

Нацыянальная акадэмія навук Беларусі  
Палескі аграрна-экалагічны інстытут



# РЫРОДНАЕ АСЯРОДДЗЕ ПАЛЕССЯ І НАВУКОВА-ПРАКТЫЧНЫЯ АСПЕКТЫ РАЦЫЯНАЛЬНАГА РЭСУРСАКАРЫІСТАННЯ

Зборнік навуковых прац  
XI Міжнароднай навуковай канферэнцыі

11-13 верасня 2024 года  
Брэст, Рэспубліка Беларусь

Брэст  
«Альтэрнатыва»  
2024

ПРЫРОДНАЕ АСЯРОДДЗЕ ПАЛЕССЯ І НАВУКОВА-ПРАКТЫЧНЫЯ АСПЕКТЫ РАЦЫЯНАЛЬНАГА РЭСУРСАКАРЫІСТАННЯ

2024 г.

ISBN 978-985-521-829-7



9 789855 218297



НАЦЫЯНАЛЬНАЯ АКАДЭМІЯ НАВУК БЕЛАРУСІ



ПАЛЕСКІ АГРАРНА-ЭКАЛАГІЧНЫ ІНСТЫТУТ

# **ПРЫРОДНАЕ АСЯРОДДЗЕ ПАЛЕССЯ**

**I НАВУКОВА-ПРАКТЫЧНЫЯ АСПЕКТЫ  
РАЦЫЯНАЛЬНАГА РЭСURСАКАРЫІСТАННЯ**

**Зборнік навуковых прац  
XI Міжнароднай навуковай канферэнцыі**

**11–13 верасня 2024 года**

**Брэст, Рэспубліка Беларусь**

Брэст  
«Альтэрнатыва»  
2024

УДК [502/504+574]+63(476-13)(082)

**Прыроднае асяроддзе Палесся і навукова-практычныя аспекты рацыянальнага рэсурсакарыстання** : зборнік навуковых прац XI Міжнароднай навуковай канферэнцыі (11–13 верасня 2024, г. Брэст, Рэспубліка Беларусь) / Нацыянальная акадэмія навук Беларусі ; Палескі аграрна-экалагічны інстытут ; рэдкал.: М. В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. – Брэст : Альтэрнатыва, 2024. – 256 с. – ISBN 978-985-521-829-7.

У зборніку навуковых прац змешчаны матэрыялы XI Міжнароднай навуковай канферэнцыі «Прыроднае асяроддзе Палесся і навукова-практычныя аспекты рацыянальнага рэсурсакарыстання», прысвечаныя абагульненню нацыянальнага і замежнага вопыта па захаванні ландшафтнай і біялагічнай разнастайнасці ва ўмовах антрапагеннай трансфармацыі асяроддзя, рацыянальнаму выкарыстанню зямельных (глебавых) і водных рэсурсаў рэгіёна, экалагасумяшчальным тэхналогіям у раслінаводстве і выкарыстанні адходаў, а таксама па выпрацоўцы шляхоў вырашэння надзённых праблем Палесся, якія забяспечаць устойлівае сацыяльна-эканамічнае развіццё трансгранічнага рэгіёна.

Выданне адрасавана навукоўцам, спецыялістам сельскай, лясной гаспадарак і органаў аховы навакольнага асяроддзя, выкладчыкам і студэнтам адпаведных спецыяльнасцей УВА.

**Рэдакцыйная калегія:**

М. В. Міхальчук (галоўны рэдактар),  
А. М. Ажгірэвіч, А. А. Волчак, В. Т. Дзямянчык, Л. М. Іёвік, М. А. Пастухова,  
А. А. Брыль (адказны сакратар)

ISBN 978-985-521-829-7

© Палескі аграрна-экалагічны інстытут  
НАН Беларусі, 2024  
© Афармленне. ПВГУП «Издательство  
Альтэрнатыва», 2024

## ЗМЕСТ

## НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

<b>Ю. А. Бровка, В. И. Мельник, И. В. Буяков</b> ОЦЕНКА ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ ПОЛЕССКОГО РЕГИОНА В ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ .....	8
<b>А. А. Волчек</b> ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ .....	13
<b>Ю. С. Давидович, А. Н. Червань</b> ТИПОЛОГИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕОСИСТЕМ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННЫХ СЪЕМОК .....	17
<b>Я. К. Еловичева</b> ФИТОРАЗНООБРАЗИЕ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЗНАЧЕНИЯ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ПРОШЛОМ .....	20
<b>Л. Н. Иовик, А. Н. Ажгиревич, М. М. Дашкевич</b> СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ИСТОЧНИКА ЭМИССИИ.....	27
<b>Г. А. Камышенко</b> ТЕПЛО- И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ В ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД .....	31
<b>А. П. Колбас, Н. Ю. Колбас, П. В. Качанович, М. О. Кайдалова, Т. И. Новикова, М. М. Дашкевич</b> ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ САДОВЫХ АГРОЭКОСИСТЕМ БРЕСТСКОГО РЕГИОНА .....	36
<b>Н. Ю. Колбас, А. П. Колбас, М. М. Дашкевич, А. М. Подлужная</b> ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ КАДМИЯ В ПЛОДАХ И ЛИСТЬЯХ <i>FRAGARIA VESCA</i> L. ....	39
<b>Б. В. Курзо, О. М. Гайдукевич, А. И. Сорокин</b> НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДОБЫЧИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САПРОПЕЛЕВЫХ ЛЕЧЕБНЫХ ГРЯЗЕЙ	43
<b>А. Н. Лицкевич, М. В. Гришко, М. О. Кайдалова, Л. А. Кутаева, О. Е. Чезлова</b> ВЛИЯНИЕ НАКОПЛЕННЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ И ПОДСТИЛАЮЩИХ ГРУНТОВ .....	47
<b>А. Н. Лицкевич, М. В. Гришко, М. О. Кайдалова, Л. А. Кутаева, О. Е. Чезлова</b> ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД МЕЛИОРАТИВНОГО КАНАЛА ПОЛЕВОГО СТАЦИОНАРА «АЭРОДРОМ».....	51
<b>А. Н. Лицкевич, М. В. Гришко, Л. А. Кутаева, О. Е. Чезлова, Л. И. Чирук</b> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД В ЗОНЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПЛОЩАДОК НАКОПЛЕНИЯ УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ СБРОЖЕННЫХ ОБЕЗВОЖЕННЫХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД .....	55
<b>А. Н. Маевская, М. А. Богдасаров</b> ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ОСВОЕНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ СТРОИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ГОРОДЕ (НА ПРИМЕРЕ г. БРЕСТА, БЕЛАРУСЬ) ...	59
<b>Т. И. Макаренко, Б. В. Курзо, В. Б. Кунцевич, И. В. Агейчик</b> СТОИМОСТНАЯ ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ТОРФА БРЕСТСКОЙ И ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТЕЙ КАК ЭЛЕМЕНТОВ НАЦИОНАЛЬНОГО БОГАТСТВА РЕСПУБЛИКИ .....	63
<b>В. И. Мельник, М. А. Хитриков, И. В. Буяков</b> ТЕКУЩИЕ И ОЖИДАЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ .....	67
<b>Н. В. Михальчук, Е. А. Брыль</b> СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЯХ ФОНОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ .....	71
<b>Н. В. Михальчук, П. В. Качанович, М. М. Дашкевич</b> СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ИМПАКТНОЙ ЗОНЫ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ (г. ЛУНИНЕЦ) .....	75

<b>Н. В. Михальчук, М. И. Хващевский</b> МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ ФОНОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ .....	80
<b>В. А. Ракович, О. Н. Ратникова, Н. Е. Сосновская, Т. Д. Ярмошук</b> РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫБЫВШИХ ИЗ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОБРИНСКОГО РАЙОНА БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ .....	84
<b>К. О. Рябычин, Т. И. Кухарчик</b> ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЧАСТИЦ МИКРОПЛАСТИКА ПОЛИСТИРОЛА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ р. ЛОШИЦА, г. МИНСК .....	88
<b>А. А. Сидорович</b> ДЕМОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ БЕЛАРУСИ В 1999–2019 гг. ....	92
<b>М. А. Хитриков, В. И. Мельник</b> БЕЗДОЖДНЫЕ ПЕРИОДЫ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ ЗА ПЕРИОД 2000–2022 гг. ....	96
<b>В. С. Хомич</b> ОЦЕНКА ПРОГНОЗИРУЕМОГО УРОВНЯ И ДИНАМИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ СВИНЦОМ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ СВИНЕЦ- СОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ .....	100
<b>Т. А. Шелест</b> МАКСИМАЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ПРЕДЕЛАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА .....	105
<b>В. Н. Штепа, С. В. Тыновец</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ШУХАРТА В ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ.....	108
<b>В. М. Яцухно, А. Н. Червань, В. И. Мельник</b> РОЛЬ И ОЦЕНКА ПОЧВ В СМЯГЧЕНИИ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В АГРОЛАНДШАФТАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ.....	111
<b>СЕЛЬСКАЯ ГАСПАДАРКА</b>	
<b>Е. А. Брыль, А. Н. Гапонюк, А. С. Антонюк</b> АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ И ПОДСОЛНЕЧНИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗОЛЬНЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ УДОБРИТЕЛЬНЫХ ДОБАВОК .....	116
<b>Н. А. Жмакова, Н. Л. Макарова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ОТХОДОВ ТАБАЧНЫХ ФАБРИК БЕЛАРУСИ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ....	121
<b>С. С. Кирилкин, Б. В. Шелюто</b> ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ И ЭСПАРЦЕТА ПЕСЧАНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ .....	125
<b>В. Н. Ковшова</b> УСТОЙЧИВОСТЬ ДОЛГОЛЕТНИХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ НА НИЗИННЫХ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКАХ ВОЛГО-ВЯТСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЙОНА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА .....	129
<b>Н. Н. Костюченко, М. М. Дашкевич</b> КАЧЕСТВО РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ШТАБЕЛЯ ПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА .....	133
<b>М. О. Леоненко</b> РОЛЬ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ В УСЛОВИЯХ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ ..	136
<b>А. П. Лихацевич</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР .....	138
<b>М. А. Пастухова, Т. И. Новикова, И. А. Левченко</b> СОДЕРЖАНИЕ КРАХМАЛА В КУКУРУЗНОМ СИЛОСЕ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА КОРМА .....	142

<b>Д. Э. Руссо, А. А. Красильников</b> БИОУДОБРЕНИЕ В СИСТЕМЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК ВИНОГРАДА .....	146
<b>В. А. Сатишур, И. Г. Марзан, Е. В. Голубева</b> ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ БЕЛОРУССКИХ СОРТОВ ТАБАКА ОБЫКНОВЕННОГО .....	150
<b>А. Э. Томсон, Т. В. Соколова, Т. Я. Царюк, Ю. Ю. Навоша, В. С. Пехтерева, А. С. Марзан</b> ГРАНУЛИРОВАННЫЙ ТОРФ – КОМПОНЕНТ В ПОДСТИЛКУ ПРИ НАПОЛЬНОМ ВЫРАЩИВАНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ .....	154
<b>О. В. Черникова, Ю. А. Мажайский</b> ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БИОСТИМУЛЯТОРОВ .....	158
<b>ЭКАЛОГІЯ</b>	
<b>И. В. Абрамова</b> ИЗМЕНЕНИЕ БИОМАССЫ НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ ЧЕРНООЛЬХОВЫХ ЛЕСОВ В ПРОЦЕССЕ СУКЦЕССИИ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ .....	163
<b>В. В. Вежновец</b> ЗООПЛАНКТОН РЕКИ МУХАВЕЦ В ПРЕДЕЛАХ ГОРОДА БРЕСТА .....	168
<b>Д. К. Гарбарук, А. В. Углянец, С. В. Шумак</b> ВАЛИДАЦИЯ «РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДРЕВЕСИНЫ С ДОПУСТИМЫМ СОДЕРЖАНИЕМ <sup>137</sup> CS ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПОЛЕССКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ» НА ПРИМЕРЕ НАСАЖДЕНИЙ ДУБА И ОЛЬХИ ЧЕРНОЙ .....	173
<b>С. В. Горелова, П. А. Земенкова, А. П. Колбас</b> ИЗМЕНЕНИЕ МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО И ДУБА КРАСНОГО ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ .....	177
<b>Г. З. Гуцева, Н. В. Телицына</b> МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ВОВЛЕЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ ГОРОДСКИХ ШКОЛ В ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ ПРИРОДНОГО НАСЛЕДИЯ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ .....	182
<b>В. Т. Демянчик, В. В. Демянчик, Д. А. Кунаховец, В. П. Рабчук</b> ЛАНДШАФТНЫЕ ЛОКАЦИИ СОБЫТИЙ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ НА ВЫГОНОЦАНСКОМ ЛЕСОБОЛОТНОМ МАССИВЕ .....	185
<b>В. Т. Демянчик, В. В. Демянчик, Д. А. Кунаховец, В. П. Рабчук</b> СВОЕОБРАЗИЕ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭКОТУРИСТИЧЕСКОМУ РАЗВИТИЮ ОБЪЕКТА ИСТОРИЧЕСКОЙ И ПРИРОДНОЙ ЗНАЧИМОСТИ НА ОГИНСКОМ КАНАЛЕ.....	194
<b>Д. В. Климов, С. Н. Кузьмин, О. Ю. Милованов, С. В. Григорьев, С. В. Максимов</b> ВЛИЯНИЕ ТОРРЕФИКАЦИИ И ВИДА ИНЕРТНОГО МАТЕРИАЛА НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА СЖИГАНИЯ ЛУЗГИ ПОДСОЛНЕЧНИКА В КИПАЮЩЕМ СЛОЕ.....	202
<b>В. М. Крайко, В. М. Дударчик, Е. В. Ануфриева</b> УТИЛИЗАЦИЯ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПИРОЛИЗОМ ИХ КОМПОЗИЦИЙ С ТОРФОМ .....	207
<b>Д. А. Кунаховец, В. П. Рабчук</b> МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАКОВИН <i>HELIX ASPERSA</i> В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ СОДЕРЖАНИЯ .....	210
<b>А. В. Левый, М. А. Пастухова</b> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ <i>IN VITRO</i> СИЛЬФИИ ПРОНЗЕННОЛИСТНОЙ ( <i>SILPHIUM PERFOLIATUM</i> L.) СОРТА ПЕРВЫЙ БЕЛОРУССКИЙ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНО ЭФФЕКТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ-РЕМЕДИАНТА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ .....	215
<b>А. Н. Лицкевич, О. Е. Чезлова, М. В. Гришко, Л. А. Кутаева, Л. И. Чирук</b> ХАРАКТЕРИСТИКА ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ПРЕДПРИЯТИЙ .....	219

---

---

<b>А. З. Миндубаев, Э. В. Бабынин, С. Т. Минзанова, Л. Г. Миронова, Е. К. Бадеева</b> УТИЛИЗАЦИЯ БЕЛОГО ФОСФОРА БИОЛОГИЧЕСКИМ МЕТОДОМ .....	222
<b>А. М. Мяснік, Т. Г. Кулагіна, Н. У. Гудная, К. М. Кулінка</b> ЗАХАВАННЕ РЭДКІХ ВІДАЎ РАСЛІН ПАЛЕСКАЙ ФЛОРЫ ВА ЁМОВАХ <i>EX SITU</i> ЦЭНТРАЛЬНАГА БАТАНІЧНАГА САДА НАН БЕЛАРУСІ .....	224
<b>А. С. Полетаев, Д. Ф. Куницкий</b> СТРУКТУРА РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ НИЗОВЬЕВ РЕКИ БЯЛА (СМОРГОНСКИЙ РАЙОН) .....	229
<b>А. В. Пугачевский, А. В. Тимашкова, Я. К. Игнатьев</b> ОСОБЕННОСТИ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ПЕРИОД МАССОВОГО УСЫХАНИЯ ДРЕВОСТОЕВ СОСНЫ В БЕЛОРУССКОМ ПОЛЕСЬЕ В 2016–2022 гг. ....	232
<b>Н. С. Ступень</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ БЕТОНОВ .....	237
<b>О. Е. Чезлова</b> ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЗОНЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПЛОЩАДОК НАКОПЛЕНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД (ОБЗОР) .....	240
<b>Н. В. Шамаль, Р. А. Король, В. Н. Сеглин, Е. В. Копыльцова, Н. И. Тимохина</b> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ ЧЕРНОБЫЛЬСКОГО ГЕНЕЗА В ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКЕ СОСНЯКОВ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ПГРЭЗ .....	244
<b>О. Н. Шарая</b> ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ЭКОТИПА НА ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ УКЛАД ЖИЗНИ И ИСТОРИЧЕСКИЕ СЕМЕЙНЫЕ СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ ПИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ .....	248
<b>В. В. Шималов</b> ГЕЛЬМИНТОФАУНА ЗЕМЛЕРОЙКОВЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ И МЕЛКИХ ГРЫЗУНОВ, НАСЕЛЯЮЩИХ БЕРЕГА ОСУШИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ НЕИССЛЕДОВАННЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ В БРЕСТСКОМ ПОЛЕСЬЕ .....	251

**НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ**



## ОЦЕНКА ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ ПОЛЕССКОГО РЕГИОНА В ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ

Ю. А. Бровка, В. И. Мельник, И. В. Буяков

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

*Выполнена оценка условий увлажнения территории Белорусского Полесья за наиболее теплые десятилетия периода потепления климата (2000–2022 гг.). Выявлены изменения показателей влагообеспеченности: количества осадков за год, теплый и холодный периоды, суммарного испарения, коэффициента атмосферного увлажнения Селянинова, продуктивной влаги. Приведен прогноз влагообеспеченности на 2041–2060 гг.*

*Ключевые слова: осадки, испарение, гидротермический коэффициент, почвенная засуха, прогноз.*

Современные климатические изменения на территории Беларуси наиболее выражены с 2000-х годов и проявляются в быстром росте летних и с меньшей скоростью зимних температур; в изменении условий увлажнения, увеличении продолжительности вегетационного периода, повторяемости теплых зим, частоты и продолжительности волн тепла [1]. Особенно это проявляется в южной части Беларуси – Белорусском Полесье, где наблюдается отрицательный баланс между осадками и испаряемостью, наиболее часто отмечаются экстремальные явления (атмосферные и почвенные засухи, высокие температуры).

Цель работы – оценка влагообеспеченности Полесского региона за период наибольшего потепления климата (2000–2022 гг.) и прогноз ее изменений к середине столетия (2041–2060 гг.) с применением ансамбля климатических моделей CMIP6.

Рассмотрено пространственно-временное изменение количества осадков за теплый и холодный периоды, за год в Белорусском Полесье с 2000-х гг. Выполнен анализ территориального распределения осредненного гидротермического коэффициента в мае–июне и августе в 2000–2022 гг. и его динамики в мае–сентябре на западе и востоке Полесья. Оценены изменения суммарного испарения, испаряемости, их разности, водного баланса атмосферы в теплый период (апрель–октябрь) в областях Белорусского Полесья с 2000 по 2022 гг. Рассмотрены особенности динамики запасов продуктивной влаги в Брестской и Гомельской областях за этот период, а также повторяемость почвенных засух на метеостанциях региона в месяцы с мая по сентябрь. Рассчитаны прогнозные значения количества осадков за год, теплый и холодный периоды, а также гидротермического коэффициента на 2041–2060 гг.

Территория Белорусского Полесья включает Брестскую и Гомельскую области, отдельные южные районы Минской и Могилевской областей. Расчет климатических показателей выполнен для пунктов гидрометеорологических наблюдений, расположенных в границах Белорусского Полесья. При оценке изменения количества осадков за год, месяцы, теплый и холодный периоды использованы средние значения указанных показателей для метеостанций Брест, Высокое, Пружаны, Ивацевичи, Ганцевичи, Пинск, Полесская, Житковичи, Лельчицы, Мозырь, Октябрь, Василевичи, Брагин, Гомель, Жлобин. Методом интерполяции расчетных значений для каждого пункта наблюдений получены карты пространственного распределения показателей влагообеспеченности.

Для Белорусского Полесья характерна территориальная неоднородность выпадения осадков. Годовые суммы осадков за 2000–2022 гг. изменяются в среднем от 559 мм (метеостанция Брагин) до 727 мм (Житковичи); в теплый период (апрель–октябрь) – от 376 мм до 490 мм на этих же метеостанциях. Наименьшее количество осадков в холодный период (ноябрь–март) наблюдается на метеостанции Полесская (~160 мм), наибольшее – в Житковичах (~250 мм).

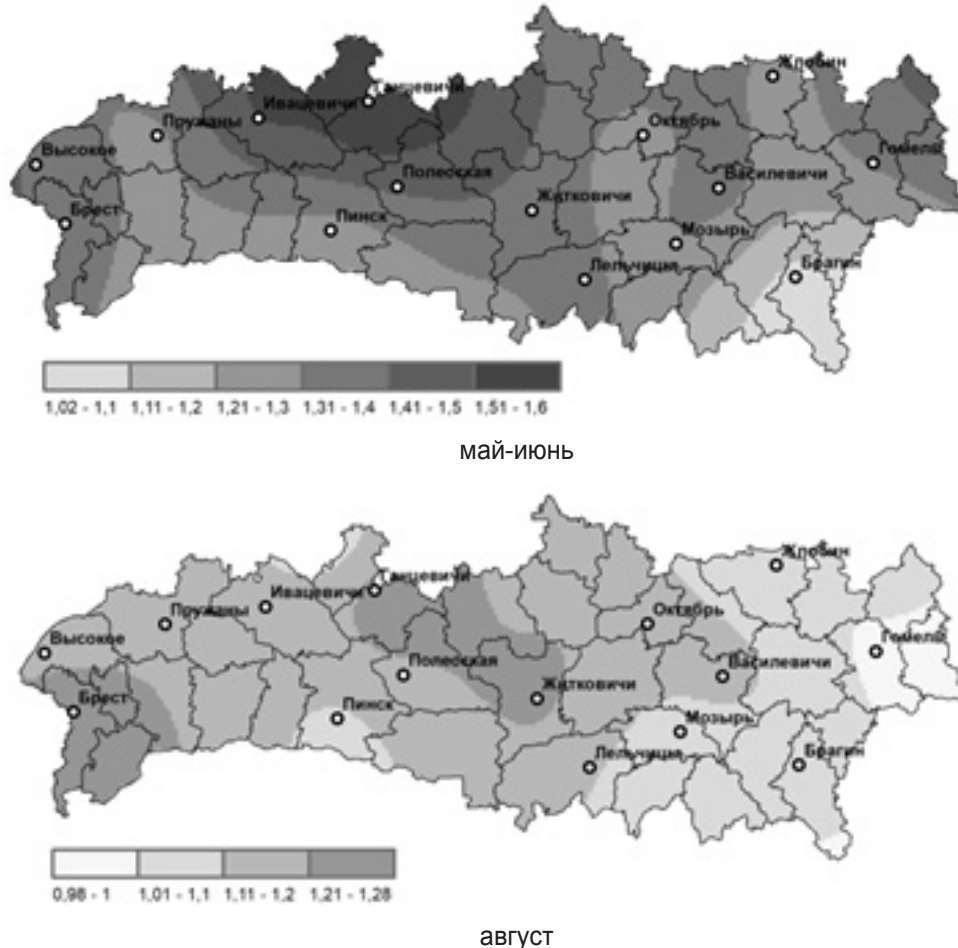
Анализ динамики количества осадков с 2000 г. показал, что изменение годовой суммы осадков в целом для Полесского региона может быть описано полиномом 4-й степени. В изменении количества осадков в теплый период отмечается незначительный отрицательный тренд в Гомельской области и положительный тренд в Брестской области. Противоположная тенденция наблюдается в холодный период: более выраженное увеличение количества осадков в Гомельской области и уменьшение в Брестской области.

Отклонения годового количества осадков от климатической нормы 1991–2020 гг. (624 мм) колебались в Полесском регионе за 2000–2022 гг. от –115 мм (2015 г.) до ~160 мм (2009 г.). Отмечается два–три года подряд с отрицательными (2002–2003, 2014–2015, 2018–2020 гг.) и положительными аномалиями количества осадков (2008–2010, 2012–2013, 2016–2017, 2021–2022 гг.).

Для оценки атмосферного увлажнения на территории Беларуси по данным многолетних наблюдений использован один из количественных показателей – гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК). Градации ГТК и соответствующие характеристики условий увлажнения территории, принятые в Республиканском

гидрометцентре [2]: ГТК более 1,6 – избыточно влажные, 1,31–1,6 – оптимальные, 1,01–1,3 – слабозасушливые, 0,71–1,0 – засушливые условия (слабая атмосферная засуха), 0,40–0,7 – очень засушливые (средняя засуха), 0,21–0,39 – сухие (сильная засуха), 0,2 и менее – очень сухие условия (экстремальная засуха).

Пространственные различия осредненного гидротермического коэффициента в мае-июне и августе за период потепления для Белорусского Полесья представлены на рисунке 1. В мае-июне отмечаются в целом оптимальные условия атмосферного увлажнения по ГТК на большей части территории; слабозасушливые условия более выражены в восточной части Полесского региона. Для августа характерны слабозасушливые условия по ГТК на большей части Белорусского Полесья и слабая засуха – на востоке Полесья.



**Рисунок 1** – Изменение осредненного гидротермического коэффициента на территории Белорусского Полесья за 2000–2022 гг.

По данным пунктов гидрометеорологических наблюдений рассчитан осредненный гидротермический коэффициент в мае–августе для западной и восточной частей Полесья. В соответствии с градациями ГТК оптимальное увлажнение в мае–августе в Полесском регионе отмечается в 30 % лет. Слабая засуха на территории Полесья наблюдалась в 2002, 2015 и 2022 гг., в восточной его части – также в 2013 г. Слабозасушливые условия в мае–августе отмечались чаще для Гомельской области (в 2001, 2007, 2010, 2019 гг.), а также три года подряд для всего Полесского региона (в 2016, 2017, 2018 гг.). Избыточное увлажнение в мае–августе выявлено на территории Полесья в 2006, 2009 гг., кроме того, в его западной части – в 2007, 2021 гг., в восточной части – в 2011 г.

Суммарное испарение рассчитано по данным реанализа ERA5 (реанализ метеорологических параметров, основанный на ассимиляции данных наблюдений и расчетов моделей Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды). Суммарное испарение определяется количеством выпавших в регионе осадков и колеблется в теплый период при современном изменении климата от 440 до ~560 мм. Минимальное значение суммарного испарения в Брестской и Гомельской областях отмечено в 2015 году, который характеризуется наиболее засушливым летним периодом. В большинстве лет в восточной части Белорусского Полесья суммарное испарение было выше, чем в западной его части. После 2015 года отмечается обратная ситуация (рисунок 2).

Также рассмотрен упрощенный вариант водного баланса атмосферы – разность между количеством выпавших осадков (приходная часть) и суммарным испарением (расходная часть). В большинстве лет периода

потепления климата отмечается отрицательный водный баланс атмосферы (дефицит влаги в воздухе) в апреле–октябре в областях Полесья, обусловленный превышением испарения над осадками. Положительный водный баланс около 25–35 мм наблюдался в Гомельской области в 2003, 2009, 2022 гг. Минимальные значения водного баланса (–150 мм и менее) в теплый период отмечены в 2010 и 2013 г. в Гомельской области, в 2018 г. – во всем Полесском регионе.



**Рисунок 2** – Динамика суммарного испарения и водного баланса атмосферы (разность суммы осадков  $P$  и суммарного испарения  $E$ ) в теплый период (апрель–октябрь) в областях Белорусского Полесья в 2000–2022 гг.

Для расчета испаряемости (потенциального испарения) за теплый период в Полесье использованы сеточные данные по потенциальному испарению, представленные в реанализе ERA5 на основе глобальной модели атмосферы IFS Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды.

В Брестской области испаряемость за апрель–октябрь в 2000–2022 гг. колеблется от 615–630 мм в 2008 и 2004 гг. до ~770–780 мм в годы с жарким летним периодом (2015, 2018 гг.). Еще более высокие значения испаряемости, определяемые температурой воздуха, отмечены в Гомельской области: от 654–657 мм в 2001, 2004, 2006, 2012 гг. до 765–787 мм в 2002, 2010, 2016, 2018, 2019 гг. и до 828 мм в 2015 г.

Величина разности между испаряемостью ( $E$ ) и фактическим испарением  $E$  характеризует дефицит испарения. Максимальная разность испаряемости и испарения (388 мм) наблюдалась в 2015 г. в Гомельской области. Значения  $E_0 - E$ , составляющие ~300–336 мм, отмечены в 2015 г. в западной части Полесья и в 2002, 2019 гг. в его восточной части. Указанные годы характеризуются продолжительными летними засухами. На востоке Полесья в последнее десятилетие разность испаряемости и испарения увеличивается и в 70 % лет превышает 200 мм, что свидетельствует об увеличении засушливости климата.

Средние запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см по областям Белорусского Полесья в мае–сентябре за период 2000–2022 гг. определены по данным пунктов гидрометеорологических наблюдений на постоянных полевых участках, что дает возможность оценивать климатообусловленную динамику влагозапасов.

В Брестской области средние запасы продуктивной влаги изменяются от ~17 мм (2015 г.) до 32–33 мм (2006, 2010 гг.), в Гомельской области – от 15–16 мм (2015, 2016 гг.) до 30 мм (2001 г.). Установлено незначительное снижение запасов продуктивной влаги в верхнем слое почвы на западе Белорусского Полесья и более выраженный отрицательный тренд влагозапасов в восточной его части с 2000 по 2022 г.

Для расчета повторяемости почвенных засух использованы данные влагозапасов всех участков, на которых проводилось определение влажности почвы, кроме участков с торфяными почвами. Это дает возможность увеличить объемы выборки по влажности почвы и получить более объективные данные повторяемости почвенных засух. Началом почвенной засухи, в соответствии с установленными критериями, считались запасы продуктивной влаги 10 мм и менее в слое 0–20 см. Почвенная засуха продолжительностью три и более декад подряд считалась продолжительной или сильной. Анализ повторяемости засух по пунктам наблюдений Брестской и Гомельской областей за период активной вегетации сельскохозяйственных культур (май–сентябрь) показал, что наибольшая повторяемость обычных и сильных почвенных засух наблюдается на участках с песчаными и рыхлыми супесчаными почвами, подстилаемых песками в пунктах наблюдений Брест, Ганцевичи, Дрогичин, Полесская, Пружаны, Гомель, Октябрь, Мозырь, Василевичи, Жлобин. Наибольшая повторяемость почвенных засух отмечена в летние месяцы. Повторяемость сильных засух примерно в 2 раза ниже повторяемости обычных засух.

Для прогноза изменений осадков в 2041–2060 гг. (таблица 1) использованы рассчитанные на основе ансамбля климатических моделей CMIP6 регионально адаптированные проекции изменения осадков в областях Беларуси на конец текущего столетия [3] при наиболее вероятных сценариях антропогенного радиационного воздействия (SSP2-4.5 и SSP3-7.0).

**Таблица 1** – Прогнозные значения количества осадков в 2041–2060 гг. для сценариев изменения выбросов парниковых газов SSP2-4.5 и SSP3-7.0

Период, гг.	Количество осадков, мм					
	Брестская область			Гомельская область		
	год	теплый период (IV–X)	холодный период (XI–III)	год	теплый период (IV–X)	холодный период (XI–III)
2000–2022	620,7	430,0	190,7	654,0	435,1	218,9
2041–2060 сценарий SSP2-4.5	651,4	437,1	214,3	646,7	422,2	224,5
2041–2060 сценарий SSP3-7.0	629,0	410,9	218,1	637,6	402,2	235,4
Отклонение относительно 2000–2022 гг., %						
2041–2060 сценарий SSP2-4.5	4,9	1,7	12,4	–1,1	–3,0	2,6
2041–2060 сценарий SSP3-7.0	1,3	–4,4	14,4	–2,5	–7,6	7,5

Согласно расчетам климатических моделей, изменение среднегодового количества осадков в Белорусском Полесье в 2041–2060 гг. по отношению к современному периоду (2000–2020 гг.) неоднозначно: прогнозируется увеличение осадков в западной части Полесья для обоих сценариев за год и в холодный период года. Увеличение количества осадков в холодный период составит 12,4 % (SSP2-4.5) и 14,4 % (SSP3-7.0), но в целом их количество будет меньше, чем в восточной части Полесья. Для Гомельской области увеличение осадков ожидается только в холодный период года: соответственно 2,6 % и 7,5 % для сценариев SSP2-4.5 и SSP3-7.0. Годовое количество осадков и количество осадков за теплый период в восточной части Белорусского Полесья будет уменьшаться по сравнению с периодом 2000–2022 гг., что в совокупности с ростом температуры воздуха приведет к увеличению засушливости и климатических рисков.

Средние значения гидротермического коэффициента в мае–сентябре в 2041–2060 гг. для областей Белорусского Полесья были рассчитаны на основании прогнозных значений температуры воздуха и количества осадков для указанного периода для сценариев изменения выбросов парниковых газов SSP2-4.5 и SSP3-7.0 и приведены в таблице 2.

**Таблица 2** – Прогнозные значения ГТК в мае–сентябре, осредненного за период 2041–2060 гг., для сценариев изменения выбросов парниковых газов SSP2-4.5 и SSP3-7.0 в областях Белорусского Полесья

Период, гг.	Брестская область	Гомельская область
2000–2022	1,38	1,31
2041–2060 (сценарий SSP2-4.5)	1,24	1,15
2041–2060 (сценарий SSP3-7.0)	1,20	1,14

В период современного потепления климата (2000–2022 гг.) для Полесского региона в мае–сентябре отмечаются оптимальные условия увлажнения по ГТК. По двум сценариям изменения климата (SSP2-4.5 и SSP3-7.0) в областях Полесья в 2041–2060 гг. прогнозируются слабозасушливые условия в мае–сентябре.

**Благодарности.** Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № X23КУБ-010).

#### Список использованных источников

1. Логинов, В. Ф. Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования / В. Ф. Логинов, С. А. Лысенко, В. И. Мельник. – 2-е изд. – Минск : УП «Энциклопедикс», 2020. – 264 с.
2. Агроклиматические ресурсы Белорусской ССР. Материалы гидрометеорологических наблюдений / под ред. М. А. Гольберга, В. И. Мельника. – Минск, 1985. – 451 с.
3. Лысенко, С. А. Квазипериодические компоненты температуры воздуха в Беларуси, механизмы формирования и учет в климатических проекциях на основе глобальных численных моделей CMIP6 / С. А. Лысенко, В. Ф. Логинов. // Актуальные проблемы наук о Земле: сб. материалов VI Международной науч.-практ. конф., Брест, 26–28 окт. 2023 г.: в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т; редкол.: С. А. Лысенко [и др.]. – Брест : БрГУ, 2023. – Ч. 1. – С. 3–6.

**ASSESSMENT OF WATER AVAILABILITY IN THE POLESIE REGION IN RECENT DECADES****Yu. A. Brovka, V. I. Melnik, I. V. Buyakov**

Modern climate warming on the territory of Belarus has been most pronounced since the 2000s in the southern regions. In this regard, the moisture availability in the Polesie region for the period 2000–2022 was assessed. Changes in precipitation (annual, for warm and cold periods of the year), total evaporation, evapotranspiration and atmospheric water balance (for April–October), productive moisture reserves (for May–September) in the western and eastern parts of Polesie were determined. Spatial differences in the values of average hydrothermal coefficient in May–June and August during the warming period were identified. In the study a projection of changes in precipitation and hydrothermal coefficient by mid-century (2041–2060) using the CMIP6 ensemble is presented.

УДК 631.62(476.1)

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

**А. А. Волчек**

Брестский государственный технический университет, г. Брест, Беларусь

*В статье рассмотрены основные направления в исследованиях водных ресурсов Белорусского Полесья. Определены основные проблемы в области водных ресурсов и предложены пути их решения.*

*Ключевые слова: водные ресурсы, Белорусское Полесье, проблемы, пути решения.*

Главной задачей в исследовании водных ресурсов Полесья в современных условиях является их комплексная оценка с учетом пространственно-временных колебаний и изменений основных составляющих водного баланса речных водосборов. При этом необходимо учитывать влияния на них различных природных и антропогенных факторов, прогноз изменения водных ресурсов при различных сценариях развития климата. На основе полученных научных результатов разработать мероприятия по минимизации возможных негативных последствий в случае изменения режима водных ресурсов.

