teacher guides and corrects.

Nowadays, “quests, educational excursions” have become popular, which undoubtedly increased the environmental knowledge of students. As for the technology of educational quest, it is characterized by the focus on solving specific educational tasks, setting non-standard search and research tasks, using a variety of resources and tools for their implementation.

It is important to note that in the process of training students get acquainted with and actively use information and communication technologies, acquire personal work experience, form the necessary professional and socio-cultural competencies.

The ability to collect and interpret cultural events of the country of study and the country of the native language, then summarize the information in the form of a presentation, report, communication.

Ability to express one’s point of view in an acceptable form against intolerance and cultural discrimination, gender inequality.

The ability to establish cultural contacts, prevent communicative misunderstanding and possible cultural conflicts [4].

Experience shows that students use Internet technologies with great interest, willingly realizing their intellectual and creative capabilities.

It should be noted that the professional training of a specialist is inextricably linked to the presence of environmental competencies and is currently particularly relevant for universities of the Republic of Belarus.

Thus, it is necessary to take more effective and updated measures.

- to create pedagogical groups in educational institutions aimed at revealing and solving natural problems by means of analysis and observation, research and implementation, questionnaires, testing levels of programs on ecological education of youth;

- to propose an accurate and purposeful model of formation of moral qualities of students on knowledge in the field of environmental protection;

- organize conferences, briefings, Olympiads, quizzes with the solution of environmental problems and analysis of situations;

- to carry out personally-oriented activity of practical work, research in the experimental field with the fulfillment of theoretical and practical norms, using qualitative and quantitative analysis [4].

Unlike traditional education, education for sustainable development is focused on the problems of the future, which is just to come. For this reason, this education dictates the requirement to study the future more than the past in order not only to be able to solve current problems but also to prevent their occurrence.

In this regard, it is important to mention that the components of the methodological structural and functional model of environmental education for sustainable development include:

1. Methodological component - principles and approaches used in the construction of supra-subject content of education for sustainable development. The component is based on the ecological-humanistic approach, the purpose of which is to create conditions for students to adopt ecologically-oriented values (conscious limitation of needs and observance of biosphere-compatible principles of human activity in everyday and professional activities).

2. Content component - ecological knowledge presented in traditional subjects of natural sciences, humanities and technical cycles (basics of general ecology, nature protection and environmental management). The component allows generalizing and systematizing the existing knowledge and incorporating it into a new educational approach.

3. Motivational and value component - positive attitudes that allow to evaluate personal actions. As value-meaning reference points are “I” as a value; nature as a value.

4. Activity component - reorientation of the main attention from the transfer of knowledge to the comprehension of problems and search for solutions with the involvement of knowledge from many subjects [5].

The above leads to the understanding that ESSD should create conditions for students to master the abilities of:

- responsibility to the present and future;
- aspiration to cognition, creativity, design, research;
- the ability to navigate in the latest technologies and the ability to use them;
- information literacy;
- ability to master new types of activity;
- aspiration and readiness to make an informed choice of profession;
- ability to critically examine and adjust one's activity;
- ability and skill to make a decision and realize it;
- ability to self-knowledge and self-development;
- ability to communicate and organize interactions and others [5].

It should be noted that scientists now argue, clearly in itself, - the attitude to nature - is the personal education of everyone. What forms and methods a person uses in real life, how he embodies his aspirations to help nature, put them into practice, how and by what the result is achieved.

Attitude to nature is a personal contact with it, practical and verbal attitude to the living, emotions of joy and excitement, experience and responsibility.

The above leads to the understanding of the importance that if any person was able to give knowledge about nature, to reveal interest in it, to understand the value of our existence, not to harm any living organism, to think about careful, caring attitude to animals, plants, to the preservation of life on earth - this is the result of human life.

Our task, teachers, is to make any method of environmental education as fast, interesting, correct as possible. To try to introduce new technologies for all groups - both youth and age groups, reaching all modules of fixation of changes in nature, to be able to quickly change their behavior, to experience, but to build a harmonious, kind connection with all living things on earth.

It should also be added that in the course of students' training there are significant changes in their attitude to nature, to environmental activities. First of all, much attention is paid to the selection of teaching material: texts, articles, graphs, speech situations.

The content of the material is able to focus students' attention on the search for a new model of society development.

To summarize, we can say that the task of education for sustainable development is the formation of supra-subject knowledge, skills and abilities, the development of conscious motivation for educational-research and socially significant activities aimed at improving the environment and quality of life.

Ultimately, education for sustainable development creates conditions that promote the formation of responsibility for the environment and rational use of natural resources.

There is still much to be revealed for universities in the development of teaching aids, in the creation of innovative programs.

LITERATURE

1. Moiseev, N. N. Ecological education and ecologization of education / N. N. Moiseev. - M.: UNISAM, 1996.
2. Taletskaya, N. N. Ecologization of modern higher school: designing and modeling. Foreign experience / N. N. Taletskaya, I. F. Mishkin // Environmental Education and Sustainable Development. State, goals, problems and prospects: materials of the international scientific and methodological conference, March 19-20, 2020, Minsk, Republic of Belarus / International State Ecological Institute of A.D. Sakharov Belgorod State Univ. S.A. Maskevich et al. ; ed. by Dr. Ph.-M.Sc., prof. S.A. Maskevich. - Minsk: data-processing center of the Ministry of Finance, 2020. - C. 149-151.
3. Argunova, M. V. Ecology in the world of professions: textbook / M. V. Argunova, D. S. Ermakov, T. A. Plusnina, - M.: MIOO, 2015. - 72 c.
4. Taletskaya, N.N. Formation of ecological activity of students in foreign language classes / N.N. Taletskaya, I.F. Mishkin // Ecological education and sustainable development. N.N. Taletskaya, I.F. Mishkin // Environmental education and sustainable development. State, goals, problems and prospects: materials of the international scientific and methodological conference, February 25-26, 2021, Minsk, Republic of Belarus / International State Ecological Institute of A.D. Sakharov Bel. - Minsk: data-processing center of the Ministry of Finance, 2021. - C. 344-346.
5. Argunova, M. V. Approaches to the modeling of the content of the advanced adult education /M. V. Argunova, D. V. Morgun, T. A. Plusnina et al. // Content and technologies of adult education: the problem of advance learning: a collection of scientific articles - St. Petersburg, 2007.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧАТ-БОТОВ В ОБУЧЕНИИ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ СТУДЕНТОВ-ЭКОЛОГОВ

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF USING CHAT BOTS IN TEACHING ENGLISH TO ECOLOGY STUDENTS

Л. Н. Никитина, Т. В. Беляева, Н. М. Левданская
L. N. Nikitina, T. V. Belyaeva, N. M. Levdansкая

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
kfl@iseu.by*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

Современная методика преподавания, а соответственно, и важнейшие педагогические навыки в настоящее время значительно отличаются от навыков, которые были актуальны еще совсем недавно. Чтобы стать эффективным педагогом, требуется больше, чем просто знания и опыт. Современные преподаватели также должны обладать необходимыми компетенциями, чтобы добиться успеха в профессиональной деятельности. Поскольку информационные технологии стали важной частью современной жизни, медиаграмотность является насущной компетенцией современного преподавателя. В статье освещаются возможности использования искусственного интеллекта, его преимущества и недостатки при подготовке к занятиям по иностранному языку со студентами.

Modern teaching methods, and accordingly, the most important teaching skills, are now significantly different from the skills that were relevant recently. Becoming an effective teacher requires more than just knowledge and experience. Modern teachers should also have the necessary competencies to achieve success in their professional activity. Since information technology has become an important part of modern life, media literacy is an essential competency of the modern teacher. The article highlights the possibilities of using artificial intelligence, its advantages and disadvantages in preparing for foreign language classes with students.

Ключевые слова: медиаграмотность, чат-бот, искусственный интеллект, ChatGPT.

Keywords: media literacy, chat-bot, artificial intelligence, ChatGPT.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-372-375>

Термин «навыки 21 века» прочно вошёл в жизнь педагогического сообщества и широко обсуждается, и уточняется по мере развития современных технологий. Навыки критического мышления, командной работы, творчества признаны необходимыми для успешной деятельности, потому что включают в себя широкий набор знаний, привычек и черт характера, которые являются необходимыми для достижения профессионального успеха. Значительно меньше внимания уделяется медиаграмотности. Поскольку нет никаких сомнений в том, что социальные сети и информационные технологии стали важной частью почти каждого аспекта современной жизни, медиаграмотность стала насущной компетенцией современного преподавателя.

К тройке основных компетенций медиаграмотности можно отнести:

- информационную грамотность, которая означает умение вести поиск, оценку, организацию и эффективное использование информации в ее различных форматах. Обладание подобной компетенцией позволяет человеку отличать факты от вымысла, поскольку в настоящее время поиск ценной, достоверной информации становится настоящей проблемой;
- аналитическая грамотность, которая позволяет эффективно анализировать, создавать и взаимодействовать с онлайн-сообщениями и источниками, дает возможность находить наиболее релевантные методы создания и обмена информацией.
- технологическую грамотность, которая связана с умениями пользоваться компьютерами, облачными технологиями, мобильными устройствами и взаимодействовать с искусственным интеллектом.

Обладая вышеперечисленными компетенциями, преподаватели могут использовать возможности искусственного интеллекта для эффективной автоматизации некоторых повседневных задач.

Последнее время все большую популярность среди студентов приобретает ChatGPT. ChatGPT – это чат-бот с искусственным интеллектом, который использует обработку естественного языка для взаимодействия с людьми. Одним из основных преимуществ использования ChatGPT преподавателями в рамках предметно-интегрированного обучения (ESL) является экономия времени при подготовке к занятиям. Следует учитывать особенности

предметно-интегрированного обучения иностранному языку, которые предполагают создание индивидуальных материалов, основанных на современных аутентичных источниках, составление вопросов по актуальным темам, проверка письменных и контрольных работ. Скорость обновления знаний о мире делает процесс работы над составлением материалов бесконечным. Чтобы облегчить и оптимизировать повседневную работу, преподаватели вполне могут пользоваться возможностями ChatGPT. Естественно, нельзя полностью полагаться на ИИ, однако чат-бот может значительно сократить время, затрачиваемое на планирование и подготовку, создание раздаточного материала, организацию обратной связи со студентами.

Рассмотрим подробнее преимущества использования искусственного интеллекта при подготовке к занятиям по иностранному языку со студентами.

При разработке наполняемости курса ChatGPT может упростить выбор профессионально-ориентированных тем для изучения, тщательно коррелируя эти темы с учебно-методическим планом, соотнести время изучения тем профильных предметов на русском языке с темами, которые осваиваются на занятиях иностранным языком, запланировать совместное проведение практических занятий по иностранному языку и семинаров, проводимых преподавателем предметником.

При написании пособий к интегрированному курсу иностранного языка (ESL) чат-бот может проанализировать необходимую учебную литературу по теме, выделить наиболее актуальные вопросы для изучения, составить список наиболее употребляемой лексики.

ChatGPT может так же написать план занятия, разработав цели, задачи, его структуру и формат. Это не значит, что полученный план будет идеальным, но он может значительно сократить время на подготовку занятия и предложить новые идеи.

При подготовке занятий по введению нового материала ChatGPT можно использовать для создания текстового наполнения слайд-шоу с интуитивно понятной организацией материала и составления вопросов на понимание по теме. Кроме того, чат-бот может вдохновлять на темы уроков, генерируя идеи на основе определенных ключевых слов или тем. Например, если учитель планирует урок по лексике еды, он может ввести «лексика еды» в ChatGPT и получить список связанных идей для включения в свой план урока.

Искусственный интеллект (ИИ) также способен помочь учителям ESL найти ресурсы, задания и ссылки на видео, которые связаны с темой урока, экономя, таким образом, время учителей на поиск актуальных и эффективных материалов.

Преподаватель может использовать возможности чат-бота в разработке творческих заданий для студентов, генерируя и интегрируя изучаемые идиомы в их собственные оригинальные истории, в создании подробных инструкций к заданиям, критериев оценивания и деталей задач. ChatGPT способен генерировать текст с целью разработки рабочих и раздаточных материалов, ориентированных на конкретные учебные потребности. ИИ можно продуктивно использовать в изучении нового лексического материала, поиске ключевых слов, их определений, перевода и транскрипций.

При помощи чат-бота преподаватель способен составить план (шаблон), включающий график сдачи определенных заданий в соответствии с учебно-методическим планом, санкции за несвоевременно сданные работы и описание критериев оценивания; сгенерировать раздаточные листы, например, 20 самых частых ошибок по теме с краткими пояснениями и примерами.

ChatGPT способен упростить сложный к пониманию материал. Например, можно попросить объяснить употребление Present Perfect студенту уровня Elementary.

YA the use of the present perfect for elementary ESL students

 The present perfect is a verb tense that is commonly used in English to talk about actions or events that happened in the past but are still relevant or have a connection to the present. Here are some tips for teaching the present perfect to elementary ESL students:

1. Introduce the form: The present perfect is formed with the auxiliary verb "have" or "has" followed by the past participle of the main verb. For example, "I have eaten breakfast."
2. Explain the meaning: The present perfect is used to talk about past experiences or actions that have a connection to the present. For example, "I have visited New York" implies that the speaker has been to New York at some point in the past and may still have memories or feelings about the experience.
3. Use real-life examples: Use pictures or real-life examples to help students understand the meaning of the present perfect. For example, show a picture of a child playing outside and ask "Have you ever played outside?" or "Have you ever climbed a tree?"
4. Practice with simple activities: Start with simple activities such as asking students about their experiences using the present perfect, or having them write sentences about what they have done today or this week.
5. Use games: Use games such as "Never Have I Ever" or "Two Truths and a Lie" to practice the present perfect in a fun and engaging way.
6. Encourage speaking and writing: Encourage students to use the present perfect in their speaking and writing, and provide feedback on their usage to help them improve.

Remember, teaching the present perfect to elementary ESL students may take time and practice. Be patient and provide plenty of opportunities for students to use the tense in context.

 Regenerate response

Для занятий по активизации в речи нового лексического материала можно использовать чат-бот для создания вопросов по обсуждаемой теме.

TA Sorry, one more thing. could you compose some questions for discussion having in mind the Functional Imaging: CT and MRI topic

Certainly! Here are some discussion questions related to functional imaging using CT and MRI:

1. What are the main differences between CT and MRI in terms of functional imaging?
2. How are CT and MRI used to study brain function? What specific brain functions can they detect?
3. What are some advantages and disadvantages of using CT vs. MRI for functional imaging?
4. What are some applications of functional imaging in medical research and clinical practice?
5. How has the use of functional imaging techniques such as CT and MRI advanced our understanding of the brain and its functions?
6. What ethical considerations should be taken into account when using functional imaging techniques on human subjects?
7. What are some potential future developments in functional imaging using CT and MRI?

Чат-бот может быть использован для создания «доски выбора», которая предоставляет разнообразные стратегии чтения, с тем, чтобы обучающиеся могли выбрать приемлемую стратегию в соответствии с их способностями и интересами. Особенно эффективно работает эта технология при чтении профессионально-направленных текстов. Точно так же вы можете создать «доску» для работы с лексикой, с заданиями, которые учащиеся могут выбрать для активации лексического материала.

ChatGPT также может функционировать как средство уплотнения текста; он анализирует содержание и создает более краткие, сжатые или упрощенные версии. Кроме того, ИИ может генерировать дифференцированные вопросы и задания, чтобы отвечать индивидуальным ожиданиям или уровням сложности подачи материала.

Преподаватели могут использовать ChatGPT для быстрого создания блока тестовых заданий и ключей к ним по различным лексическим и грамматическим темам.

TA make a quizze on water pollutants

1. Which of the following is a primary water pollutant?
a) Fertilizers
b) Heavy metals
c) Microplastics
d) None of the above

2. Which of the following is not a form of water pollution?
a) Oil spills
b) Noise pollution
c) Thermal pollution
d) Eutrophication

3. Which of the following is a secondary water pollutant?
a) Pesticides
b) Sulfur dioxide
c) Nitrogen oxides
d) Acid rain

4. What is the primary source of nutrient pollution in water bodies?
a) Industrial waste
b) Agricultural runoff
c) Oil spills
d) Sewage treatment plants

5. Which of the following water pollutants is associated with the formation of harmful algal blooms?
a

Regenerate response

Send a message.

ChatGPT поможет создать тесты, в которых слова или выражения удаляются из отрывка, а читателю предлагается заполнить пробелы, чтобы проверить свое понимание основных идей, словарного запаса и структуры предложений отрывка.

TA make a close test on environmental terms. Industrial soot and smoke also impact aquatic ecosystems. For example, sulfur dioxide combined with water vapor forms sulfuric acid or acid rain. Acid rain and runoff decrease aquatic pH, which interferes with the ability of fish to absorb oxygen, salts and nutrients. A low pH also interferes with calcium absorption. Improper calcium balance for many fish means their eggs do not develop properly, becoming too brittle or weak. Acid rain also leaches aluminum from soils, interfering with reproduction in crustaceans and fish. Furthermore, when pH drops below 6, insects like mayflies and stoneflies can't survive, impacting the food chain.

< 2 / 2

Industrial soot and smoke have negative impacts on the environment, particularly aquatic ecosystems. The combination of sulfur dioxide and water vapor leads to the formation of **1**. This acid rain and runoff can decrease the pH of aquatic ecosystems, causing problems for fish. A low pH can interfere with the ability of fish to absorb **2**, salts, and nutrients, as well as calcium absorption. Improper calcium balance can result in **3** eggs that are too brittle or weak.

In addition, acid rain leaches **4** from soils, which can interfere with reproduction in crustaceans and fish. When the pH drops below 6, it becomes difficult for insects like mayflies and stoneflies to survive, ultimately affecting the **5**.

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

ChatGPT составит шкалу для любого типа успеваемости студентов, в зависимости от потребностей преподавателя, например для определения проблемных зон в обучении.

С помощью чат-бота преподаватели могут улучшить навыки письма, лексические и грамматические навыки своих учеников с помощью ряда инструментов и функций: проверка эссе на наличие грамматических, пунктуационных и орфографических ошибок и их исправление, а также предоставит примеры использования определённых конструкций в работе над ошибками.

Используя ChatGPT, преподаватели-кураторы могут оптимизировать общение с родителями, коллегами и администрацией с помощью составляемых ИИ приветственных писем, копий информационных бюллетеней, запросов на перечисление средств, информации о поездках, культурных и внеклассных мероприятиях.

Важно отметить, что, несмотря на высокую продуктивность и помощь в автоматизации рутинных задач, ChatGPT также имеет существенные ограничения и недостатки, которые крайне важно понимать и принимать во внимание. Одним из самых серьёзных недостатков является то, что чат-бот всегда звучит авторитарно, даже когда он распространяет некорректный контент. Человеческое общение также грешит ошибочными и неточными формулировками, неправильным использованием многих слов и понятий. Использование сленга или сокращённых выражений также может привести к неправильному пониманию сути запроса. Поэтому, преподаватель обязан проверять всю информацию, полученную с помощью ИИ, на точность и полезность, прежде чем она попадет к студентам, критически оценивать полученные результаты и подтверждать их другими источниками, убедиться, что предоставленный материал является живым, актуальным, интересным, информационным, способным расширить возможности обучающихся.