Дальнейшие исследования целесообразно сосредоточить на следующих основных направлениях [1, 2]:

- предотвращение и уменьшение негативных последствий от наводнений;
- улучшение качества природных вод;
- охрана водных источников при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов народного назначения;
- управление режимом природных вод, обеспечивающим биосферное функционирование природных экосистем;
- создание бассейновых схем управления водными ресурсами.

*В области изучения и борьбе с наводнениями:*

- районирование и картирование пойм по величине наводнений с учетом вида хозяйственного использования территории;
- разработка математической модели и создание соответствующих баз данных для прогнозирования наводнений;
- разработка противопаводковых мероприятий в долинах рек с учетом всего водосбора;
- определение видов хозяйственной деятельности, которым при затоплении будет нанесен минимальный ущерб;
- создание надежных инженерных сооружений по защите сельскохозяйственных земель и хозяйственных объектов с минимальными нарушениями природных биогеоценозов;
- оптимизированное сочетание инженерных методов защиты населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий с неинженерными. Создание гибкой системы по страхованию;
- разработка системы оповещения населения о времени наступления наводнения, о максимально возможных отметках его уровня и продолжительности в сутках;
- разработка единой методики учета последствий от наводнений.

*В области улучшения качества природных вод являются:*

- оценка современного состояния загрязнения поверхностных и подземных вод и прогноз на ближайшую перспективу;
- оценка величины трансграничного переноса загрязняющих веществ для рек. Оптимизация сети наблюдений за качеством природных вод;
- разработка эффективных методов очистки природных и сточных вод;
- разработка компенсационных мероприятий для снижения негативных последствий, вызванных ухудшением качества речных вод;
- разработка мероприятий по снижению загрязнения поверхностных и подземных вод при разработке месторождений полезных ископаемых;
- разработка мероприятий по улучшению качества подземных вод на групповых водозаборах основных населенных пунктов;
- разработка мероприятий по регулированию стока, подаче воды извне, повторному использованию дренажных вод, а также исследование возможности применения нетрадиционных способов, методов и источников покрытия дефицитов влажности почвы сельскохозяйственных полей;
- оценка последствий изменений гидробиологического режима рек, вызванных изменением гидрологического режима рек, повышением температуры воздуха, ухудшением кислородного режима, снижением интенсивности процессов самоочищения;

– разработка методики оценки ущерба от загрязнения вод с учетом экологической безопасности для человека и окружающей природной среды.

*На бассейновом уровне необходимо решить следующие задачи:*

- дать оценку современного состояния и на перспективу водных ресурсов с учетом их колебаний и влияния на них различных природных и антропогенных факторов;
- разработать бассейновую схему управления водными ресурсами основных рек;
- разработать модель функционирования бассейна малых рек и на ее основе оптимизировать комплексное использование водных ресурсов этих бассейнов;
- разработать методы эксплуатации работы бесплотинных водозаборов, водного транспорта, рекреационных мест и т. д. в условиях уменьшения стока;
- дать экономическое обоснование расчетной обеспеченности водохозяйственных объектов в связи с уменьшением водных ресурсов.

Проблема адаптации водных ресурсов к изменению климата является новой и неопределенной проблемой. В то же время вследствие изменения климата могут усугубиться некоторые современные проблемы водохозяйственного комплекса Беларуси, а также появиться новые, не характерные для нынешних условий. Поэтому разработка адаптационных мер и их реализация является неотложной задачей. В связи с этим адаптация водных ресурсов к изменению климата требует индивидуальных подходов в каждом конкретном случае, рассмотрим наиболее общие возможные меры по адаптации, которые представлены в [2].

Полученные результаты требуют дальнейшей апробации с привлечением массовых экспериментальных данных, анализа возможных ошибок прогноза практической разработки на их основе компенсационных мероприятий по уменьшению последствий влияния изменения климата на водные ресурсы Белорусского Полесья.

Прогнозируемое потепление климата и неизбежный рост хозяйственного освоения речных долин, в связи с ростом населения, несомненно, приведут к увеличению повторяемости и разрушительной силы наводнений. Поэтому необходимо усилить научно-исследовательские, организационные и практические работы, направленные на уменьшение ущербов от наводнений. Предотвращение стихийных бедствий в 50–70 раз уменьшит затраты на ликвидацию последствий наводнений.

Анализ структуры сложившейся системы защиты от наводнений в пойме р. Припять, опыта ее эксплуатации, итогов прохождения половодья 1999 г. показывает, что применение чисто инженерных способов не обеспечивает существенное снижение ущербов от наводнений при эффективном использовании пойменных территорий. Необходимо сочетать инженерные методы защиты (регулирование стока водохранилищами, строительство дамб обвалования приречных территорий, спрямление и углубление речного русла в целях ускорения стока паводковых вод, строительство каналов для отвода вод в естественные понижения рельефа, подсыпка территорий и др.) с неинженерными. К последним относится разработка экономических и юридических норм с учетом особенностей использования паводкоопасных территорий. К ним в первую очередь принадлежат: ограничение или полное запрещение таких видов хозяйственной деятельности, в результате которых возможно усиление наводнений, а также расширение мероприятий, направленных на создание условий, ведущих к уменьшению стока. Кроме того, должны выбираться и осуществляться такие виды хозяйственной деятельности, которым при затоплении будет нанесен наименьший ущерб. Инженерные сооружения по защите земель и хозяйственных объектов должны быть надежны, и вместе с тем их осуществление должно быть связано с минимальными нарушениями природной среды.

При разработке противопаводковых мероприятий в долинах рек следует рассматривать весь водосбор в целом, поскольку локальные противопаводковые мероприятия, не учитывающие всю ситуацию прохождения паводка в долине реки, могут не только не дать экономического эффекта, но и существенно ухудшить ситуацию в целом и привести в результате к еще большему ущербу от наводнения.

При хозяйственном освоении паводкоопасных территорий в долинах рек следует проводить детальные технико-экологические исследования, с целью выявления путей получения максимально возможного экономического эффекта от освоения этих территорий и вместе с тем сведение к минимуму возможного ущерба от наводнений.

Решение этого вопроса невозможно без разработки и дальнейшего совершенствования методики расчета как прямых, так и косвенных ущербов от наводнений. Объективное определение ущерба от наводнений имеет важнейшее значение для правильного выбора стратегии и тактики борьбы с этим стихийным бедствием. Точная оценка потерь фактических и возможных как в период, так и после наводнения позволяет выбрать оптимальный вариант мероприятий по предотвращению и ликвидации нарушений и ущербов, вызываемых наводнениями. Определение ущербов очень важно, в частности, для оценки экологической целесообразности и эффективности систем инженерной защиты, а также страхования населения и юридических лиц. Гибкая программа по страхованию от наводнений, сочетающая как обязательные, так и добровольные его формы, может быть лучшим инструментом по регулированию землепользования на паводкоопасных территориях. При этом, должна существовать четко работающая система по прогнозированию паводков и извещению населения

о времени наступления наводнения, о максимально возможных отметках его уровня и продолжительности. Большое внимание следует уделять заблаговременному информированию населения о возможности наводнения, разъяснению вероятных его последствий и мерах, которые следует предпринимать в случае затопления. В паводкоопасных районах должна быть широко развернута пропаганда знаний о наводнениях. Все государственные структуры, а также каждый житель должны ясно представлять, что им надлежит делать до, в период и после наводнения. Прогнозирование паводков должно осуществляться на основе развития широкой службы наблюдений за гидрометеорологической обстановкой (следует заметить, что за последние годы произошло значительное сокращение наблюдательных постов гидрометеослужбы). Необходимо непрерывно обеспечивать гидрометеослужбу современным оборудованием – автоматизированными системами сбора и обработки информации, использовать радарные установки и искусственные спутники Земли.

Достаточно сложная ситуация наблюдается с информацией по р. Припять. Это связано, в первую очередь, с необходимостью учета речного стока по большому количеству отдельных притоков (со стороны Украины) и с ограниченными гидрологическими наблюдениями непосредственно на границе. Открытые, после наводнения 1999 г., новые посты гидрологических наблюдений не могут в полной мере решить эту задачу. Необходимо районирование и картирование пойм с нанесением границ половодий и паводков различной водообеспеченности. С учетом вида хозяйственного использования территории рекомендуется выделить зоны с 20 %-ной обеспеченностью паводка для сельскохозяйственных угодий, 5 %-ной – для строений в сельской местности, 1 %-ной – для городских территорий и 0,3 %-ной – для железных дорог. В разных природных зонах и экологических районах число зон и принципы их выделения могут в какой-то степени измениться.

Сочетание инженерных и неинженерных способов защиты от наводнений при наличии эффективной службы эксплуатации позволит в значительной степени уменьшить негативные последствия от наводнений.

Особое внимание необходимо обратить на влияние искусственного изменения условий формирования максимального стока на гидрологические и гидравлические параметры стока, прогнозирование масштабов наводнений и выработку стратегии управления, позволяющей минимизировать отрицательные последствия наводнений, определение путей эффективного использования пойменных территорий, потенциал которых достаточно высок.

Исходя из мирового и отечественного опыта в качестве основы стратегии, направленной на защиту и снижение ущербов от наводнений в Полесье, необходимо:

- разработать единую государственную политику в области борьбы с наводнениями, механизмов ее реализации, определить задачи и ответственность всех уровней государственной власти, разграничить полномочия, создать систему финансового обеспечения противопаводковых мероприятий;
- создать и развить механизм регулирования хозяйственного использования территорий, подверженных затоплениям, включающий административные и экономические меры;
- осуществить комплексные инженерно-технические мероприятия и обеспечить их надежность;
- совершенствовать систему мониторинга и прогнозирования наводнения. Восстановить и расширить сеть гидрометеонаблюдений;
- развить научно-техническое, информационное, нормативно-правовое и кадровое обеспечение противопаводковых мероприятий;
- международное сотрудничество, в первую очередь в бассейнах трансграничных рек, т.к. меры по предупреждению наводнений, пропуску и снижению ущербов от них должны разрабатываться с учетом особенностей всего района водосбора, независимо от государственных границ.

Межгосударственное сотрудничество абсолютно необходимо, как минимум, на уровне министерств и других административных органов и ведомств, занимающихся вопросами водохозяйственной деятельности, регионального планирования, сельского и лесного хозяйства, транспорта, сохранения природы, здравоохранения. Межгосударственные органы должны совместно разработать долгосрочную стратегию предупреждения наводнений и защиты от них, которая охватывала бы весь трансграничный речной бассейн и всю его водную систему. Это позволило бы составить совместный план действий, содержащий все меры по управлению риском и снижению его для здоровья и материального ущерба, уменьшению масштабов наводнений, созданию и совершенствованию эффективности прогнозов и оповещения о надвигающейся угрозе затопления, разработать соответствующие меры, порядок и сроки их осуществления.

В основу концепции рационального использования водных ресурсов и охраны окружающей среды должен быть положен комплексный целевой подход, при котором предусматривалось бы: определение основных целей и приоритетов в водопотреблении и водопользовании, а также охране окружающей среды, обеспечивающих рациональное использование данного природного ресурса и эффективную защиту от загрязнения; выявление путей, средств и механизмов достижения этих целей; оценка эколого-экономической эффективности при применении научно-технических разработок в народном хозяйстве; формирование экологического сознания у населения. Конечным итогом должно быть улучшение социально-экономических и экологических условий проживания человека.



*На первом этапе необходимо направить исследования и технические разработки на научное обеспечение следующих направлений:*

- фундаментальные исследования естественных и антропогенных режимов водных объектов региона;
- изучение и кадастровая оценка водных ресурсов, представляющих непосредственное и перспективное хозяйственно-коммерческое значение;
- поиск новых и апробация существующих технологических решений по рациональному природопользованию и энергосбережению;
- комплексная научно-прикладная инвентаризация уникальных водных объектов;
- изучение причинно-следственных закономерностей качества природных вод и здоровья человека;
- формирование многофакторных информационных и предметно-информационных банков данных для экологического мониторинга и кадастра, долгосрочного планирования социально-экономической инфраструктуры, отраслевых прогнозов, экологического образования и воспитания;
- формирование высокого общеевропейского рейтинга природоохранного и этноэкологического потенциала региона и одновременно приближение к серьезному пониманию Евросообществом необходимости привлечения крупных капиталовложений в поддержание стабильного природно-хозяйственного баланса в этом регионе;
- научно-информационную основу для ратификации Конвенций экологической направленности;
- интенсификация национального и транснационального экотуризма.

*На втором этапе необходима разработка Национальных планов как по водным ресурсам, так и по другим природным сферам с целью их охраны для обеспечения экологической безопасности Белорусского Полесья в целом, что позволит обеспечить:*

- повышение эффективности водопотребления и водопользования региона на основе новых водо- и энергосберегающих и экобезопасных технологий;
- эффективное высокорентабельное использование имеющихся водных ресурсов в конкретных технологических цепях;
- надлежащую стоимостную оценку эксплуатируемых водных ресурсов и повышение коммерческого уровня местного ресурсного потенциала водных объектов в целом;
- внедрение новых способов и стандартов санитарно-экологической сертификации устойчивого качественного жизнеобеспечения людей;
- действенное сохранение ландшафтного и биологического разнообразия;
- методологическую и информационно-дифференцированную основу для устойчивого развития водопотребления и водопользования;
- схемы развития и пути ликвидации экологически аварийно опасных ситуаций;
- максимальное вовлечение рекреационного потенциала в практику здорового образа жизни и медицинской реабилитации населения.

Учитывая исключительную значимость проблемы, необходима широкая кооперация усилий ученых по изучению, прогнозированию и управлению режимом и ресурсами вод Беларуси. Важно также развитие международного сотрудничества по этой проблеме путем совместного выполнения научных исследований, обмена информацией, включая разработку водных проектов.

#### **Список использованных источников**

1. Калинин, М. Ю. Водные ресурсы Белорусского Полесья: использование и охрана / М. Ю. Калинин, А. А. Волчек // Природные ресурсы, 2001. – № 4. – С. 35–49.
2. Волчек, А. А. Некоторые задачи в области водных ресурсов Беларуси / А. А. Волчек, И. И. Кирвель // Водные ресурсы и климат : материалы докладов V Международного Водного Форума: в 2 ч. – Минск : БГТУ, 2017. – Ч. 1. – С. 175–181.

#### **MAIN DIRECTIONS IN RESEARCH OF WATER PROBLEMS OF BELARUSIAN POLESIE**

**A. A. Volchak**

The article discusses the main directions in research of water resources of the Belarusian Polesie. The main problems in the field of water resources are identified and ways to solve them are proposed.

УДК 631.4+504.062:528.8+330.15

## ТИПОЛОГИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕОСИСТЕМ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННЫХ СЪЕМОК

Ю. С. Давидович, А. Н. Червань

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

*Рассматриваются основные принципы и методика типологии и идентификации геосистем физико-географической провинции Белорусское Полесье на основе геоинформационного пространственного анализа структуры почвенного покрова. Приведена методика идентификации геосистем через состав и строение почвенных комбинаций с использованием белорусской номенклатуры почв и подходов к их классификации. Геосистемы рассмотрены в качестве территориальных единиц по направлениям природопользования в соответствии с функциональными типами административных районов Беларуси. Проанализирована целесообразность использования материалов дистанционных съемок в определении состояния геосистем Белорусского Полесья.*

*Ключевые слова: геосистемы, почвенные комбинации, структура почвенного покрова, материалы дистанционных съемок.*

**Введение.** Рациональное природопользование является одной из важнейших проблем не только территории Белорусского Полесья, но и республики в целом. Оперативное принятие управленческих решений в природопользовании требует наличия надежной и постоянно действующей системы регулирования землепользования на основе ежегодных отчетов о состоянии земельных ресурсов. Решение данной проблемы на сегодняшний день реализуется с применением геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Геосистемы являются основными носителями качественной и количественной информации о состоянии природных ресурсов в границах каждой почвенной комбинации, что позволяет говорить о них как об инвариантах почвенно-земельных ресурсов с качественными различиями устойчивости к процессам деградации земель [1, 2]. Существенным признаком каждой геосистемы является ее структура, оцениваемая по показателям контрастности, расчлененности и неоднородности. Неоднородность структуры почвенного покрова (СПП) почвенных комбинаций выступает обратно пропорциональным критерием возможности снижения проявления деградационных процессов, например, зарастания древесно-кустарниковой растительностью или постмелиоративной деградации почвенно-земельных ресурсов.

**Целью** данного исследования является впервые выполняемая типология геосистем физико-географической провинции Белорусское Полесье в границах закономерно организованных почвенных комбинаций на основе автоматизированного геоинформационного анализа цифровых почвенных карт и данных ДЗЗ.

**Материалы и методы исследования.** Исходными данными для геосистемного анализа различных уровней в Белорусском Полесье являются материалы земельно-информационной системы Республики Беларусь, в частности, тематические слои о почвенном покрове, а также разномасштабные планово-картографические сведения о физико-географических условиях провинции: ландшафтные, геоморфологические, литологические, почвенно-мелиоративные и другие.

Материалы дистанционных съемок в данном исследовании были использованы для идентификации и определения актуального состояния геосистем в рамках направлений природопользования в соответствии с Государственной схемой комплексной территориальной организации (ГСКО) Республики Беларусь [3]. Для формирования мозаики космических изображений на территорию провинции был сформирован предварительный набор данных снимков с космических летательных аппаратов Landsat 8/9 OLI TIRS и Sentinel 2A в соответствии с оптимальными сроками аэрокосмических съемок растительного и почвенного покрова [4].

**Результаты и обсуждение.** Признаки качественного состояния геосистем неразрывно связаны с критериями их пространственной идентификации. По общей динамике природных, в том числе почвообразующих, процессов в СПП выделяется группа внепойменных (водораздельные пространства и депрессионные территории), пойменных мезокомбинаций и останков первой надпойменной террасы. Оротографически водораздельные пространства делятся на водоразделы, характеризующиеся поверхностным водным стоком, и депрессии, аккумулирующие сток. Геоморфологические, гипсометрические и литологические условия дифференцируют геосистемы на более детальном уровне и выражены через компонентный состав соответствующих групп почвенных ареалов.

В соответствии с вышеизложенным разработан номенклатурный список всех геосистем, встречающихся на территории Белорусского Полесья, а также унифицированная система условных обозначений каждой из них. Общее количество геосистем по почвенным комбинациям с учетом всех вариантов почвообразующих пород

составляет 101, что описывает 68 % всех возможных вариантов в границах Беларуси. Каждая из них закодирована в домене базы векторно-растровых данных в ГИС и получила символическое представление, что позволяет автоматизировать процесс инвентаризации СПП региона и составление производных картографических материалов. В среде ГИС предусмотрен автоматизированный учет варианта почвенной комбинации, долевого участия почв разного генезиса, гранулометрического состава, степени увлажнения и характера подстилки почвообразующих пород.

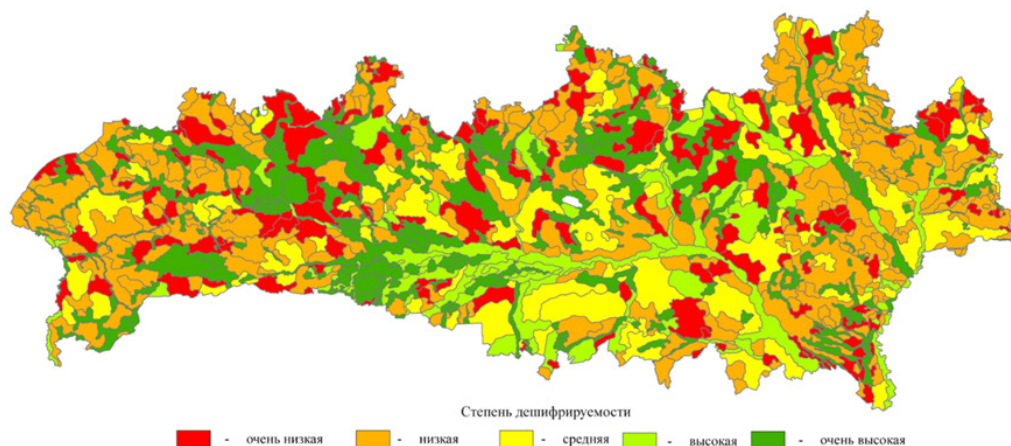
Сочетания групп элементарных почвенных ареалов, включающих особенности почвенных разновидностей и растительных ассоциаций, образуют хорошо различимые на мультиспектральных космических снимках и повторяющиеся в пространстве «узоры», отражающие комплекс физико-географических показателей, независимо от вида фактического использования земель.

В границах геосистем Белорусского Полесья в базе данных выполнен их геостатистический картометрический анализ. Получены основные картометрические показатели СПП – коэффициенты контрастности, расчлененности и неоднородности геосистем. Таким образом, картометрический анализ карт-слоев в границах геосистем позволяет объединить морфологический (пространственный) и генетический (функциональный) анализы природных условий в границах закономерно организованных геосистем.

В ходе идентификации пространственной структуры геосистем использованы параметры неоднородности почвенных комбинаций с учетом полученных ранее закономерностей взаимосвязи биоразнообразия и педоразнообразия [5], исходя из возможных перспектив природопользования, которые могут предусматривать природоохранное и рекреационное использование [6]. Геосистемы выступают едиными территориальными (пространственными) системами, в которых взаимосвязано размещение сельскохозяйственных и лесных земель, поселений, транспортной сети и сохранившихся в естественном состоянии природных объектов.

Для целей территориального планирования региона Белорусского Полесья в работе также приводятся результаты пространственного анализа дешифрируемости геосистем по данным ДЗЗ (рисунок).

Степень дешифрируемости данных ДЗЗ рассчитана на основании формул каждой почвенной комбинации, системно учитывающих, в первую очередь, степень увлажнения и неоднородность СПП – наиболее выразительные признаки географической среды на аэрокосмических снимках.



**Рисунок** – Степень дешифрируемости геосистем Белорусского Полесья по данным дистанционного зондирования

Представленные на рисунке данные указывают на целесообразность первоочередного использования дистанционных методов оценки состояния геосистем в таких районах, как Ганцевичский, Ляховичский, Октябрьский и Столинский в связи с аграрным типом по функциональному зонированию в ГСКО и более 40 % хорошо дешифрируемых условий в соответствии с типологией геосистем. Особое место в таком аспекте имеют Брестский, Солигорский и особенно Пинский районы, так как территориальное планирование направлений землепользования на геосистемной основе необходимо для их многоцелевого функционирования и может быть обеспечено дистанционными методами оценки состояния геосистем – доля площади группы максимального дешифрирования превышает 30 %.

Таким образом, геосистемный подход позволяет сформировать методологическую и пространственно-временную основу для объединения данных земельно-информационной системы, дистанционного зондирования и мониторинга земель для целей территориального планирования, предусматривающего эффективное использование природных ресурсов и охрану окружающей среды как в регионе Белорусского Полесья, так и для территории всей республики.

---

**Список использованных источников**

1. Сочава, В. В. Введение в учение о геосистемах / В. В. Сочава. – Новосибирск: Наука, 1978. – 319 с.
2. Коновалова, Т. И. Изменчивость геосистем / Т. И. Коновалова // География и природные ресурсы. – 2004. – № 2. – С. 5–11.
3. Власюк, Н. Н. Государственная схема комплексной территориальной организации Республики Беларусь. Основные направления и приоритеты развития // Вестник Брестского государственного технического университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2012. – № 1. – С. 3–5.
4. Шалькевич, Ф. Е. Тематическое дешифрирование: пособие / Ф. Е. Шалькевич, М. Ф. Курьянович. – Минск: БГУ, 2022. – 131 с.
5. Chervan, A. N. Soil Cover Patterns and Pedo- and Biodiversity of the Berezinsky Biospheric Reserve / A. N. Chervan, A. L. Kindeev, A. A. Sazonov // Eurasian Soil Science. – 2022. – Vol. 55. – № 10. – P. 1348–1359.
6. Sorokina, N. P. Experience in digital mapping of soil cover patterns / N. P. Sorokina, D. N. Kozlov // Eurasian Soil Science. – 2009. – Vol. 42. – № 2. – P. 182–193.

**TYPOLOGY AND IDENTIFICATION OF BELARUSIAN POLESIE GEOSYSTEMS USING REMOTE SURVEY DATA**

**Y. S. Davidovich, A. N. Chervan**

The paper discusses the basic principles and methodology of the typology and identification of geosystems of the physic-geographical province of Belarusian Polesie based on geoinformation spatial analysis of the soil cover structure. The method of identification of geosystems through the composition and structure of soil combinations using the belarusian nomenclature and approaches to soil classification is presented. Geosystems are considered as territorial units in the areas of nature management in accordance with the functional types of administrative regions of Belarus. The expediency of using remote survey materials in determining the state of the geosystems of the Belarusian Polesie is analyzed.

## ФИТОРАЗНООБРАЗИЕ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЗНАЧЕНИЯ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ПРОШЛОМ

Я. К. Еловичева

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

*В пределах особо охраняемых природных территорий республиканского значения Белорусского Полесья рассмотрены палинологически изученные геологические разрезы в ранге естественных памятников гляциоплейстоцена и голоцена, характеризующие фиторазнообразие последних 380 тыс. лет.*

*Ключевые слова: Белорусское Полесье, палинологические разрезы, геологические памятники, гляциоплейстоцен, голоцен.*

**Введение.** Находящиеся ныне под охраной государства природные территории Белорусского Полесья имеют различный статус (заповедники, национальные парки, заказник), но в целом все они служат единым интересам в сохранении естественной среды обитания, которая эволюционировала до влияния на нее цивилизации.

**Цели** работы заключаются в оценке фиторазнообразия ныне особо охраняемых природных территорий (ООПТ) республиканского значения Полесья и сравнении его с таковым в геологическом прошлом.

**Задачи** исследования включали нахождение геологических разрезов с отложениями, которые были изучены **палинологическим методом** для характеристики климата и растительности древних эпох нынешних ООПТ.

**Результаты.** Обширное Белорусское Полесье знаменуется ООПТ различного статуса. **Национальные парки** создаются для защиты природных территорий, имеющих особую экологическую, культурную, историческую значимость (уникальный ландшафт, реликтовый лес, чистые озера). Нахождение человека здесь абсолютно свободное, но запрещена хозяйственная деятельность, есть ограничения для охоты и рыбалки, сбора грибов, что создает благоприятные условия для развития органического мира.

Находясь под **особой защитой**, территория **заповедников** используется только для изучения, наблюдения и сохранения абсолютно всех природных объектов (животные, растения, почва, водоемы); их развитие осуществляется практически без вмешательства человека: здесь запрещена охота, рыбалка, сбор ягод и грибов, растений, не ведется хозяйственная деятельность (вспашка земли, заготовка древесины и пр.).

В **заказниках под охрану** попадают **определенные виды флоры и фауны** наряду с разрешенным посещением их человеком и ведением хозяйственной деятельности.

На территории Брестской области в статусе ООПТ располагаются:

– **Республиканский ландшафтный заказник «Прибужское Полесье»** (Брестский и Малоритский р-ны) создан в целях сохранения в естественном состоянии неповторимого природного ландшафта с популяциями редких и исчезающих видов растений и животных, охраны редких лесных биоценозов и геоморфологических образований на юге Брестского района. Отсутствие источников загрязнения для окружающей среды создает в пределах заказника благоприятные условия для сохранения уникальных природных комплексов. На его базе объявлен **биосферный резерват ЮНЕСКО** (2004 г.) **«Прибужское Полесье»** (занимает весь юг Брестского р-на) для восстановления и сохранения естественных экосистем, поддержания биоразнообразия, научной, рекреационной и просветительской работы. В 2012 г. заказник вошел в состав **Трансграничного биосферного резервата «Западное Полесье»** – это четвертая в мире трехсторонняя (Беларусь–Польша–Украина) ООПТ с международным статусом места обитания большого числа водно-болотных видов пернатых.

Здесь уникальны четыре типа ландшафта: пологоволнистой, моренной равнины и плоско-волнистой Малоритской водно-ледниковой равнины, пойменной и надпойменной террас, а также типичные аквальные. Характерная их черта – многочисленные дюны с булавоносцевыми и полевицевыми лугами, уникальными комплексами свыше 130 озер (7 из них большие непоименные, естественные эвтрофные с сочетанием рдеста пронзеннолистного = *Potamogeton perfoliatus*) или *Hydrochartion* и гипсо-карстовые), заиленных речных отмелей с *Chenopodium rubri* spp. и *Bidentoin* spp., западной тайги, фенноскандинавских гемибореальных естественных старых широколиственных лесов (с дубом, липой, кленом, ясенем, вязом), насыщенные эпифитами, аллювиальные леса с ольхой черной и ясенем обыкновенным, верховых и переходных болот, малых и больших водотоков (р. Западный Буг и ее притоки Копаявка, Середовая речка, Спановка, Прырва; в 1960–1970-х гг. русла большинства из них были спрямлены при мелиорации), 10 родников, а также 3 комплекса прудов (Страдечские, Домачевские и Комаровские). Водные туристские маршруты «Тайнами угриного пути» и «Янтарный путь»

посвящены древней евро-атлантической миграции угря и поддерживают версию о существовании по резервату части древнего пути «из варяг в греки».

Территория резервата относится к Бугско-Полесскому округу подзоны широколиственно-сосновых лесов, зоны смешанных лесов. Наиболее широко представлена лесная растительность (63% территории) с преобладанием сосновых лесов (более 70%), 13% занимают черноольшаники, 10% – березняки, 2% – дубравы, 1% – ельники, менее 1% – ясеневые леса, осинники, ивняки, кленовики и грабняки. Болота охватывают 4%, водные угодья – 2,4%, малонарушенные природные территории – 72%.

Флора «Прибужского Полесья» включает свыше 1 109 видов растений, из них 55 Красной книги РБ (в т. ч. плющ обыкновенный = *Hedera hélix*, шалфей луговой = *Salvia pratensis* и др.). Здесь единственное в Европе место произрастания чистюста величавого = королевского папоротника (*Osmunda regalis*), а также единственное известное место произрастания в Белорусском Полесье щитовидника обыкновенного (*Hydrocotyle vulgaris*). Из редких краснокнижников встречены орхидеи: венерин башмачок (*Cypripedium calceolus*), дремлик темно-красный (*Epipactis atrorubens*), ладьян трехнадрезный (*Corallorhiza trifida*), пальчатокоренник майский (*Dactylorhiza majalis*), тайник яйцевидный (*Listera cordata*), пыльцеголовник красный (*Cephalanthera rubra*).

Здесь находятся 9 археологических памятников каменного века (мезо- и неолитические стоянки), древние могильники, выдающиеся образцы полесского зодчества – деревянные церкви XII–XIII вв. в дд. Черск, Дубок и Медно.

**Геологические разрезы заповедника – Гвозница** (александрийское межледниковье), **Збунин (скв. 526)**, **Гусак**, **Медно**, **Мыслячи**, **Шестаково**, **Олтуш**, **Ореховское**, **Селяхи** (позднеледниковье поозерского оледенения и голоценовое межледниковье) [1], а вблизи северного предела резервата – **Черни**, **Бульково** (александрийское межледниковье), **Семиховочи** (голоцен).

– **Республиканский биологический заказник «Луково»** (Малоритский р-н, бас. Западного Буга) создан с целью сохранения одной из крупнейших в Беларуси (учтено свыше 3-х тыс. экз.) популяций венерина башмачка настоящего (желтого) – вида орхидей *Cypripedium calceolus*, имеющего международное значение. Лесобразующие породы сложены в основном грабом, дубом, сосной и липой; доминируют бородавчато-березовые леса; в заказнике находятся краснокнижники: касатик сибирский (*Iris sibirica*), лилия кудреватая (*Lilium martagon*), дремлик темно-красный (*Epipactis atrorubens*), зубянка-клубненоносная (*Dentaria bulbifera*) и др. Также много лекарственных растений (валериана лекарственная = *Valeriana officinalis*, ландыш майский = *Convallaria majalis*, зверобой продырявленный = *Hypericum perforatum*, клюква болотная = *Oxycoccus palustris* и др.).

В центре заказника находится Луковское водохранилище – место сбора поклонников виндсерфинга; а также известны две стоянки древнего человека – Луково-1 и Луково-2.

**Геологические разрезы – Луковское**, а также вблизи расположенные **Мыслячи**, **Мошно**, **Гусак** (голоценовое межледниковье).

– **Республиканский ландшафтный заказник «Званец»** (Дрогичинский и Кобринский р-ны) создан в целях сохранения эталонных участков естественных болотно-луговых (74% территории – низинные болота) и лесных (7,4% территории) угодий с богатым растительным и животным миром, стабилизации гидрологического режима территории крупнейшего в Европе низинного болота мезотрофного типа «Званец» с многочисленными открытыми минеральными «островами», расположенного в практически бессточном плоском понижении на водоразделе бассейнов Буга и Припяти. Такие болота были ранее широко распространены на Полесье, но большая их часть была осушена в 60-х гг. Ныне он имеет статус водно-болотных угодий международного значения (Рамсарской территории) и ключевой орнитологической территории (это место обитания находящихся под угрозой глобального исчезновения видов птиц: вертлявой камышевки (одна из самых крупных популяций в Европе), большого подорлика и коростеля; здесь же проживает одна из крупнейших популяций черного аиста).

**Геологические разрезы – Заорье**, **Гатча**, **Озяты** (голоценовое межледниковье), **Ямище** (александрийское межледниковье).

– **Республиканский биологический заказник «Радостовский»** (Дрогичинский р-н, бас. Припяти) представляет собой достаточно крупный лесоболотный массив, включающий участки низинных и переходных открытых болот, переувлажненных ольховых и березовых лесов, неморальных дубрав. Эти биотопы практически не сохранились в других частях Полесья. На территории заказника находятся основные места произрастания редких видов растений: пыльцеголовника красного (*Cephalanthera rubra*), скерды мягкой (*Crepis mollis*), зубянки клубненоносной (*Dentaria bulbifera*) и др.

Достопримечательностью заповедника являются также остатки Белоозерского канала, проложенного в начале XX в., а также стоянки древнего человека, могильники.

**Геологические разрезы – скв. 526**, **Рожок** (миоцен = ранняя эпоха неогена).

– **Республиканский ландшафтный заказник «Простырь»** (Пинский р-н, междуречье Припяти и Простыри у границы с Украиной), или «Зеленые ворота Беларуси», создан для сохранения уникального эталонного участка крупного низинного пойменного болота с бескрайними зарослями осоки (*Carex*) и тростника (*Phragmites*). Он имеет статус водно-болотного угодья международного значения (Рамсарской территории) и территории международного значения для птиц. Является частью перспективной трансграничной ООПТ «Простырь – Припять – Стоход» (Беларусь – Украина).

**Геологические разрезы – Кончицы, Изин, Горица, Березцы** (голоцен).

– **Республиканский биологический заказник «Тырвовичи»** (на границе Пинского и Столинского р-нов, правобережье р. Стырь) территориально представляет заболоченный, слабодренированный участок с подлежащими сохранению лесными ценнейшими грабовыми и черноольховыми формациями, а также редкими и исчезающими растения Красной книги в основном среди грабовых и широколиственных лесов: венерин башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus*), прострел широколистный (*Pulsatilla patens*), зубянка клубненосная (*Cardamine bulbifera*) и др. Под профилактической охраной находятся ластовень лекарственный (*Vincetoxicum hirundinaria*), хохлатка полая (*Corydalis cava*), ландыш майский (*Convallaria majalis*) и др. Также здесь растут и лекарственные растения: таволга вязолистная (*Filipéndula ulmária*), петрушка горная (*Peucedanum oreoselinum*), душица обыкновенная (*Origanum vulgare*).

**Геологические разрезы – Бижеревичи** (голоценовое межледниковье).

– **Республиканский ландшафтный заказник «Средняя Припять»** (Пинский р-н, бас. Припяти) имеет одну из крупнейших ООПТ не только Беларуси, но и Европы (протяженность с запада на восток  $\approx$  120 км, ширина 4–22 км) и создан в целях сохранения первозданной природы крупнейших и не имеющих аналогов в Европе пойменных ландшафтов знаменитой р. Припять, или Европейской Амазонки, и известного с древности Геродотова моря в весенний разлив. Он уникален низинными болотами, пойменными лесами и лугами, которые являются эталоном естественных лугов Полесья. Имеет статус водно-болотного угодья международного значения (Рамсарской территории) и территории международного значения, важной для птиц. Леса, луга, болота, кустарники, старицы рек занимают свыше 99% территории. Своеобразие лесов определяют коренные черноольшанники и пойменные чистые дубравы (80% всех пойменных дубрав Беларуси). Некоторые деревья старше 100 лет и с диаметром ствола более 1 м. Здесь можно увидеть аллювиальные ландшафты, пойменные дубравы и луга, не имеющие аналогов в Беларуси; большое видовое разнообразие таких растений, как сальвиния плавающая (*Salvinia natans*), крапива Киевская (*Urtica kioviensis*), кувшинка белая (*Nymphaea alba*), фиалка топяная (*Viola uliginosa*), и др. Мощные заросли образуют осока (*Carex*) и тростник (*Phragmites*; в устье р. Простырь достигает высоты 3 м).