Интересной особенностью и в то же время недостатком работы с ChatGPT является то, что он чувствителен к манере общения. На вежливые и грамотно составленные запросы, содержащие приветствия и благодарности за помощь, чат-бот может выдать более полный ответ, а при некоторых формулировках он может утверждать, что ответа не знает. Преподаватели и студенты должны учитывать такие особенности взаимодействия для более эффективной работы.

На сегодняшний день искусственный интеллект оправдывает человеческие ожидания. Одно из главных преимуществ – это доступность двадцать четыре часа в сутки.

Современные исследования показывают, что использование чат-ботов в качестве помощника при изучении иностранного языка позволяет повысить интерес обучающихся к процессу освоения лексики, способствует развитию логического и ассоциативного мышления.

**СОВРЕМЕННЫЕ СТРАТЕГИИ В ОБУЧЕНИИ ВОСПРИЯТИЮ
И ПОНИМАНИЮ ИНОЯЗЫЧНОЙ РЕЧИ НА СЛУХ**
**MODERN STRATEGIES IN TEACHING LISTENING COMPREHENSION
AND UNDERSTANDING OF FOREIGN LANGUAGE SPEECH**

Т. А. Суринт
T. A. Surint

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
Минск, Республика Беларусь

tatsi.mur@gmail.com

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus

Теперь вступительные экзамены в университет, выпускные экзамены, а так же другие экзамены часто включают компонент аудирования, признавая, что навыки аудирования являются основным компонентом владения вторым языком, а также отражая предположение, что если аудирование не проверяется, то учителя не будут его преподавать. Современные взгляды на аудирование подчеркивают роль слушателя, который рассматривается как активный участник аудирования, использующий стратегии для облегчения, контроля и оценки своего аудирования. Слушание как понимание – это традиционный взгляд на природу аудирования. Мы рассмотрим этот взгляд на аудирование несколько подробнее, а затем рассмотрим дополняющий его взгляд на аудирование как приобретение. Чтобы понять природу процессов аудирования, нам необходимо рассмотреть некоторые характеристики разговорного дискурса и особые проблемы, которые они ставят перед слушателями. Степень преобладания того или другого зависит от знакомства слушателя с темой и содержанием текста, плотности информации в тексте, типа текста и цели слушания. Примером первых могут служить ситуации, в которых прослушивание с целью извлечения информации является основным видом аудирования, например, прослушивание лекций, объявлений, презентаций и т. д.

Now, university entrance exams, exit exams, and other examinations often include a listening component, acknowledging that listening skills are a core component of second language proficiency, and also reflecting the assumption that if listening isn't tested, teachers won't teach it. Current views of listening emphasize the role of the listener, who is seen as an active participant in listening, employing strategies to facilitate, monitor, and evaluate his or her listening. Listening as comprehension is the traditional way of thinking about the nature of listening. We will examine this view of listening in some detail before considering a complementary view of listening as acquisition. To understand the nature of listening processes, we need to consider some of the characteristics of spoken discourse and the special problems they pose for listeners. The extent to which one or the other dominates depends on the listener's familiarity with the topic and content of a text, the density of information in a text, the text type, and the listener's purpose in listening. Examples of the former are situations where listening to extract information is the primary focus of listening, such as listening to lectures, announcements, sales presentations, etc.

Ключевые слова: стратегии, обучение, аудирование, понимание, разговорный дискурс, реструктуризация, комплексификация, межкультурная компетенция.

Keywords: strategies, learning, listening, comprehension, spoken discourse, restructuring, complexification, intercultural competence.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-376-380>

В последние годы преподавание аудирования вызывает больший интерес, чем в прошлом. Теперь вступительные экзамены в университеты, выпускные экзамены и другие экзамены часто включают компонент аудирования, признавая, что навыки аудирования являются основным компонентом владения вторым языком, а также отражая предположение, что если аудирование не проверяется, то учителя не будут его преподавать.

Согласно более ранним взглядам на аудирование, оно представляет собой овладение отдельными навыками или микронавыками, такими как распознавание уменьшительных форм слов, распознавание связующих элементов в текстах и определение ключевых слов в тексте, и именно на этих навыках должно быть сосредоточено обучение. Более поздние взгляды на аудирование опирались на когнитивную психологию, которая ввела понятия «обработка снизу вверх» и «обработка сверху вниз» и обратила внимание на роль предварительных

знаний и схем в понимании. Слушание стало рассматриваться как интерпретационный процесс. В то же время такие направления, как анализ дискурса и разговорный анализ, открыли много нового о природе и организации устного дискурса и привели к осознанию того, что чтение письменных текстов вслух не может служить подходящей основой для развития способностей, необходимых для обработки аутентичного дискурса в реальном времени. Таким образом, современные взгляды на аудирование подчеркивают роль слушателя, который рассматривается как активный участник аудирования, использующий стратегии для облегчения, контроля и оценки своего аудирования.

В последние годы аудирование изучается не только в связи с пониманием, но и в связи с изучением языка. Поскольку аудирование может обеспечить большую часть входных данных, которые учащиеся получают в процессе изучения языка, важным вопросом является: как внимание к языку, который слышит слушатель, может способствовать изучению второго языка? В связи с этим возникает вопрос о том, какую роль играет «замечание» и осознанное понимание языковой формы, и как замечание может стать частью процесса, с помощью которого учащиеся могут включать новые формы слов и структуры в свою развивающуюся коммуникативную компетенцию.

Подходы к обучению говорению подверглись более сильному влиянию причуд и моды, чем обучение аудированию. «Говорение» в традиционных методиках обычно означало повторение за учителем, заучивание диалога или отработку упражнений - все это отражало основанное на предложениях представление о владении языком, преобладавшее в аудиолингвальных и других методиках, основанных на тренировке или повторении, в 1970-х годах. Появление коммуникативного обучения языку в 1980-х годах привело к изменению взглядов на учебные планы и методику, которые продолжают формировать подходы к обучению навыкам говорения и сегодня. На смену грамматическим учебным планам пришли коммуникативные, построенные на понятиях, функциях, навыках, заданиях и других неграмматических единицах организации. Беглость речи стала целью курсов разговорной речи, и ее можно было развить с помощью заданий с информационным пробелом и других заданий, которые требовали от учащихся попыток реального общения, несмотря на ограниченное владение английским языком. При этом учащиеся развивали коммуникативные стратегии и участвовали в обсуждении смысла, что считалось необходимым для развития навыков устной речи.

Понятие английского как международного языка также заставило пересмотреть понятие коммуникативной компетенции и включить в него межкультурную компетенцию. Это смещает акцент на обучение общению в межкультурной среде, где нормы общения с носителем языка могут не быть приоритетными. В то же время сегодня признается, что модели устного взаимодействия в учебных материалах не могут основываться только на интуиции авторов учебников, а должны опираться на результаты анализа разговорной и реальной речи.

Слушание как понимание

Слушание как понимание – это традиционный способ представления о природе аудирования. Действительно, в большинстве методических пособий аудирование и понимание на слух являются синонимами. Такой взгляд на аудирование основан на предположении, что основная функция аудирования при изучении второго языка - облегчить понимание разговорного дискурса. Мы рассмотрим этот взгляд на аудирование несколько подробнее, прежде чем приступить к рассмотрению дополнительного взгляда на аудирование - аудирование как приобретение. Этот последний взгляд на аудирование рассматривает, как аудирование может обеспечить ввод, который запускает дальнейшее развитие владения вторым языком.

Характеристики разговорного дискурса

Чтобы понять природу процессов аудирования, нам необходимо рассмотреть некоторые характеристики устного дискурса и особые проблемы, которые они ставят перед слушателями. Устный дискурс сильно отличается от письменного, и эти различия могут добавить ряд аспектов к нашему пониманию того, как мы обрабатываем речь. Например, устный дискурс обычно мгновенен. Слушателю приходится обрабатывать ее в режиме «онлайн», и часто нет возможности прослушать ее еще раз.

Часто разговорная речь кажется слушателю второго языка очень быстрой, хотя темп речи значительно варьируется. Радиомонолог может содержать 160 слов в минуту, в то время как разговор может состоять из 220 слов в минуту. Впечатление более быстрой или более медленной речи обычно возникает из-за количества внутриклаузульных пауз, которые используют говорящие. В отличие от письменного дискурса, разговорный дискурс обычно не планируется и часто отражает процессы построения, такие как колебания, сокращенные формы, заполнители и повторы.

Разговорный дискурс также описывается как имеющий линейную структуру, в отличие от иерархической структуры письменного дискурса. В то время как единицей организации письменного дискурса является предложение, разговорный язык обычно передается по одному предложению за раз, а более длинные высказывания в разговоре обычно состоят из нескольких скоординированных предложений. Кроме того, разговорные тексты часто зависят от контекста и несут личный характер, предполагая наличие общих фоновых знаний. Наконец, разговорные тексты могут произноситься с различными акцентами - стандартными или нестандартными, региональными, неродными и так далее.

Понимание разговорного дискурса: обработка снизу вверх и сверху вниз

В понимании разговорного дискурса участвуют два разных типа процессов. Их часто называют процессами «снизу вверх» и «сверху вниз».

Обработка снизу вверх

Обработка «снизу вверх» означает использование входящих данных в качестве основы для понимания сообщения. Понимание начинается с полученных данных, которые анализируются как последовательные уровни организации - звуки, слова, фразы, предложения, тексты - до тех пор, пока не будет извлечен смысл. Понимание рассматривается как процесс декодирования.