**Геологические разрезы – Вылазы** (александрійское межледниковье), **Пинск, Березцы, Луинец** (голоценовое межледниковье).

– **Республиканский биологический заказник «Лунинский»** (Луинецкий р-н, в междуречье рек Бобрин и Цна на болотно-лесистой равнине) образован в целях сохранения ценных лесных формаций и озер с комплексом редких и исчезающих видов растений и животных Красной книги Республики Беларусь. На его территории находятся два окунево-плотвичных озера: Белое и Черное. Лесообразующими породами являются сосна, береза и черная ольха. Около 286 га занимают дубравы в возрасте 90–140 лет. Из редких растений-краснокнижников произрастают восемь видов: лобелия Дортмана (*Lobelia dortmanna*), полушник озерный (*Isoetes lacustris*), арника горная (*Arnica montana*), венерин башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus*), любка зеленоцветковая (*Platanthera chlorantha*), пыльцеголовник красный (*Cephalanthera rubra*), лук медвежий (*Allium ursinum*) и др.

Заказник является объектом экотуризма и в его пределах запрещены: добыча живицы, сплошные рубки; изменения естественного ландшафта и гидрологического режима, нарушение почв (кроме сельскохозяйственной и лесохозяйственной деятельности); забор воды из водоемов и водотоков для промышленности и орошения; сброс в водоемы и водотоки сточных вод, отходов производства и потребления; расчистка водной и прибрежной растительности (кроме мест отдыха); разбивка туристических лагерей, разведение костров, парковка автомобилей вне спецстоянок, движение механизированного транспорта (кроме машин для лесохозяйственных работ).

**Геологические разрезы – Бостынь** (шкловское межледниковье и начало сожского оледенения), **Лунин** (окончание сожского оледенения, муравинское межледниковье), **Белое** (голоцен).

– **Республиканский заказник «Морочно»** (Столинский р-н) – сложная водно-болотная (небольшие притоки Горыни и верховое болото Морочно) система с преобладанием редких для Белорусского Полесья грядово-мочажинных сфагновых болот верхового типа. Ядро водно-болотного угодья – типичное верховое болото на водоразделе рек Горынь, Стырь и канала Дубойского. На каналах (самые крупные Могильный и Дубойский) ныне хозяйничают бобры, соорудившие множество плотин. Болото Морочно с возрастом  $\approx$  10 тыс. лет – трансграничный болотный массив Украины и Беларуси, одно из трех крупнейших верховых болот, которые сохранились в естественном состоянии на Полесье после масштабной осушительной мелиорации. В него не впадает ни одна река, и водное обеспечение осуществляется только за счет атмосферных осадков и подземных вод. Большую часть заказника занимают сосновые леса, меньшую – березняки, иногда встречаются дубравы и ольховники; по краям болота произрастают уникальные ельники (южнее границы своей произрастания); 9 видов растений занесены в Красную книгу Республики Беларусь. Кроме того, в здешних местах расположены огромные клюквенники, и сбор этой ягоды в заказнике разрешен, чем и пользуется местное население. Имеет статус территории международного значения для птиц и является водно-болотными угодьями международного значения (Рамсарская конвенция).

**Геологические разрезы – Морочно, Городнянское** (голоценовое межледниковье).

– **Республиканский водно-болотный заказник «Ольманские Болота»** (Столинский р-н, бас. Припяти) создан для сохранения в нетронутым виде ландшафта Припятского Полесья и редких представителей флоры и фауны Красной книги Республики Беларусь. Это крупнейший в Европе комплекс верховых, низинных и переходных болот, сохранившихся до наших дней в нетронутым состоянии. Среди болотного массива находится более 20 озер, разбросаны песчаные дюны, поросшие хвойными и лиственными лесами. Заказник имеет статус водно-болотного угодья международного значения (Рамсарской территории), а также является частью трансграничной Рамсарской территории «**Ольманы – Переброды**», имеет статус территории международного значения для птиц.

В пределах территории Гомельской области в статусе ООПТ находятся:

– **Национальный парк «Припятский»** (Житковичский, Лельчицкий и Петриковский р-ны) знаменует большой площадью распространения в самом центре заболоченной низины Припяти дремучих пойменных лесов (вековых дубрав) и болот наряду с лугами, а также реками (знаменитая Припять, называемая «белорусской Амазонкой» и весеннее разливающееся «Геродотово море») и озерами. После таяния днепровского (180 тыс. л. н.), а затем и прекращения влияния сожского (130 тыс. л. н.) и поозерского (10 тыс. 300 л. н.) ледников все Припятское Полесье неоднократно становилось огромным водным бассейном (Припятским морем) за счет вод таявших древних льдов. В шкловское и муравинское межледниковья этот водоем мелел и здесь формировались торфяные болота; а с началом голоценового межледниковья часть болот сохранилась и до наших дней. Национальный парк «Припятский» – еще одна жемчужина экотуризма Беларуси. Благодаря своей труднодоступности из-за болотистой непроходимой местности, живописные места национального парка сохраняют свое величие и большое фиторазнообразие в любое время года.

Одна из главных ценностей парка – его пойменные ландшафты в виде чередования обширных открытых лугов и массивов кустарников, заболоченных низин и участков редколесья, одиночных могучих дубов и озер; на южной границе расположены верховые и переходные болота, частично покрытые мелколиственными и сосновыми лесами с зарослями травяного яруса в рост человека. Велико и разнообразие флоры: здесь можно встретить 943 вида растений, из них 38 занесены в Красную книгу. Кроме того, здесь есть 196 видов мха, 184 вида лишайников и 321 вид водорослей. Около 85% территории парка занимают леса (чаще всего – сосняки и дубравы). Часть парка занимает мелиоративная система 1873–1898 гг. создания, огромное количество озер – более 300. В период паводков более 70% площади уходит под воду и на мелководьях заливных лугов обильны нерестилища рыб. Сегодня заказник «Припятский» имеет международный статус ключевой орнитологической территории.

Интерес вызывают археологические памятники (замчище, курган и селище) древнего Туровского княжества, памятное место разрушенного когда-то каменного храма XII в., памятник известному просветителю XII в. святому Кириллу Туровскому, огромную ценность имеют и уникальные каменные кресты этого же времени, старая мелиоративная система XIX в., а также старые узкоколейные дороги. Здесь очень бережно относятся к сохранению обычаев и древних ремесел (кузнечное дело, бортничество, ткачество и др.).

**Геологические разрезы – Хвоенск, Бережцы, Олох, Кандель-Яловец** (голоцен), вблизи северной границы заказника – **Дорошевичи** (муравинское межледниковье и поозерское раннеледниковье), **Лясковичи** (муравинское межледниковье).

– **Водно-болотный заказник республиканского значения «Старый Жаден»** (Житковичский и р-н, междуречье Припяти и ее правых притоков Ствига и Уборть) создан для сохранения в естественном состоянии лесо-болотных экологических систем, дикорастущих растений и диких животных Красной книги Республики Беларусь и (или) охраняемым в соответствии с международными договорами Республики Беларусь, а также мест их произрастания и обитания. Уникальны в пределах слабоволнистой заболоченной низины широко распространенные золотые формы рельефа, болотные массивы из нескольких обособленных, вытянутых с юго-запада на северо-восток болотных урочищ (занимают широкие и плоские древние котловины и простираются на десятки километров); они чередуются с повышенными участками относительно сухих водораздельных равнин. Наиболее крупными участками являются урочища Старый Жаденск (в центре заказника) и Болото Великое (в южной части, частично уходит за его пределы) на его востоке, вблизи них берут свое начало мелиоративные каналы, представляющие собой гидрологическую сеть заказника): **Главная канава** и **канал Бычок**, которые были построены более 120 лет назад Западной экспедицией по изысканиям и осушительным работам под руководством русского геодезиста, генерала И. И. Жилинского.

Леса на возвышенных участках занимают ≈ 50% территории, болота – ≈ 22%. Преобладают сосновые леса (68% лесопокрытой площади), высоко участие пушистоберезовых (≈ 12%) и бородавчатоберезовых (16%), меньше – черноольшаников (≈ 3%), фрагментарны дубравы и осинники. На труднодоступных минеральных «островах» среди болот сохранились отдельные деревья возрастом выше 100–120 лет. В составе флоры заказника зарегистрировано 563 вида растений, в т. ч. 7 видов включены в Красную книгу Республики Беларусь. Уникальным флористическим элементом на покатых склонах минеральных «островов» являются группы рододендрона желтого (*Rhododendron luteum*), значительную ценность представляют редкие для Беларуси



виды: плющ малый (*Hedera hélix*), келерия большая (*Koeleria grandis*) и майник складчатый (*Glyceria plicata*). Водно-болотные угодья имеют международное значение и относятся к Рамсарской территории.

**Геологический разрез – Бычок** (голоценовое межледниковье).

Обширная территория с заказниками «Ольманские болота», «Средняя Припять», «Старый Жаден» и Национальным парком «Припятский» формирует единый природный комплекс **биосферного резервата «Припятское Полесье»** площадью более 200 тыс. га, который обеспечивает эффективную охрану биологического и ландшафтного разнообразия, а также миграцию видов в региональном и глобальном масштабах.

– **Биологический заказник республиканского значения «Букчанский»** (Лельчицкий р-н, территория Топиловских болот) объявлен в целях сохранения и рационального использования ценных лесо-болотных экологических систем, мест массового произрастания плантаций клюквы болотной (*Oxycoccus palustris*) в естественном состоянии, а также диких животных и дикорастущих растений, относящихся к видам Красной книги Республики Беларусь. Отсутствие леса в центральной части заказника восполнено произрастанием на его окраинах основных лесообразующих пород (сосны, черной ольхи и березы, редки дубовые и осиновые леса). Рельеф представлен водно-ледниковым и грядово-холмистым ландшафтом. В заказнике можно встретить такие формации как минеральные острова высотой до 30 м. В состав растительного мира входят два редких вида растений: клюква мелкоплодная (реликт) (*Vaccinium microcarpum*) и ситник луковичный (*Juncus bulbosus*). Заказник богат на урожай голубики (*Vaccinium uliginosum*), черники (*Vaccinium myrtillus*) и брусники (*Vaccinium vitis-idaea*).

– **Ландшафтный заказник республиканского значения «Мозырские овраги»** (Мозырский р-н) почти целиком находится в черте г. Мозырь и представляет крутые склоны, заросшие деревьями. Сами овраги возникли 180 тыс. лет назад после завершения днепровского оледенения, после которого остались возвышенности, чьи склоны под действием эрозии покрылись целой сетью балок. Намного позже здесь были высажены различные породы деревьев, включая бук (*Fagus*). Живописнее всего этот заказник выглядит весной, когда распускаются многочисленные первоцветы, а ручьи, сбегаящие по крутым склонам, наполняются водой.

**Геологические разрезы – Дрозды/Мозырь** (муравинское межледниковье и раннеледниковье поозерского оледенения).

– **Заказник республиканского значения «Стрельский»** (Мозырский р-н, низовья Припяти) объявлен в целях сохранения в естественном состоянии уникальных природных комплексов Белорусского Полесья и популяций дикорастущих растений и диких животных, относящихся к видам Красной книги Республики Беларусь, а также мест их произрастания и обитания. Уникальностью является наличие многочисленных старичных озер (наиболее крупные – Старик, Колочье, Литвин, Берестово). Река Припять делит территорию на две условные части по центру заказника. пойменные ландшафты, сеть балок и оврагов делают местность живописной и разнообразной. До 57% территории заказника покрыто лесами, среди которых доминируют сосновые, встречаются березняки и дубравы, где возраст деревьев достигает 150 лет. Здесь зарегистрированы 500 видов растений, 26 из которых внесены в Красную книгу Республики Беларусь.

– **Полесский государственный радиационно-экологический заповедник** создан в потенциально опасной зоне отчуждения Чернобыльской АЭС спустя два года после чернобыльской аварии с целью остановить здесь любую хозяйственную деятельность, проводить радиологические исследования, изучать процессы развития природных комплексов, увеличивать популяцию животных и птиц; нахождение в зоне возможно лишь на ограниченное время. Отсутствие деятельности человека на этой территории дало возможность природе вступить в свои права – здесь растут исчезающие виды растений, обитают ≈ 40 видов исчезающих животных (лошади Пржвальского, вольноживущие популяции зубра).

**Геологический разрез – Наровля** (голоценовое межледниковье).

– **Биологический заказник республиканского значения «Днепро-Сожский»** (Лоевский р-н) – второе чудо Лоевского края, создан для сохранения уникальных ландшафтов сложного пойменного комплекса с многочисленными старицами, протоками, затоками, понижениями в междуречье двух крупных рек – Днепра и Сожа, а также комплексов популяций редких, исчезающих и хозяйственно-полезных видов растений и животных. Особую ценность представляют песчаные дюны, крупные гривы с фрагментами дубрав, а также остатки погребенных речных русел (русло пра-Днепра), поросшие черноольховыми лесами. Здесь были найдены солонечник русский (*Galatella rossica*), наяда большая (*Najas major*) – необычное подводное цветковое растение, а также считавшаяся исчезнувшей в нашей стране бабочка пеструшка Сапфо (*Neptis sappho*) и еще один редчайший экземпляр дневной бабочки – **зеринтия Поликсена** (лат. *Zerynthia polyxena*), включенная в Красную книгу Беларуси.

**Геологический разрез – Лоев** (муравинское межледниковье) – **памятник природы республиканского значения**. Здесь также выявлены останки древних памятников: селищ (в т.ч. в центре современного Лоева – укрепленное поселение раннего железного века), городищ, могильников, курганов.

**Заключение.** Изученные палинологическим методом древние отложения в пределах ООПТ Белорусского Полесья представляют не в полной мере летопись природных событий последних 800 тыс. лет в связи с нахождением этой низинной части страны как под разрушительным воздействием древних ледников, так и их водных эрозионных потоков наряду с мощной русловой силой вод самой Великой Припяти. Геологические

разрезы сохранили органогенные образования палеобассейнов лишь со средней части гляциоплейстоцена – с 380 тыс. лет назад. Имеющийся же фундаментальный палинологический материал [2] восполняет эволюцию растительности и более ранних эпох, указывая на ее богатство и разнообразие состава.

Во флоре плейстоцена Беларуси выявлено 327 таксонов преимущественно древесных и кустарниковых растений, относящихся к 180 видам, 124 родам из 95 семейств, принадлежащих 6 классам. Для решения вопроса о возрасте отложений использованы такие специфические флористические характеристики, как *состав и соотношение географических элементов и состав показательных (экзотических) видов*, установивших постепенное исчезновение экзотов от неогена к голоцену на уровнях ранга горизонтов, и возрастное соотношение межледниковых флор между собой.

В сравнении с богатейшей термофильной листопадной неогеновой флорой субтропического облика (от 2,5 млн. лет назад), которая характеризовалась большим числом восточноазиатских (*Keteleeria, Platycarya, Ginkgo, Engelhardtia, Sciadopitys, Glyptostrobus, Cryptomeria, Metasequoia*), американо-средиземно-азиатских (*Liquidambar, Rhus, Cotinus, Cupressus*), средиземно-азиатских (*Cedrus*), американо-восточноазиатских (*Nyssa, Libocedrus*), североамериканских (*Taxodium, Sequoiadendron*), тропических и субтропических (*Podocarpus, Gleichenia, Palmae*) географических элементов, флора раннего и части среднего гляциоплейстоцена отличалась значительно меньшим разнообразием – и содержала в брестском интервале (700–800 тыс. лет назад) все еще в своем составе представителей восточноазиатских (*Eucommia*), североамериканских (*Sequoia, Taxodium*), американо-средиземно-азиатских (*Morus, Rododendron, Buxus, Liquidambar, Cupressus*) растений; в корчевское межледниковье (610–670 тыс. л. н.) американо-евроазиатских (*Pinus sect. Cembrae, Pinus sect. Strobus, Picea sect. Omorica, Taxus, Ilex*), американо-средиземно-азиатских (*Celtis, Vitis*), европейских (*Pilularia*) и не определенных географических элементов (*Selaginella sp., Azolla sp., Osmunda sp.*); в беловежское межледниковье (480–550 тыс. л.н.) американо-евроазиатских (*Taxus, Pinus sect. Cembrae*), евроазиатских (*Ligustrum*), американо-средиземно-азиатских (*Zelkova, Vitis*) и не определенных географических элементов (*Pinus prosibirica Anan., P. longifoliaformis Zakl., Selaginella sp.*); в ишкольдское межледниковье (400–470 тыс. л.н.) американо-евроазиатских (*Picea sect. Omorica*), американо-восточноазиатских (*Tsuga*), восточноазиатских (*Osmunda claytoniana*), европейских (*Tilia platyphyllos, T. tomentosa, Quercus pubescens*), панголарктических (*Betula sect. Costatae*) географических элементов.

Более стабилен и захоронен седиментогенез в палеоводоемах со второй половины среднего и на протяжении позднего гляциоплейстоцена и голоцена, которые отразили, что александрійской межледниковой флоре (340–380 тыс. л. н.) свойственно присутствие таких географических элементов как американо-средиземно-азиатские (*Zelkova, Vitis sylvestris, Celtis, Pterocarya, Juglans cinerea, J.regia, Castanea sativa, Buxus sempervirens*), американо-восточноазиатские (*Tsuga canadensis, Carya*), американо-евроазиатские (*Taxus baccata, Osmunda regalis, Azolla filiculoides, Hedera, Picea sect. Omorica, Ilex aquifolium*), евроазиатские (*Carpinus orientalis, Picea orientalis*), азиатские и восточноазиатские (*Ligustrina amurensis, Osmunda claytoniana, O. cinnamomea, Euryale ferox*), панголарктические (*Myrica*), европейские (*Tilia platyphyllos, T. tomentosa, Quercus pubescens, Carpinus minima*), а также не определенные (*Pinus montana, Coniogramma, Adiantum, Abies sp., Cotoneaster sp.*); смоленская межледниковая флора (240–280 тыс. л. н.) содержала в своем составе американо-евроазиатские (*Picea sect. Omorica, Pinus sect. Strobus*), восточноазиатские (*Osmunda claytoniana, O. cinnamomea, Ulmus propinqua*), европейские (*Tilia platyphyllos, T. tomentosa, Quercus pubescens*), панголарктические (*Betula sect. Costatae*), евроазиатские (*Picea orientalis, Ligustrum*), американо-средиземно-азиатские (*Zelkova*) географические элементы; шкловская флора (145–180 тыс. л. н.) имела следующие географические элементы: американо-средиземно-азиатские (*Ostrya*), американо-евроазиатские (*Ilex, Picea sect. Omorica, Pinus sect. Strobus, Pinus sect. Sula, Pinus sect. Cembrae, Azolla filiculoides*), восточноазиатские (*Ulmus propinqua, Eriocaulaceae, Woodsia cf. manshuriensis, Osmunda cinnamomea*), европейские (*Quercus pubescens, Tilia tomentosa, T. platyphyllos, Pilularia*), панголарктические (*Betula sect. Costatae*), евроазиатские (*Ligustrum*) и не определенные (*Coniogramma, Adiantum*); а во время муравинского межледниковья (70–130 тыс. л. н.) сохранили свое значение американо-евроазиатские (*Ephedra*), американо-восточноазиатские (*Brasenia*), восточноазиатские (*Osmunda cinnamomea*), евроазиатские (*Betula sect. Fruticosae, Picea obovata*), европейские (*Tilia platyphyllos*), панголарктические (*Larix, Cornus*) географические элементы; голоценовая межледниковая флора (10 300 л. н.– современность) даже во время климатического оптимума (атлантический период) практически была сходна с современной и сохранила в своём составе таких представителей географических элементов, как американо-евроазиатских (*Acer, Fraxinus, Fagus*), европейских (*Carpinus betulus, Corylus avellana, Quercus robur, Q. petraea, Ulmus laevis, U. campestris, Picea exelsa*), евроазиатских (*Alnus glutinosa, Tilia cordata*), панголарктических (*Abies, Salix, Betula pubescens, B. verrucosa, Alnus incana, Viburnum, Juniperus, Lonicera, Rhamnus, Euonymus, Rubus, Pinus sylvestris*).

К числу редко встречаемых в составе этих флор Беларуси (в т.ч. и на Полесье) относятся *Betula nana, B. humilis, Polycnemum, Salsola, Aldrovanda vesiculosa, Drosera anglica, Sanguisorba officinalis, Nymphoides, Nymphaeae alba, Nuphar luteum* и др.

В поздне- и раннеледниковые этапы деградации и формирования льдов различных ледниковых эпох гляциоплейстоцена на территории страны существовал особый тип растительности – перигляциальный, объеди-

нывший представителей лесной, тундровой и степной флор. Характерными ее компонентами, не свойственными ныне современной флоре республики и произрастающими значительно севернее ее, являлись аркто-бореальные растения: *Alnaster fruticosus*, *Pinus sibirica*, *Lycopodium pungens*, *L. alpinum*, *Selaginella selaginoides*, *S. sibirica*, *Dryas*, *Botrychium cf. simplex*, *B. virginianum*, *B. cf. robustum*, *Abies sibirica*, *Picea orientalis*, *Picea obovata*, *Larix sibirica*, *Betula cf. exilis*, *Nymphaea tetragona*, *Cornus cuccica* (?). Следует отметить и присутствие в составе ископаемой палинофлоры горных частей Европы, Дальнего Востока, Японии и Китая: *Selaginella helvetica*, *S. aitchisonii*.

Особую группу перигляциальной флоры – это степные растения (ксерофиты, галофиты, мезоксерофиты – *Chenopodium acuminatum*, *Salicornia herbaceae*, *Kochia prostrata*, *Axyris amaranthoides*, *Echinopsilon hirsuta*, *Corispermum hyssophifolium*, *Polycnemum*, *Salsola*, *Suaeda*, а также *Hippophaë rhamnoides*) с ареалом южнее Беларуси.

Таким образом, палинофлора межледниковий была представлена значительно богаче и разнообразнее за счет экзотических форм растений, а климат был существенно теплее современного этапа в термические максимумы (превышение  $T^{\circ}$  на 1,5–3°) и более холодным ( $T^{\circ}$  снижалась на 15–20° и более) в периоды распространения ледниковых покровов. На фоне богатого фиторазнообразия в геологическом прошлом в пределах территории Белорусского Полесья нынешний состав флоры отражает лишь малую долю сохранившихся ценных и редких растений, несомненно подлежащих охране.

#### Список использованных источников

1. Еловичева, Я. К. Геологические разрезы гляциоплейстоцена и голоцена Беларуси (Бассейны Западного Буга и Нарева) (к 100-летию БГУ) / Я. К. Еловичева, Е. Н. Дрозд. – Т. 1. – Мн. : БГУ, 2018. – 109 с.
2. Еловичева, Я. К. Палинология Беларуси (к 100-летию БГУ) / в 4 ч. – Мн. : БГУ, 2018. – 831 с.

#### PHYTORIDIVERSITY OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS OF REPUBLICAN IMPORTANCE IN BELARUSIAN POLESIE IN THE GEOLOGICAL PAST

Ya. K. Yelovicheva

Within the specially protected natural areas of republican importance in Belarusian Polesie, palynologically studied geological sections in the rank of natural monuments of the Glaciopleistocene and Holocene, characterizing the phytodiversity of the last 380 thousand years, are considered.

УДК 504.054:504.064.2

## СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ИСТОЧНИКА ЭМИССИИ

Л. Н. Иовик, А. Н. Ажгиревич, М. М. Дашкевич

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

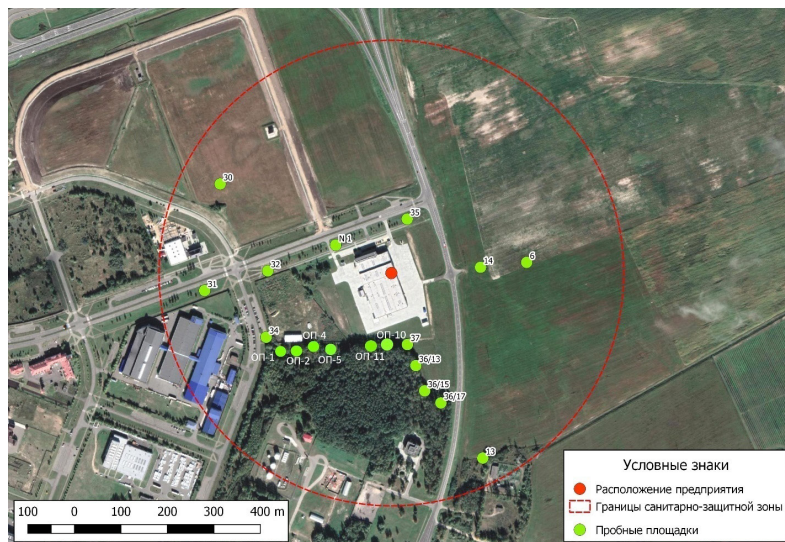
В статье представлены сведения о содержании тяжелых металлов в биологических объектах, располагающихся в зоне влияния аккумуляторного производства. Произведена оценка рисков для процессов метаболизма растений.

**Ключевые слова:** импактный мониторинг, аккумуляторное производство, тяжелые металлы, лишайники, древесные растения, травянистые растения.

Несмотря на то, что предприятия по производству стартерных аккумуляторных батарей используют сложные системы фильтров, выбрасываемый в атмосферу воздух содержит остаточные количества загрязняющих веществ, в частности тяжелых металлов (ТМ): свинца, никеля, кадмия, сурьмы и др. [1]. Учитывая требования ЭкоНП 17.08.06-001-2022 [2], согласно которым предельно допустимые концентрации в атмосферном воздухе не должны превышать  $0,1 \text{ мкг/м}^3 \text{ Pb}$ ,  $0,05 \text{ мкг/м}^3 \text{ Ni}$ ,  $0,01 \text{ мкг/м}^3 \text{ Cd}$  в год, технологически предусматривается, что качество эмитируемых выбросов не будет нарушать способность компонентов природной среды к самовосстановлению. Регулярный экологический мониторинг состояния биологических объектов, в том числе для которых не установлены нормативы, позволяет выявлять не только уровень их фактического загрязнения, но и оценивать ежегодную динамику изменения содержания загрязняющих веществ.

Полесским аграрно-экологическим институтом НАН Беларуси, начиная с 2018 года, в рамках созданной локальной системы импактного мониторинга [3] ведутся ежегодные наблюдения за содержанием ТМ в растениях, почвах, лесных подстилках и др. Цель настоящих исследований предполагает выявить влияние атмосферных выбросов предприятия по производству аккумуляторных батарей на накопление элементов-загрязнителей в биологических объектах – в лишайниках, древесных и травянистых растениях.

В 2022 г. наблюдения осуществлялись в санитарно-защитной зоне предприятия на 19 пробных площадках (ПП).



**Рисунок** – Сеть мониторинговых площадок в зоне влияния источника эмиссии ТМ

Отбору подлежали надземные органы растений (листья деревьев, побеги травянистых растений) и слоевища лишайников. После минерализации воздушно-сухих проб по ГОСТ 26929-94 «Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов» производили анализ содержания ТМ согласно ГОСТ 30538-97 «Продукты пищевые. Методика определения токсичных элементов атомно-эмиссионным методом» с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой iCAP 7200 ICP-AES DUO (Thermo Scientific).

Наиболее распространенными в районе исследований являются береза повислая *Betula pendula* Roth и ксантория золотистая *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. Согласно полученным лабораторным данным установле-

но, что среднее содержание ТМ в неотмытых листьях березы снижалось в ряду (мг/кг): Mn (202) > Fe (73,3) > Zn (60,0) > Cr (6,32) > Ni (4,45) > Cu (4,01) > Pb (0,34) > Co (0,30) > Cd (0,27) и в слоевищах ксантории (мг/кг): Fe (638) > Mn (58,1) > Zn (45,9) > Pb (4,15) > Cu (3,69) > Cr (1,12) > Ni (0,79) > Cd (0,59) > Co (0,52). При этом ксантория накапливала в 12 раз больше свинца (приоритетного загрязнителя территории исследований), что обусловлено в первую очередь физиологией лишайников, слоевища которых, в отличие от листьев березы, живут, не отмирая, десятки лет. Наибольшие концентрации Pb в листьях березы выявлены на ПП35 (0,55 мг/кг) и ПП37 (0,59 мг/кг), тогда как для ксантории отмечено практически равновеликое содержание элемента. На основании собственных данных Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси установлено, что соотношение среднего содержания ТМ в листьях березы превышает фон, установленный для юго-запада Беларуси, в 1,1–5,0 раза, в том числе по Pb – в 3,8 раза. При сравнении с данными 2021 г., накопление Pb увеличилось в 1,4 раза в листьях березы и в 1,6 раза в слоевищах ксантории; Cd, Cu, Zn выраженных тенденций к накоплению не имели.

Одно- и многолетние травянистые растения, произрастающие на территории исследований (8 доминантных видов на 10 ПП), накапливали ТМ в порядке убывания (мг/кг): Fe (76,9) > Mn (52,2) > Zn (25,7) > Cu (6,51) > Cr (4,41) > Ni (3,12) > Pb (0,29) > Cd (0,22) > Co (0,10). При этом полученные значения превышали фон по следующим элементам: Fe в 1,2 раза, Cu в 1,6 раза, Co в 2,6 раза, Pb в 4,1 раза, Ni в 4,3 раза и Cr в 7,0 раз. В то же время аккумуляция Pb в разных растениях не было обусловлено расположением ПП, морфологическими особенностями и продолжительностью жизни, а, скорее, определялось физиологическими процессами и видоспецифичностью. Наибольшее содержание элемента было выявлено в вайях щитовника мужского *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott – 1,04 мг/кг на ОП-11. Вид характеризовался повышенной избирательностью к накоплению Mn – 204 мг/кг. Однако эта величина была равнозначна фоновой, тогда как Pb имел полностью техногенное происхождение. Отдельные элементы – Ni и Cr, превышали фон в 3,0 и 4,5 раза соответственно. В отличие от фона в зоне аэротехногенного влияния щитовник накапливал не только Pb, но и Co.

Надземные побеги однолетних сельскохозяйственных растений – гречихи посевной *Fagopyrum esculentum* Moench (ПП30) и кукурузы сахарной *Zea mays* L. (ПП6, ПП14) по содержанию Pb (0,18–0,29 мг/кг) и Cd (0,02–0,17 мг/кг) с учетом влажности не превышали нормативы для зеленых кормов [4]. Т.к. гречиха является крупяной, а кукуруза кормовой культурой, важно было оценить особенности аккумуляции в надземных побегах высоко опасных (Pb, Cd, Zn) и умеренно опасных (Cu) веществ (в градах [5]). Для этого использовали данные по их содержанию в почве на конец вегетационного сезона 2021 г. и расчетный показатель – коэффициент биологического накопления (КБН) [6], который определялся через соотношение между содержанием отдельных элементов в растении и валовым значением в почве. Полученные значения КБН для гречихи (ПП30) – Pb 0,03, Cd 2,13, Zn 2,04, Cu 2,22 и кукурузы (ПП14) – Pb 0,06, Cd 0,50, Zn 3,34, Cu 2,89 говорят о том, что Cd, Zn, Cu в гречихе, Zn и Cu в кукурузе относятся к элементам слабого накопления и Cd в кукурузе – к элементам слабого захвата. Не представляется возможным оценить особенности накопления Pb, т.к. его КБН составляет менее 0,1. При этом отсутствуют элементы сильного накопления, а значит, оба вида растений при данных условиях техногенной нагрузки не являются концентраторами Pb, Cd, Zn и Cu. Важно понимать, что Zn и Cu (до определенного уровня концентрации) относятся к эссенциальным (жизненно важным) элементам, и КБН Zn и Cu не отражает потребности растения в них, а формируется как следствие захвата из внешней среды, пассивного или даже активного. Недостаток в почве Zn и Cu негативно сказывается на качестве растениеводческой продукции. Наряду с тем, что содержание микроэлементов в почве находится на оптимальном агрохимическом уровне (по [7]), накопление Zn (41,8 мг/кг) и Cu (6,35 мг/кг) в кукурузе соответствовало оптимальным уровням для кормов (в градах: Zn 31–40 мг/кг, Cu 7–12 мг/кг). Таким образом, эмиссируемые выбросы предприятия по производству аккумуляторных батарей в 2022 г. не оказывали негативного воздействия на качество сельскохозяйственной продукции.

Опасность возрастания содержания ТМ в атмосфере и почве также связана с их активным поглощением и накоплением в тканях и органах растений, что негативно отражается на жизнедеятельности самих растений, нарушая протекание физиологических процессов на клеточном уровне. Известно, что растения, обладая видоспецифичными механизмами адаптации к действию ТМ, проявляют разную устойчивость к повышенным концентрациям ТМ во внешней среде. Незначительное или постепенное (до порога токсического действия) изменение содержания ТМ в тканях и органах растений, как правило, не вызывает резкий сбой в обменных процессах за счет включения естественных биохимических барьеров и развития «адаптивных ответов». Одним из главных условий нормального роста и развития растений является сбалансированность химического состава клеток, поэтому более правильно отслеживать не просто уровень накопления тех или иных элементов, а оценивать в сравнительном аспекте их соотношение в фоновых и техногенных условиях. Так, показатель Fe/Mn характеризует протекание ключевых этапов фотосинтеза, а отношение Pb/Mn и Cu/Zn указывает на пропорциональность содержания микроэлементов, определяющих нормальное состояние метаболизма [9]. Чем больше итоговое расчетное значение, тем больше и величина диспропорции микроэлементного состава, а значит, техногенного загрязнения растений.

Для условий фона юго-запада Беларуси, отношение Fe/Mn в листьях березы повислой *Betula pendula* Roth составляло 0,44, Pb/Mn – 0,001, Cu/Zn – 0,04, тогда как в зоне влияния источника эмиссии ТМ: Fe/Mn – 0,36, Pb/

Mn – 0,002, Cu/Zn – 0,07. Таким образом, в зоне техногенеза в 2022 г. соотношение микроэлементов в древесных растениях практически не отличалось от естественного фона.

Для травянистых растений отношения элементов составили: Fe/Mn – 0,61, Pb/Mn – 0,001, Cu/Zn – 0,14 на фоновых территориях и Fe/Mn – 1,47, Pb/Mn – 0,005, Cu/Zn – 0,25 – в условиях аэротехногенного воздействия. Как видно, фотосинтезирующие органы в условиях техногенеза имели явную диспропорцию в отношении Fe к Mn, что говорит о более интенсивном накоплении Fe и более медленных темпах аккумуляции Mn по сравнению с фоном. Вместе с тем Mn не является специфичным загрязнителем для территории исследований, т.к. в общем аэральном потоке его концентрации не велики. О том же говорят многолетние данные, согласно которым, начиная с 2018 г. (срок начала мониторинга, производство стартерных батарей не запущено), в почвах не происходит заметного аккумуляирования элемента. Важно отметить следующее: несмотря на то, что соотношение Pb/Mn было несколько выше фона, содержание микробиогенного Mn оставалось в 180 раз больше токсичного Pb. О нарушениях процессов ферментосинтеза судят по наличию диспропорции в соотношении Cu к Zn. В условиях зоны техногенеза величина диспропорции Cu/Zn в надземных органах травянистых растений увеличивалась в 3 раза, но, тем не менее, накопление Zn опережало аккумуляцию Cu в 4 раза, что свидетельствует об отсутствии риска для подавления функции синтеза ферментов.

Сложная и весьма неоднозначная картина наблюдается при сравнении изучаемых биологических объектов с обобщенным эталонным растением (ЭР) – [10] и кларками в растительности суши (РС) [11]. По сравнению с ЭР относительно близкие концентрации Mn, Co выявлены у древесных растений, а также Zn и Cr у лишайников. Остальные элементы, в том числе эссенциальные, резко разнятся с ЭР и РС. Так, по отношению к ЭР более высокие концентрации Cd (в 4,4–11,2 раза) установлены для всех биологических объектов; Pb (в 4,1 раза) – для лишайников; Cr (в 2,9–4,2 раза) – для древесных и травянистых растений; Zn (в 1,2 раза) и Ni (в 3 раза) – для древесных растений; Fe (в 4,3 раза) и Co (в 2,6 раза) – для лишайников. В остальных случаях накопление элементов было сравнительно ниже ЭР, особенно Mn у лишайников и травянистых растений (в 3,4–3,8 раза ниже ЭР соответственно). Т.к. кларки элементов в РС по значениям выше ЭР (за исключением Cd, Cu, Zn), разница между величинами их содержания в изучаемых биологических объектах и РС пропорционально сокращается. Особый интерес вызывает сопоставление полученных данных с региональными кларками в растительности Беларуси (РК) [12]. Концентрации элементов в изучаемых биологических объектах не достигали значений РК по Cu, Zn, Mn, Fe, лишь концентрации Co в древесных растениях и лишайниках находились выше установленного уровня.