Лексическая и грамматическая компетенция слушателя в языке обеспечивает основу для обработки информации снизу вверх. Входные данные проверяются на наличие знакомых слов, а грамматические знания используются для определения отношений между элементами предложений. Резюмируем этот взгляд на аудирование следующим образом:

1. Слушатели воспринимают необработанную речь и хранят фонологическое представление о ней в рабочей памяти.

2. Они сразу же пытаются разложить фонологическое представление на составляющие, определяя их содержание и функцию.

3. Они идентифицируют каждую составляющую и затем строят базовые предложения, постоянно выстраивая иерархическое представление предложений.

4. Определив пропозиции для составляющей, они сохраняют их в рабочей памяти и в какой-то момент очищают память от фонологического представления. При этом они забывают точную формулировку и сохраняют смысл.

Учащимся необходим большой словарный запас и хорошее знание структуры предложения, чтобы обрабатывать тексты снизу вверх. Упражнения, направленные на развитие восходящей обработки, помогают учащимся выполнять следующие действия:

1. Сохранять вводимые данные во время их обработки.

2. Распознавать деление на слова и пункты.

3. Узнавать ключевые слова.

4. Распознавать ключевые переходы в дискурсе.

5. Распознавать грамматические отношения между ключевыми элементами в предложениях.

6. Использовать ударение и интонацию для определения функций слов и предложений.

Многие традиционные виды аудирования в классе направлены в первую очередь на обработку информации «снизу вверх». Такие упражнения, как диктовка, аудирование по слогам, использование вопросов с несколькими вариантами ответов после текста и другие, требуют внимательного и детального распознавания и обработки входных данных. Они предполагают, что все, что слушателю необходимо понять, содержится в исходном материале.

Обработка «сверху вниз» означает использование фоновых знаний для понимания смысла сообщения. В то время как обработка «снизу вверх» идет от языка к смыслу, обработка «сверху вниз» идет от смысла к языку. Фоновые знания, необходимые для нисходящей обработки, могут быть предыдущими знаниями о теме дискурса, ситуативными или контекстуальными знаниями или знаниями в виде «схем» или «сценариев» - планов относительно общей структуры событий и отношений между ними.

Большая часть наших знаний о мире состоит из знаний о конкретных ситуациях, о людях, с которыми можно столкнуться в таких ситуациях, об их целях и задачах, а также о том, как они обычно их выполняют. Точно так же мы знаем о тысячах тем и понятий, связанных с ними значениях и связях с другими темами и понятиями. Применяя эти предварительные знания о предметах, понятиях, людях и событиях к конкретному высказыванию, понимание часто может идти сверху вниз. Собственно услышанный дискурс используется для подтверждения ожиданий и уточнения деталей.

Если слушатель не в состоянии использовать нисходящую обработку, высказывание или дискурс могут быть непонятны. Сама по себе обработка «снизу вверх» часто не обеспечивает достаточной основы для понимания.

Упражнения, требующие обработки информации сверху вниз, развивают способность учащегося делать следующее:

1. Использовать ключевые слова для построения схемы дискурса.

2. Делать вывод об обстановке в тексте.

3. Делать вывод о роли участников и их целях.

4. Делать выводы о причинах и следствиях.

5. Высказывать предположения о неуставленных деталях ситуации.

6. Предвосхищать вопросы, связанные с темой или ситуацией.

Следующие виды деятельности развивают навыки слушания «сверху вниз»:

1. Студенты составляют набор вопросов, которые они ожидают услышать по теме, а затем слушают, чтобы узнать, получают ли они ответы.

2. Студенты составляют список того, что они уже знают о теме, и того, о чем хотели бы узнать больше, а затем слушают и сравнивают.

3. Студенты читают часть разговора одного говорящего, предсказывают часть разговора другого, затем слушают и сравнивают.

4. Студенты читают список ключевых моментов, которые должны быть затронуты в выступлении, а затем слушают, чтобы понять, какие из них упоминаются.

5. Учащиеся слушают часть рассказа, дописывают концовку, затем слушают и сравнивают концовки.

6. Учащиеся читают заголовки новостей, догадываются, что произошло, затем слушают полные тексты новостей и сравнивают.

Сочетание восходящего и нисходящего аудирования на уроке аудирования

При прослушивании в реальном мире, как правило, происходит совместная обработка информации по принципу «снизу вверх» и «сверху вниз». Степень преобладания того или другого зависит от знакомства слушателя с темой и содержанием текста, плотности информации в тексте, типа текста и цели прослушивания.

Типичный урок в современных учебных материалах состоит из трех частей, включающих предварительное прослушивание, прослушивание во время прослушивания и последующее прослушивание, и содержит задания, связывающие восходящее и нисходящее прослушивание. Этап предварительного прослушивания готовит учащихся к обработке информации как «сверху вниз», так и «снизу вверх» с помощью упражнений, включающих активизацию предыдущих знаний, составление прогнозов и обзор ключевой лексики. Фаза «Во время прослушивания» направлена на развитие понимания с помощью упражнений, требующих выборочного прослушивания, восприятия сути, установления последовательности и т. д.

Этап после прослушивания обычно включает в себя ответ на вопрос о понимании и может потребовать от учащихся высказать свое мнение по теме. Однако он может включать и восходящую работу, если преподаватель и слушатели подробно изучают текст или его части, уделяя внимание тем разделам, которые учащиеся не смогли проследить. Это может включать микроанализ фрагментов текста, чтобы учащиеся могли распознать такие особенности, как смещение, сокращение слов, эллипсис и другие особенности устной речи, которые они не смогли обработать или распознать.

До сих пор мы рассматривали одну точку зрения на аудирование, а именно аудирование как понимание. Все, что мы обсуждали, основывалось на предположении, что роль аудирования в языковой программе заключается в том, чтобы помочь учащимся развить способность понимать то, что они слушают.

Этот подход к обучению аудированию основан на следующих предположениях:

1. Слушание служит цели извлечения смысла из сообщений.

2. Для этого необходимо научить учащихся использовать как восходящие, так и нисходящие процессы для понимания сообщений.

3. Язык высказываний - точные слова, синтаксис и выражения, - используемые говорящими, являются временными носителями смысла. Как только смысл выявлен, больше нет необходимости обращать внимание на форму сообщений, если только не возникли проблемы с пониманием.

4. Обучение стратегиям аудирования может помочь учащимся стать более эффективными слушателями.

Задания, используемые в учебных материалах, позволяют слушателям распознавать общий, конкретный или подразумеваемый смысл высказываний и действовать в соответствии с ним. К таким заданиям относятся задания на установление последовательности, понимание истинного и ложного смысла, определение картинок, подведение итогов, диктофонная запись, а также задания, направленные на развитие эффективных стратегий аудирования. Хотя иногда используется так называемое «дискриминативное аудирование» (т. е. аудирование с целью различения слуховых стимулов), оно обычно преподается как начальный этап процесса аудирования, конечной целью которого является понимание.

При восприятии на слух обычно не используются задания, требующие точного распознавания и запоминания слов, синтаксиса и выражений, которые встречаются в исходном материале. К таким видам деятельности относятся диктанты, упражнения на запоминание и выявление различий между устным и письменным текстом. Подобные задания часто не рекомендуются, поскольку они направлены на восприятие слов на слух (восходящее аудирование), а не на восприятие смысла (нисходящее аудирование).

Мало кто поставит под сомнение только что описанный подход к обучению аудированию, когда основное внимание уделяется аудированию как пониманию. Однако была предложена еще одна важнейшая роль аудирования в языковой программе, а именно его роль в содействии овладению вторым языком.

Однако для развития языка необходимо нечто большее, чем просто замечать особенности входного материала. Учащийся должен попытаться включить новые языковые элементы в свой языковой репертуар, то есть использовать их в устной речи. Это включает в себя процессы, которые по-разному называют реструктуризацией, комплексификацией и производством растянутой продукции.

Итак, как же влияет такой взгляд на роль аудирования в изучении языка на преподавание аудирования? Можно предположить сначала провести различие между ситуациями, в которых уместной целью обучения является только понимание, и ситуациями, в которых уместным является понимание плюс приобретение. Примерами первых могут служить ситуации, когда аудирование направлено на извлечение информации, например, прослушивание лекций, объявлений, презентаций и т. д., и ситуации, когда аудирование выполняет в основном транзакционную функцию, например, при обслуживании.

В других случаях, однако, курс аудирования может быть частью общего курса английского языка или связан с курсом разговорной речи, и в этих ситуациях в центре внимания должны быть как аудирование как понимание, так и аудирование как приобретение. Тогда тексты и материалы для аудирования можно использовать, во-первых, как основу для понимания, а во-вторых, как основу для усвоения.

Какие стратегии работы в классе подходят для этапа «аудирование как приобретение»? Можно предложить цикл учебных занятий, состоящий из двух частей:

1. Заметные действия

2. Мероприятия по реструктуризации

Работа с замечаниями предполагает возвращение к текстам для аудирования, которые послужили основой для работы над пониманием, и использование их в качестве основы для осознания языка.

Работа по реструктуризации – это устные или письменные задания, которые предполагают продуктивное использование отдельных элементов из прослушанного текста. К таким заданиям можно отнести:

1. Парное чтение магнитофонных скриптов в случае разговорных текстов;
2. Письменные задания на заполнение предложений, требующие использования выражений и других языковых средств, встречающихся в текстах;
3. Диалоговая практика, включающая элементы из текста;
4. Ролевые игры, в которых студенты должны использовать ключевые слова из текстов.

В заключение можно отметить, что курсы по развитию навыков аудирования и говорения занимают важное место в языковых программах по всему миру. Постоянно растущие потребности в свободном владении английским языком во всем мире, обусловленные ролью английского языка как международного языка, придают приоритет поиску более эффективных способов обучения английскому языку. Поэтому сейчас самое время пересмотреть наши нынешние представления и практику преподавания этих важнейших языковых навыков.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗВИТИЯ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ У СТУДЕНТОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВУЗА

APPLICATION OF CRITICAL THINKING TECHNOLOGY AMONG ENVIRONMENTAL STUDENTS

Г. В. Третьяк, А. И. Тюрдеева

G. Tretyak, A. Turdeeva

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
kfl@iseu.by*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

Данная статья посвящена технологии развития критического мышления на занятиях английского языка у студентов экологического ВУЗа, поскольку критическое мышление помогает критически относиться к любым утверждениям, быть открытым к новым идеям и выборам. Современная жизнь требует мышления высокого уровня, общения, способности адаптироваться в общественных и интеллектуальных ситуациях. Критическое мышление – это навык, который успешно развивается при применении данной технологии.

This article is devoted to the technology of critical thinking development in English classes for students of an environmental university, since critical thinking helps to be critical of any statements, to be open to new ideas and choices. Modern life requires high-level thinking, communication, and the ability to adapt to social and intellectual situations. Critical thinking is a skill that is successfully developed when using this technology.

Ключевые слова: оценка информации, анализ, критическое мышление, стратегии развития, источник информации, формирование навыков, внимание.

Keywords: information assessment, analysis, critical thinking, development strategies, information source, skills formation, attention.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-380-383>

В современном мире человеку важно не только владеть информацией, но и уметь критически ее оценивать, осмысливать и применять. Когда он сталкивается с проблемой, он использует первое пришедшее в голову решение – оно импульсивное и, скорее всего, не опирается на проверенные факты. Как показывает практика, чаще всего проблему нельзя решить мгновенно. Приходится пробовать второй, третий, четвёртый способы ее решения. Если все они будут такими же спонтанными, как и первый, на решение проблемы уйдёт много сил и времени. В таких случаях и может помочь критическое мышление. Критическое мышление – это естественный способ взаимодействия с идеями и информацией. Используя его, человек не стремится решить проблему быстро, наоборот – он сначала её оценивает и только потом действует.

Чтобы понять, как развивать критическое мышление, важно знать, как устроен процесс мышления. Нагляднее всего это объясняет концепция о двух системах мышления психолога Даниэля Канемана.

Система 1. Быстрое, автоматическое мышление, лишённое контроля. Система не требует, чтобы человек прилагал усилия и был внимательным. Это совокупность готовых шаблонов, которые мозг использует при столкновении с проблемой.

Система 2. Медленное мышление. Чтобы его использовать, нужно сфокусироваться на вопросе, приложить усилия для анализа ситуации, найти новое решение и оценить его результативность.

Можно сказать, что критическое мышление – это осознанное включение системы 2.

Критическое мышление – это совокупность знаний и навыков, которые позволяют оценивать информацию, видеть альтернативы и анализировать их плюсы и минусы, чтобы принимать эффективные решения. Критическое мышление – это постоянный поиск ответов на вопросы:

- Как именно я отбираю и оцениваю информацию?
- Насколько эффективны мои решения?
- Как сделать решения более эффективными?
- Умею ли я менять угол зрения и смотреть на проблему по-другому?
- Осознаю ли я то, чего не знаю?
- Рефлексирую ли я о том, что делаю?

Цель технологии развития критического мышления – развитие мыслительных навыков студентов, необходимых не только в учебе, но и в обычной жизни (умение принимать взвешенные решения, работать с информацией, анализировать различные стороны явлений и т.п.). Основа этой технологии подразумевает трехфазную структуру занятия: вызов, осмысление, рефлексия. Задачи фазы вызова (пробуждение интереса к предмету):

- актуализировать имеющиеся у учащихся знания и смыслы в связи с изучаемым материалом;
- пробудить познавательный интерес к изучаемому материалу;
- помочь студентам самим определить направление в изучении темы.

Задачи фазы реализации смысла (осмысление материала во время работы над ним):

- помочь активно воспринимать изучаемый материал;
- помочь соотнести старые знания с новыми.

Задачи фазы рефлексии (обобщение материала, подведение итогов):

- помочь студентам самостоятельно обобщить изучаемый материал;
- помочь самостоятельно определить направления в дальнейшем изучении материала.

Формы и средства развития критического мышления:

- сбор данных;
- анализ текстов;
- сопоставление альтернативных точек зрения;
- коллективное обсуждение;
- различные виды парной и групповой работы;
- дебаты;
- дискуссии.

Роль преподавателя в технологии развития критического мышления:

- направляет усилия студентов в определенное русло;
- сталкивает различные суждения;
- создает условия, побуждающие к принятию самостоятельных решений;
- дает студентам возможность самостоятельно делать выводы;
- подготавливает новые познавательные ситуации внутри уже существующих [1].

Критическое мышление – это важный навык как для учебы, так и для работы или личной жизни, который не всегда является автоматическим. Чтобы добиться успеха, необходимо научиться критически мыслить. Критическое мышление отличается от повседневного мышления, которое определяет наши убеждения и ценности. Оно более рефлексивно и независимо, чем обычное мышление, и требует от нас использования таких стратегий, как концептуализация, анализ, синтез и оценка информации, собранной в процессе критического мышления.

Критическое мышление в конечном итоге классифицируется нашим собственным образом мышления и не зависит от того, как, по нашему мнению, другие люди хотят, чтобы мы думали. Мышление – это то, что мы, естественно, делаем каждый день. Это позволяет нам принимать как небольшие решения, например, что поесть на обед, так и более важные решения, например, какую программу обучения изучать в университете.

Критическое мышление, с другой стороны, позволяет нам вывести обычное мышление на новый уровень. Чтобы мыслить критически, человеку необходимо обладать определенными навыками, позволяющими находить аргумент, решение, идею или мысль.

Критическое мышление – это искусство фильтрации информации для принятия непредвзятого, логического решения, которое направляет лучшие мысли и действия, это состояние ума, а не инструмент или стратегия. Критическое мышление учит обрабатывать полученную информацию и понимать, что каждый человек подвержен когнитивным искажениям. Когнитивные искажения – ошибки мышления, которые допускают люди, опираясь на субъективный опыт, а не на факты.

Студенты учатся обходить ловушки мозга, анализировать информацию, принимать продуманные решения и защищать свою точку зрения.

Этапы развития критического мышления:

1. Знакомство с инструментами — анализом информации, методами генерации решений, проверкой гипотез, претворением их в жизнь, аргументацией.

2. Переход теории в навыки. Чем регулярнее человек использует знакомые методы критического мышления и открывает новые инструменты, тем разнообразнее его опыт и крепче навыки.

3. Формирование мировоззрения. Этап постоянного обучения. Человек соотносит факты с реальностью и проверяет события на достоверность. Он готов пересмотреть собственные взгляды, если подлинность подтвердится в источниках.

Человек не рождается с критическим мышлением — напротив, это навык, который он приобретает и развивает в течение жизни. Есть несколько способов понять, насколько он развит:

— Собрать обратную связь от окружающих — попросить оценить, как человек мыслит, как формирует умозаключения, как говорит о проблемах и как их решает.

— Пройти тесты. Они состоят из вопросов на логику, анализ информации, проверку гипотез. Если тест показал, что критическое мышление развито, это ещё не значит, что так будет всегда. Критическое мышление — навык, который так же легко потерять, как и любой другой. Поэтому его нужно постоянно тренировать [2].

Для развития навыков критического мышления необходимо изучать технологии, которые помогут структурировать мысли и прийти к логическим выводам, поэтому на практических занятиях по английскому языку применяются следующие методы: метод критических вопросов, «Пять почему», диаграмма Исикавы, мозговой штурм, метод заголовков, «Шесть шляп», метод параллелей.

Рефлексия — самый простой в реализации способ. Всё, что нужно сделать, это сфокусироваться на проблеме и задать вопросы: кто? что? как? когда? почему? где? Для поиска решений используют креативные методики, например, метод ассоциаций помогает устанавливать связи между объектами. Ассоциации обращены к чувствам, эмоциям, пережитому опыту. Суть метода в том, чтобы составить список ассоциаций, которые первые пришли в голову, и на их основе придумать идею. Критическое мышление — это навык, который можно развить, выполнив следующие семь шагов.

Семиэтапный процесс критического мышления полезен для принятия сложных решений в областях, с которыми вы менее знакомы. Большинству из нас уже приходилось критически мыслить в какой-то момент нашей жизни. Но теперь, когда вы осознаете важность критического мышления, вы можете задаться вопросом, как можно улучшить эти навыки.

1. Задавать простые вопросы и подвергать сомнению основные предположения.

Чтобы начать свой путь критического мышления, необходимо задать основные вопросы о чем-то — идее, мысли, теории и т. д. Что включает в себя теория? Кто верит в эту теорию? Когда это произошло? Затем поставить под сомнение основные предположения об этом мнении или идее. В общем, посмотреть на другую сторону. Что думают по этому поводу другие люди? Это поможет увидеть общую картину чего-либо, прежде чем разбирать ее на части.

2. Оценить уже существующие доказательства.

Следующий шаг — всегда смотреть на уже существующие доказательства, подтверждающие тот или иной аргумент, а затем оценивать их. Большую часть времени нам предоставляют фрагмент заголовка, цитату и т. д., и мы сразу же формируем мнение по этому поводу.

3. Заставить себя мыслить критически.

Следующий шаг — думать самостоятельно, формулировать свои собственные аргументы, не поддаваясь влиянию мнения другого человека

4. Быть в курсе своих мыслительных процессов.