**Таблица** – Содержание ТМ в биологических объектах в зоне влияния источника эмиссии, мг/кг

Биологические объекты	Элемент								
	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Mn	Fe	Co	Cr
Древесные растения	0,34	0,27	4,01	61,0	4,45	202	73,3	0,30	6,32
Травянистые растения	0,29	0,22	6,51	25,7	3,12	52,2	76,9	0,10	4,41
Лишайники	4,15	0,56	3,69	45,9	0,79	58,1	638	0,52	1,12
Эталонное растение	1,0	0,05	10	50	1,5	200	150	0,2	1,5
Кларк в растительности суши	2,5	0,005	10	50	2,0	240	200	1,0	1,8
Региональный кларк в растительности Беларуси	–	–	6,64	71	–	318	272	0,19	–

Таким образом, результаты 2022 г. в рамках регулярных мониторинговых исследований показали, что выявленные уровни содержания ТМ в изучаемых биологических объектах в разной мере превышают фоновые значения. При этом риски для процессов метаболизма растений нуждаются в дополнительном изучении. Для оценки полученных данных рационально использовать в качестве «эталонных» значения регионального (в идеале местного) фона, который учитывает специфические особенности территории исследований.

#### Список использованных источников

1. Янин, Е. П. Эколого-геохимические аспекты воздействия аккумуляторной промышленности на окружающую среду / Е. П. Янин // Ресурсосберегающие технологии. – 2002. – № 18. – С. 3–33.
2. ЭкоНИП 17.08.06-001-2022 «Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух (в том числе озоновый слой). Требования экологической безопасности в области охраны атмосферного воздуха» (утв. Пост. Минприроды от 29 дек. 2021 г. № 32-Т). – Введ. 01.03.23. – Минск : Минприроды, 2022. – 75 с.
3. Ажгиревич, А. Н. Система геохимического мониторинга в импактной зоне СЭЗ «Брест» площадка «Аэропорт» / А. Н. Ажгиревич, Н. В. Михальчук, Е. А. Брыль // Природное асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: зб. навук. прац. X Міжнар. навук. канф. «Прырод. асярод. Палесся і навук.-практ. аспекты рацыянальн. рэсурсакарыстання», Брэст, 14–16 верас. 2022 г. / Палескі аграрна-экал. інст. НАН Беларусі ; рэдкал. М. В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. – Вып. 14. – Брест : Альтернатива, 2022. – С. 167–169.

4. Ветеринарно-санитарные правила обеспечения безопасности в ветеринарно-санитарном отношении кормов и кормовых добавок (в редакции постановления Мин-ва сельск. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь 23 февр. 2018 г. № 33) [Электронный ресурс] : постановление Мин-ва сельск. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь 10 февр. 2011, № 10 // Информационно-поисковая система «ЭТАЛОН-ONLINE» . – Режим доступа : <https://etalonline.by/document/?regnum=W211p0019>. – Дата доступа : 27.05.2024.

5. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения = Ахова прыроды. Глебы. Класіфікацыя хімічных рэчываў для кантролю забруджвання ГОСТ 17.4.1.02-83. – Переизд. июль 2023 ; введ. 01.01.85. – Минск : Госстандарт, 2023. – 6 с.

6. Авессаломова, И. А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов : учеб.-метод. пособие / И. А. Авессаломова. – М. : Изд-во МГУ, 1987. – 108 с.

7. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.] ; Ин-т почвоведения и агрохимии ; под ред. акад. В. В. Лапа. – Минск : ИВЦ Минфина, 2021. – 260 с.

8. Разумовский, Н. Балансируем рационы по цинку грамотно / Н. Разумовский // Животноводство России. – 2021. – № 11. – С. 31–33.

9. Аржанова, В. С. Геохимия ландшафта и техногенез / В. С. Аржанова, П. В. Елпатьевский – М. : Наука, 1990. – 196 с.

10. Markert, B. Establishing of «reference plant» for inorganic characterization of different plant species by chemical fingerprinting / B. Markert // Water, Air, and Soil Pollution, 1992. – Vol. 64. – P. 533–538.

11. Романкевич, Е. А. Живое вещество Земли (биогеохимически аспекты проблемы) / Е. А. Романкевич // Геохимия, 1988. – № 2. – С. 292–306.

12. Чертко, Н. К. Геохимия и экология химических элементов : справ. пособ. / Н. К. Чертко, Э. Н. Чертко. – Мн. : Издательский центр БГУ, 2008. – 140 с.

## HEAVY METALS CONTENTS IN BIOLOGICAL OBJECTS IN THE FACTORY EMISSION ZONE

**L. N. Iovik, A. N. Ashgirevich, M. M. Dashkevich**

The article contains information about the content of heavy metals in the studied biological objects located in the zone of battery production factory. A risk assessment for plant metabolic processes was carried out.

УДК 551.582 (476.2)

## ТЕПЛО- И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ В ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

Г. А. Камышенко

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

*В статье представлены результаты исследования тепло- и влагообеспеченности территории Гомельской области в вегетационный период. Выполнен статистический анализ динамики и частоты проявления значений гидротермического коэффициента за май–июль 1891–2022 гг., а также сравнительный анализ изменения данного показателя до начала потепления и в период потепления климата. Показана динамика значений гидротермического коэффициента вегетационного периода территорий, примыкающих к отдельным метеостанциям Гомельской области, в период с 1945 по 2022 г.*

*Ключевые слова: температура воздуха и атмосферные осадки; гидротермический коэффициент, динамика, частота.*

**Введение.** Проблема изменения климата стала одной из актуальнейших в современной науке и политической жизни мирового сообщества. Согласно Концепции национальной безопасности Республики Беларусь, среди основных угроз в экологической сфере признаны глобальные изменения окружающей природной среды, связанные с изменением климата. Особенно значимое воздействие происходящие климатические изменения оказывают на аграрный сектор экономики. Несмотря на наличие ряда научных публикаций по указанной тематике, исследования тепло- и влагообеспеченности территории регионов Беларуси, особенно в вегетационный период, не теряют своей актуальности и значимости.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 27 ноября 2019 г. № 800 определен перечень на 2020–2024 годы районов, относящихся к неблагоприятным для производства сельскохозяйственной продукции. Согласно Положению о порядке отнесения районов к неблагоприятным для производства сельскохозяйственной продукции, утвержденному постановлением Совета Министров от 15 августа 2014 г. № 796, неблагоприятным признается район, на территории которого в связи с природно-климатическими, почвенными, экологическими и социально-экономическими показателями (факторами) организация высокорентабельного сельскохозяйственного производства не представляется возможной. В указанный перечень внесено 66 районов республики, значительное количество из которых приходится на Гомельскую область (20 районов), в список не попал только один из всех административных районов области – Жлобинский район [1]. Данный факт лишний раз свидетельствует о целесообразности исследования на региональном уровне факторов, влияющих на эффективность сельскохозяйственного производства, одним из которых является климатический фактор.

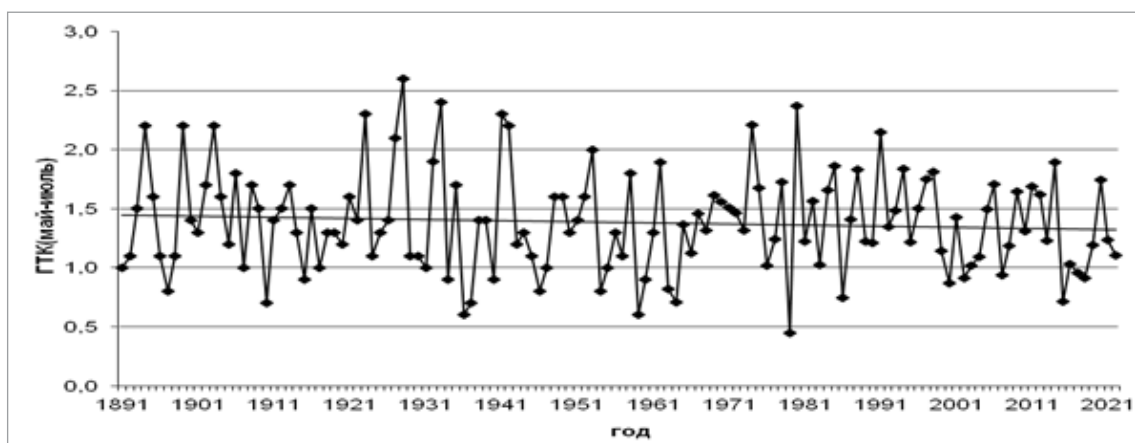
**Цель работы** – исследовать наиболее критический для развития большинства сельскохозяйственных культур временной интервал с мая по июль в период 1891–2022 гг. на территории восточной части Белорусского Полесья (Гомельской области) в аспекте тепло- и влагообеспеченности региона.

**Методы исследования и исходные данные.** В статистических исследованиях при анализе агроклиматических условий возделывания сельскохозяйственных культур широко используется гидротермический коэффициент (ГТК) Г. Т. Селянинова, отражающий условия увлажнения территории в зависимости от температуры воздуха. ГТК рассчитывается как отношение суммы осадков за определенный период (не менее месяца) к сумме температур за это же время со средними суточными значениями, превышающими 10 °С, уменьшенной в 10 раз. Этот показатель дает комплексную характеристику степени увлажнения, поскольку учитывает соотношение между количеством выпавших осадков и возможным испарением с открытой водной поверхности, пропорциональным сумме температур. Коэффициент, равный единице, по Г. Т. Селянину [2], указывает на равенство прихода расходу влаги; меньше единицы характеризует недостаточное увлажнение, коэффициенты от 1 до 2 указывают на достаточное увлажнение. Для интерпретации изменения показателя влагообеспеченности территории наиболее приемлема градация, представленная в [3], согласно которой различают следующие условия увлажнения территории: ниже 0,4 – сухие условия, 0,4–0,7 – очень засушливые, 0,71–1,0 – засушливые, 1,01–1,3 – слабозасушливые, 1,31–1,6 – оптимальные, более 1,6 – влажные.

В исследовании температурно-влажностного режима территории Гомельской области использованы данные, опубликованные в справочном пособии [4], и статистические материалы Белгидромета. Ранее аналогичное исследование было выполнено по данным Брестской области [5].



**Результаты.** На рисунке 1 представлен график динамики значений ГТК в мае–июле на территории Гомельской области в 1891–2022 гг.

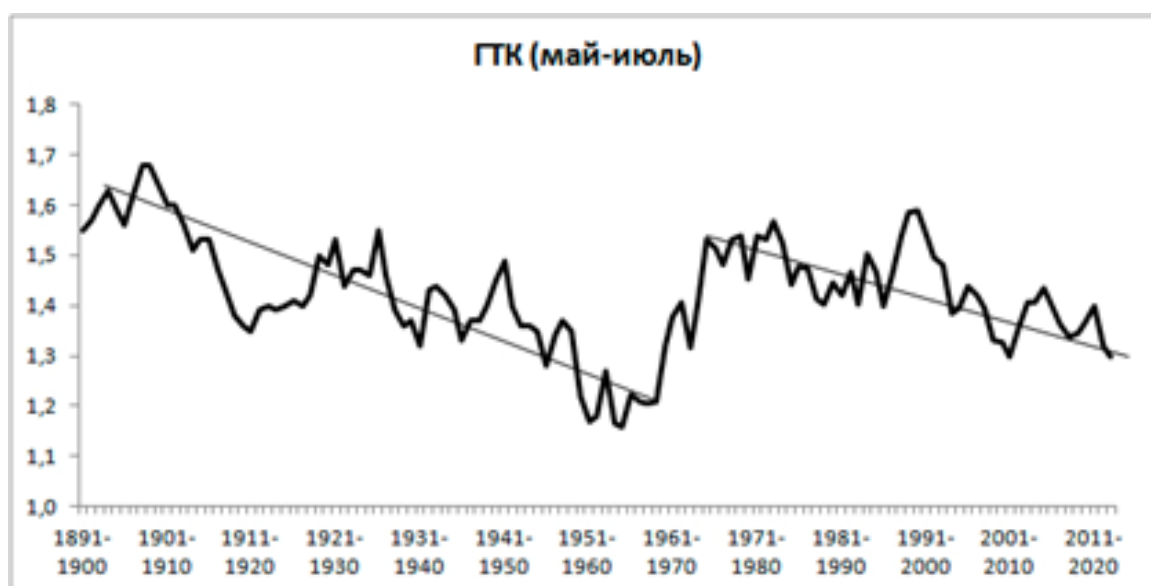


**Рисунок 1** – Динамика значений ГТК на территории Гомельской области за май–июль 1891–2022 гг. с линейным трендом

Среднее значение ГТК мая–июля за период 1891–2022 гг. на территории Гомельской области составляет 1,4, что соответствует оптимальным условиям увлажнения. Динамика изменения значений ГТК характеризуется незначительной отрицательной направленностью линейного тренда. Указанная тенденция присуща не только всему интервалу с 1891 по 2022 г., но и его отдельным сегментам, в частности, характерна для периода, предшествовавшего началу потепления климата (до 1989 г.), и периода современного потепления (1989–2022 гг.).

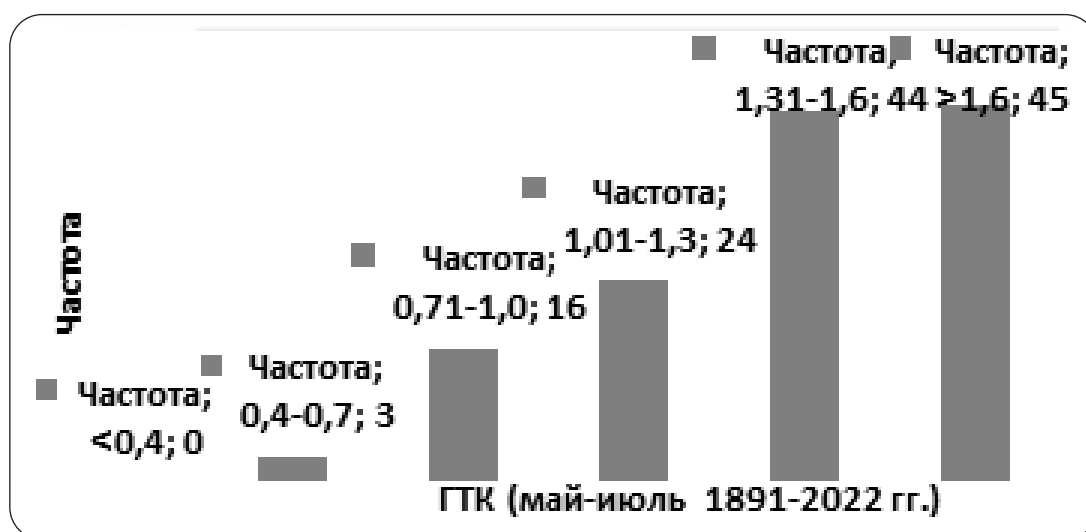
На всем исследуемом интервале при росте температуры воздуха наблюдается рост выпадения атмосферных осадков в мае и июле и их уменьшение в июне. Однако, в период потепления климата при сохранении в мае и июне тенденции, присущей всему исследуемому интервалу, отмечается незначительное уменьшение суммарного количества выпавших осадков в июле. Таким образом, представленная на рисунке 1 короткопериодная изменчивость температурно-влажностного режима территории Гомельской области в мае–июле обусловлена, в основном, неустойчивым выпадением атмосферных осадков.

График, отражающий динамику скользящих по десятилетним периодам значений ГТК, позволяет исключить из рассмотрения короткопериодные колебания данных и более наглядно показать динамику изменения исследуемого показателя (рисунок 2).



**Рисунок 2** – График динамики 10-летних скользящих значений ГТК на территории Гомельской области за май–июль 1891–2022 гг.

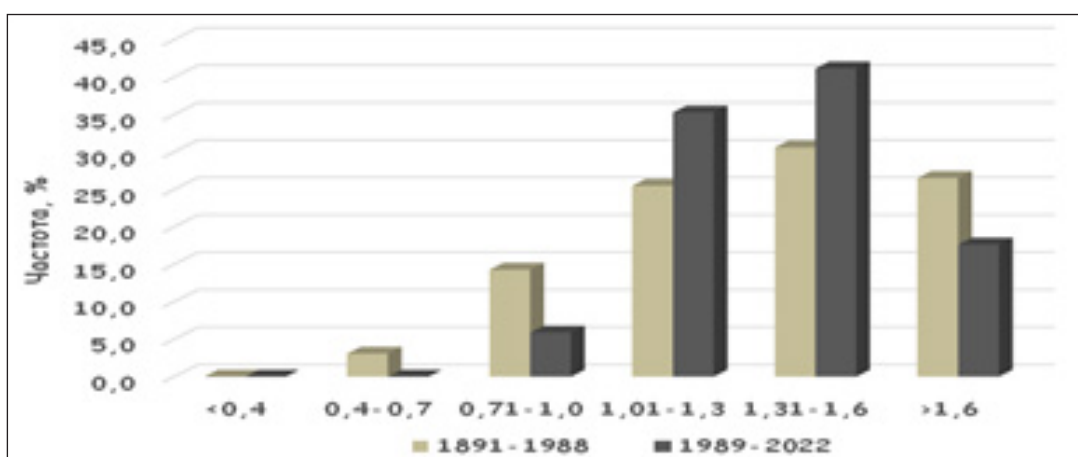
На графике выделяются два периода с нисходящими линейными трендами, при этом в последние десятилетия отмечается устойчивое снижение скользящих значений ГТК. Визуально оценить характер разброса данных позволяет гистограмма распределения частоты проявлений значений ГТК за май–июль 1891–2022 гг. (рисунок 3).



**Рисунок 3** – Гистограмма распределения частоты проявлений значений ГТК на территории Гомельской области за май–июль 1891–2022 гг.

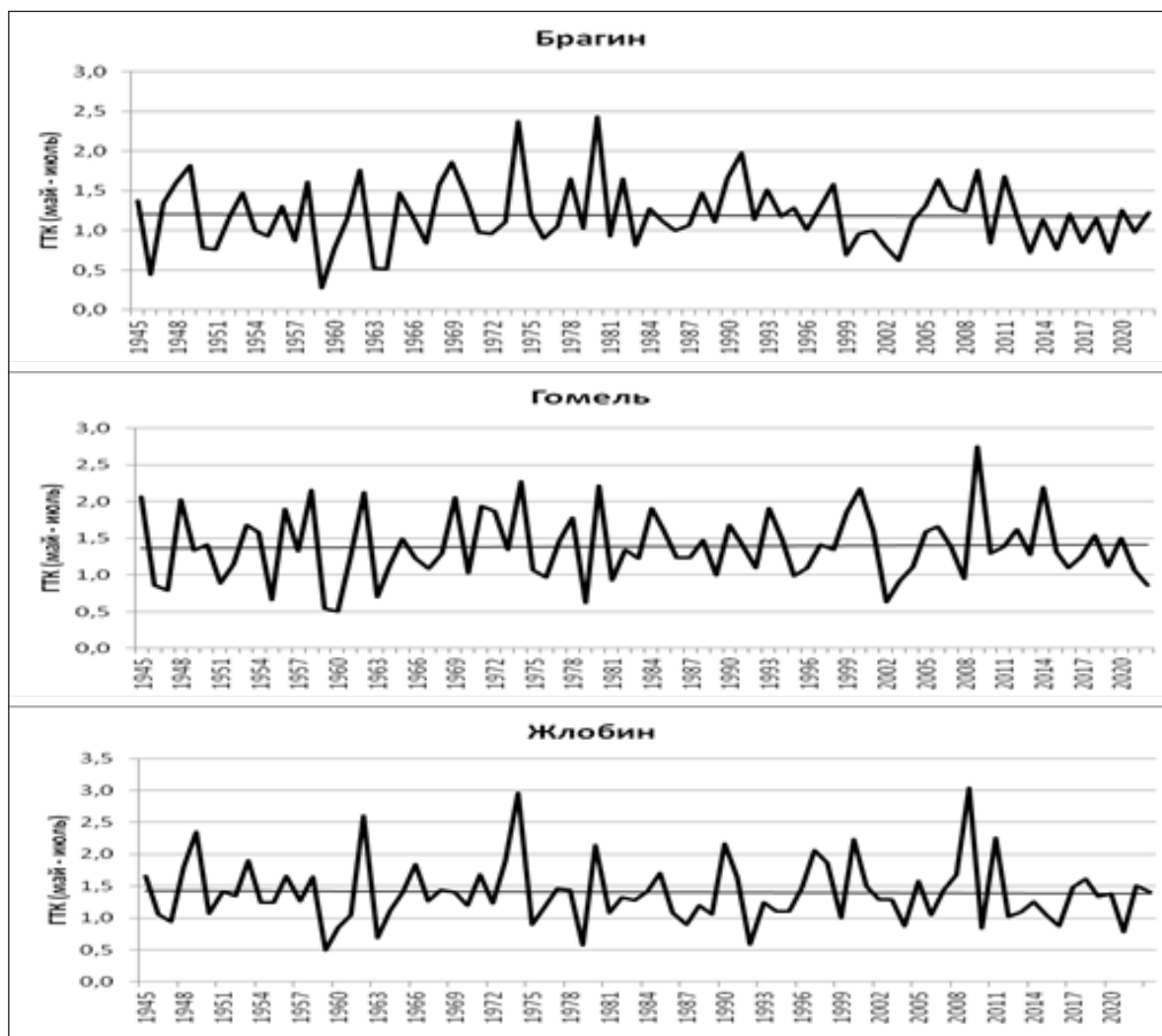
Весь исследуемый интервал составляет 132 года, из них подавляющее число лет (113 лет, 85,6 %) характеризуется слабозасушливыми, оптимальными и влажными условиями в мае–июле, засушливыми условиями вегетационного периода характеризуются 16 лет (12,1 %) и только 3 года оказались очень засушливыми (1936, 1959 и 1979 гг.). При этом данное распределение касается только атмосферных выпадений осадков и обусловленных ими засушливых явлений, ситуация по почвенным засухам будет отличаться от представленной выше.

На рисунке 4 представлено сравнительное распределение частоты проявления значений ГТК мая–июля на территории Гомельской области, согласно принятой градации, на временном интервале с 1891 по 1988 г. и в период потепления климата (1989–2022 гг.). Поскольку рассматриваются интервалы различной продолжительности, частота значений ГТК выражается относительными величинами (в %). Число лет с очень засушливыми и засушливыми условиями территории в мае–июле в период потепления климата (1989–2022 гг.) составило 5,9 %, что ниже, чем в предшествовавшем ему рассмотренном временном интервале (17,3 %). Увеличилось количество лет со слабозасушливыми и оптимальными условиями вегетационного периода.



**Рисунок 4** – Сравнительное распределение частоты проявления значений ГТК мая–июля на территории Гомельской области в периоды 1891–1988 гг. и 1989–2022 гг.

На рисунке 5 приведена динамика значений ГТК за май–июль 1945–2022 гг. по отдельным метеостанциям Гомельской области. Выбор данного временного интервала и метеостанций обусловлен полнотой обеспечения статистическими данными, характеризующими тепло- и влагообеспеченность исследуемой территории.



**Рисунок 5** – Динамика значений ГТК за май–июль 1945–2022 гг. по данным отдельных метеостанций Гомельской области

Ситуация по динамике значений ГТК за май–июль 1945–2022 гг. по данным метеостанций Гомель и Жлобин схожая, среднее значение показателя равно 1,4. Среднее значение ГТК по данным метеостанции Брагин равно 1,2, что свидетельствует о слабозасушливых условиях территории. На графиках отражена короткопериодная изменчивость температурно-влажностного режима территории рассмотренных метеостанций, что обусловлено, как уже указывалось выше, неустойчивым выпадением осадков. После 2009 г. прослеживается нисходящий тренд значений ГТК за май–июль.

**Заключение.** Анализ значений ГТК мая–июля на исследованном временном интервале с 1891 по 2022 г. по данным Гомельской области, а также в 1945–2022 гг. по данным отдельных метеостанций (Брагин, Гомель, Жлобин) показал их сильную вариацию (от 0,4 до 3,0), что свидетельствует о неустойчивом атмосферном увлажнении территории. В целом по области в последние три десятилетия выявлено снижение значений ГТК мая–июля, по отдельным рассмотренным метеостанциям наблюдается значительная отрицательная направленность тренда после 2009 г.

---

**Список использованных источников**

1. Правительством определен перечень районов, относящихся к неблагоприятным для производства сельхозпродукции [Электронный ресурс] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа : <https://pravo.by/novosti/novosti-pravo-by/2019/november/43102>. – Дата доступа : 26.02.2024.
2. Селянинов, Г. Т. О сельскохозяйственной оценке климата / Г. Т. Селянинов // Труды по сельскохозяйственной метеорологии, 1928. – Вып. 20. – С. 169–178.
3. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата [Электронный ресурс] / В. Мельник, В. Яцухно, Н. Денисов, Л. Николаева, М. Фалолеева. – Минск-Женева, 2017. – Режим доступа : <https://www.minpriroda.gov.by/uploads/files/Agroklimaticheskoe-zonirovanie-Respubliki-Belarus.pdf>. – Дата доступа : 19.05.2023.
4. Многолетние ряды средних областных комплексных метеорологических параметров для основных сельскохозяйственных районов СССР (1891–1980 гг.) : Справочное пособие / под ред. А. В. Мещерской, В. Г. Блажевич. – Ленинград, 1985. – 324 с.
5. Камышенко, Г. А. Тепло- и влагообеспеченность вегетационного периода на территории Брестской области / Г. А. Камышенко // Актуальные проблемы наук о Земле: исследования трансграничных регионов: Материалы VI межд. научно-практ. конф., 26–28 октября 2023 г. : в 2 ч. – Брест, 2023. – Ч. 2. – С. 60–64.

**HEAT AND MOISTURE SUPPLY OF THE GROWING PERIOD IN THE TERRITORY OF THE GOMEL REGION****Н. А. Kamyshenka**

The article presents the results of a study of heat and moisture supply in the Gomel region during the growing season. A statistical analysis of the dynamics and frequency of manifestation of the hydrothermal coefficient values for May–July 1891–2022 was performed, as well as a comparative analysis of changes in this indicator for the time interval before the start of warming and the period of climate warming. The dynamics of heat and moisture supply during the growing season in territories adjacent to individual weather stations in the Gomel region are shown in the period from 1945 to 2022.

## ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ САДОВЫХ АГРОЭКОСИСТЕМ БРЕСТСКОГО РЕГИОНА

А. П. Колбас<sup>1,2</sup>, Н. Ю. Колбас<sup>1,3</sup>, П. В. Качанович<sup>1</sup>, М. О. Кайдалова<sup>1</sup>, Т. И. Новикова<sup>1</sup>, М. М. Дашкевич<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

<sup>2</sup>Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

<sup>3</sup>Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

*Дана оценка химического состава почв 4 садовых агроэкосистем различных форм собственности в Брестском регионе. Выявленные превышения фоновых содержаний тяжелых металлов обусловлены как внесением фосфорных удобрений (Pb, Mn, Ni), так и применением пестицидов (Zn, Cu). Отмечаются повышенные концентрации некоторых макроэлементов (Ca, Mg, P), связанные с внесением дефеката и фосфорных удобрений. Важным фактором является также использование в садах средств механизации и близость крупных транспортных магистралей. Снижение техногенной нагрузки возможно при внедрении элементов органического земледелия.*

*Ключевые слова: органическое земледелие, почвы, садовые агроэкосистемы, тяжелые металлы, фоновое содержание, экологические риски.*

**Введение.** Интенсивные методы ведения хозяйства и близость к источникам загрязнения могут способствовать накоплению тяжелых металлов (ТМ) в почвах и растениеводческой продукции. Отмечается накопление ТМ в садово-огородных почвах и растениях в зоне влияния промышленных производств и урбоэкосистем. Так, ранее было зафиксировано повышенное содержание Zn и Pb в огородных почвах и овощных культурах жилой усадебной застройки г. Бреста [1]. ТМ могут накапливаться в почве и растениеводческой продукции при внесении значительных объемов удобрений и мелиорантов. Наиболее существенными как по набору, так и по концентрациям примесей ТМ являются фосфорные удобрения, в которых могут присутствовать Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Ni, Zn [2], а также азофоска, калийная соль, известь, дефекат [3]. Развитию геохимических аномалий в агроценозах также способствуют многочисленные обработки пестицидами и, в частности, фунгицидами, при которых усиливается накопление Zn, Cu, Fe, Hg, Pb, Cd и As [4].

С растительной пищей в человеческий организм попадает основное (75–85 %) количество ТМ. Исследования по оценке взаимосвязи частоты диагностирования раковых заболеваниями и содержанием некоторых ТМ выявили, что территории страны с повышенной заболеваемостью населения раком отличаются более высоким содержанием в почвах Mn, Pb и Co и низкими концентрациями Cu. Показательно, что величина загрязнения техногенными элементами (Pb, Cr и Ni) растет с юга на север [5].

В Брестской области плодово-ягодную продукцию производит ряд организаций различных форм собственности. В большинстве из них до последнего времени также применялись интенсивные технологии выращивания, при которых количество ежегодных химических обработок могло достигать 10–20 циклов.

**Целью** данной работы было оценить актуальный уровень содержания химических элементов в почвах некоторых садовых агроэкосистем Брестского региона.

**Объекты и методы исследования.** Для закладки модельных участков нами были подобраны 3 крупных сельскохозяйственных предприятия различных форм собственности: ОАО «Агро-сад Рассвет» (1), ОАО «Остромечево» (2), фермерское хозяйство «Влас» (3), а также отдел Агробиология учреждения образования «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина» (4). Выбор садов обусловлен занимаемой площадью, наличием модельных культур, объемами продукции, вовлеченностью обучающихся в производственный процесс.

На каждом из стационаров был осуществлен отбор почв согласно требованиям ГОСТа 17.4.4.02–84 с глубины до 20 см. Всего отобран и подготовлен к анализу 71 почвенный образец под яблонями (сорта Гала, Имант, Джонаголд, Глостер), малиной (ГленАмпл, Херитейдж), смородиной (Памяти Волочаева, Тихоуп, Орес), вишнями (Облачинска, Живица, Ласуха, Гриот белорусский). Образцы высушивали до воздушно-сухого состояния и измельчали до частиц менее 1 мм. Для определения валового содержания ТМ химическое разложение почвы проводили согласно ISO 11466 смесью HNO<sub>3</sub> (14 M) и HCl (12 M) в соотношении по объему 1:3. Содержание химических элементов, из них 5 макроэлементов (Ca, Mg, Fe, K, P) и 9 ТМ (Cd, Ni, Pb, Co, Cr, Cu, Mn, Mo и Zn), определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICP-AES) согласно ГОСТу ISO 22036–2014 с использованием спектрометра iCAP 7200 DUO (Thermo Scientific). Также были получены лизимитрические вытяжки из почв. Приспособление по отбору почвенного раствора Rhizon MOM (Eijkelkamp, Нидерланды) было помещено в каждый горшок под углом 45°. Почвенные растворы (30 мл) были отобраны с каждого почвенного образца трижды с интервалом в одну неделю и хранили при температуре 4°C до проведения последующих анализов. Был определен pH почвенных растворов с помощью pH-метра (Hanna instruments, pH 210).

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программ Microsoft Excel и R версии 3.5.3 (Foundation for Statistical Computing, Вена, Австрия). Уровень достоверности был  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Анализ содержания макроэлементов и ТМ не выявил превышения значений ни ПДК, ни действующих экологические норм и правил [6] (таблицы 1 и 2). Однако, пороги, указанные в ЭкоНиП 17.03.01-001-2021, значительно превышают общемировые и европейские критерии [7], а нижние пороги для слабозагрязненных почв практически по всем элементам (за исключением хрома) превышают значения ПДК. Поэтому в своем исследовании ключевым для сравнения был выбран региональный и субрегиональный фон, который для большинства исследуемых элементов в агроценозах выше, чем в природных экосистемах (таблица 1).

**Таблица 1** – Содержание ТМ в почве (в мг/кг сухого вещества)

Стационар	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	V	Ni	Co	Cr
1	10,31	0,129	10,87	35,44	219,49	8,68	3,7	1,61	5,4
2	6,04	0,06	23,44	19,51	253,37	5,28	3,9	1,96	4,81
3	4,68	0,13	5,2	17,39	216,08	4,12	1,8	1,24	3,67
4	7,28	0,102	5,84	18,22	325,27	7,79	5,67	2,59	6,87
фон субрегион. пахотный [8]	5,98	0,18	2,52	12,65	115,2	–	1,8	1,1	5,55
фон субрегион. нативный [8]	5,59	0,05	1,27	7,39	107,32	–	0,6	0,26	1,88
фон региональный [9]	6	0,5	11	28	200	25	15	3	30
ЭкоНиП [6]	55,1–275	1,46–7,30	43,7–219	112–558	1890–9430	64,2–321	33,3–167	37,2–186	70,5–353
Пороговое содержание [8]	60	1	100	200		100	50	20	100
ПДК	32	0,5	33	55	1500	–	20	8	100

Также важным аспектом является загрязнение самого верхнего слоя почв (0–5 см) в экосистемах [10]; в садовых агроценозах это характерно приствольным зонам, где в меньшей степени происходит перемешивание почв, что может значительно ослаблять почвенную биоту, обитающую в поверхностном слое.

Следует отметить пониженную кислотность почвенных растворов большинства стационаров, за исключением стационара 1 (таблица 2). В таких условиях многие эссенциальные элементы теряют свою подвижность и доступность.

**Таблица 2** – Содержание макроэлементов (в мг/кг) в почве и pH почвенного раствора

Стационар	Ca	Mg	Fe	K	P	pH
1	8591	1067	5229	1113	2775	6,84
2	1121	594	3248	613	322	7,56
3	61112	1271	2444	615	1283	7,96
4	3628	820	5301	698	342	8,03

Анализ содержания макроэлементов в почвах стационара 1 показал максимальную обеспеченность калием и фосфором. В то же время именно эти почвы характеризуется повышенными содержаниями свинца и цинка, что связано в первую очередь с применением фосфорных удобрений и ядохимикатов. В целом для всех исследованных почв отмечается превышение фона по цинку, меди, марганцу, никелю и хрому. Ранее было выявлено, что активное применение фосфорных удобрений в передовых хозяйствах способствует значительным прибавкам в содержании некоторых микроэлементов относительно фоновых значений: Pb (40–60 %), Cu (30 %), Ni (20–40 %), V (30–60 %), Mn (50–150 %) [11]. В этих же исследованиях выявлено, что почвы под садовыми и садово-огородными севооборотами, где используются пестициды, характеризуются повышенным содержанием цинка (90–280 % прибавки к фоновым значениям).

Превышение субрегионального фона по меди в почвах стационара 2 более чем в 4 раза может объясняться длительным применением медьсодержащих фунгицидов (бордоская жидкость). Высокое содержание кальция, магния и фосфора [3] при пониженной кислотности в почвах стационара 3 (таблица 2) объясняется длительным внесением в почвы хозяйства дефеката – отхода производства ОАО «Жабинковский сахарный завод».

Повышенные значения pH в почвах стационара 4 объясняются размещением сада на территории бывшего форта № 9, где в большом количестве сохранились остатки подземных бетонных и кирпичных сооружений. Превышение фоновых содержаний по свинцу и цинку в почвах данного стационара обусловлено его расположением в урбоэкосистеме и близостью автомобильных и железнодорожных магистралей.

Влияние удобрений на геохимические особенности сельскохозяйственных территорий выражается не только в приносе элементов-загрязнителей с примесями, но и в изменении физико-химических свойств почв, что влияет на подвижность химических элементов почвы. Так, внесение фосфорных удобрений способствует резкому увеличению подвижности Zn, Mn, As и водорастворимого органического вещества. Азотные удобрения, согласно [11], повышают в почвах подвижность Ni, V, Cr.

Кроме того, практически вся поверхность садовых почв испытывает воздействие выбросов транспортных средств, выполняющих многократные агротехнические обработки. Эти виды воздействия, обычно не рассматриваемые и не учитываемые, способны поставлять в почвы целый ряд химических элементов (Mn, Ni, Cr, Co, V) [12].

Таким образом, длительное применение средств химической защиты и средств механизации в садовых агроэкосистемах, а также их близость к источникам загрязнений может приводить к изменению физико-химических свойств почв, формированию геохимических аномалий и увеличению экологических рисков для биоты и человека. Альтернативой может являться использование элементов органического земледелия биологических способов борьбы с вредителями и болезнями.

*Работа выполнена в рамках проекта БРФФИ-БРЕСТ № X24Б-005.*

#### Список использованных источников

1. Михальчук, Н. В. Содержание тяжелых металлов в огородных почвах жилой усадебной застройки г. Бреста / Н. В. Михальчук [и др.] // Веснік Брэсц. унів. Сер. 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2020. – № 2. – С. 115–120.
2. Белоус, Н. М. Влияние различных систем удобрения на накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции / Н. М. Белоус [и др.] // Вестник Брянской государственной с/х академии. – 2006. – № 1. – С. 22–29.
3. Дубовик, В. А. Загрязнение почв тяжелыми металлами и радионуклидами: мониторинг и приемы снижения экотоксичности / В. А. Дубовик // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 6. – С. 27–36.
4. Waheed, E. M., Selim, M. M. Determination of heavy metals (Pb, Cd and As) in some types of fungicides // J. Biol. Chem. Environ. Sci. – 2017. – Vol. 12, Is. 3. – P. 97–111.
5. Кадацкий, В. Б. Технофильные элементы в ландшафтах Беларуси : автореферат дис. ... доктора географических наук : 11.00.01. – Минск, 1995. – 37 с.
6. 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» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.ecolog.by/bitrix/components/bitrix/forum.interface/show\\_file.php?fid=7510](https://www.ecolog.by/bitrix/components/bitrix/forum.interface/show_file.php?fid=7510). – Дата доступа : 01.06.2024.
7. Tóth, G. Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety / G. Tóth [et al.] // Environment International. – 2016. – 88. – P. 299–309.
8. Михальчук, Н. В. Фоновое содержание тяжелых металлов и микроэлементов в почвах и растительности юго-запада Беларуси как основа для сравнительных оценок при производстве органической продукции на основе принципов зеленой экономики / Н. В. Михальчук, А. Н. Мялик // Эколого-географические проблемы перехода к зеленой экономике; редкол.: В. С. Хомич (гл. ред.), В. Ф. Логинов, Е. В. Санец. – Минск : СтройМедиаПроект, 2019. – С. 266–281.
9. Петухова, Н. Н. Геохимическое состояние почвенного покрова Беларуси / Н. Н. Петухова, В. А. Кузнецов // Природные ресурсы. – 1999. – № 4. – С. 40–49.
10. Качанович, П. В. Влияние кислотности почв на радиальное распределение свинца в почвах импактной зоны аккумуляторного производства / П. В. Качанович, Н. В. Михальчук, А. М. Подлужная // Актуальные проблемы наук о Земле: исследования трансграничных регионов : сб. материалов VI Междунар. науч.практ. конф., Брест, 26–28 окт. 2023 г. : в 2 ч. / Ин-т природ-пользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. А. Лысенко (гл. ред.) [и др.]. – Брест : БрГУ, 2023. – Ч. 2. – С. 64–68.
11. Саэт, Ю. Е. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт [и др.]. – М. : Недра, 1990. – 335 с.
12. Головатый, С. Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С. Е. Головатый – Минск : «РУП «Институт почвоведения и агрохимии», 2002. – 240 с.

#### ASSESSMENT OF CHEMICAL ELEMENTS CONTENT IN GARDEN AGROECOSYSTEM SOILS IN BREST REGION

**A. P. Kolbas, N. Y. Kolbas, P. V. Kachanovich, M. O. Kaydalova, T. I. Novikava, M. M. Dahkevich**

The work provides an assessment of the chemical composition of the soils of 4 garden agroecosystems of various forms of ownership in the Brest region. The revealed excesses of the background contents of heavy metals are due to both the application of phosphorus fertilizers (Pb, Mn, Ni) and the use of pesticides (Zn, Cu). Increased concentrations of some macroelements (Ca, Mg, P) are observed due to the introduction of defecate and phosphorus fertilizers. An important factor is also the use of mechanization in gardens and the proximity of major transport routes. Reducing the anthropogenic load is possible with the introduction of elements of organic farming.

УДК 581.192:577.13:613.262:57.045

## ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ КАДМИЯ В ПЛОДАХ И ЛИСТЬЯХ *FRAGARIA VESCA L.*

Н. Ю. Колбас<sup>1,2</sup>, А. П. Колбас<sup>1,3</sup>, М. М. Дашкевич<sup>1</sup>, А. М. Подлужная<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

<sup>2</sup> Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

<sup>3</sup> Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

Содержание кадмия (в мг/кг сухого вещества) в листьях *Fragaria vesca*, произрастающих в естественных фитоценозах Брестского региона, составило 0,1–0,23, в плодах – 0,11–0,36 и было соответственно в 10 и в 19,5 раз больше, чем у земляники сорта Руяна. Для плодов и листьев *F. vesca* кадмий является элементом сильного биологического накопления, а для *F. vesca var. alpina* – среднего биологического захвата.

**Ключевые слова:** кадмий, коэффициент биогеохимической подвижности, коэффициент биологического накопления, плоды, листья, *Fragaria vesca*.

Кадмий относится к токсичным микроэлементам и является одним из основных поллютантов биосферы. Повышение его концентрации в окружающей среде носит антропогенный характер. Потенциальными источниками поступления этого тяжелого металла (ТМ) в природную среду Республики Беларусь являются цементное, металлургическое, гальваническое, стекольное производства, использование удобрений и ядохимикатов, транспорт [1]. Выделение Cd в атмосферу происходит также при сжигании твердых бытовых отходов, каменного угля, в меньшей степени – нефти. Для нашей республики доля трансграничного переноса этого ТМ составляет более 70 % при основном градиенте выпадений – с запада на восток. Тем самым, максимальные расчетные уровни поступления кадмия характерны для западных регионов Беларуси [2].

Для организма человека кадмий не является эссенциальным элементом, его физиологическая роль изучена недостаточно. Однако в литературе имеются сведения об его участии в обмене цинка, меди, железа и кальция, а также в синтезе гиппуровой кислоты, происходящем в печени. Кадмий входит в состав белка металлотионеина, который характеризуется высоким содержанием сульфгидрильных групп. Отмечено, что сам тионеин связывает и транспортирует ТМ, а также участвует в их детоксификации. *In vitro* кадмий активирует несколько цинкзависимых ферментов: триптофан оксигеназу, дегидратазу Δ-аминолевулиновой кислоты, карбоксипептидазу, при этом ферментов, которые бы активировались только этим микроэлементом, не обнаружено [3].

Благодаря высокой кумулятивной способности кадмий относится к токсикантам 1 класса опасности. При попадании в организм человека Cd замещает Zn в энзиматических системах, что вызывает нарушения углеводного, белкового обменов (в частности подавляет синтез аминокислот), препятствует усвоению витамина D и ингибирует фосфорно-кальциевый обмен. При воздействии наночастиц кадмия *in vivo* усиливается перекисное окисление липидов и снижается антиоксидантный резерв организма [4]. Выявлено тератогенное влияние этого ТМ, канцерогенное действие, а также способность вызывать перерождение костного мозга и костной ткани. В следствии биохимических изменений в организме человека при действии Cd возникают анемия, гастроинтестинальные расстройства, повышается кровяное давление, риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, поражения почек, печени и семенных желез, снижается фагоцитарная активность макрофагов [3].

Аккумулируется кадмий в основном в почках, печени, двенадцатиперстной кишке и с возрастом его содержание в организме увеличивается, особенно у мужчин. Менее 5 % поступившего с пищей Cd адсорбируется в тонком кишечнике. На всасывание кадмия существенно влияет присутствие других биоэлементов (в первую очередь Ca, Zn, Cu), пищевые волокна и др. Кадмий, поступающий в организм с вдыхаемым воздухом, усваивается значительно лучше (10–50 %). Из организма этот ТМ выводится преимущественно через кишечник, при чем среднесуточная скорость выведения очень низкая и составляет чаще не более 0,01 % от общего количества. Выведение кадмия усиливают эстрогены, что может быть связано с активизацией обмена меди [4].

Эксперты ФАО/ВОЗ полагают, что взрослый среднестатистический европеец получает от 30 до 60 мкг кадмия в сутки, при этом допустимая доза составляет 10 мкг/сут, токсическая – от 3 до 330 мг, летальная доза – от 1,5 до 9 г. Установлено, что примерно 80 % этого ТМ поступает с пищей, 20 % – через легкие из атмосферы и при курении [5]. Пищевыми источниками кадмия являются морепродукты (в первую очередь мидии и устрицы), злаки и листовые овощи особенно при повышении его содержания в окружающей среде. В работе [6] отмечено, что накопление Cd в листьях укропа пахучего (*Anethum graveolens L.*), выращенного на приусадебных участках г. Пинска, в 3,7 раза выше фоновых значений, г. Береза – в 1,7 раза. При техногенном загрязнении повышенное содержание Cd отмечено в растениях *Fragaria vesca*, а также у представителей родов *Rubus* и *Vaccinium* [7].

Согласно Государственному кадастру растительного мира, среди представителей семейства *Rosaceae* Juss. земляника лесная (*Fragaria vesca L.*) имеет обеспеченную сырьевую базу для промышленного использования



и является перспективной для заготовок. Благодаря высокому содержанию аскорбиновой кислоты (100 мг/%) листья и плоды земляники используют для производства фиточаев. Благодаря содержанию микроэлементов, витаминов и других БАВ эти растения применяют как в традиционной (при лечении почечнокаменной болезни, гипертонии, подагры, анемии, при кровотечениях и др.), так народной медицине (как потогонное и мочегонное средство), а также в пищевой промышленности и косметологии [8]. В то же время, по сравнению с другими ягодными дикоросами, *F. vesca* более восприимчива к загрязнению почв, поскольку имеет неглубокую корневую систему, а основное количество ТМ содержится в верхнем горизонте почвы [7].

Целью исследования было оценить содержание кадмия в листьях и плодах *F. vesca* естественных фитоценозов Брестского региона (Республика Беларусь) и сравнить с аналогичными показателями для листьев и плодов *F. vesca var. alpina*.

Листья и плоды *F. vesca* были отобраны в 2022 и 2023 гг. с 6 локаций (5 – естественные фитоценозы (в том числе один в НП «Беловежская пушта»); 1 – на территории дендрария отдела Агробиология БрГУ имени А. С. Пушкина, г. Брест). Для сравнительного анализа были также отобраны плоды и листья земляники сорта Руяна (*F. vesca var. alpina*), произрастающего на территории плодового сада отдела Агробиология. Для выявления доли аэрального поступления Cd в плоды *F. vesca* порции плодов с трех локаций многократно промывали дистиллированной водой, а затем просушивали. Пробоподготовку растительного материала проводили по ГОСТу 26929-94. Кроме растений с каждой локации были отобраны образцы почв согласно требованиям ГОСТа 17.4.4.02-84 с глубины до 20 см. Для определения валового содержания ТМ химическое разложение почвы проводили согласно ISO 11466 смесью  $\text{HNO}_3$  (14 М) и  $\text{HCl}$  (12 М) в соотношении 1:3 по объему; для экстракции подвижных форм элементов применяли ацетатно-аммонийный буферный раствор (pH = 4,8). Содержание ТМ в растительных образцах и почвах определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICP-AES) согласно ГОСТу ISO 22036-2014 с использованием спектрометра iCAP 7200 DUO (производство Thermo Scientific). Все опыты выполнены в трехкратной повторности. Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием программы Excel.

Коэффициенты биологического накопления (КБН), или аккумуляции ТМ для листьев и плодов, рассчитывали как отношение средней концентрации элемента в органе растений к его валовому содержанию в соответствующей почве. Коэффициент биогеохимической подвижности ( $B_x$ ) рассчитывали как отношение средней концентрации элемента в органе растений к содержанию подвижных форм этого элемента в почве [9].

Поведение ТМ в системе «почва–растение» зависит от целого ряда факторов: характеристик самого элемента и свойств его соединений с почвенными веществами; гранулометрического состава почвы, pH почвенного раствора, катионной обменной способности и содержания органического вещества, а также от анатомических и физиолого-биохимических особенностей растений. Поглощение кадмия осуществляется как корневым (обменная адсорбция), так и фолиарным путями. Как и для организма человека, Cd для растений не является «жизненно важным». В случае повышенного содержания в окружающей среде избыток этого ТМ в растительном организме приводит к разрывам клеточных мембран, угнетению ряда ферментов (карбоангидраза, фосфатаза, дегидрогеназа), нарушению белкового обмена, вызывает цинковое голодание. Характер распределения ТМ по органам определяется как свойствами элементов, так и видовыми (а иногда и сортовыми) особенностями растений. По мнению некоторых авторов распределение ТМ в растении большей степени определено генотипом, чем их накопление [10]. Для большинства видов содержание ТМ в органах убывает в ряду: корень > стебель > лист > плод или семя [5; 7; 10].

В нашем исследовании содержание кадмия в листьях *F. vesca* варьировало от 0,1 до 0,23 мг/кг сухого вещества (с.в.), а в листьях сорта Руяна было более чем в 10 раз ниже (0,01 мг/кг). Отметим, что самое высокое содержание отмечено в листьях локаций «Беловежская пушта» и биологического заказника областного значения «Скоки». В то же время содержание этого ТМ в листьях *F. vesca* лежит в пределах фоновых значений, которые были установлены для представителей *Rosaceae* и *Ericaceae* и варьировали от 0,001 (*Vaccinium myrtillus* L.) до 0,28 мг/кг (*Rubus idaeus* L.).

Плоды *F. vesca* содержат от 0,11 до 0,36 мг Cd/кг с.в., при этом максимальное значение характерно для большинства изученных локаций, а минимальное – только для лесного массива в окрестностях озера Белое (Брестский р-н.). Отметим, что плоды *F. vesca* пяти изученных локаций содержат кадмия больше, чем листья. После промывки плодов концентрация Cd снижается в среднем на 22,4 %. Содержание кадмия в плодах земляники сорта Руяна составило  $0,016 \pm 0,005$  мг/кг с.в., что в 19,5 раз ниже, чем в плодах *F. vesca* этой же локации ( $0,32 \pm 0,025$  мг/кг с.в.).

Среди других представителей *Fragaria* наиболее изученным является *F. × ananassa* Duch.: листья сортов Rainier, Totem и Selva содержат 0,6–0,7 мг Cd/кг с.в. [11], плоды – 0,027–0,04 мг Cd/кг с.в. [11; 12]. Транслокация этого ТМ из корней в листья и плоды незначительная; накопление Cd в плодах хорошо коррелирует с его содержанием в листьях [11]. Джем из плодов *F. × ananassa* содержит в 2 раза меньше кадмия, чем сухие плоды [12].

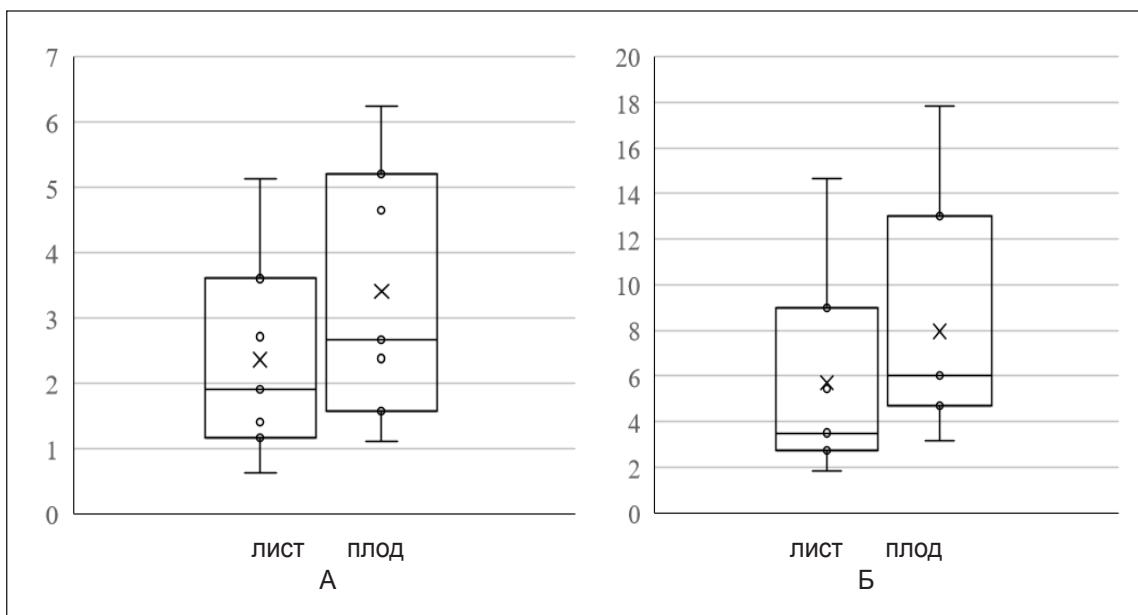
Согласно гигиеническому нормативу «Показатели безопасности и безвредности продовольственного сырья и пищевых продуктов», ПДК кадмия для сырых плодов составляет 0,03 мг/кг. Полученные нами результаты выявили превышение ПДК<sub>Cd</sub> в сырых плодах *F. vesca* в 1,2–1,95 раза. С учетом среднесуточной допустимой дозы

Cd для организма человека и верхней границы содержания в растительном материале 200 г промытых свежих плодов являются рассчитанной безопасной дозой. Учитывая сезонность действия и низкую продолжительность экспозиции контаминанта, прогнозировать канцерогенные риски [5], связанные с употреблением плодов *F. vesca*, считаем не целесообразным. К тому же это растительное сырье является ценным источником таких антиоксидантов как фенольные соединения ( $612,03 \pm 36,57$  мг галловой кислоты/100 г сырых плодов), характеризуется высокой антирадикальной активностью ( $5,245 \pm 0,86$  ммоль тролокс эквивалент/100 г сырых плодов по методу *ABTS*), а значит обладает антиканцерогенным эффектом.

Для оценки способности *F. vesca* поглощать и накапливать кадмий были рассчитаны КБН и  $B_x$ , учитывающие содержание ТМ как в органах растений, так и в почве. Среднее фоновое содержание Cd в почвах Республики Беларусь составляет 0,13 мг/кг [1, с. 48], в почвах юго-запада Беларуси – 0,05 мг/кг [6]. Кадмий в почве присутствует в основном в подвижной форме, что определяет его высокую миграционную способность и приводит к сравнительно быстрому поступлению по цепи «почва–растение–человек» [5]. Наиболее подвижен Cd в кислых почвах (при pH = 4,5–5,5), при чем количество его кислоторастворимых форм возрастает с увеличением содержания органического вещества и утяжелением гранулометрического состава [1]. Водородный показатель почв исследованных нами земляничников варьировал от 5,3 (лесные экосистемы) до 6,6 (отдел Агробиология).

В нашем исследовании валовое содержание Cd в почвах варьировало от 0,04 до 0,2 мг/кг, содержание подвижных форм – от 0,014 до 0,075 мг/кг. В почве земляничника из локации «Беловежская пуща» содержание подвижных форм Cd было максимальным, а среднее валовое содержание несколько превышало среднее значение показателя для почв Беларуси и составило 0,15 мг/кг. Повышенное содержание кадмия в данной локации вероятно связано с трансграничным переносом [2].

КБН для листьев *F. vesca* варьировал от 0,6 до 5,1, для плодов – от 1,1 до 6,2 (рисунок), для *F. vesca var. alpina* был значительно меньше и составил соответственно 0,08 и 0,14. Для большинства растений кадмий является химическим элементом слабого захвата [9]. Согласно коэффициентам биологического поглощения этот ТМ для плодов и листьев *F. vesca* является элементом сильного биологического накопления, а для *F. vesca var. alpina* (сорт Руяна) – среднего биологического захвата.



**Рисунок** – Коэффициенты биологического накопления (А) и биогеохимической подвижности (Б) кадмия в образцах *Fragaria vesca*

В нашем исследовании  $B_x$  для *F. vesca* был более 1 (1,9–10,6 для листьев и 3,1–13,9 для плодов), следовательно доступные формы Cd он активно извлекает, в отличие от сорта Руяна ( $B_x$  листьев – 0,2, плодов – 0,3). Согласно литературным данным [9], при  $B_x < 1$  подвижные формы не полностью извлекаются растениями благодаря наличию физиологических барьеров поглощения и/или транслокации к надземным органам.

Таким образом, плоды *F. vesca* характеризуются повышенным содержанием Cd и являются его накопителем. Полученные данные указывают на вероятную видоспецифичность аккумуляции кадмия растениями *Fragaria* и предполагают дополнительные исследования с расширением количества представителей рода, а также с использованием более широкого сортимента *F. vesca var. alpina*.

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг. (задание 1.02 НИР 2).

## Список использованных источников

1. Городская среда: геоэкологические аспекты: монография / В. С. Хомич [и др.] – Минск : Беларус. навука, 2013. – 301 с.
2. Иванов, А. Трансграничный перенос загрязнений в атмосфере Беларуси / А. Иванов // Наука и инновации. – 2006. – № 3(37). – С. 21–27.
3. Арустамян, О. М. Влияние соединений кадмия на организм человека / О. М. Арустамян, В. С. Ткачишин, А. Ю. Алексейчук // Медицина неотложных состояний. – 2016. – №7 (78). – С. 109–114.
4. Общетоксическое и кардиовазотоксическое действие наночастиц оксида кадмия / С. В. Клинова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99, № 12. – С. 1346–1352.
5. Мыслыва, Т. Н. Канцерогенный и неканцерогенный риск для населения от потребления картофеля и овощей, выращиваемых в пределах агроселитебных ландшафтов / Т. Н. Мыслыва, О. Н. Левшук // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2021. – № 4. – С. 65–75.
6. Содержание тяжелых металлов в огородных почвах жилой усадебной застройки г. Бреста [и др.] / Н. В. Михальчук // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Сер. 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2020. – № 2. – С. 115–120.
7. Содержание тяжелых металлов в плодах дикорастущих растений в зоне аэротехногенного воздействия Среднеуральского медеплавильного завода (Свердловская область) / М. Р. Трубина [и др.] // Растительные ресурсы. – 2014. – Вып. 1. – С. 67–83.
8. Шапиро, Д. К. Дикорастущие плоды и ягоды / Д. К. Шапиро, В. А. Михайловская, Н. И. Манциводо. – Минск : Ураджай, 1981. – 159 с.
9. Перельман, А. И. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – М. : Астрель–2000, 1999. – 768 с.
10. Phytoextraction and Migration Patterns of Cadmium in Contaminated Soils by *Pennisetum hybridum* / C. Chen [et al.] // Plants (Basel). – 2023. – Vol. 12, Is. 12. – P. 2321–2333.
11. Cieśliński, G. Effect of soil cadmium application and pH on growth and cadmium accumulation in roots, leaves and fruit of strawberry plants (*Fragaria × ananassa* Duch.) / G. Cieśliński, G. H. Neilsen, E. J. Hogue // Plant Soil. – 1996. – Vol. 180. – P. 267–276.
12. Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland // P. Ekholm [et al.] // J. Food Composition and Analysis. – 2007. – Vol. 20. – P. 487–495.

SPECIFICITY OF CADMIUM ACCUMULATION IN FRUITS AND LEAVES *FRAGARIA VESCA* L.

**N. Y. Kolbas, A. P. Kolbas, M. M. Dahkevich, A. M. Padlyzhnaya**

The cadmium content (in mg/kg of dry matter; ICP-AES method) in the leaves of *Fragaria vesca* growing in natural phytocenoses of the Brest region (Belarus) was 0.1–0.23, in the fruits – 0.11–0.36. The parameters were higher than those of the wild strawberries Ruyan variety by 10 and 19.5 times, respectively. For fruits and leaves of *F. vesca*, cadmium is a strong biological accumulation element, and for *F. vesca* var. *alpina* is a medium biological capture element.

## НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДОБЫЧИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САПРОПЕЛЕВЫХ ЛЕЧЕБНЫХ ГРЯЗЕЙ

Б. В. Курзо, О. М. Гайдукевич, А. И. Сорокин

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

*Оценены разведанные и эксплуатируемые месторождения лечебных грязей республики. Для освоения предложены новые залежи, отличающиеся расположением в районах, удаленных от разрабатываемых залежей, в том числе на западе Полесья, повышенной мощностью сапропеля, разнообразным составом. Предложена новая скважинная технология разработки сапропеля из-под торфа и на малых озерах.*

*Ключевые слова: сапропель, лечебная грязь, добыча, месторождения.*

**Введение.** Республика Беларусь богата разнообразными природными лечебными ресурсами. Особое место среди них занимают сапропелевые лечебные грязи, которые считаются брендом наших санаториев.

Сапропелевые лечебные грязи относятся к биологически активным ископаемым, благодаря адсорбционным свойствам минеральной части, наличию сероводорода и сернистого железа. Органические соединения представлены гуминовыми веществами, битумами, жирными кислотами, углеводами, аминокислотами. В сапропелях также содержатся витамины и ферменты, грибы-антисептики, гормоноподобные вещества и другие биологически активные компоненты. Бальнеологическая ценность сапропелевых грязей во многом определяется активностью содержащихся в них ферментов: пероксидазы, полифенолоксидазы, дегидрогеназы, каталазы и др.

Лечебная ценность сапропелевых грязей Беларуси связана с высокой влагоудерживающей способностью (85–97 %), тонким механическим составом, низкой минерализацией грязевого раствора (<1 г/л). Высокая влажность, благоприятная окислительно-восстановительная обстановка, коллоидная структура сапропеля, обилие лабильного органического вещества в грязевом растворе (> 50 мг/л), присутствие минеральных ионов создают оптимальные условия для жизнедеятельности грязевой микробиоты [1]. Микроорганизмы в процессе деструкции органического вещества сапропеля в свою очередь обогащают субстрат биологически активными компонентами, обладающими фармакологическим свойством. Микрофлора представлена бактериями, актиномицетами и плесневыми грибами, многие из которых оказывают выраженное антагонистическое действие на ряд условно-патогенных микроорганизмов. В сапропелевых грязях интенсивно протекают процессы разложения азотсодержащих органических соединений с участием аммонифицирующих и денитрирующих микробов. Интенсивность протекания биохимических процессов определяется процессами образования свободного азота и накоплением пиридоксина (витамина В6).

Биологическая активность пелоидов связана с их антиокислительными свойствами. Антиокислительный фон сапропелям придают жирорастворимые антиоксиданты фенольной природы, благодаря их способности связывать активные свободные радикалы. Лечебные свойства пелоидов связаны также с гуминовыми кислотами и фракцией битумов. Убедительные результаты получены при использовании сапропеля Беларуси в лечении пациентов с болезнями нервной системы, опорно-двигательного аппарата, органов пищеварения, кожных, гинекологических, стоматологических и других заболеваний.

К настоящему времени на сапропель исследовано около 700 озер республики; выявлено значительное разнообразие состава сырья, которое обуславливает различные механизмы действия на организм человека. Представляется возможность избирательно подходить к выбору наиболее перспективных для разработки месторождений по горно-геологическим условиям и качеству сырья.

**Цели и задачи** – оценка перспектив освоения месторождений для грязелечения Беларуси на основе анализа существующей сырьевой базы лечебных сапропелей, характеристики вещественного состава и горно-геологических условий залежей, разработки новых способов добычи.

**Методы.** Анализ запасов и вещественного состава лечебного сапропеля на базе фондовых материалов и данных геологоразведочных работ авторов на месторождениях Судобль Смолевичского района Минской области, Дикое Дятловского и Слижевское Мостовского районов Гродненской области, Святое Рогачевского района Гомельской области, Мал. Корчинка (Плисса) Глубокского района Витебской области, Вейно Бельничского района Могилевской области. Технические решения по разработке месторождений лечебных грязей малых озер и торфяников.

**Результаты.** В настоящее время около 90 % санаторных и лечебно-оздоровительных учреждений Республики Беларусь используют лечебные грязи для оздоровления населения (таблица 1).

Для выявления перспективных месторождений сапропелевого сырья (в том числе для целей грязелечения) в Брестском районе в 1970–1980 гг. Институтом торфа (в настоящее время Институт природопользования НАН Беларуси) в результате поисково-оценочных работ (категория оценки запасов С<sub>2</sub>) изучено 5 озер (таблица 2).

Таблица 1 – Использование лечебных грязей в санаторно-оздоровительных учреждениях Беларуси [2]

Область	Санаторные и лечебно-оздоровительные учреждения							
	всего	сапропелевые лечебные грязи озер Беларуси					сульфидные иловые грязи озера Саки Крымского полуострова	хлор-магний-кальциевые сульфидные иловые грязи Мертвого моря
		всего	Дикое	Судобль	Святое	Плисса		
Брестская	14	14	13	2	–	–	1	–
Витебская	13	12	3	8	–	1	2	1
Гомельская	10	10	1	4	3	–	6	–
Гродненская	12	12	11	1	–	–	1	–
Минская	40	34	17	14	2	–	8	2
Могилевская	9	7	1	4	1	–	2	–
Беларусь	98	89	46	33	6	1	20	3

Еще одно (озеро Тайное) в 1988 г. исследовано детально. Разведанные месторождения характеризуются средними глубинами воды в интервале 1,6–6,6 м. Самым глубоководным из них является озеро Белое – до 14 м, а самым мелководным – озеро Тайное. Выявленные максимальные мощности озерных осадков в озере Тайное составляют около 10 м, в то время как в рядом расположенных озерах – от 5,3 м (Белое) до 7,0 м (Селяхи и Страдечское).

Объем сапропеля в озере Тайное оценивается в 420 тыс. м<sup>3</sup>. На месторождении Тайное выявлены все известные типы сапропеля. Сверху слоем мощностью 1,0 м залегает органический сапропель, затем от 1,0 до 3,0 м идет слой смешанного сапропеля с повышенным содержанием железа, который на глубине 3,0–4,0 м опять сменяется органическим сапропелем, переходящим в мощный слой кремнеземистого сапропеля на глубинах 4,0–8,5 м. Придонный слой мощностью 1,0–1,5 м представлен карбонатным сапропелем. Другие озера Брестского района накапливают однородные по составу кремнеземистые сапропели и лишь в оз. Белое выявлены смешанные.

Таблица 2 – Озерные месторождения сапропеля Брестского района

№ по кадастру	Месторождение	Площадь озера, га	Год разведки	Категория оценки запасов	Средняя глубина, м		Объем, тыс. м <sup>3</sup>
					воды	сапропеля	
1838	Страдечское	12,0	1983	C <sub>2</sub>	3,1	2,6	313,0
1839	Медненское	20,0	1977	C <sub>2</sub>	2,5	3,5	706,0
1840	Рогознянское	26,5	1977	C <sub>2</sub>	2,7	2,9	766,0
1841	Белое	33,0	1977	C <sub>2</sub>	6,6	2,0	633,0
1843	Тайное	7,7	1988	A	1,6	5,4	420,0
1879	Селяхи	31,9	1977	C <sub>2</sub>	3,4	3,4	1093,0

По причине залесенности и заболоченности водосбора в разведанных запасах сапропеля озера Тайное не выявлено загрязняющих веществ. Отмечается присутствие в повышенных количествах ценных жизненно-необходимых микроэлементов: кобальта 4,3–9,1 мг/кг сухого вещества, меди 10,4–11,1, марганца 1611–2031, никеля 9,6–30,5 мг/кг и др. Наличие разнообразных по составу и свойствам сапропелей в озере Тайное, оцененных детально, мелководность озера, значительные мощности озерных осадков, относительная изолированность озера от воздействия человека делают его перспективным объектом разработки лечебных грязей для использования в местных лечебно-оздоровительных учреждениях, применяющих сапропелевые грязи в медицинских целях.

В Беларуси в начале 1980-х гг. СООО «Эко-сапропель» на озере Святое введен в эксплуатацию участок по добыче сапропеля для санатория «Приднепровский» (в настоящее время разрабатывается ООО «Гермес-А») и других оздоровительных учреждений юго-востока республики. В 1983 г. СООО «Эко-сапропель» построен опытно-производственный участок по добыче лечебных грязей на озере Судобль. В настоящее время разрабатывается 4 озерных месторождения сапропелевых лечебных грязей: Святое, Судобль, Дикое, Малая Корчинка. По данным [2] объект на озере Судобль обеспечивает грязелечебным сырьем санаторные учреждения центральных районов республики. В западные районы поставляется сапропель месторождения Дикое (санаторий «Радон» и др.), которое введено в строй действующих на рубеже столетий. Сапропель озера Святое используется в санаториях на юге и востоке республики. На севере страны санаторием «Плисса» с 2017 г. разрабатывается месторождение сапропеля в озере Малая Корчинка.

Имеющихся объектов явно недостаточно для полноценного охвата потенциальных потребителей. Например, в лечебно-оздоровительные учреждения Брестской области грязь приходится завозить за 150–300 км, что удорожает процедуры и сдерживает их широкое использование. Северо-восточные и восточные районы республики также находятся вдалеке от действующих месторождений.

В последнее время проведены подготовительные работы для ввода в строй действующих месторождений лечебных грязей в озерах Слижевское Мостовского района (ООО «БиоСапропель») и Вейно Бельничского района (ООО «Свет 17»). К этим подготовленным объектам следует добавить и детально разведанное ранее для лечебных целей месторождение в озере Тайное Брестского района.

Разрабатываемые и перспективные для освоения месторождения (таблица 3) отличаются мелководностью, имеют мощные залежи сапропеля трех типов, что важно для использования в лечении большого спектра заболеваний [3]. Они находятся среди болотных массивов, изолированы от агроландшафтов и, как показывают исследования, в них отсутствуют загрязнения, а микробиологические показатели соответствуют критериям качества.

Сравнение физико-химических параметров кремнеземистой грязи, поставляемой из озера Дикое [4, 5], с показателями органического сапропеля озера Вейно показывает преимущества последней по многим важным показателям, особенно по теплоемкости, теплопроводности, теплоудерживающей способности, групповому составу органического вещества, концентрации тяжелых металлов и др.

**Таблица 3** – Разведанные, разрабатываемые и подготовленные к освоению месторождения сапропелевых лечебных грязей Беларуси

Месторождение	Площадь, га	Средняя глубина, м		Запас, тыс. м <sup>3</sup>	Выявленные типы сапропеля	Год освоения
		воды	сапропеля			
Святое	6,3	1,8	1,24	78	органический, кремнеземистый	1982
Судобль	124,0	1,6	5,8	7 266	органический	1983
Дикое	5,3	3,1	7,4	394	кремнеземистый	2001
Мал. Корчинка	1,7	0,5	5,19	86	кремнеземистый, смешанный	2017
Вейно*	149,5	0,0	3,24	4 844	органический, карбонатный, смешанный	
Слижевское*	2,85	0,41	9,0	257	органический, карбонатный, кремнеземистый	
Тайное**	8,3	1,6	5,45	420	органический, карбонатный, кремнеземистый, смешанный	

Примечание: \* – подготавливается для разработки, \*\* – выполнена детальная разведка

Учитывая весьма специфические условия залегания сапропеля под водой, торфяной залежью или сплавной, как в случае озера Вейно, в Институте природопользования НАН Беларуси разрабатывается экологобезопасная скважинная технология извлечения, транспорта и сушки сапропелевого сырья, позволяющая работать как на осушенных, так и естественных торфяных месторождениях, селективно извлекать слои сапропеля, свести к минимуму многооперационные манипуляции при добыче, проводить работы поточно, снизить количество задействованной техники, использовать массово выпускаемое оборудование. Скважинная гидродобыча сапропеля, перекрытого торфом, осуществляется размывом отдельных слоев залежи тонкими струями воды высокого давления с одновременным засасыванием получаемой гидромассы для транспорта ее по трубопроводам на площадки сушки, в накопительные емкости или тканевые контейнеры (геотубы) для удаления влаги. Оборудование на легком понтоне может успешно применяться для разработки труднодоступных, малых по площади озер, таких как Слижевское и Тайное.

**Выводы.** Сапропелевые лечебные грязи по объемам использования в республике занимают особое место среди других природных лечебных ресурсов – 89 санаторных и лечебно-оздоровительных учреждений (91 % от их общего количества) реализуют грязелечебные процедуры при оздоровлении населения. Наиболее часто сапропель находит применение при лечении и оздоровлении пациентов с болезнями нервной системы, опорно-двигательного аппарата, органов пищеварения, кожных, гинекологических и стоматологических заболеваний.