Нужно осознать свои собственные предубеждения. Наш мозг всегда ищет кратчайший путь к ответу, вместо того чтобы разобраться, как мы к нему пришли.

5. Искать распространенные ошибки мышления.

Анализируя собственный мыслительный процесс, необходимо обратить внимание на распространенные ошибки мышления, которые возникают, когда кто-то формулирует свои аргументы.

6. Развивать стратегии.

Помимо всех этих стратегий, существуют и другие конкретные стратегии, которые помогут вам мыслить критически. Важно тренировать свое внимание. В современном мире мы часто отвлекаемся и выполняем несколько задач одновременно. Всегда необходимо использовать доказательства для подтверждения своих аргументов. Определите, чего не хватает: ни один аргумент не является полностью тщательным; если бы это было так, не было бы причин продолжать обсуждение проблем.

7. Практиковать упражнения на критическое мышление.

Отличный способ проверить свои навыки критического мышления — это выполнить упражнение на критическое мышление. Примером может быть посещение дискуссионного клуба, дебаты на занятии.

Существует пять техник, которые помогут научиться и усовершенствовать критическое мышление. Возможно использовать их в сочетании с процессом критического мышления или как способ улучшить свои собственные навыки критического мышления.

1. Аналитическое мышление.

Аналитическое мышление — это сбор и разбиение информации на небольшие фрагменты, которые помогают ее понять. Чтобы использовать его для критического мышления: четко объясните, зачем вам нужна эта информация. Это значит признать свои ограничения и использовать дальновидность для их преодоления. Собрать информацию из как можно большего количества источников: экспертов, подкастов, соответствующей литературы

и любого другого источника, перефразировать вопросы несколько раз, чтобы получить разные точки зрения на имеющиеся данные и, возможно, прийти к разным решениям. После этого разбить данные на фактические подмножества и соотнести каждое из них с рассматриваемой проблемой. Важно думать на бумаге, чтобы установить новые связи, писать и составлять интеллект-карты или использовать электронные таблицы. Данные, представленные визуально, помогут установить новые связи и понять возникающие закономерности.

2. Общение.

Коммуникация – ключевой метод критического мышления, поскольку он дает доступ к мыслям окружающих людей. Данные можно передавать с помощью аудио- и визуальных средств, а во многих случаях – посредством внимательного наблюдения за языком тела: спросить разные точки зрения и искать обоснование одного и того же. Перефразировать точку зрения преподавателя и попросить подтверждения. Это позволит уделить все внимание и использовать полученные данные для критического мышления. На занятиях тонкие сигналы общения передаются языком тела других студентов. Незаметное хмурое выражение лица, легкий кивок, постукивание карандашом и т. д. – все это даст подсказку о том, о чем они на самом деле думают, на тот случай, если их действия не совпадают со словами.

Активное наблюдение и участие в общении помогает понять, что делать с передаваемой информацией. Это дает ключ к общему мнению по обсуждаемой теме и открывает новые возможности. Информация, которую можно получить посредством такого общения, будет иметь неоценимое значение для критического мышления и принятия целостного и беспристрастного решения.

3. Креативность.

Критическое мышление – это искусство, и, как и в любой другой форме искусства, его жизненной силой является творчество. Чтобы научиться критическому мышлению, необходимо включить в этот процесс элементы творчества. При проведении мозгового штурма на занятии, можно собрать данные и свести их в виде красочных, привлекательных диаграмм, графиков и интеллектуальных карт. Это простое упражнение заставляет разум объединять данные разными способами и представлять их таким образом, чтобы можно было прийти к множеству уникальных выводов, что дает возможность выбрать лучший из них. Например, изучение иностранного языка способствует созданию новых нейронных связей.

4. Открытость.

Никто не может мыслить критически, не будучи предварительно непредубежденным. Именно так мы узнаем о других идеях, аргументах, мнениях и точках зрения и принимаем их во внимание, думая самостоятельно. В университете это может быть тот случай, когда вы работаете над групповым проектом и думаете, что ваш путь – лучший способ его реализовать. Но, проявив непредвзятость, можно научиться другим шагам, чтобы достичь того же результата.

5. Решение проблем.

Отличный способ решения проблем (одна из основных целей критического мышления) – это применять мощные методы решения проблем каждый раз, когда мы сталкиваемся с проблемой. Один из способов сделать это – записать все свои проблемы и написать «почему» в начале. Это поможет вам увидеть ваши проблемы, чтобы вы могли найти корень проблемы, а затем найти лучшее решение [3].

Учитывая все это, важно помнить, что мы не можем постоянно мыслить критически. Но умение мыслить критически, особенно будучи студентом высшего учебного заведения, поможет не только лучше выполнять задания, но и подготовит к взаимодействию со внешним миром, где люди не будут думать о вещах так же, как вы.

Применение технологии развития критического мышления на практических занятиях по английскому языку способствует формированию следующих навыков у студентов:

- формировать собственное мнение;
- совершать обдуманный выбор между различными мнениями;
- решать проблемы;
- аргументировано спорить;
- ценить совместную работу, в которой возникает общее решение;
- уметь оценить чужую точку зрения и сознавать, что восприятие человека и его отношение к любому вопросу формируется под влиянием многих факторов.

Критическое мышление позволяет формировать собственное мнение, приводить собственные аргументы и оценивать собственную работу. В мире, где мы постоянно находимся под влиянием внешних источников, критическое мышление может позволить развиваться и учиться у других, поскольку мы ставим под сомнение наши собственные убеждения и ценности, а также убеждения и ценности других.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быкова, А. С. Современные тенденции в трактовке понятия «критическое мышление» / А. С. Быкова, Н. С. Сахарова, И. К. Кириллова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2021. – № 3. – С. 6-11.
2. Суханова, Н. П. Критическое мышление в системе университетского образования: сценарии внедрения / Н. П. Суханова // Вестник Омского университета. – 2021. – Т. 26, № 4. – С. 57-61.
3. Баранов, А. Ю. Критическое мышление как способ обращения с информацией / А. Ю. Баранов, Т. В. Малкова // Вопросы педагогики. – 2020. – № 3-2. – С. 20-23.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОМЫШЛЕННАЯ И АГРАРНАЯ ЭКОЛОГИЯ, МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ

МОНИТОРИНГ ГЕЛЬМИНТОФАУНЫ МЕЛКИХ ГРЫЗУНОВ, НАСЕЛЯЮЩИХ БЕРЕГА МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ, ПРОХОДЯЩИХ ВДОЛЬ ДОРОГ В БЕЛОРУССКОМ ПОЛЕСЬЕ В. В. Шималов	6
АНАЛИЗ ФЛОРЫ ШАНХАЯ: РАЗНООБРАЗИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВ В ЛАНДШАФТНЫХ ЗОНАХ А. Г. Чернецкая, И. Э. Бученков, Н. П. Стригельская, Чжан Иян.....	9
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРЕССА В ОБЛАСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВЕРМИКОПОСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НАВОЗА ДОМАШНЕГО СКОТА: ОБЗОР Я. Ли, В.О. Лемешевский, С. Л. Максимова	13
НОРМАТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ ДЛЯ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ Н. Н. Цыбулько, И. И. Жукова, Е. В. Алексейчик	16
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТАНОВЛЕНИЯ ФАКТА ПРИЧИНЕНИЯ ВРЕДА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ И РАСЧЕТА РАЗМЕРА ВОЗМЕЩЕНИЯ ВРЕДА, ПРИЧИНЕННОГО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ С. С. Позняк.....	20
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БОЛЬШОЙ ДАФНИИ (<i>DAPHNIA MAGNA</i>) Е. П. Живицкая, А. Г. Сыса, А. К. Галах, А. П. Яковлева	23
ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БИНАРНЫХ СМЕСЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПОДВИЖНОСТЬ БОЛЬШОЙ ДАФНИИ (<i>DAPHNIA MAGNA</i>) Е. П. Живицкая, А. Г. Сыса, А. К. Галах, А. П. Яковлева	27
СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ СИЗОГО ГОЛУБЯ (<i>COLUMBA LIVIA</i> , GM., 1789) В БОБРУЙСКЕ И СЕЛЬСКОМ НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ А. Н. Голуб, И. М. Хандогий, А. В. Хандогий	30
ГОМЕОЗИС КУКУРУЗЫ САХАРНОЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ И. В. Налетов, В. С. Заяц.....	34
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОСТАВА ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ С. И. Пупликов, Е. А. Шушкет	37
ОПЫТ УДМУРТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ПО СОЗДАНИЮ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЛОЩАДКИ ПО БИОПЕРЕРАБОТКЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ И. Л. Бухарина, А. Г. Ковальчук.....	40
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОФИСНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ОТХОДОВ ПРИ ПОМОЩИ Б АЗИДИАЛЬНОГО ГРИБА ТРУТОВИКА ЛАКИРОВАННОГО (<i>GANODERMA LUCIDUM</i>) И. В. Налетов, К. А. Бойко	43