Учитывая значительное разнообразие отечественных лечебных грязей, около пятой части лечебно-оздоровительных учреждений используют 2 типа сапропеля из разных месторождений, а в санаториях Лесные озера, Веста и Центре медицинской реабилитации и бальнеолечения применяют 3 типа грязи с поставками иловых грязей с Крымского полуострова.

Для расширения сырьевой базы отечественных лечебных грязей, в количественном и качественном отношении предлагается ввод в строй действующих новых месторождений с утвержденными запасами

сапропелевых пелиодов в озере Слижовское на юге Гродненской области и озере Вейно в центре Могилевской области, а также в озере Тайное Брестского района с мощностью толщи полезного ископаемого около 10 м. Данные месторождения защищены от внешнего воздействия торфяными берегами. Озеро Вейно перекрыто сплавиной. Лечебные грязи новых месторождений, кроме повышенной мощности, отличаются также разнообразием состава и включают 3–4 типа сапропеля. С целью извлечения грязи из-под сплавины и торфа разрабатывается скважинная гидромеханизированная малотоннажная технология, которая может применяться также на малых озерах.

#### Список использованных источников

1. Курзо, Б. В. Инструкция по использованию сапропелевых лечебных грязей для оздоровления и санаторно-курортного лечения: утв. республ. центром по оздоровл. и санаторно-курортн. лечению насел. / Б. В. Курзо, Л. Г. Молочко, А. Ю. Васкевич [и др.]. – Минск, 2008. – 38 с.
2. Все санатории Беларуси: Лечебные грязи в санаториях Беларуси: [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://pda.sanatorii.by/?mod\\_lechebnie\\_griazy](https://pda.sanatorii.by/?mod_lechebnie_griazy). – Дата доступа : 03.06.2024.
3. Антонов, И. П. Основные итоги и перспективные вопросы лечебного использования лечебных грязей / И. П. Антонов, Э. С. Кашицкий, И. С. Сикорская // Проблемы использо- в. сапропелей в народ. хоз-ве: тез. докл. третьей республ. науч. конф., Минск, 2–3 июня 1981 г. – Минск : Наука и техника, 1981. – С. 146–148.
4. Свойства сапропеля озера Дикое: [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://alfaradon.by/about/articles/novaja-zapis>. – Дата доступа : 30.11.2023.
5. Карабанов, А. И. Сапропель озера Дикое: состав, свойства, использование / А. И. Карабанов, Н. В. Мазур, В. М. Йода. – Могилев : Изд. МГУ им. А. А. Кулешова, 2003. – 48 с.

#### SCIENTIFIC AND PRACTICAL ASPECTS OF RATIONAL USE OF SAPROPEL HEALING MUD

**B. V. Kurzo, O. M. Gaidukevich, A. I. Sorokin**

The explored and exploited deposits of medicinal mud of the republic have been assessed. New deposits have been proposed for development, differing in location in areas remote from the deposits being developed, including in the west of Polesie, increased thickness of sapropel, and diverse composition. A new well technology for the development of sapropel from under peat and on small lakes has been proposed.

УДК 628.381.1

## ВЛИЯНИЕ НАКОПЛЕННЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ И ПОДСТИЛАЮЩИХ ГРУНТОВ

А. Н. Лицкевич, М. В. Гришко, М. О. Кайдалова, Л. А. Кутаева, О. Е. Чезлова  
Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

*В статье представлена оценка физико-химических характеристик почв и подстилающих грунтов в зонах локализации площадок накопления удобрений на основе сброженных обезвоженных осадков сточных вод. Полученные результаты свидетельствуют о значительном поступлении органического вещества, азота, фосфора и калия в верхний слой почвы. Наряду с этим, наблюдается значительное снижение содержания всех показателей с глубины 0,5 метра.*

*Ключевые слова: осадки сточных вод; площадки накопления удобрений; почва; подстилающие грунты.*

**Введение.** Нарушение требований при хранении осадка сточных вод (ОСВ), а также его бесконтрольное использование в качестве удобрений представляет большую опасность для почв и сельскохозяйственной продукции, приводит к загрязнению атмосферного воздуха, повышению риска заболеваемости человека и животных [1, 2].

По данным многолетних исследований, регулярное применение органических удобрений, например, бесподстилочного навоза КРС, в высоких дозах увеличивает нагрузку на окружающую среду в результате интенсивной миграции фосфатов, нитратов в зону грунтовых вод [3].

*Целью* данного исследования является оценка экологического воздействия удобрений на основе ОСВ на почвы и подстилающие грунты.

**Объекты и методы проведения исследований.** *Объектом* исследования являются удобрения органические на основе обезвоженного сброженного ОСВ, почвы сельскохозяйственных земель.

*Предметом* исследования выступают химические показатели почв и удобрения на основе ОСВ.

Оценка экологического воздействия удобрения, накопленного в кучах и штабелях, выполнена на полевом стационаре «Аэродром» (Малоритский район) (рисунок 1). Для выполнения поставленных целей были определены 2 трансекты распространения загрязнений в направлениях кратчайших расстояний (перпендикуляров) к водным объектам.

Анализы по определению качественных характеристик почв выполнялись по стандартным методам. Физико-химические исследования образцов почв выполнялись по стандартным методикам выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь, в лаборатории гидроэкологии и экотехнологий, аккредитованной в Национальной системе аккредитации Республики Беларусь.

Аналитические образцы, взятые для определения физико-химических свойств, перемешивали и высушивали до воздушно-сухого состояния.

Химический состав исследуемых проб анализировался по следующим показателям: массовая доля органического вещества, массовая доля подвижных соединений фосфора, азота общего, влажности, массовой доли подвижных соединений калия.

Содержание золы и органического вещества проб осуществляли гравиметрическим методом, который основан на определении потери массы сухой пробы после прокаливании при температуре 525°C по ГОСТ 26213-2021 и ГОСТ 27784-88.





**Рисунок 1** – Схема отбора проб почв полевого стационара «Аэродром»

Содержание азота определяли фотометрическим методом в соответствии с ГОСТ 26107-84 п.4.2. Концентрацию подвижного фосфора и калия определяли по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91).

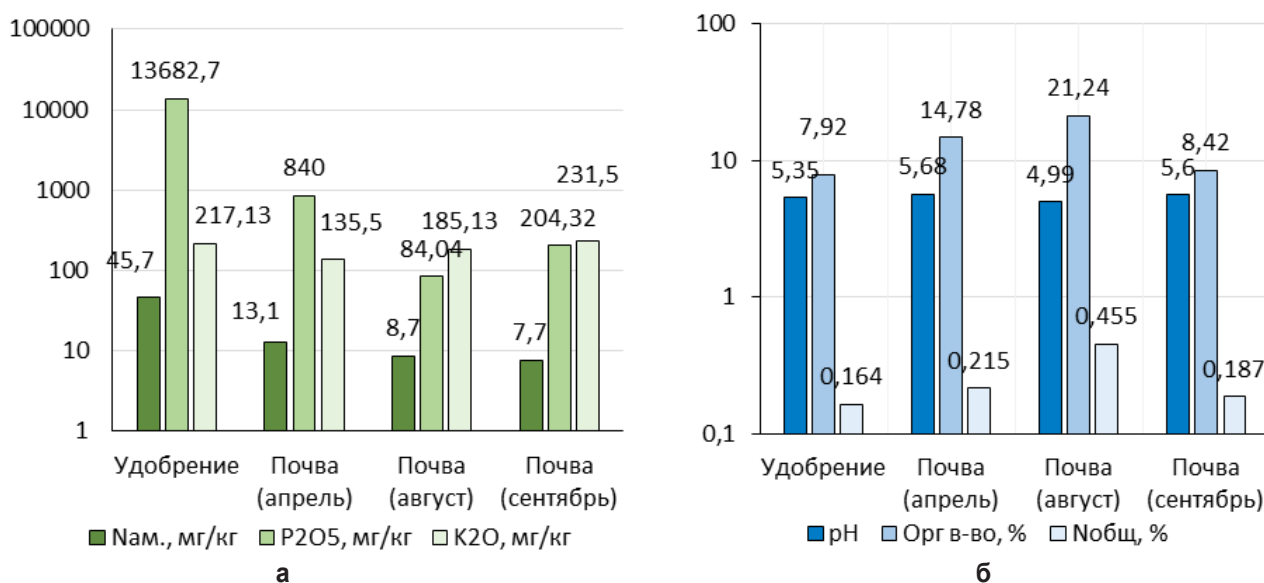
Статистический анализ результатов исследований проводился по общепринятым методикам с использованием Microsoft Office LTSC Professional Plus 2021.

**Результаты и их обсуждение.** С целью оценки загрязнения почв и грунтов выполнен отбор проб почв пахотного горизонта (0–20 см) в точках обустройства скважин. При помощи скребкового пробоотборника на телескопической штанге выполнен отбор проб подстилающих грунтов с разной глубины. Дискретность отбора составила 0,25 м. Максимальная глубина отбора грунтов трансекты 1 составила 1,50 м, трансекты 2 – 1,25 м, что обусловлено уровнем грунтовых вод. Выполнен также отбор образцов удобрения органического на основе сброженного обезвоженного осадка сточных вод (оформленная куча в месте хранения). В таблице 1 представлены данные, характеризующие свойства пахотного горизонта почвы, в месте складирования удобрения на основе ОСВ полевого стационара «Аэродром».

**Таблица 1** – Агрохимическая характеристика пахотного горизонта почв и удобрения на основе ОСВ в месте складирования удобрения

Образец	рН, ед. рН	Орг. в-во, %	N <sub>ам.</sub> , мг/кг	N <sub>общ.</sub> , %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг
Удобрение	5,35	7,92	45,7	0,164	13682,7	217,13
Почва, отбор в апреле	5,68	14,78	13,1	0,215	840	135,5
Почва, отбор в августе	4,99	21,24	8,7	0,455	84,04	185,13
Почва, отбор в сентябре	5,6	8,42	7,7	0,187	204,32	231,5

Исходя из таблицы 1 и рисунка 2 (а, б) отмечается высокое содержание в почве соединений азота аммонийного, фосфора и калия. Уровень содержания органического вещества достигает значения 21,24 %.



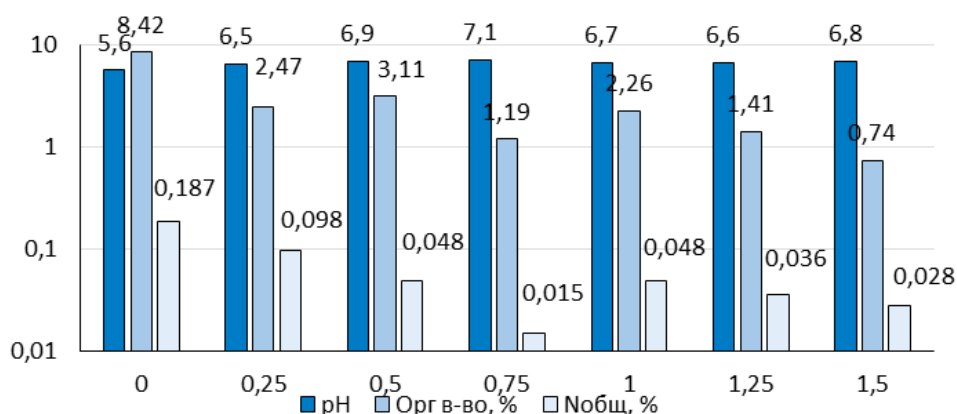
**Рисунок 2** – Агрохимическая характеристика почв в месте складирования удобрений:  
 а – содержание подвижных форм аммония, фосфора и калия в образцах;  
 б – содержание органического вещества и общего азота в образцах

Для оценки изменения выбранных показателей в почвах и грунтах на разной глубине были отобраны пробы. Результаты исследований представлены в таблице 2.

**Таблица 2** – Агрохимическая характеристика почв и подстиляющих грунтов

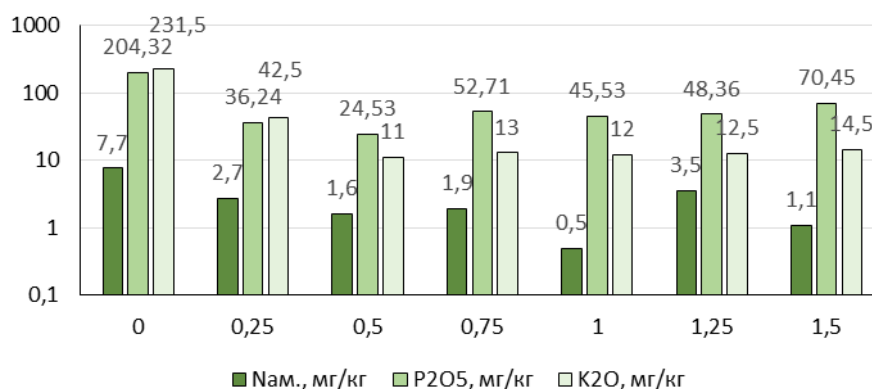
Глубина отбора, м	N <sub>общ</sub> , %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг	Орг в-во, %	Нам., мг/кг	pH
0	0,187	204,32	231,5	8,42	7,7	5,6
0,25	0,098	36,24	42,5	2,47	2,7	6,5
0,50	0,048	24,53	11	3,11	1,6	6,9
0,75	0,015	52,71	13	1,19	1,9	7,1
1,00	0,048	45,53	12	2,26	0,5	6,7
1,25	0,036	48,36	12,5	1,41	3,5	6,6
1,50	0,028	70,45	14,5	0,74	1,1	6,8

На рисунке 3 представлены сведения об изменении содержания органического вещества и азота общего (%), а также показателя pH в почвах и грунтах разной глубины залегания. Отмечено снижение показателя общего азота, а также органического вещества по мере увеличения глубины.



**Рисунок 3** – Содержание органических веществ и азота общего (%), а также значение pH в почвах и грунтах

На рисунке 4 отражены данные о содержании аммония, фосфора и калия (мг/кг). Наблюдается значительное снижение содержания всех показателей с глубины 0,50 м.



**Рисунок 4** – Содержание подвижных форм азота аммонийного, фосфора и калия в почвах и грунтах, мг/кг

Данные таблицы 1 и рисунка 2 демонстрируют значительное поступление органического вещества, азота, фосфора и калия в верхний (корнеобитаемый) слой почвы при воздействии удобрений на основе осадков сточных вод.

Анализ таблицы 1, 2 и рисунка 3 свидетельствует о высоком уровне кислотности почв в локации накопления удобрения, что может быть вызвано природой самого удобрения. На глубине 0,75 м наблюдается рост уровня рН (до 7,1) с последующим выравниванием до среднего показателя 6,7–6,8. Наблюдается общее снижение всех регистрируемых показателей при увеличении глубины отбора. Отмечается существенное снижение значений показателей на глубине 0,5 м. Динамика изменения анализируемых показателей на глубине 0,50–1,25 см не выражена. На глубине 1,50 м отмечается незначительное увеличение всех анализируемых показателей в грунтах (рисунок 3, 4).

**Заключение.** В зоне локализации площадок накопления удобрений на основе сброженных обезвоженных осадков сточных вод происходит значительное поступление органического вещества, азота, фосфора и калия в верхний (корнеобитаемый) слой почвы. Отмечено существенное снижение значений данных показателей на глубине 0,5 м.

В локации накопления удобрений происходит увеличение уровня кислотности пахотного горизонта почвы.

#### Список использованных источников

1. Басов, Ю. В. Влияние осадков сточных вод на агроэкологические показатели почв / Ю. В. Басов, К. Н. Гуляева // Вестник ОрелГАУ. 2015. – №3. – С. 67–71.
2. Шершнева, Е. С. Биологическое действие и последствие почвенных грунтов // Вестник РГТУ. – 2021. – Т. 13, № 1. – С. 89 – 96.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

#### INFLUENCE OF ACCUMULATED FERTILIZERS BASED ON SALES POLLUTION OF SOILS AND UNDERLYING SOILS

**A. N. Litskevich, M. V. Grishko, M. O. Kaydalova, L. A. Kutaeva, O. E. Chezlova**

The article presents an assessment of the physicochemical characteristics of soils and underlying soils in the localization zones of fertilizer accumulation sites based on fermented dehydrated sewage sludge. The results obtained indicate a significant supply of organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium to the top layer of soil. Along with this, there is a significant decrease in the content of all indicators from a depth of 0.5 meters.

УДК 556.53

## ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД МЕЛИОРАТИВНОГО КАНАЛА ПОЛЕВОГО СТАЦИОНАРА «АЭРОДРОМ»

А. Н. Лицкевич, М. В. Гришко, М. О. Кайдалова, Л. А. Кутаева, О. Е. Чезлова  
Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

*В статье дана оценка качества поверхностных вод мелиоративного канала в зоне локализации площадки накопления удобрения на основе ОСВ. Отмечается отсутствие негативного воздействия соединений азота аммонийного и фосфора на качество поверхностных вод мелиоративной сети.*

*Ключевые слова: мелиоративный канал; ассимилирующая способность; удобрения на основе ОСВ; тяжелые металлы.*

**Введение.** Одним из основных источников загрязнения поверхностных вод агроландшафтов является использование различного вида минеральных и органических удобрений, а также компостов, не только из-за их внесения в почвы в больших количествах, но и из-за складирования без защиты от атмосферных осадков и в примитивных хранилищах. Наиболее опасными компонентами удобрений являются соединения азота и фосфора, поскольку именно они являются причиной эвтрофикации водных объектов.

Главной целью исследования является изучение ассимилирующей способности мелиоративного канала в зоне локализации площадки накопления удобрения на основе осадков сточных вод (ОСВ).

**Материалы и методы исследования.** Для оценки ассимилирующей способности водного объекта выполнены отборы проб поверхностной воды мелиоративного канала, расположенного на территории полевого стационара «Аэродром» (Малоритский район). Отбор проб поверхностных вод осуществлялся с берега в соответствии с нормативными документами и выполнялся в апреле и сентябре 2023 г. [1–3]. Пробы отобраны в фоновом створе (500 м выше по течению), в точке ПВ1.4 (створ максимального поступления загрязнения) и в контрольном створе (500 м ниже по течению). Характеристика места отбора проб представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема отбора проб поверхностных вод полевого стационара «Аэродром», 2023 г.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Результаты аналитических испытаний отображены в таблицах 1–2.

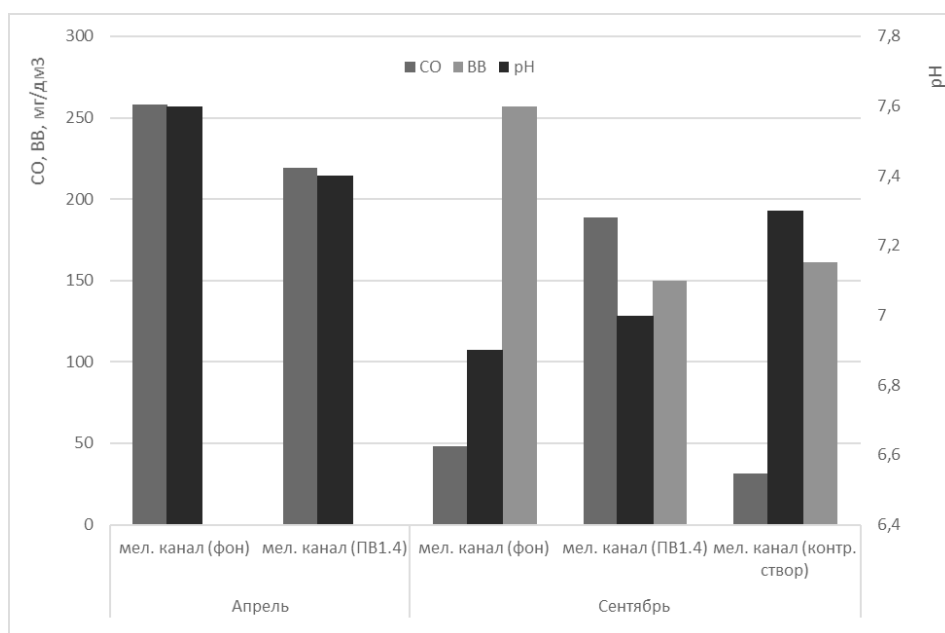
**Таблица 1** – Характеристика качества поверхностных вод, мг/дм<sup>3</sup>

Точка отбора	Время	pH	CO	BB	NH <sub>4</sub>	XПК	SO <sub>4</sub>	Cl	НП	АПАВ	P-PO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	СС
Мелиоративный канал (фоновый створ)	апрель	7,6	258	0	0,63	44,5	26,7	8,8	<0,005	<0,025	0,130	1,08	0,00	130
Мелиоративный канал (ПВ1.4)		7,4	220	0	0,48	88,5	24,9	6,0	<0,005	<0,025	0,089	1,72	0,00	122
Мелиоративный канал (фоновый створ)	сентябрь	6,9	48	257	0,36	70,1	21,6	13,4	<0,005	<0,025	0,008	0,35	0,36	233
Мелиоративный канал (ПВ1.4)		7,0	189	150	0,15	44,6	34,4	11,3	<0,005	<0,025	0,065	0,24	1,20	150
Мелиоративный канал (контрольный створ)		7,3	31	161	0,12	31,6	28,7	10,6	<0,005	<0,025	0,027	0,22	0,26	144
ПДК		6,5–8,5	1000	25	0,39	30,0	100	300	0,05	0,1	0,066	40	0,08	–

**Таблица 2** – Содержание тяжелых металлов в составе поверхностных вод, мг/дм<sup>3</sup>

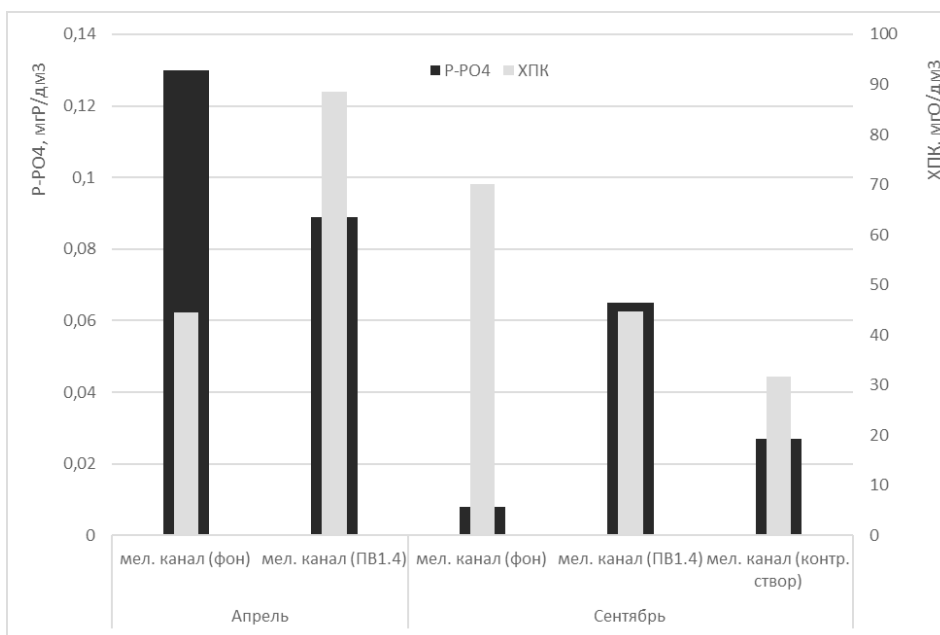
Точка отбора	Время	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Ni	Co	Cr
Мелиоративный канал (фоновый створ)	апрель	0,000	0,000	0,0037	0,015	0,057	0,003	0,036	0,030
Мелиоративный канал (ПВ 1,4)		0,000	0,001	0,0019	0,045	0,132	0,003	0,037	0,031
Мелиоративный канал (фоновый створ)	сентябрь	0,000	0,000	0,0000	0,027	0,400	0,000	0,000	0,000
Мелиоративный канал (ПВ 1,4)		0,000	0,000	0,0002	0,031	0,279	0,002	0,002	0,003
Мелиоративный канал (контрольный створ)		0,000	0,000	0,0002	0,019	0,119	0,000	0,000	0,000
ПДК		0,014	0,005	0,0040	0,012	0,028	0,034	0,010	0,005

Для оценки интенсивности поступления макро- и микроэлементов в водный объект построены диаграммы, отражающие содержание загрязнений в поверхностных водах (рисунки 2–5).



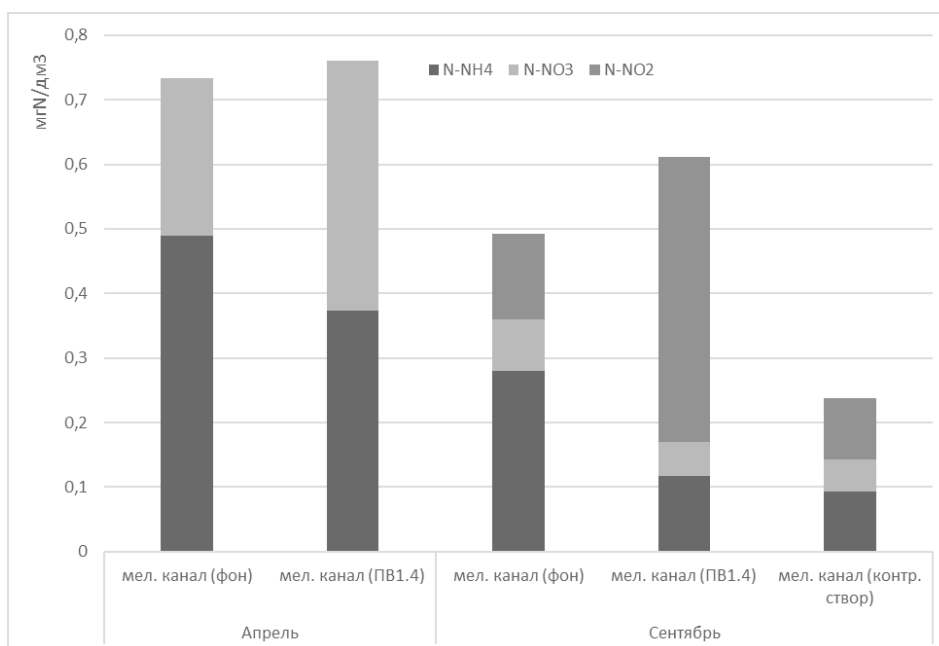
**Рисунок 2** – Уровень pH, содержание сухого остатка и взвешенных веществ

Анализируя полученные данные, в осенний период установлено снижение хлоридов и показателя ХПК (рисунок 3) от фонового створа к контрольному створу (хлориды – от 13,4 до 10,6 мг/дм<sup>3</sup>, ХПК – от 70,1 до 31,6 мгО/дм<sup>3</sup>). Показатель содержания сульфатов и фосфатов (рисунок 3) возрастает у места складирования удобрения. Уровни максимального содержания сульфатов и фосфатов за сентябрь не превышают ПДК для поверхностных водных объектов.



**Рисунок 3** – Содержание фосфора фосфатного и показатель ХПК

Содержание соединений азота отражено на рисунке 4. Отмечено снижение содержания азота аммонийного (от фонового створа к контрольному створу). Содержание нитратов и нитритов возрастает у места складирования удобрения. Высокие концентрации нитритов у места складирования определяются процессами нитрификации соединений аммония в условиях недостатка кислорода либо является промежуточным звеном полного окисления аммония до нитратов. Общее содержание азота (азота аммонийного, азота нитратного и азота нитритного) возрастает у места складирования удобрения (от 0,49 мгN/дм<sup>3</sup> в фоновом створе, до 0,61 мгN/дм<sup>3</sup> у места складирования). В контрольном створе наблюдается снижение содержания азота до 0,24 мгN/дм<sup>3</sup>.



**Рисунок 4** – Содержание соединений азота

В осенний период (рисунок 5) отмечено высокое содержание ионов марганца в фоновом створе (0,4 мг/дм<sup>3</sup>). Под воздействием фильтрационных вод, с площадки хранения ОСВ, наблюдается увеличение содержания цинка, меди, кобальта и хрома в водах мелиоративного канала. Содержание тяжелых металлов в контрольном створе соответствует требованиям ПДК для поверхностных водных объектов, за исключением цинка (Zn – 0,018 мг/дм<sup>3</sup>) и марганца (Mn – 0,11 мг/дм<sup>3</sup>).

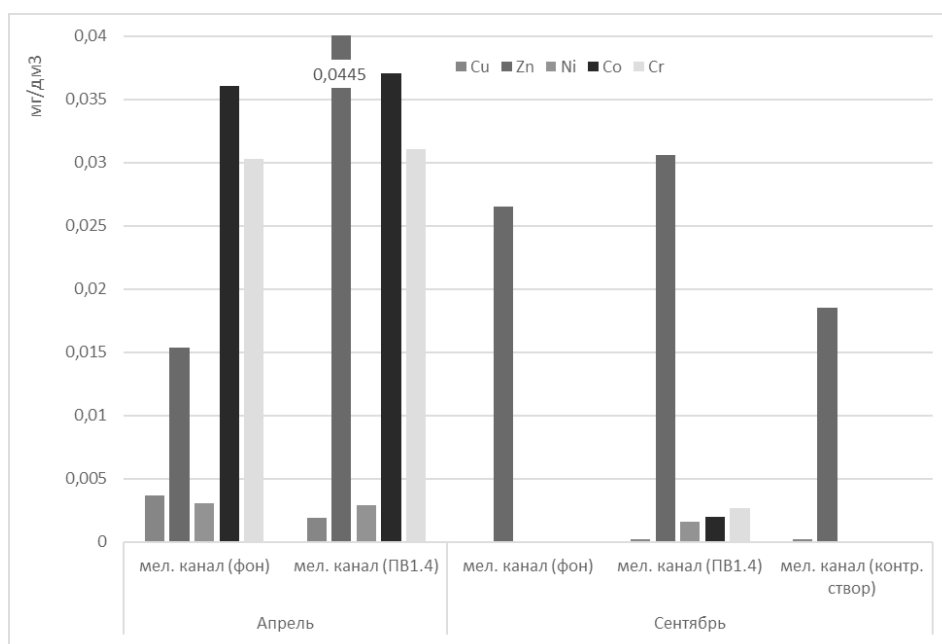


Рисунок 5 – Содержание тяжелых металлов

**Выводы.** Отмечено отсутствие негативного воздействия соединений азота аммонийного, фосфора (весенний период) и показателя ХПК (осенний период) на качество поверхностных вод мелиоративной сети. Фоновое содержание показателей в составе поверхностных вод превышает уровни содержания загрязнений в точках, расположенных на кратчайшем расстоянии от очага загрязнения. Контроль качества поверхностных вод в створе, расположенном на расстоянии 500 м ниже по течению, свидетельствует об ассимиляции загрязнений до уровней ПДК поверхностного водного объекта, за исключением азота нитритного. Содержание нитритов в составе поверхностных вод контрольного створа находится на уровне 0,26 мг/дм<sup>3</sup>, что составляет 3,1×ПДК. Отмечено также незначительное содержание нитратов (0,215 мг/дм<sup>3</sup>), при уровне ПДК 40 мг/дм<sup>3</sup>. Исходя из условий процессов нитрификации поверхностных вод, азот нитритный является промежуточной стадией образования нитратов при окислении азота аммонийного, что может быть вызвано недостаточной интенсивностью нитрификации или недостатком кислорода для реализации процесса.

#### Список использованных источников

1. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков: ГОСТ 17.1.5-05-85. – Введ. 01.07.86. – Москва : Изд-во стандартов, 1985. – 15 с.
2. Вода. Общие требования к отбору проб: ГОСТ 31861-2012. – Введ. 01.01.14. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 31 с.
3. Вода. Общие требования к отбору проб: СТБ ГОСТ 51592-2001. – Введ. 01.11.02. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2002. – 42 с.

#### ASSESSMENT OF SURFACE WATER POLLUTION OF THE RECLAMATION CANAL OF THE AERODROM FIELD STATION

A. N. Litskevich, M. V. Grishko, M. O. Kaydalova, L. A. Kutaeva, O. E. Chezlova

The article provides an assessment of the quality of surface waters of the reclamation canal in the localization zone of the fertilizer accumulation site based on sewage sludge. There is no negative impact of ammonium nitrogen and phosphorus compounds on the quality of surface waters of the reclamation network.

УДК 556.53

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД В ЗОНЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПЛОЩАДОК НАКОПЛЕНИЯ УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ СБРОЖЕННЫХ ОБЕЗВОЖЕННЫХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

А. Н. Лицкевич, М. В. Гришко, Л. А. Кутаева, О. Е. Чезлова, Л. И. Чирук  
Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

*В статье представлена оценка последствий удобрительных компонентов на основе сброженных осадков сточных вод, на гидрохимические характеристики грунтовых и поверхностных вод в зонах локализации площадок накопления.*

*Ключевые слова: грунтовые и поверхностные воды; площадки накопления удобрений; осадок сточных вод.*

**Введение.** Применение некачественно подготовленных органических удобрений, в том числе и на основе осадков сточных вод (ОСВ), накопление огромного количества и хранение в необорудованных навозохранилищах, в естественных понижениях рельефа – все это приводит к загрязнению прилегающих территорий, не только почв, но и грунтовых и поверхностных вод, атмосферного воздуха, снижению биологической ценности и величины урожая, повышению риска заболеваемости человека и животных [1].

По данным многолетних исследований, регулярное применение органических удобрений, например, бесподстилочного навоза КРС в высоких дозах ( $N_{300}$ ), увеличивает нагрузку на окружающую среду в результате интенсивной миграции фосфатов, нитратов в зону грунтовых вод [2].

Целью данного исследования является оценка последствий удобрительных компонентов, на основе сброженных осадков сточных вод, на гидрохимические характеристики грунтовых и поверхностных вод.

**Материалы и методы исследования.** В 2022 г. исследования проводились на двух опытных стационарах, расположенных в Малоритском районе Брестской области на территориях, охватывающих окрестности двух населенных пунктов: деревня Великорита, деревня Михалин, а также технический объект – аэродром «Михалин». Местонахождение опытных участков представлено на рисунках 1 и 2.

Пункты отбора подземных и поверхностных вод располагались (рисунок 1) на опытном участке 1 (автодорога Р-17, 23-й километр), полевом стационаре по выращиванию тритикале и (рисунок 2) на опытном участке 2 (аэродром «Михалин»), полевом стационаре накопления органических удобрений на основе сброженных, обезвоженных ОСВ.



**Рисунок 1** – Опытный участок 1  
(автодорога Р-17, 23-й километр), 2022 г.



**Рисунок 2** – Опытный участок 2  
(аэродром «Михалин») 2022 г.



Отбор грунтовых вод проводился в соответствии с требованиями СТБ ИСО 5667-11-2011 [3], с глубины 4 м. Для выполнения работ по отбору грунтовых вод использовался портативный бур с шнековым механизмом удаления грунта (рисунок 3). Перед отбором проб выполнялась прокачка скважин (рисунок 4). Проба воды отбиралась в стеклянную емкость с помощью вакуумного насоса, спустя 40–60 минут. Сразу после отбора пробы вода переливалась в устройства для хранения проб по ГОСТ 17.1.5.04-81 [4].



**Рисунок 3** – Обустройство скважин для отбора грунтовых вод при помощи бура со шнековым механизмом удаления грунта



**Рисунок 4** – Аппаратное обеспечение для прокачки наблюдательной скважины

Поскольку целью программы отбора проб являлась оценка качества воды по отношению к нормативам содержания (предельно допустимым концентрациям) показателей в воде, установленным в НД, отбирались точечные пробы воды, характеризующие состав и свойства воды в данном месте в данный момент времени путем однократного отбора требуемого количества воды.

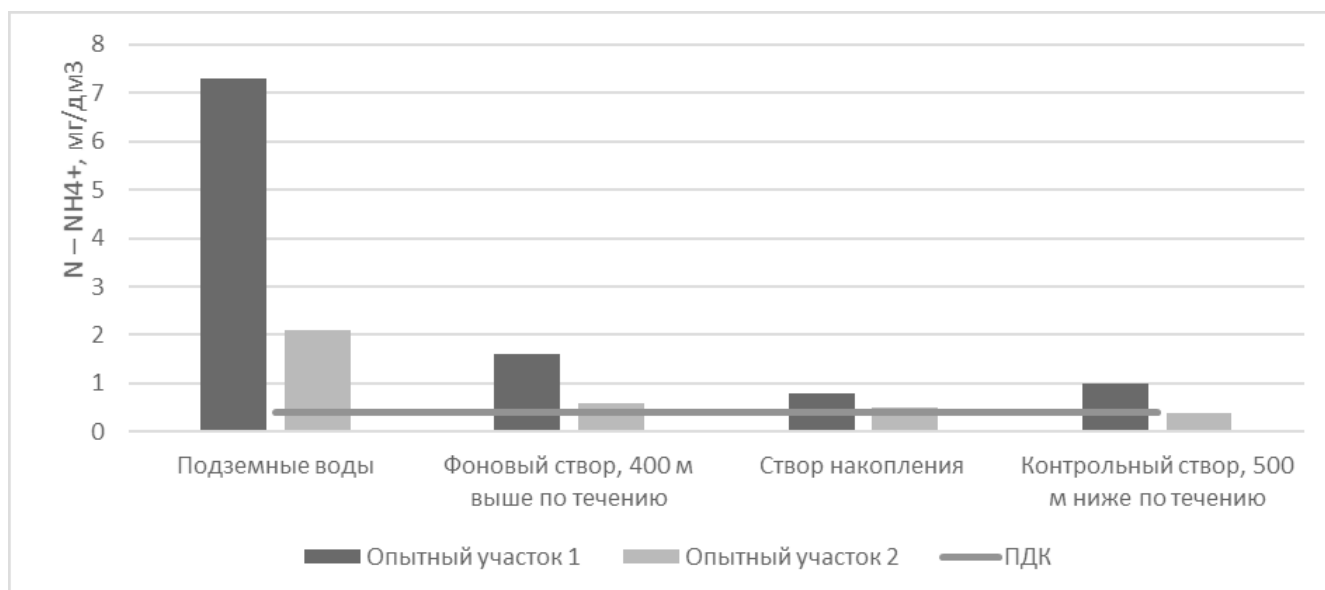
Объем точечной пробы составил 2 дм<sup>3</sup>, что является достаточным количеством для последующего определения всех запланированных программой показателей химического состава воды.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Качество грунтовых вод определялось по следующим показателям: рН, ед. рН; солесодержание (СС), мг/дм<sup>3</sup>; взвешенные вещества (ВВ), мг/дм<sup>3</sup>; сухой остаток (СО), мг/дм<sup>3</sup>; химическое потребление кислорода (ХПК), мгО/дм<sup>3</sup>; ионы аммония NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, мг/дм<sup>3</sup>; ортофосфаты в пересчете на фосфор P – PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, мг P/дм<sup>3</sup>; нефтепродукты (НП), мг/дм<sup>3</sup>; анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ), мг/дм<sup>3</sup>; сульфаты SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, мг/дм<sup>3</sup>; хлориды Cl<sup>-</sup>, мг/дм<sup>3</sup>; нитраты NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, мг/дм<sup>3</sup>; нитриты NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, мг/дм<sup>3</sup>. Характеристика грунтовых вод представлена в таблице.

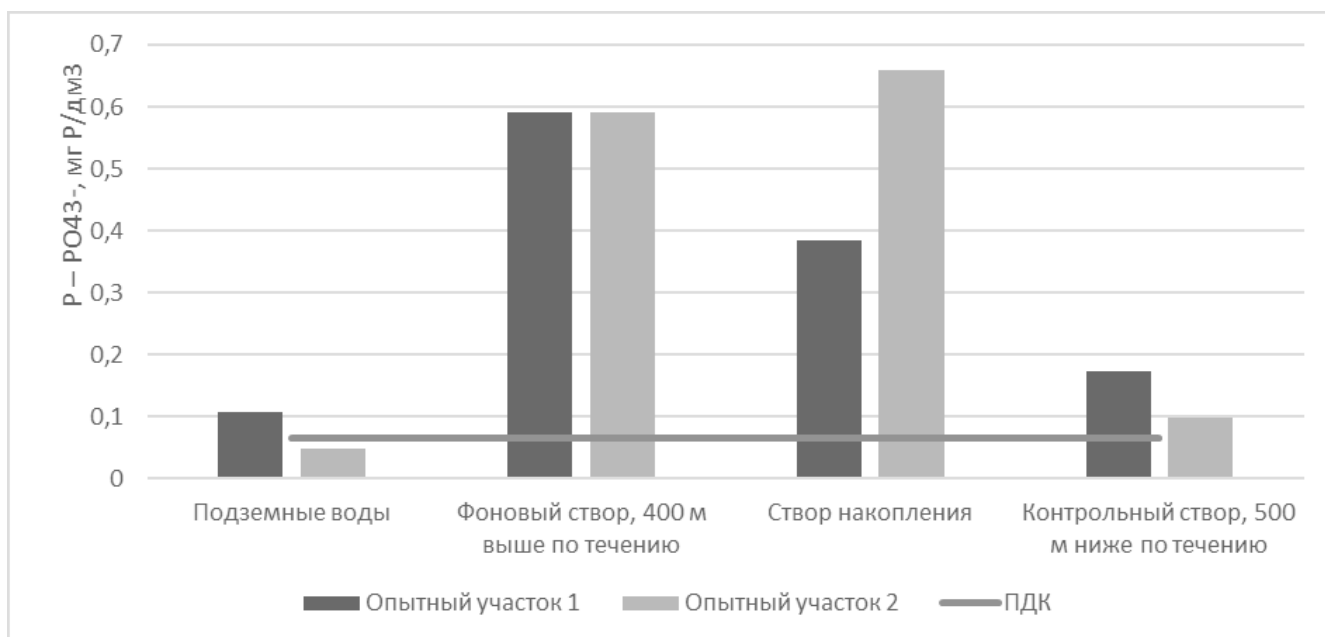
Аналитические данные, представленные в таблице, свидетельствуют о высоком уровне засоленности (сухой остаток) грунтовых вод опытного участка 1 (автодорога Р-17, 23-й километр), где накопление и внесение удобрения на основе сброженного обезвоженного ОСВ осуществлено в 2021 г. Изучение состояния грунтовых вод в зоне опытного участка 2 (аэродром «Михалин»), где накопление удобрения на основе сброженного обезвоженного ОСВ осуществлено в 2022 г., свидетельствует о незначительной засоленности грунтовых вод. При этом качество поверхностных вод мелиоративного канала, примыкающего к месту накопления и внесения

удобрения на основе сброженного обезвоженного ОСВ, свидетельствует об отсутствии переноса данного вида загрязнения с фильтрационными водами в поверхностный водный объект.

Анализ полученных данных свидетельствует о значительном содержании соединений азота (азот аммонийный) (рисунок 5) и фосфора (фосфор фосфатный) (рисунок 6) как в грунтовых водах, так и в поверхностных водах мелиоративных систем.



**Рисунок 5** – Накопление азота аммонийного в составе природных вод



**Рисунок 6** – Накопление фосфора ортофосфатов в составе природных вод

**Таблица** – Характеристика грунтовых вод агроладашфтов опытных участков в зоне локализации площадок накопления удобрения на основе сброженных обезвоженных ОСВ

Показатель	Опытный участок 1, усредненные данные (срок накопления – 2021 год)				Опытный участок 2, усредненные данные (срок накопления – 2022 год)					ПДК
	1	2	3	5	1	2	3	4	5	
pH, ед. pH	6,2	5,7	6,4	6,3	6,8	7,5	7,1	7,0	7,2	6,5–8,5
BВ, мг/дм <sup>3</sup>	–	22,8	23,8	48,2*	–	19,6	17,2	12,4	16,0	25,0
СО <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	1209*	379,5	293,0	434,0	113,5	169,0	169,5	157,0	145,0	1000
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	4,8	2,9	0,7	2,8	9,1	0,4	1,5	0,4	0,1	40
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,060	0,004	0,012	0,097*	0,065	0,006	0,004	0,004	0,110*	0,080
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	9,4*	2,0*	1,0*	1,3*	2,7*	0,7*	0,5	0,6*	0,5*	0,5
N – NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	7,30*	1,60*	0,80*	1,00*	2,10*	0,60*	0,39	0,50*	0,40*	0,39
СГ, мг/дм <sup>3</sup>	42,9	66,2	61,6	57,8	8,4	9,52	6,0	7,4	6,0	300
P – PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг P/дм <sup>3</sup>	0,107*	0,590*	0,384*	0,173*	0,047	0,590*	0,069*	0,106*	0,099*	0,066
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	157,8*	37,2	30,8	40,2	30,1	33,2	32,4	22,8	27,5	100

Примечание: 1 – подземные воды; 2 – фоновый створ, 400 м выше по течению; 3 – створ накопления 1; 4 – створ накопления 2; 5 – контрольный створ, 500 м ниже по течению; \* – концентрация загрязнителя выше уровня ПДК поверхностного водного объекта.

**Выводы.** Аналитические данные свидетельствуют о высоком уровне засоленности грунтовых вод на опытном участке, где накопление и внесение удобрения на основе ОСВ осуществлено в предшествующем проведении аналитических исследований году. Наряду с этим, состояние грунтовых вод в зоне опытного участка, где накопление удобрения на основе ОСВ осуществлено в 2022 г., свидетельствует о незначительной засоленности грунтовых вод. Таким образом, выдвигается гипотеза о пассивности происходящих процессов минерализации органических удобрений, на фоне протекающих процессов нитрификации, денитрификации и дефосфотации в составе грунтовых вод.

Качество поверхностных вод мелиоративного канала, примыкающего к месту накопления и внесения удобрения на основе сброженного обезвоженного ОСВ, свидетельствует об отсутствии переноса данного вида загрязнения с фильтрационными водами в поверхностный водный объект.

В грунтовых и поверхностных водах мелиоративных систем отмечается значительное содержание азота аммонийного и фосфора фосфатного.

#### Список использованных источников

1. Захаров, Н. Г. Эффективность использования осадков сточных вод в качестве удобрения сельскохозяйственных культур в зернопропашном севообороте: автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук: 03.00.16; 06.01.01 / Н. Г. Захаров; Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. – Саранск, 2004. – 20 с.
2. Давыдов, А. С. Использование бесподстилочного навоза для удобрительных поливов / А. С. Давыдов, Р. П. Воробьева // Природообустройство. – 2008. – № 4. – С. 25–28.
3. Качество воды. Отбор проб. Часть 11. Руководство по отбору подземных вод: СТБ ИСО 5667-11-2011. – Взамен СТБ ИСО 5667-11-2006, СТБ ИСО 5667-18-2006; введ. РБ 01.07.11. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. – 32 с.
4. Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод. Общие технические условия: ГОСТ 17.1.5.04-81. – Введ. 01.01.84. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2003. – 7 с.

#### ASSESSMENT OF WATER QUALITY IN THE AREA OF LOCALIZATION OF FERTILIZER ACCUMULATION SITES BASED ON FERMENTED DEHYDRATED SEWAGE SLUDGE

A. N. Litskevich, M. V. Grishko, L. A. Kутаeva, O. E. Chezlova, L. I. Chiruk

The article presents an assessment of the aftereffect of fertilizer components, based on fermented sewage sludge, on the hydrochemical characteristics of ground and surface water in the localization zones of accumulation sites.

УДК 553.04

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ОСВОЕНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ СТРОИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ГОРОДЕ (НА ПРИМЕРЕ г. БРЕСТА, БЕЛАРУСЬ)

**А. Н. Маевская, М. А. Богдасаров**

БрГУ имени А.С. Пушкина, г. Брест, Беларусь

*Работа посвящена обоснованию возможности вовлечения в разработку залежей строительного сырья, тяготеющих к недрам административного центра Брестской области Республики Беларусь – г. Бреста. Для обоснования потенциала вовлечения участков городских недр в открытую разработку авторы использовали методику, базирующуюся на учете статуса земель данной территории и законодательных нормативах, регламентирующих вопросы возможности отвода разных видов земель для целей добычи общераспространенных полезных ископаемых (ОПИ). На основе предложенной методики определены участки недр города, залегающих под землями, изъятие которых наиболее возможно для разработки карьеров и определены залежи, локализация которых в подземном пространстве наиболее выгодна с точки зрения добычи.*

*Ключевые слова: Брестская область, город, недра, тип земель, строительное сырье, рациональное использование, территориальное планирование.*

Участки размещения залежей полезных ископаемых являются одним из тех элементов, который важно учитывать при разработке схем территориального планирования и решения территориально-пространственных проблем. Относясь к зонам с особыми условиями использования, территории залегания полезных ископаемых оказывают значимое влияние на функционирование, уровень и динамику социально-экономического развития городских поселений и прилегающих территорий [1; 2].

Места залегания полезных ископаемых оказывают непосредственное влияние и на саму градостроительную деятельность.

Во-первых, зачастую, они выступают фактором, лимитирующим строительство, ввиду того, что застройка таких площадей, согласно законодательству ряда стран, в том числе и Республики Беларусь, допускается лишь при условии получения согласования от недропользователя.

Во-вторых, такие участки нередко становились импульсом для возникновения и развития городов. Известно, что в большинстве случаев своим возникновением города обязаны кооперации людей в целях более эффективного осуществления какого-либо определенного вида деятельности на основе общественного разделения труда. Такая деятельность выступает в виде базовой функции города, которая обуславливает смысл его формирования и существования [3]. Выполняют такую функцию и районы распространения залежей полезных ископаемых, так как процесс добычи и переработки сырья на протяжении многих десятков лет являлся местом притяжения и концентрации рабочей силы. В качестве примеров поселений, возникших в районах добычи полезных ископаемых, можно привести гг. Сургут (Россия), Уральск (Казахстан), Мозырь (Беларусь). Однако стоит отметить и тот факт, что истощение полезных ископаемых вблизи городов, где они выступали в качестве базовой функции, нередко приводили к их стагнации, или исчезновению (например, г. Старая Губаха в России).

Наряду с тем, что местоположение районов концентрации тех или иных видов полезных ископаемых влияет на формирование и развитие городов, сложившаяся и устоявшаяся планировка города, специфика его функционального зонирования сказываются на возможности добычи полезных ископаемых. Так, например, одним из факторов, лимитирующих возможность освоения отдельных залежей Житковичского месторождения бурых углей, является их приуроченность к зеленой зоне г. Житковичи (Гомельская область, Беларусь) [4].

Особенно заметно связь между территориями концентрации полезных ископаемых и городскими поселениями проявляется на примере строительных видов сырья. Ввиду того, что такое сырье отличается низким уровнем транспортабельности, места его добычи должны находиться вблизи населенных пунктов и/или в их границах, т.е. рядом с местами проведения мероприятий по возведению, расширению, ремонту строительных и иных народно-хозяйственных объектов [5].

Цель данной работы заключается в рассмотрении возможных перспектив освоения выявленных авторами при создании цифровой геологической модели Брестской области [6] залежей строительных полезных ископаемых, тяготеющих к недрам города Бреста, в текущих условиях устоявшихся видов использования земель этой территории.

Брест – город, расположенный на крайнем юго-западе Республики Беларусь у границы с Республикой Польша. Он является административным центром Брестской области, также является административным центром Брестского района. Город занимает площадь 146 км<sup>2</sup>, где проживает 335 тыс. чел.

В геологическом отношении территория города и его окрестностей приурочены к западным окраинам отрицательной тектонической структуры – Подляско-Брестской впадины. Характерной особенностью этой структуры является мощный чехол осадочных отложений, с которыми генетически связаны строительные полезные ископаемые.

В городе Бресте уже имеется опыт разработки ОПИ. Так, к примеру, с 1968 г. здесь велась разработка отдельных участков месторождения силикатных и строительных песков «Мухавецкое», связанного с четвертичными отложениями. Ввиду небольших глубин залегания (от 0,1 до 5,5 м) и значимых мощностей (от 3 до 20 м), разработка этого месторождения являлась весьма выгодной. Кроме того, в пределах города велась разработка залежей глинистого сырья (месторождения «Вычулки» и «Гершоны»).

Несмотря на то, что ОПИ имеют важное значение для строительной индустрии города, стоит учитывать и тот факт, что освоение недр всегда сопряжено с негативным воздействием на компоненты природной среды и в первую очередь на земельные ресурсы, которые после процесса добычи зачастую проблематично вовлечь в хозяйственный оборот ввиду того, что в границах таких земель нередко продолжается неконтролируемая добыча.

Вследствие вышесказанного, для оценки приемлемости освоения залежей строительного сырья, тяготеющих к недрам города Бреста, авторы предлагают использовать критерий «Тип земель для разработки ОПИ». Этот критерий, преднамеренно введенный авторами, характеризует возможность использования минерально-сырьевых ресурсов недр, залегающих под площадями земель разных подтипов [7], с учетом рациональности отвода данных земель для целей открытой разработки полезных ископаемых.

Группировка земель города производилась с учетом: 1 – правовых норм, регламентирующих возможность использования земель разных видов в Республике Беларусь для разработки карьеров; 2 – применяемых в работах других исследователей подходов к группировке земель по приемлемости к освоению залежей ОПИ; 3 – подхода к группировке земель по степени антропогенного воздействия на природные ландшафты, используемого в работе Б. И. Кочурова [8].

Информационной базой о современной структуре земель исследуемой территории послужила земельно-информационная система территории Брестского района. По итогам группировки все земли в границах города были объединены в шесть групп:

Группа 1. Земли, наиболее пригодные для отвода под разработку ОПИ, к которой отнесены неиспользуемые земли и земли, утратившие свои полезные свойства в результате деградации.

Группа 2. Земли, пригодные для отвода под разработку ОПИ, в которую включены с/х земли, не используемые для посева и выращивания с/х культур; земли, занятые малоценной древесно-кустарниковой растительностью, в т.ч. порослью.

Группа 3. Земли, отвод которых под разработку ОПИ допускается. Отнесены с/х и лесные земли с высокой интенсивностью использования, отчуждение которых допускается только в случаях отсутствия возможности размещения карьеров на землях группы 2 при соблюдении следующих условий: (1) проведение землепользователями рекультивации на ранее используемых для добычи земельных участках, в которых миновала надобность; (2) приведение ранее используемых для разработки ОПИ земель в надлежащее состояние для целей государственного органа, предоставившего их для эксплуатации.

Группа 4. Земли, отвод которых под разработку ОПИ ограничивается. Включены земли под свалками бытовых и промышленных отходов.

Группа 5. Земли, отвод которых под разработку ОПИ крайне ограничивается. Отнесены земли, в границах которых вводится запрет на пользование недрами, связанный с добычей полезных ископаемых, а именно земли, занятые застройкой, а также земельные участки, используемые для удовлетворения культурно-бытовых потребностей населения и обеспечения коммунально-бытовых нужд в границах города. Также в эту группу были отнесены земли, занятые транспортными коммуникациями.

Группа 6. Земли, отвод которых под разработку ОПИ запрещается. К данной группе были отнесены земли, использование которых для добычи полезных ископаемых невозможно в соответствии с действующими на законодательном уровне принципами их охраны и использования (земли под водными объектами и гидротехническими сооружениями).

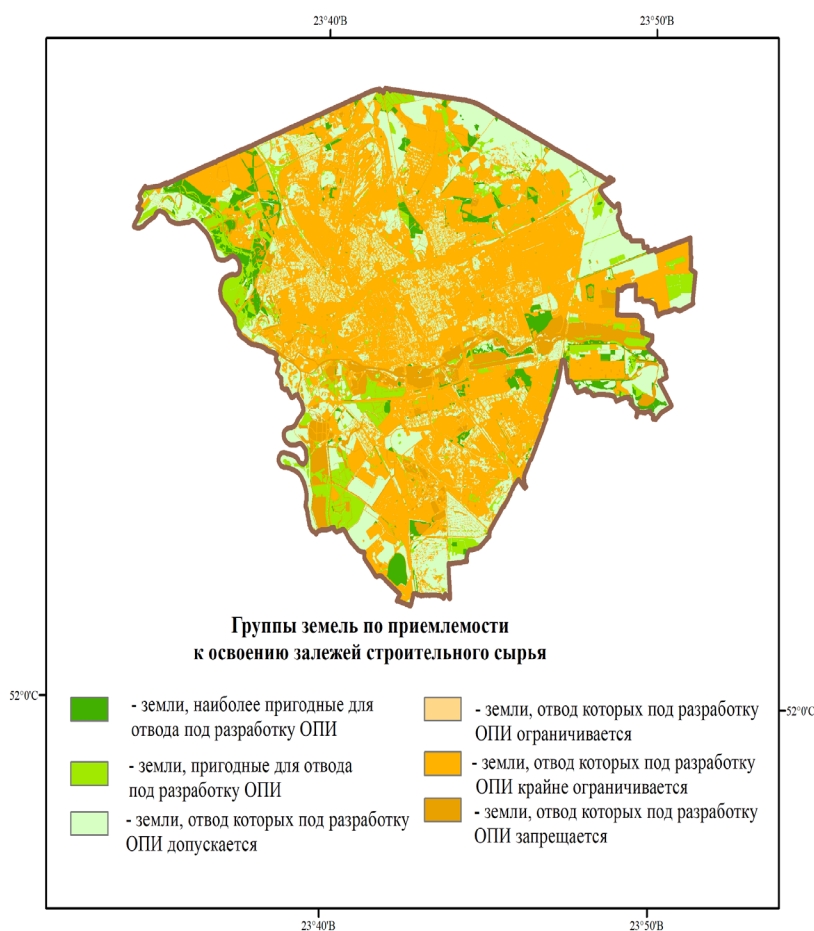
Ниже в таблице представлена информация о площадных характеристиках выделенных групп земель в границах Бреста.

**Таблица** – Площадные характеристики групп земель г. Бреста по их пригодности для отвода под разработку ОПИ, км<sup>2</sup>

Группа земель	г. Брест	
	км <sup>2</sup>	%
Земли, наиболее пригодные для отвода под разработку ОПИ	7,0	4,79
Земли, пригодные для отвода под разработку ОПИ, в которую включены	11,38	7,79
Земли, отвод которых под разработку ОПИ допускается	37,8	25,89
Земли, отвод которых под разработку ОПИ ограничивается	0,02	0,01
Земли, отвод которых под разработку ОПИ крайне ограничивается	78,9	54,04
Земли, отвод которых под разработку ОПИ запрещается	10,9	7,47

По итогам проведенного авторами моделирования недр Брестской области [6], в границах города Бреста выявлены залежи песков, мощностью 33 м, залегающих на глубине свыше 100 м; залежи песчаных пород с прослоями глины мощностью 17 м, залегающие на глубине свыше 40 м, и залежи суглинков мощностью 5 м, расположенные на глубине 72 м.

Ввиду того, выявленные залежи покрывают территорию города целиком, участки возможного их освоения определяются местами концентрации в городе групп земель 1 и 2 (рисунок), на долю которых приходится 12,58% от общей площади городской территории.



**Рисунок** – Растровая модель, отражающая приемлемость земель г. Бреста к освоению залежей строительного сырья

Кроме того, при определении перспектив освоения выявленных залежей учитывалась и такая значимая характеристика, как коэффициент вскрыши (отношение мощности вскрыши к мощности продуктивной толщи), которая оказывает значимое влияние на рентабельность разработки ОПИ.

В научной литературе для залежей строительных песков оптимальное значение этого параметра определено как 1:1 м, при мощности вскрышных пород не более 8–10 м, для залежей глин 10:1 м, при мощности вскрышных пород не более 20 м [9]. Таким образом, при соблюдении мер рационального недропользования среди новых площадей выявленных авторами залежей ОПИ наиболее пригодными для освоения в черте г. Бреста условно являются залежи песков с прослоями глины в границах групп земель 1 и 2 (см. таблицу).

Резюмируя вышеизложенное, можно отметить, что несмотря на то, что разработка полезных ископаемых в городской черте создает условия дефицита мест для застройки, эти ресурсы, в первую очередь строительные полезные ископаемые, могут иметь важное значение для экономики города и найти свое применение при возведении новых жилых и промышленных зданий, ремонте и строительстве дорог. Поэтому выявленные авторами благоприятные зоны для освоения ОПИ в г. Бресте в перспективе могут послужить площадками для рационального и эффективного освоения недр этой территории, принося городу положительный социально-экономический эффект.

#### Список использованных источников

1. Груздев, В. М. Территориальное планирование. Теоретические аспекты и методология пространственной организации территории: учеб. пос. / В. М. Груздев. – Н. Новгород : ННГАСУ, 2014. – 146 с.
2. Региональное управление и территориальное планирование : в 2 ч. / ред.: Ю. Н. Шедько (отв. ред.) [и др.]. – М. : Издательство Юрайт, 2017. – Ч. 1. – 205 с.
3. Малоян, Г. А. Основы градостроительства: учеб. пос. / Г. А. Малоян. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004 – 120 с.
4. Высоцкий, Э. А. Минеральные ресурсы Беларуси: современное состояние, проблемы и перспективы освоения / Э. А. Высоцкий // Геология и минерально-сырьевые ресурсы запада Восточно-Европейской платформы: проблемы изучения и рационального использования: материалы междунар. науч. конф., посвящ. 215-летию со дня рожд. И. Домейко, Минск, 31 июля – 3 авг. 2017 г. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] ; редкол.: А. К. Карабанов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – С. 74–83.
5. Ахмедов, М. Ф. Особенности размещения производства строительных материалов в Республике Таджикистан / М. Ф. Ахмедов // Вестник Таджикского ун-та. Сер. Социально-экономических и общественных наук. – 2019. – № 10-1. – С. 238–244.
6. Геолого-генетическое моделирование кайнозойских отложений Брестской области с применением информационных технологий / А. Н. Маевская [и др.] // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. – 2023. – № 1. – С. 107–118.
7. Земельно-информационная система Республики Беларусь. Порядок создания, ведения (эксплуатации) и обновления) : ТКП 610-2017 (33520). – Введ. 18.07.17 (с изм. от 01.02.2022). – Минск : Госкомимущество, 2022. – 105 с.
8. Кочуров, Б. И. Экодиагностика и сбалансированное развитие : учеб. пособие / Б. И. Кочуров. – М. : ИНФРА-М, 2016. – 362 с.
9. Поиски и разведка месторождений минерального строительного сырья / В. И. Ярцев [и др.]. – Минск : БГУ, 2001. – 120 с.

#### ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF DEVELOPING THE DEPOSITS OF CONSTRUCTION RAW MATERIALS IN THE CITY (ON THE EXAMPLE OF BREST, BELARUS)

**A. N. Maevskaya, M. A. Bogdasarov**

The work is devoted to the substantiation of the possibility of involvement in the development of deposits of construction raw materials gravitating to the subsoil of the administrative centre of the Brest region of the Republic of Belarus – the city of Brest. In order to substantiate the potential of involvement of the city subsoil areas into open mining, the authors used a methodology based on the status of the land of this territory and legislative norms regulating the issues of the possibility of allocation of different types of land for the purposes of extraction of commonly occurring minerals. On the basis of the proposed methodology, the city subsoil areas under the lands, the withdrawal of which is most possible for quarry development, were identified and the deposits, the localisation of which in the underground space is most profitable from the point of view of extraction, were determined.

УДК 553.97

## СТОИМОСТНАЯ ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ТОРФА БРЕСТСКОЙ И ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТЕЙ КАК ЭЛЕМЕНТОВ НАЦИОНАЛЬНОГО БОГАТСТВА РЕСПУБЛИКИ

Т. И. Макаренко, Б. В. Курзо, В. Б. Кунцевич, И. В. Агейчик  
Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

*По данным геолого-экономической оценки месторождений разработана соответствующая методика и отобраны перспективные для освоения торфяные месторождения разрабатываемого фонда, отнесенные к национальному богатству. Оценены запасы торфа Брестской и Гомельской областей как элементов национального богатства Республики Беларусь. Суммарная стоимость перспективных торфяных ресурсов Брестской и Гомельской областей по чистому дисконтированному доходу оценивается в 2,1 млрд долл. США.*

*Ключевые слова: торф, запасы, целевые фонды, стоимостная оценка, национальное богатство.*

**Введение.** Природные ресурсы являются основополагающим фактором производственной деятельности человека, составной частью национального богатства (НБ), позволяющим вносить вклад в экономическое и социальное развитие. Они являются исходным сырьем для экономической деятельности человека, осуществляют ассимиляцию отходов и различного рода загрязнений, выполняют важнейшие функции поддержания жизни (стабильность глобального климата, сохранение озонового слоя, очищение атмосферного воздуха) и обеспечивают экосистемными услугами (рекреация, познавательная деятельность и др.).

При освоении месторождений полезных ископаемых, в том числе торфа, оценка стоимостной ценности запасов определяет их экономическую значимость для государственного регулирования отношений недропользования и обеспечения рационального использования сырьевого потенциала страны. Анализ запасов и стоимости запасов торфа позволяет выявить наиболее эффективное их использование как элементов НБ.

В рамках разработанных Стратегии сохранения и устойчивого использования торфяных месторождений и новой Схемы распределения торфяников по направлениям использования [1, 2] предложен комплексный подход к рациональному использованию торфяных ресурсов. Разработка новых документов связана также с выполнением положений Конвенции о биоразнообразии, Рамсарской конвенции, Конвенции по борьбе с деградацией земель, по внедрению принципов устойчивого использования торфяников.

Торфяные месторождения разрабатываемого фонда согласно Схемы [2] в ближайшее десятилетие могут быть вовлечены в хозяйственную деятельность по причине детально изученных запасов, хорошей логистической инфраструктуры, доказанной в ходе детальной разведки целесообразности освоения имеющихся запасов торфа как компенсаторов выбывающих из разработки месторождений крупных торфопредприятий ГПО «Белтопгаз», а также сырьевой базы для иных организаций, занимающихся разработкой торфяных ресурсов, прежде всего для целей сельского хозяйства. В разрабатываемый фонд входят месторождения для получения продукции глубокой комплексной переработки торфяного сырья с выпуском наукоемкой продукции с высокой добавленной стоимостью, запросами энергетики, коммунального хозяйства, цементной промышленности и сельского хозяйства, а также конъюнктурой международных рынков топлива и торфяных субстратов. Современная торфодобывающая отрасль предусматривает комплексную глубокую переработку торфяного сырья с получением широкого набора «альтернативной» продукции: многопрофильных субстратов, сорбционных материалов широкого спектра, включая активированные угли, биологически активных ростовых веществ, кормовых добавок, препаратов фунгицидного и бактериального действия и ряда других уникальных продуктов.

**Цели и задачи.** Целью настоящей работы является оценка запасов торфа Брестской и Гомельской областей как элементов НБ. В задачи исследования входило установление категорий торфяных месторождений (или их участков), которые необходимо включать в НБ, а также определение метода их стоимостной оценки.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач в области НБ необходимо выполнить аналитическое изучение объема, структуры, динамики и эффективности использования всего торфяного фонда и его составных элементов. Специалистами разработана соответствующая система показателей с обоснованием методологии их вычисления. В качестве меры для оценки стоимости извлекаемых запасов в недрах использован метод расчета чистого дисконтированного дохода (чистой приведенной стоимости) по ТКП 17.04–08–2008 [3]. Для анализа исходной информации и расчетов использовались компьютерные технологии, ориентированные на стандартный пакет прикладной программы Excel.

**Результаты.** Стоимостная оценка природных ресурсов, как части НБ, представляется весьма актуальной, так как является одним из направлений рационального природопользования и включает в себя оценку промышленной и иной ценности природных объектов. Такая оценка необходима также для определения экономической ценности наиболее эффективных и безопасных способов освоения и использования торфяных



ресурсов, для государственного регулирования отношений природопользования и обеспечения рационального использования природного потенциала региона.

При оценке объемов выпуска продукции для расчета вложения средств в освоение месторождений различных видов полезных ископаемых необходимо ориентироваться не только на традиционные виды товарной продукции, но и на альтернативные, принципиально новые ее виды, что значительно повысит эффективность освоения месторождений.

Торфяные месторождения, используемые в промышленности, в освоение которых производятся вложения инвестиционных средств, для получения дохода в будущем, могут иметь различные стоимостные оценочные характеристики: рыночную, потребительскую, инвестиционную, облагаемую, кадастровую стоимость и др. Рыночная стоимость торфяного месторождения – это наиболее вероятная цена, по которой месторождение может быть отчуждено для продажи или передачи в концессию на открытом рынке в условиях конкуренции, когда стороны сделки действуют разумно, располагая всей необходимой информацией, а на величине цены сделки не отражаются какие-либо чрезвычайные обстоятельства. Такая оценка может быть применима при передаче месторождения в разработку, определении стоимости месторождения в качестве залога, стоимости имущества (активов) и др.

Наиболее подробный анализ стоимостной оценки запасов полезных ископаемых в составе национального богатства представлен в публикации [4]. Здесь рассматривается зарубежный опыт функционирования системы национальных счетов, оцениваются преимущества и недостатки учета в них стоимости запасов полезных ископаемых, достоверность которой обеспечивает метод **чистой приведенной стоимости** или **чистого дисконтированного дохода** согласно отечественного ТКП 17.04-08-2008 (02120) [3]. В данном методе определяется ресурсная (горная) рента и на ее основе оценивается приведенная стоимость запасов полезных ископаемых. Такая оценка в соответствии с рекомендациями СНС-2008 [5] была утверждена Статистической комиссией ООН как основной метод для расчетов стоимости запасов минерально-энергетических ресурсов.

Использование доходного подхода применительно к оценке стоимости разработки торфяных месторождений, а также запасов других ПИ требует четкого разграничения следующих понятий: инвестиционные средства – начальные капитальные вложения, направленные на освоение месторождения; инвестиционные затраты – все расходы (капитальные и эксплуатационные), осуществляемые в процессе освоения месторождения; доходы от инвестиций – все денежные поступления от инвестиций [6].

Для идентификации объектов учета для оценки в составе НБ минеральных ресурсов перспективного месторождения созданы классификационные рамки с выделением следующих критериев на базе существующих систем классификаций и терминологии Республики Беларусь:

- 1) доступность к разработке (применимость известной технологии добычи, имеется логистическая инфраструктура, месторождение ранее разрабатывалось);
- 2) геологическая изученность: детально (А) и предварительно (В+С<sub>1</sub>) разведанные месторождения;
- 3) экономическая целесообразность – определяется на основании геолого-экономической оценки целесообразности освоения месторождения, осуществляемой при детальной разведке (разработка является рентабельной или условно рентабельной [7]).

Вместе с тем следует отметить, что не все доказанные (категории А, В, С<sub>1</sub>) и рентабельные запасы могут быть вовлечены в эксплуатацию. Так, существует ряд причин, по которым доказанные и рентабельные запасы не могут быть извлечены из недр, а именно: если они расположены в пределах водоохранных зон, зон санитарной охраны природных объектов, территорий населенных пунктов, особо охраняемых природных территорий, если не позволяют горно-геологические условия залегания и многие другие.

Большинство торфяных месторождений разрабатываемого фонда Брестской и Гомельской областей [2] характеризуются благоприятными геологическими и экономическими условиями для коммерческой разработки торфа, имеют детально разведанные запасы промышленных категорий, часть которых являются компенсаторами сырьевых баз крупных торфяных предприятий республики (для Брестской области 9 т/м, для Гомельской – 1 т/м). Данные месторождения квалифицированы высокой степенью достоверности геологической информации о запасах торфа и возможностью их извлечения в связи с доступностью для освоения и предпочтительными горно-геологическими условиями залегания. Площадь промышленных запасов торфа на перспективных для освоения торфяных месторождениях, включенных в перечень подсчета как элементов НБ, составляет 14,28 тыс. га для Брестской области (на 19 т/м или их участках) и 3,4 тыс. га для Гомельской области (на 10 т/м или их участках).

Рыночная стоимость по чистому дисконтированному доходу выявленных первоочередных для разработки запасов торфа в Брестской области составляет 1,54 млрд долл. США, в Гомельской – 0,58 млрд долл. США (таблица).

Текущая стоимость запасов полезных ископаемых определяется путем суммирования данных по всем вовлеченным в оборот и перспективным для освоения месторождениям, по каждому из которых прогнозируемый объем добычи полезного ископаемого умножается на прогнозируемую цену на добытое сырье и из произведения вычитаются эксплуатационные затраты на добычу, включая налоги, амортизацию основных средств и стоимость основных фондов.

**Таблица** – Стоимость извлекаемых запасов торфа перспективных месторождений Брестской и Гомельской областей разрабатываемого фонда по чистому дисконтированному доходу

Область	Общ. кол-во месторождений (компенсаторы ТБЗ)	Площадь, тыс. га			Извлекаемые запасы, млн. т			Чистый дисконтированный доход, млн. долл. США		
		общая	в т.ч. категории А+В+С <sub>1</sub>	%	общие	в т.ч. категории А+В+С <sub>1</sub>	%	общий	в т.ч. категории А+В+С <sub>1</sub>	%
Брестская	19 (9)	14,28	12,72	89	21,89	19,79	90	1542,89	1394,88	90
Гомельская	10 (1)	3,40	3,40	100	5,93	5,93	100	581,09	581,09	100
Всего	29 (10)	17,68	16,12	91	27,82	25,72	92	2123,98	1975,97	93

Полученный показатель делится на коэффициент, учитывающий ставку дисконтирования. По [3] расчет чистого дисконтированного дохода (аналог чистой приведенной стоимости) производится по формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^T NCF_t (1 + E)^{-t},$$

где  $NPV$  – чистый дисконтированный доход;

$NCF_t$  – годовой чистый доход;

$E$  – коэффициент дисконтирования;

$t$  – порядковый номер года расчетного периода разработки месторождения;

$T$  – период разработки месторождения.

Для расчета экономической эффективности применяются базовые цены, а также имеет место первоначальное единовременное вложение инвестиций. Чистый доход ( $NCF$ ) рассчитывается как разность между доходами добывающей организации, включая амортизацию, и суммой производственных затрат, затрат на реализацию и амортизацию, налогов, платежей и отчислениями в бюджет и капитальными вложениями.

Стоимость запасов в недрах равна чистой приведенной стоимости горной ренты, которая может быть получена государством при использовании данного участка недр (месторождения, залежи). В свою очередь, горная рента рассчитывается как разность между экономической рентой (разностью между ценой и издержками производства) и ожидаемым доходом на вложенный капитал, оцениваемый как разность между накопленными капиталовложениями и величиной амортизации основных фондов. Таким образом, несмотря на трудоемкость метода оценки по чистой приведенной стоимости (чистому дисконтированному доходу), только он может обеспечить достоверность стоимостной оценки запасов полезных ископаемых, поскольку основан на экономических расчетах по каждому перспективному участку недр.

**Заключение.** Разработаны показатели по включению торфяных месторождений в перечень для учета в составе национального богатства: доступность к разработке, детальность геологической изученности, экономическая целесообразность (рентабельность) освоения. С применением доходного подхода в Брестской и Гомельской областях выполнена стоимостная оценка запасов торфа как элементов НБ республики. Суммарная стоимость перспективных торфяных ресурсов Брестской и Гомельской областей по чистому дисконтированному доходу оценивается в 2,1 млрд долл. США.

Выполнение исследований по обоснованию методических подходов стоимостной оценки запасов торфа позволит обеспечить, совместно с Минприроды и Минэкономики, исполнение поручения Правительства от 19.05.2022 № 11/225-401/5170р по разработке и утверждению методик по экономической оценке запасов полезных ископаемых в составе национального богатства с целью своевременной реализации мероприятия Правительства на период до 2025 года, утвержденного постановлением Совета Министров от 24 декабря 2020 г. № 758 по инвентаризации и вовлечению неиспользуемых или неэффективно используемых ресурсов и национального богатства в экономический оборот.

Однако в рамках существующих методологий пока не может быть рассчитана экономическая оценка природных экосистем, способных выполнять климатообразующие, водорегулирующие, энергетические, продукционные и другие функции. Экономическая оценка особо охраняемых природных территорий, в том числе болотных экосистем, входящих в их состав, важна для предварительного обоснования возможностей дополнительного поступления доходов в виде валютных средств в условиях формирующегося рынка экологических услуг на межгосударственном уровне [8–10].

**Список используемых источников**

1. Стратегия сохранения и рационального (устойчивого) использования торфяников: утв. пост. Совета Министров РБ 30.12.2015 № 1111. – Минск, 2016. – 39 с.
2. Схема распределения торфяников по направлениям использования на период до 2030 года / О некоторых вопросах в области сохранения и рационального (устойчивого) использования торфяников [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 30 дек. 2015г., №1111 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа : <http://www.pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21501111&p1=1>. – Дата доступа : 03.06.2024.
3. Правила стоимостной оценки месторождений полезных ископаемых / ТКП 17.04-08-2008 (02120). – Минск : Минприроды, 2009. – 28 с.
4. Богданов, Д. С. Стоимостная оценка запасов полезных ископаемых в составе системы национальных счетов, / Д. С. Богданов, Е. А. Дьячкова // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2016. – № 3. – С. 30–35.
5. Система национальных счетов 2008. Комиссия европейских сообществ, Международный валютный фонд, Организация экономического сотрудничества и развития, ООН, Всемирный банк. – N. Y., 2009. – 1235 с.
6. Долан, Э. Дж., Рынок: микроэкономическая модель; пер. с англ. В Лукашевича [и др.], под общ. ред. Б. Лисовика и В. Лукашевича / Э. Дж. Долан, Д. Линдсей. – СПб, 1992. – 496 с.
7. Вегера, С. Г., Минеральные ресурсы как элемент природного капитала в системе бухгалтерского учета и отчетности / С. Г. Вегера, О. С. Метла // Незалежный аудитор. – 2015. – № 11 (1). – С. 11–17.
8. Логвиненко, О. А., Природные ресурсы с позиции учета в составе национального богатства / О. А. Логвиненко, В. Е. Стровский // Известия Уральского государственного горного университета. – 2019. – Вып. 2(54). – С. 126–133.
9. Унукович, А. В., Торфяно-болотные угодья природоохранного назначения и их экономическая ценность / А. В. Унукович, Я. И. Аношко // Сб. науч. тр. «Природопользование». – 2011. – Вып. 19. – С. 117–123.
10. Об утверждении Государственной программы развития системы особо охраняемых природных территорий на 2008–2014 годы. Указ Президента Республики Беларусь 6 марта 2008 г. № 146 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 57 (16170 – 1/9532).

**VALUE ASSESSMENT OF PEAT RESERVES IN BREST AND GOMEL REGIONS AS ELEMENTS OF THE NATIONAL WEALTH OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

**T. I. Makarenko, B. V. Kurzo, V. B. Kuntsevich, I. V. Ageychik**

Based on the geological and economic assessment of the deposits, the methodology was developed and promising peat deposits of the developed fund were selected for the development and classified as the national wealth. The peat reserves of Brest and Gomel regions were assessed as elements of the National Wealth of the Republic of Belarus. The total value of promising peat resources in Brest and Gomel regions based on net present value is estimated at \$2.1 billion.

## ТЕКУЩИЕ И ОЖИДАЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

В. И. Мельник, М. А. Хитриков, И. В. Буяков

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

*Дана оценка температурного режима и термических ресурсов Белорусского Полесья за период 2000–2022 гг., характеризующего наиболее теплые десятилетия периода потепления с 1989 года. Выполнены расчеты изменения термических ресурсов до 2050 года для двух сценариев SSP2-4.5 и SSP3-7 по данным ансамбля моделей проекта CMIP6.*

*Ключевые слова: Белорусское Полесье, изменение климата, термические ресурсы, климатические проекции.*

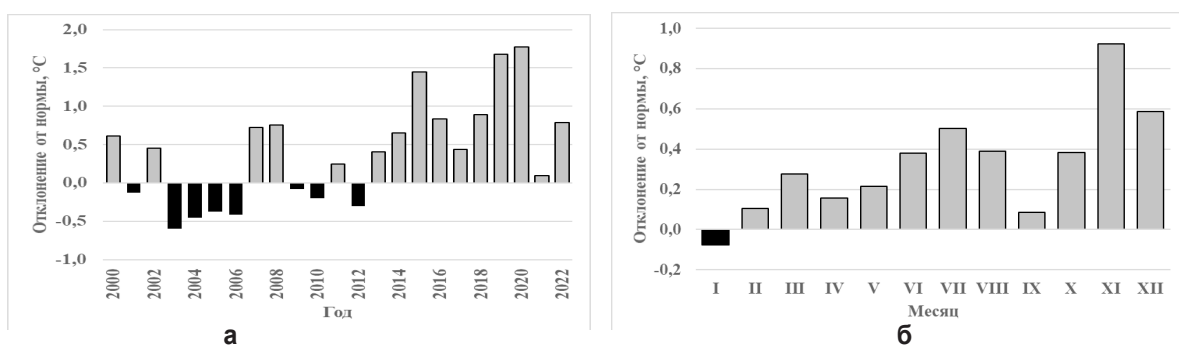
Существующие региональные климатические отличия важно учитывать при планировании работы погодозависимых отраслей экономики и в первую очередь сельского хозяйства. Особенно это касается южной части Республики Беларусь – Белорусского Полесья, где наиболее часто проявляются различные экстремальные явления (атмосферные и почвенные засухи, высокие температуры, заморозки), влияющие на продуктивность сельскохозяйственного производства. Последнее наиболее фундаментальное исследование современного и ожидаемого изменения климата Белорусского Полесья базировалось на данных наблюдений за период с 1948 по 2015 г. [1]. В то же время следует отметить, что самыми теплыми периодами потепления в Беларуси были последние два десятилетия. Поэтому представляется целесообразным дать оценку текущих (2000–2022 гг.) и ожидаемых изменений (до 2050 г.) климата Белорусского Полесья с последующей разработкой рекомендаций по мерам адаптации сельского хозяйства к предстоящим изменениям климата.

**Цель и задачи работы.** Целью настоящего исследования является оценка текущих и будущих изменений климатических и агроклиматических характеристик (температуры воздуха, сумм температур и продолжительности периодов с различными суммами температур) и их изменений с использованием информации по пунктам сети гидрометеорологических наблюдений Белгидромета и расчетов климатических моделей.

**Материалы и методы.** Оценка современных изменений температурного режима и термических ресурсов на территории Белорусского Полесья выполнена на основе результатов инструментальных измерений на сети гидрометеорологических наблюдений Белгидромета. Данные наблюдений представлены ежедневными, месячными, сезонными и годовыми значениями температуры воздуха по 15 станциям, охватывающим территорию Белорусского Полесья. Ожидаемые изменения температурного режима Белорусского Полесья к 2050 году рассчитаны для двух сценариев SSP2-4.5 и SSP3-7.0 с использованием ансамбля климатических моделей проекта CMIP6.

**Результаты и обсуждение.** На рисунке 1 приведены отклонения средней годовой температуры Белорусского Полесья за 2000–2022 гг. от климатической нормы (+7,9°C) 1991–2020 гг. и отклонения по каждому месяцу за период 2000–2022 гг. по отношению к климатической норме месяца.

Отчетливо просматривается устойчивое повышение температуры воздуха по сравнению с климатической нормой, начиная с 2013 года. Рост температуры воздуха наблюдается во все месяцы, за исключением января; наибольший рост температуры наблюдается в летние (VI–VIII), осенние (X–XI) месяцы и в декабре. Такая тенденция характерна в целом для всей территории Беларуси. Уменьшение температуры воздуха в январе наблюдается преимущественно в восточной части Белорусского Полесья (Гомельская область).



**Рисунок 1** – Отклонение среднегодовой (а) и среднемесячной (б) температуры воздуха на территории Белорусского Полесья за период 2000–2022 гг. от климатической нормы 1991–2020 гг.

На рисунках 2 и 3 представлены среднее число жарких дней с максимальной температурой воздуха равной и выше 25 °С и очень жарких дней (с максимальной температурой воздуха равной и выше 30 °С). Наибольшее количество жарких и очень жарких дней отмечается в летний период в восточной части Полесья. Рекордное количество очень жарких дней в 2010 году на станции Гомель – 41. В связи с ростом температуры воздуха наблюдается тенденция увеличения числа жарких и очень жарких дней.

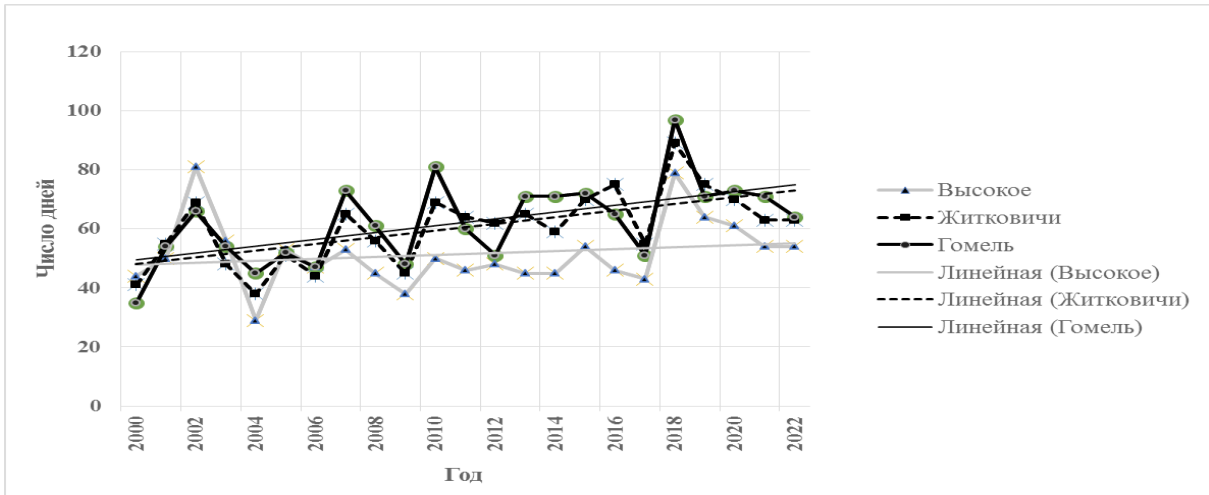


Рисунок 2 – Число жарких дней (с максимальной температурой воздуха +25,0 °С и выше)

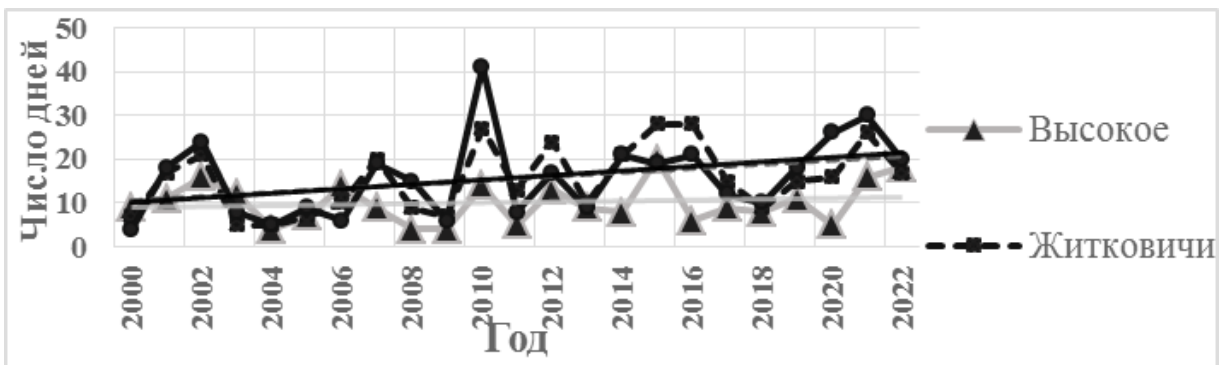


Рисунок 3 – Число очень жарких дней (с максимальной температурой воздуха +30,0 °С и выше)

Оценка изменения термических ресурсов региона Белорусского Полесья. Под термическими ресурсами в данной работе понимались суммы температур выше 0, 5, 10, 15 °С, которые определяют тепловые ресурсы территории применительно к условиям ведения сельскохозяйственного производства. Особое внимание уделялось периоду активной вегетации растений, который характеризуется суммами температур выше 10°С, определяющих возможности произрастания на территории большинства сельскохозяйственных культур (рисунок 4).

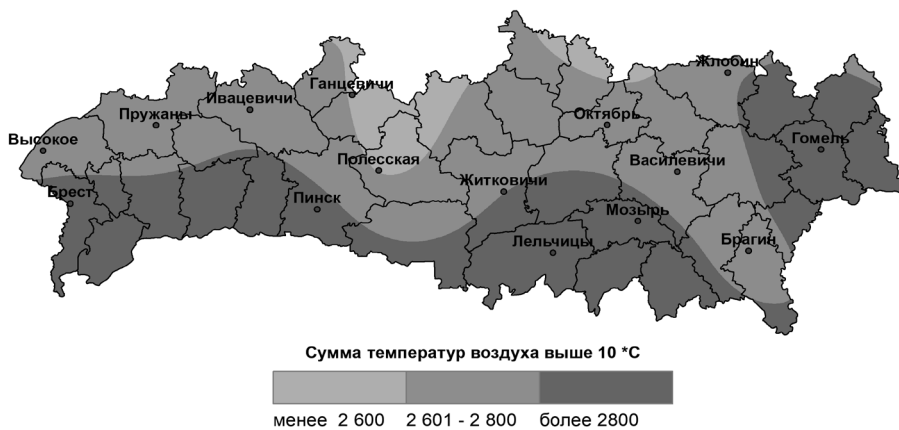


Рисунок 4 – Термические ресурсы Белорусского Полесья: суммы температур выше 10°С

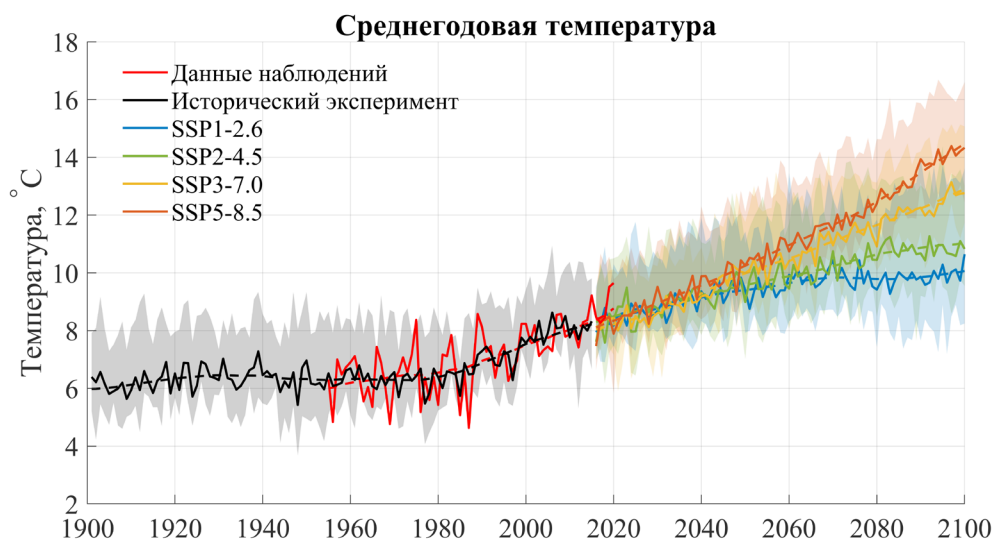
Краткий анализ пространственного распределения сумм температур выше  $10^{\circ}\text{C}$  показывает на юге Полесья за последние два десятилетия увеличение значительных площадей с суммами температур выше  $2800^{\circ}\text{C}$ , что говорит о появлении очередной (второй по счету) Новой агроклиматической области и продолжающемся росте тепловых ресурсов территории и принятии необходимых мер адаптации для увеличения потенциала сельскохозяйственного производства.

*Прогноз изменения температуры воздуха.* В настоящее время глобальные климатические модели являются наиболее надежным и физически обоснованным средством изучения и прогноза реакции климатической системы на различные внешние воздействия в масштабах нескольких десятилетий. Для построения проекций изменения климата Белорусского Полесья к 2050 году использовался ансамбль глобальных климатических моделей, объединенных в последней (шестой) фазе международного проекта CMIP6 [2]. Рассмотрено 2 наиболее вероятных сценария глобальной эмиссии парниковых газов и аэрозолей – так называемых общих социально-экономических путей (*Shared Socioeconomic Pathways – SSP*).

1) **SSP2-4.5:** выбросы  $\text{CO}_2$  колеблются вокруг текущего уровня до 2050 года, после чего начинают снижаться, но к 2100 году все-же не достигают нуля; температура к концу века повысится примерно на  $3^{\circ}\text{C}$ ;

2) **SSP3-7.0:** выбросы  $\text{CO}_2$  неизменно растут и примерно удваиваются к 2100 году; к концу века температура повышается на  $4^{\circ}\text{C}$ ;

Согласно расчетам климатических моделей, рост среднегодовой температуры в Белорусском Полесье к концу 2050 года (период для осреднения – 2041–2060 гг.) по отношению к современному периоду (2000–2020 гг.) составит от  $1,3$ – $1,4^{\circ}\text{C}$  для сценария SSP2-4.5 до  $1,6$ – $1,8^{\circ}\text{C}$  для сценария SSP3-7.0. Среднегодовая температура воздуха достигнет в среднем  $9,6$ – $9,8^{\circ}\text{C}$  (по отдельным пунктам –  $9,2$ – $10,4^{\circ}\text{C}$  для сценария SSP2-4.5 и  $9,9$ – $10,2^{\circ}\text{C}$  для сценария SSP3-7.0 (по отдельным пунктам –  $9,4$  –  $10,6^{\circ}\text{C}$ ) (рисунок 5).



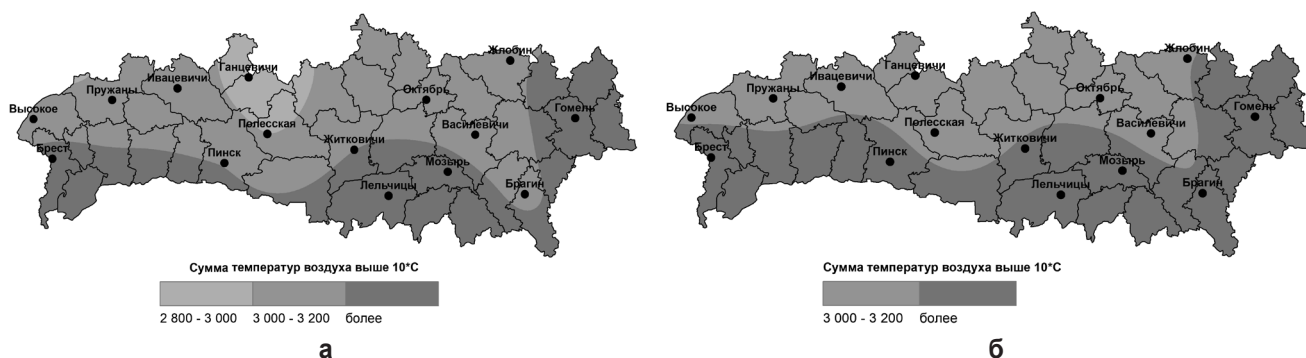
**Рисунок 5** – Проекция изменения среднегодовой температуры воздуха в Белорусском Полесье в сопоставлении с данными наблюдений согласно ансамблю моделей проекта CMIP6

По расчетам моделей наибольший рост температур на  $1,8$ – $2,0^{\circ}\text{C}$  к 2050 году произойдет в летний и осенний периоды в зависимости от сценария антропогенного радиационного воздействия. Наименьшее повышение температуры – на  $1,4$ – $1,7^{\circ}\text{C}$  ожидается весной. Рост температур будет отмечаться во все месяцы, наибольший в июле–сентябре.

Рассчитанный прогноз изменения дат перехода температуры через  $0$ ,  $5$ ,  $10$  и  $15^{\circ}\text{C}$ , продолжительности периодов и сумм температур показывает, что общие особенности изменений данных характеристик в случае реализации сценариев SSP2-4.5 и SSP3-7.0 во многом схожи: периоды с температурой выше  $10^{\circ}\text{C}$  и  $15^{\circ}\text{C}$  к 2041–2060 гг. станут дольше на 10–15 дней. Повышение продолжительности периода с температурами выше  $10^{\circ}\text{C}$  будет обеспечиваться преимущественно в весенний период. Переход выше  $10^{\circ}\text{C}$  весной будет происходить во 2-й декаде апреля, а переход ниже данного порога осенью будет происходить в конце первой – начале второй декады октября. Прирост продолжительности периода с температурами выше  $15^{\circ}\text{C}$  весной и осенью сопоставим. Период с температурами выше  $5^{\circ}\text{C}$  будет характеризоваться наименьшим увеличением продолжительности – не более 1 недели, и оно будет происходить преимущественно в осенний период. Переход выше  $5^{\circ}\text{C}$  будет происходить в 3-й декаде марта, а осенний переход ниже данного предела будет отмечаться в конце 1-й – начале 2-й декады ноября. Продолжительность периода с температурами выше  $0^{\circ}\text{C}$  увеличится

на 15–20 дней. К 2041–2060 гг. устойчивый период с температурами ниже 0°C в регионе будет отсутствовать. Суммы температур к 2041–2060 гг. могут вырасти на величину до 380–430 °C. Чем выше порог температуры, тем выше будет величина прироста. Так, согласно сценарию SSP2-4.5 суммы температур выше 0, 5, 10 и 15 °C к середине текущего столетия вырастут на 330°C, 375°C, 380°C и 405°C соответственно. Аналогичные значения прироста в случае реализации сценария SSP3-7.0 будут составлять 385°C, 420°C, 440°C и 435°C. Прогноз по обоим сценариям предусматривает, что средние суммы температур выше 10°C по всем пунктам наблюдений будут превышать 3000°C (в Пинске, Гомеле и Бресте – до 3250–3300°C), единственным исключением будет станция Ганцевичи в случае реализации сценария SSP2-4.5 (рисунок 6).

Указанный объем доступных ресурсов тепла в совокупности с отсутствием устойчивого периода с температурами ниже 0°C и рациональным использованием водных ресурсов открывает новые перспективы для сельского хозяйства региона.



**Рисунок 6** – Прогнозные значения сумм температур выше 10°C на территории Белорусского Полесья к 2050 году по двум сценариям: а) для сценария SSP2-4.5, б) SSP3-7.0

**Заключение.** Рост температуры воздуха за 2000–2022 гг. привел к расширению на юге Белорусского Полесья значительных площадей с суммами температур выше 2800°C, что говорит о появлении очередной (второй по счету) Новой агроклиматической области. Прогноз изменения температурных характеристик воздуха к 2050 году, рассчитанный с использованием ансамбля климатических моделей проекта CMIP6 для двух сценариев изменения климата SSP2-4.5 и SSP3-7.0, показывает дальнейший рост температуры воздуха и превышение сумм температур выше 10°C на всей территории 3000°C (в некоторых пунктах – 3250–3300°C).

**Благодарности.** Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № X23КУБ-010).

#### Список использованных источников

1. Данилович, И. С. Современные изменения климата Белорусского Полесья: причины, следствия, прогнозы / И. С. Данилович, В. И. Мельник, Б. Гейер // Журнал Белорусского государственного университета. География, геология. – 2020. – № 1. – С. 3–13. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2020-1-3-13>.
2. Отчет о НИР «Диагноз, моделирование и прогнозирование естественных и антропогенных изменений климата с целью оценки их воздействий на окружающую среду и условия жизнедеятельности населения Беларуси». ГПНИ Природные ресурсы и окружающая среда подпрограмма 10.1 «Природные ресурсы и их рациональное использование», задание № 1.04 «Модельные оценки влияния процессов обводнения и заболачивания территорий Беларуси на микроклимат прилегающей местности» (промежуточный). Глава 3. – Минск, 2023. – С. 69–72.

#### CURRENT AND EXPECTED CHANGES TEMPERATURE REGIME OF BELARUSIAN POLESIA

V. I. Melnik, M. A. Khitrykau, I. V. Buyakov

Modern changes in temperature characteristics (2000–2022) in the territory of Belarusian Polesia were assessed. Using the ensemble of climate models of the CMIP6 project, expected changes in the temperature regime of Belarusian Polesia by 2050 were calculated for two climate change scenarios SSP2-4.5 and SSP3-7.0. The forecast for both scenarios shows that the sums of temperatures above 10°C at all observation points will exceed 3000°C (at some points 3250–3300°C).

УДК 550.47

## СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЯХ ФОНОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ

Н. В. Михальчук, Е. А. Брыль

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

*Для растительности фоновых территорий юго-запада Беларуси установлены биогеохимические ряды тяжелых металлов и микроэлементов. Взаимное расположение элементов в ранжированных рядах соответствует традиционному физиологически обусловленному содержанию металлов в растениях с максимальными концентрациями биофильных элементов. Полученные данные применимы для сравнительных оценок биоиндикации техногенных воздействий антропогенно преобразованных геосистем.*

*Ключевые слова: тяжелые металлы, фоновые территории, дикоросы.*

**Введение.** Значительное повышение концентраций тяжелых металлов (ТМ) в окружающей среде связано с хозяйственной деятельностью человека, в первую очередь, с интенсивным развитием современной промышленности и сельского хозяйства. Естественный их фон как правило невелик, и только в районах рудных месторождений обнаружены высокие уровни содержания некоторых ТМ (Co, Fe, Ni, Pb и Zn). Поскольку ТМ относятся преимущественно к рассеянным химическим элементам, то загрязнению ими подвергается не только почвенный покров, но и гидросфера, и атмосфера. В силу этого повышение концентрации этих элементов в окружающей среде, наблюдаемое в последние десятилетия, носит не только локальный, но и глобальный характер [1–3]. Наземные растения способны поглощать токсичные ионы из двух источников – почвы и воздуха. На поступление ТМ из почвы в растения оказывает влияние большое число разнообразных факторов: механический и химический состав почвы (органическое вещество, содержание карбонатов, фосфатов и других солей); pH почвенного раствора; взаимодействие металлов; температура почвы и воздуха; валентность элемента, его физико-химические свойства; биологические особенности вида; возраст растений; сезон года и т. д. Доля внекорневого поступления ТМ в растения зависит от концентрации металла в воздухе и осадках, его физико-химических свойств, а также анатомо-морфологических особенностей листьев растений [4]. Кроме того, существует избирательная способность растений к накоплению элементов. Согласно [5], ТМ можно дифференцировать на несколько групп: элементы интенсивного поглощения – Cd, Cs, Rb; элементы средней степени поглощения – Zn, Mo, Cu, Pb, As, Co; элементы слабого поглощения – Mn, Ni, Cr; элементы, труднодоступные растениям – Se, Fe, Ba, Te. Поскольку ТМ поступают в организм человека и животных именно с растительной пищей, создавая серьезную угрозу их здоровью, вопросы, связанные с поглощением ионов металлов растениями, их транспортом в надземные органы и накоплением в растительной биомассе, представляют не только чисто научный, но и большой практический интерес.

**Объекты и методы проведения исследований.** В нашей работе рассматриваются девять элементов, которые всегда включаются в группу ТМ: Zn, Cu, Mn, Pb, Cd, Ni, Co, Cr, Fe. Поскольку степень загрязнения ТМ объектов окружающей среды наиболее точно можно установить зная фоновое содержание их в аналогичных объектах в пределах исследуемого региона, то для проведения корректных оценок были проведены исследования содержания ТМ в растениях особо охраняемых природных территорий юго-запада Беларуси – биологические заказники (БЗ) республиканского значения «Луково» (Малоритский район) и «Бусловка» (Березовский и Пружанский районы), и БЗ местного значения «Дивин – Великий лес» (Кобринский район).

Для проведения исследований объединенная проба растений (надземная часть кустарников и травянистых растений и листья древесных) весом 0,8–1,0 кг формировалась из 8–10 точечных проб в сухую погоду. Средняя проба измельчалась на фракции 1–3 см, сушилась в сушильном шкафу при температуре 65 °С до воздушно-сухого состояния, размалывалась на лабораторной мельнице и просеивалась через сито с отверстиями диаметром 1 мм. Остаток на сите после ручного измельчения ножницами или в ступке добавлялся к просеянной части и тщательно перемешивался. Массовая доля влаги в пробе до ее высушивания и массовая доля гигроскопической влаги в приготовленной для испытания пробе определялась по ГОСТ 27548. Минерализация проб растений для определения ТМ проводилась методом сухого озоления по ГОСТ 26929-94. Кислотная экстракция ТМ из золы осуществлялась по [6]. Подготовленные пробы анализировались на содержание ТМ методом атомной спектроскопии на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой по ГОСТ 30178-96. Статистическая обработка экспериментальных данных была выполнена с использованием программ Microsoft Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Известно, что по градиенту содержания в растениях элементы можно расположить в следующем порядке  $Mn > Fe > Zn > Cu > Ni > Pb > Cd$ , из которого видно, что в растениях наиболее интенсивно накапливается Mn, Fe, Zn, что согласуется с физиологическим значением этих элементов [2]. При



анализе данных по содержанию ТМ и микроэлементов в растениях БЗ «Луково» установлено, что взаимное расположение элементов в биохимическом ряду является традиционным. В цифровом выражении ряд для кустарников и кустарничков имеет следующий вид (мг/кг): Mn 293,77 > Fe 58,18 > Zn 48,10 > Cu 5,78 > Cr 0,76 > Ni 0,53 > Cd 0,16 > Pb 0,04; для травянистых растений – Mn 98,51 > Fe 73,04 > Zn 32,07 > Cu 4,27 > Cr 0,98 > Ni 0,42 > Cd 0,05 > Pb 0,004. Усредненное содержание ТМ в растениях по [2] имеет следующий вид (мг/кг): Mn 104,80 > Zn 53,30 > Cu 9,90 > Ni 8,10 > Pb 4,10 > Cr 1,13 > Cd 0,78 > Co 0,34. В среднем для растительности мира [7]: Mn 200,0 > Fe 150,0 > Zn 50,0 > Cu 10,0 > Ni 1,5 > Cr 1,5 > Pb 1,0 > Co 0,2 > Cd 0,05. Следует отметить, что в исследованных образцах растений БЗ «Луково» уровни содержания ТМ согласовываются с общемировыми значениями, а концентрация таких опасных токсикантов как Pb и Cd находится на минимальном уровне. В то же самое время установлено аномально низкое (во всех случаях ниже предела обнаружения прибором) содержание Co, относящегося к эссенциальным элементам со средней степенью поглощения растениями. При анализе данных по содержанию ТМ и микроэлементов в растениях БЗ «Бусловка» установлено, что взаимное расположение элементов в биогеохимическом ряду также является физиологически обусловленным. В цифровом выражении ряд для древесных имеет следующий вид (мг/кг): Mn 137,08 > Fe 91,49 > Zn 37,86 > Cr 4,45 > Ni 3,90 > Cu 3,56 > Co 0,1 > Pb 0,1 > Cd 0,09; кустарников и кустарничков – Mn 224,05 > Fe 48,78 > Zn 41,08 > Cu 4,81 > Ni 2,49 > Cr 2,11 > Pb 0,42 > Cd 0,2 > Co 0,05; для травянистых растений – Mn 106,58 > Fe 79,18 > Zn 27,45 > Cu 4,26 > Ni 1,22 > Cr 0,88 > Cd 0,37 > Pb 0,26 > Co 0,11. Вместе с тем, обращает на себя внимание повышенное содержание хрома в листьях древесных и кустарниках, приходящее в норму в травянистой растительности. Ранжированный ряд элементов в растениях БЗ «Дивин – Великий лес» имеет следующий сбалансированный по элементам вид для древесных (мг/кг): Mn 154,06 > Zn 55,50 > Fe 36,14 > Cu 3,14 > Ni 0,29 > Cr 0,09 > Cd 0,09 > Pb 0,08 > Co 0,03; кустарников и кустарничков – Mn 405,85 > Fe 61,91 > Zn 19,60 > Cu 5,07 > Ni 0,44 > Cr 0,15 > Pb 0,13 > Cd 0,06 > Co 0,01; для травянистых растений – Mn 121,89 > Fe 44,77 > Zn 26,43 > Cu 4,40 > Ni 0,69 > Cd 0,59 > Cr 0,06 > Pb 0,02 > Co 0,05. Выявлено, что большинство травянистых растений содержали ничтожное количество свинца – ниже предела обнаружения, вместе с тем содержание кадмия было в 6–9 раз выше, чем в листьях древесных и кустарниках. Так же отмечены очень низкие уровни концентраций Co во всех растительных образцах заказника «Дивин – Великий лес». Обобщение всех имеющихся данных (таблица) позволило установить ранжированные ряды содержания элементов в тканях дикорастущих растений фоновых территорий для условий юго-запада Беларуси.

**Таблица** – Содержание ТМ и микроэлементов в растениях фоновых территорий юго-запада Беларуси

Образец	Содержание ТМ и микроэлементов, мг/кг								
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe	Ni	Co	Cr
<b>Древесные</b>									
Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth	0,09	0,19	3,60	83,93	116,74	51,62	1,57	0,07	1,27
Граб обыкновенный <i>Carpinus betulus</i> L.	0,11	0,02	4,44	15,45	231,06	87,76	2,78	0,07	3,6
Дуб черешчатый <i>Quercus robur</i> L.	0,06	0,02	2,91	8,17	99,49	114,19	6,19	0,11	7,25
Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L.	0,10	0,03	2,39	33,10	155,35	41,55	0,19	0,04	0,13
Среднее значение	0,09	0,06	3,34	35,16	150,66	73,78	2,68	0,07	3,06
<b>Кустарники и кустарнички</b>									
Вереск обыкновенный <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	0