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ХЛОРЕЛЛЫ ОБЫКНОВЕННОЙ <i>CHLORELLA VULGARIS</i> С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА, И ПОСЛЕДУЮЩИМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУСПЕНЗИИ В КАЧЕСТВЕ ВИТАМИННОЙ ПОДКОРМКИ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ	
А. Э. Юницкий, И. В. Налетов, К. А. Бойко	46
АНАЛИЗ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ (БЫТОВОЙ ТЕХНИКИ) В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	
Э. И. Садовская, С. Е. Головатый	49
GIS METHODS FOR ANALYZING AND EVALUATING GREEN GAS EMISSIONS FROM URBAN LANDSCAPES	
Hu Wentao, Aleh Rodzkin, Yan Yutong, Wang Hui	53
СОКРАЩЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ НАЗЕМНЫХ НАСЕКОМЫХ КАК СЛЕДСТВИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КРИЗИСА	
И. В. Стасюк, И. В. Полоско	56
ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ЦЕХА ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА ОТ СЖИГАНИЯ ОТРАБОТАННЫХ ШИН АВТОТРАНСПОРТА	
К. Н. Креськина, Д. С. Барышников, Л. М. Хурнова	60
ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА СТРУКТУРУ ЛИХЕНОЦЕНОЗОВ ПРИДОРОЖНОЙ ЗОНЫ ЛЕСОПАРКОВ Г. ПЕНЗЫ	
О. Н. Федосеев, Г. А. Борисов, А. А. Гунин	64
ФИКСАЦИЯ АЗОТА КЛУБЕНЬКАМИ ГОРОХА ПОСЕВНОГО (<i>PISUM SATIVUM</i> L.) ПРИ ПОМОЩИ АЗОТФИКСИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ	
А. Э. Юницкий, И. В. Налетов, В. С. Заяц	67
АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ФОНОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	
К. М. Мукина, М. Л. Синицкая	71
АМАРАНТ ОВОЩНОЙ <i>AMARANTHUS HYPOCHONDRIACUS</i> L. КАК УНИВЕРСАЛЬНАЯ КУЛЬТУРА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ	
А. Э. Юницкий, Н. С. Зыль, И. В. Налётов	75
АУКСЕТИКИ: ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВИБРОЗАЩИТЫ И ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ В ЭКОДОМАХ	
А. Э. Юницкий, Д. А. Конёк, А. М. Павлюченко, Н. С. Зыль	79
ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИТОИНДИКАТОРА <i>ALLIUM</i> СЕРА КАК ТЕСТ-КРИТЕРИИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОЧВ РАДИОНУКЛИДАМИ	
О. В. Лозинская, Т. П. Сергеева, З.Я. Князева, Е. Т. Титова	83
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСТАТКОВ РАСТЕНИЕВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ <i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>	
П. А. Буглак, В. С. Заяц	87
НАРУШЕННОСТЬ ТОРФЯНИКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПУХОВИЧСКОГО РАЙОНА	
О. Н. Ратникова, И. В. Агейчик	90

МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С СОХРАНЕНИЕМ БАЛАНСА ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЁМОВ	
А. М. Павлюченко, И. В. Налётов, Н. С. Зыль	93
ЧАСТИЦЫ В ВОЗДУХЕ ГОРОДОВ БЕЛАРУСИ	
А. Н. Акимов, А. М. Людчик, Е. А. Мельник, П. Н. Павленко	97
АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДОВ К УЧЕТУ НЕЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА ОТ МЕТЕОУСЛОВИЙ И ПРЕКУРСОРОВ В УРАВНЕНИИ РЕГРЕССИИ	
А. Н. Акимов, А. М. Людчик, П. Н. Павленко, А. Е. Яротов	100
АНАЛИЗ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ В РАМКАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ	
И. В. Акулич, К. М. Мукина	103
СТАБИЛИЗАЦИЯ ЭКСПЛАНТОВ СОРТА ВИНОГРАДА CHARDONNAY В КУЛЬТУРЕ <i>IN VITRO</i>	
М. Д. Марковская, Т. А. Красинская	108
РОЛЬ СРЕДОВЫХ ФАКТОРОВ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ПРЕСНОВОДНЫХ ЛЕГОЧНЫХ МОЛЛЮСКОВ	
А. В. Лукашенок, Д. С. Ляшук, О. А. Бодиловская	111
ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИХ РЕШЕНИЯ	
Н. В. Емельяненко, О. И. Родькин	114
АНАЛИЗ СИСТЕМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
К. В. Боровец, Е. С. Лён	118
ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ <i>IN VITRO</i> ЭКСПЛАНТОВ ДРЕВЕСНЫХ ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОКОПЕРЕНОСИМЫХ ВИРУСОВ КОСТОЧКОВЫХ КУЛЬТУР	
Д. Д. Полейчук, Т. А. Красинская	122
АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СЛАБОАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ	
Д. В. Морозенко, Е. Д. Ремез В. М. Мисюченко	125
АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ОАО «МИНСКИЙ ТРАКТОРНЫЙ ЗАВОД»	
Ю. В. Котковец, Е. С. Лён	129
АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА СРЕДНЕГОДОВОГО, МАКСИМАЛЬНОГО И МИНИМАЛЬНОГО СТОКА РЕКИ ПРИПЯТЬ	
К. М. Мукина, А. Е. Кленовская	132
МОНИТОРИНГ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИИ <i>OXYTROPIS INCLUDENS</i> BASIL. В ЗАПОВЕДНИКЕ «ХАКАССКИЙ»	
Т. В. Леонова, Е. С. Малкова	137
ESG – ПОВЕСТКА – НАША НОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ	
А. А. Ровенская, В. Н. Копиця	140

АНАЛИЗ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	
А. А. Гайдаш, Е. В. Шавяка, В. М. Мисюченко	143
ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ	
П. А. Миренцова, С. Е. Головатый	147
ТОКСИЧНЫЕ ЦВЕТЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В ВОДОЕМАХ И ВОДОТОКАХ БЕЛАРУСИ	
Б. В. Адамович, М. А. Мыслейко	151
ОЦЕНКА ЭЛЕМЕНТОВ ГЕОХИМИЧЕСКОГО БАЛАНСА АГРОЛАНДШАФТОВ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ С РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВОМ (НА ПРИМЕРЕ ПРИГОРОДА ТОМСКА, РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ)	
О. Г. Савичев, Е. Ю. Пасечник	154
ЭЛЕМЕНТЫ УГЛЕРОДНОГО БАЛАНСА МЕЗОТРОФНОГО ОЗЕРА МЯСТРО (НАРОЧАНСКИЕ ОЗЕРА, БЕЛАРУСЬ)	
Ю. К. Верес, Б. В. Адамович	158
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД МИНСКОЙ ОБЛАСТИ БЕЛАРУСИ И АВТОНОМНОГО КРАЯ ВОЕВОДИНА СЕРБИИ	
В. Н. Копица, Я. Агбаба	162
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЫСТРОРАСТУЩИХ КЛОНОВ ИВЫ ДЛЯ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ЗЕМЕЛЬ	
О. Родькин, Е. Урошевич, Д. Станкович, Г. Триван, Б. Крстич	165
ЗАВИСИМОСТЬ ДЛИТЕЛЬНОСТИ МЕЖЛИНОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ ОТ МАССЫ ТЕЛА У МРАМОРНОГО РАКА <i>PROCAMBARUS VIRGINALIS</i>	
Е. А. Улащик, Джун Юй	169
THE CURRENT STATE OF THE <i>PROCAMBARUS CLARKII</i> , (DECAPODA, ASTACIDEA) AQUACULTURE IN CHINA	
Zhu Yu, A. P. Golubev, K. A. Ulashchuk	174
ГИДРОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	
Е. А. Самусик, С. Е. Головатый	177
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОМОНИТОРИНГА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТРАНСФОРМАЦИИ АНТРОМОВ В УСЛОВИЯХ КРУПНЫХ ГОРОДОВ	
В. В. Махнач	181
ПРОЦЕССЫ ТРАНСФОРМАЦИИ БИОМОВ МИНСКА В АНТРОМЫ В ЭПОХУ АНТРОПОЦЕНА	
В. В. Махнач	185

ЯДЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА

ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕЗИЯ-137 В ПОЧВАХ ТАДЖИКИСТАНА	
У. М. Мирсаидов, С. В. Муминов, И. Мирсаидзода, М. З. Ахмедов, М. М. Хакдодов	190
МОНИТОРИНГ РАДОНА НА ТЕРРИТОРИИ ТАДЖИКИСТАНА	
И. Мирсаидзода, С. В. Муминов, С. Рахматшоев, М. А. Зоитова, У. М. Мирсаидов	194

РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПУЧКА НЕЙТРОНОВ 4-ГО КАНАЛА
ЦИКЛИЧЕСКОГО УСКОРИТЕЛЯ Р7-М

А. Е. Овсенёв, М. В. Гладких, Н. В. Смольников, М. Н. Аникин, А. Г. Наймушин, И. И. Лебедев И.В. Ломов 197

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
МАШИН С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Д. М. ИВАНОВ..... 203

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СОЛОДА ОБРАБОТКОЙ ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ
В НЕОДНОРОДНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

В. А. Пашинский, О. В. Бондарчук 208

СПОСОБЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОМАССУ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЕЕ В БИОТОПЛИВО

Ю. М. Шуля, В. А. Пашинский..... 212

ИНЕРЦИОННЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ

А. В. Ющик, В. И. Красовский 215

СНИЖЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПИВА
ЭЛЕКТРОАКТИВАЦИЕЙ ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ

О. В. Бондарчук, В. А. Пашинский, Ю. Н. Селюк 219

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЭМ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ГЕНЕРАЦИИ
ВОДОРОДА В СОЧЕТАНИИ С ВИЭ

А. А. Бохан, В. И. Красовский 223

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
И ТЕХНОЛОГИИ В ОЦЕНКЕ И УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ**

MODELLING NITROGEN AND PHOSPHORUS LOADINGS ORIGINATED FROM LAND USE/COVER
IN EŞEN STREAM BASIN (TÜRKİYE) BY GIS AND REMOTE SENSING

Ç. N. Keskin, H. M. Doğan, F. Keskin, M. A. Koçer, N. Özdemir, A. Demırak 228

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА «ЗЕЛЕНый КОД ИЖЕВСКА»

И. Л. Бухарина, К. Е. Ведерников..... 230

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ПО ВЫБОРУ СПЕЦИАЛИСТА-ПСИХОЛОГА

А. Л. Карпей, Ю. О. Приходько 233

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО ЗАБОЛЕВАНИЯМ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ
В РЕГИОНАХ БЕЛАРУСИ

И. В. Лефанова, Т. В. Смирнова, С. В. Ткаченко 237

ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Л. В. Кулагина, Э. А. Шефер 241

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ ТОЧЕК ДОСТУПА В УЧРЕЖДЕНИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ

М. А. Маньковский, И. В. Лефанова 244

РАЗРАБОТКА И ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ФЛЮОРОГРАФИЙ ОРГАНОВ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ НА НАЛИЧИЕ ПНЕВМОНИИ С. С. Егоров, И. В. Лефанова	247
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ АКТИВНОСТИ CS137 НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЕССКОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА Г. П. Куканков	251
ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УСПЕШНЫХ СПОРТСМЕНОВ В. А. Иванюкович, С. Б. Мельнов, М. В. Грабун, Е. А. Николаенко, С. Е. Тиханович	254
ОРГАНИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ БИОСФЕРЫ П. К. Шалькевич, Д. С. Лавникович, Ю. С. Городная, А. В. Чеменцова	257
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФФУЗИИ В СМЕСИ ИДЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ С УЧЕТОМ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФФУЗИИ ОТ ЭНТРОПИИ СМЕШЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ П. К. Шалькевич, Д. С. Мишлаков, Н. Н. Гринчик	261
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕТРОСПЕКТИВНОЙ ОЦЕНКЕ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК И ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗЛУЧЕНИЯ НА РЕФЕРЕНТНЫЕ ВИДЫ ВОДНОЙ И НАЗЕМНОЙ БИОТЫ В. В. Журавков, А. П. Голубев, О. А. Антонович	264
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ КАК ВЫЗОВ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И МЕХАНИЗМЫ ПАРИРОВАНИЯ Д. А. Мальцева, О. Д. Сафонова, Д. А. Федотов.....	268
ФИЛОСОФСКИЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОСТИ	
АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР НА ФОРМИРОВАНИЕ АГРЕССИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ У ПОДРОСТКОВ Н. А. Козелько, С. И. Пупликов	273
РОЛЬ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В СИСТЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ М. М. Круталевич, О. Н. Онищук, В. И. Аскерко, В. А. Макаренко.....	276
ЗООПСИХОЛОГИЯ ПОВЕДЕНИЯ А. Р. Касьянова, К. Д. Дадько, И. З. Олевская	279
ПСИХОЛОГИЯ ЛИДЕРСТВА Е. А. Губич, А. Н. Кот, И. З. Олевская.....	283
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕДИАКОНТЕНТА В ОБРАЗОВАНИИ Д. Д. Савич, И. З. Олевская	286
ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКЕ В. М. Иванова, О. Н. Онищук, М. М. Круталевич	290

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ КАК НЕОТЪЕМЛЕМЫЙ КОМПОНЕНТ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТАНОВЛЕНИЯ БУДУЩИХ ПЕДАГОГОВ	
В. А. Самойлова, О. К. Горбачева, К. Н. Новожилова	293
ФОРМИРОВАНИЕ И ВОСПИТАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ	
Н. В. Воронцов, И. З. Олевская	296
ПСИХОЛОГИЯ КОНФЛИКТА	
В. Д. Пантюхов, Я. А. Ивашнева, И. З. Олевская.....	300
ON THE ISSUE OF INTRODUCTION TO HUMAN ECOLOGY AS PART OF A PRE-MEDICAL CURRICULUM	
М. М. Bandarenka, L. V. Victorka.....	302
ПСИХОЛОГИЯ ПРЕОДОЛЕНИЯ СТРЕССОВЫХ СИТУАЦИЙ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО МЕГАПОЛИСА	
И. З. Олевская, С. В. Шинкоренко.....	306
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОДЛЕНИЯ ЖИЗНИ И ДОСТИЖЕНИЯ БЕССМЕРТИЯ	
В. М. Рудак, В. Н. Лучина, В. В. Сивуха.....	310
СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БИО-МЕДИЦИНСКОГО ДЕЛА В РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	
Е. А. Гродицкая, В. Н. Лучина, В. В. Сивуха.....	313
РОЛЬ ОБРАЗОВ ПРИРОДЫ В БАЛЕТЕ И. СТРАВИНСКОГО «ВЕСНА СВЯЩЕННАЯ» В ФОРМИРОВАНИИ ЭКОЛОГО-ЭСТЕТИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ ЗРИТЕЛЬСКОЙ АУДИТОРИИ	
Н. П. Ермачёнок, В. Н. Лучина, В. В. Сивуха.....	317
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КОМПЕТЕНТНОСТЬ КАК СРЕДСТВО РЕШЕНИЯ СОЦИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ СТУДЕНТОВ	
А. В. Яцковская, Д. А. Яцкевич, Е.Ю. Жук	321
ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ И ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	
А. П. Секирина, П. А. Миренцова, Е. А. Шушкет, Н. Д. Лепская	324
АНАЛИЗ ПРОФИЛЯ СМЫСЛО-ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ЗНАЧИМОСТИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ЛИЧНОСТИ СОЙСКАТЕЛЯ	
С. Н. Толкач, А. В. Зеленко, О. К. Синякова.....	328
ГЕНЕЗИС МЕТОДИКИ ПИЛАТЕСА КАК ЭКОЛОГООРИЕНТИРОВАННОГО ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО НАПРАВЛЕНИЯ	
М. М. Круталевич, Н. А. Гришанович, О. Н. Онищук, Л. А. Глинчикова, К. А. Илькевич, Е.Л. Матова	332
КРУГЛЫЙ СТОЛ 1 КАФЕДР ЮНЕСКО «АКТУАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ XXI-ГО ВЕКА»	
ДВЕ СТРАНЫ, ОДНА ПУЩА. ЗАГРАДИТЕЛЬНЫЙ ЗАБОР НА ТРАНСГРАНИЧНОЙ ТЕРРИТОРИИ ОКАЗЫВАЕТ НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОСИСТЕМУ БЕЛОВЕЖСКОЙ ПУЩИ	
В. А. Терлецкая, О. С. Бочарова	337

СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ

Т. Е. Казакевич, Л. Хассун, М. Севрук 340

КРУГЛЫЙ СТОЛ 2 «АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ К ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ И МЕЖКУЛЬТУРНОЙ КОММУНИКАЦИИ»

ТРУДНОСТИ В УСВОЕНИИ ЛЕКСИКИ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА (НА ПРИМЕРЕ СОЦИАЛЬНОГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЕЙ)

Н. А. Грицай, Л. А. Кистрина, Е. Г. Устищенко 346

ИНОЯЗЫЧНАЯ ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РАМКАХ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ДИСКУРСА

Т. Г. Ковалева 350

ФОРМИРОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЗАЩИТЫ ЯЗЫКОВОГО ПРОЕКТА

Ю. И. Буткевич 353

РАЗВИТИЕ НАВЫКОВ РЕФЕРИРОВАНИЯ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ (НА ПРИМЕРЕ НЕМЕЦКОГО И ИСПАНСКОГО ЯЗЫКОВ)

М. В. Орлова, И. М. Качан 358

К ВОПРОСУ О МЕТОДАХ ИНТЕНСИВНОГО ОБУЧЕНИЯ РУССКОМУ ЯЗЫКУ КАК ИНОСТРАННОМУ

Г. Л. Стойка, М. О. Филиппович 361

РАЗВИТИЕ КУЛЬТУРНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ПРЕПОДАВАНИЯ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА В ПОЛИКУЛЬТУРНОЙ ГРУППЕ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ

Л. В. Викторко, М. М. Михалевич 364

TRANSITION OF ENVIRONMENTAL EDUCATION TO EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT AT THE UNIVERSITY

N. N. Dovgulevich, N. N. Taletskaya, I. F. Mishkin 368

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧАТ-БОТОВ В ОБУЧЕНИИ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ СТУДЕНТОВ-ЭКОЛОГОВ

Л. Н. Никитина, Т. В. Беяева, Н. М. Левданская 372

СОВРЕМЕННЫЕ СТРАТЕГИИ В ОБУЧЕНИИ ВОСПРИЯТИЮ И ПОНИМАНИЮ ИНОЯЗЫЧНОЙ РЕЧИ НА СЛУХ

Т. А. Суриг 376

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗВИТИЯ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ У СТУДЕНТОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВУЗА

Г. В. Третьяк, А. И. Тюрдеева 380

Научное издание

**«САХАРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ 2024 ГОДА:
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ XXI ВЕКА**

**SAKHAROV READINGS 2024:
ENVIRONMENTAL PROBLEMS
OF THE XXI CENTURY**

Материалы 24-й Международной научной конференции

23–24 мая 2024 г.
г. Минск, Республика Беларусь

В двух частях
Часть 2

В авторской редакции

Компьютерная верстка М. Ю. Мошкова

Дизайн обложки: иллюстрация «Астролог» из второго тома трактата Роберта Флудда
«О космическом двуединстве» (Франкфурт, 1619 год)

Подписано в печать 06.05.24. Формат 60х84 1/8.
Гарнитура Times. Усл. печ. л. 49,9. Тираж 50 экз. Заказ 178.

Республиканское унитарное предприятие
«Информационно-вычислительный центр
Министерства финансов Республики Беларусь».

Свидетельства о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий №1/161 от 27.01.2014, №2/41 от 29.01.2014.
ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск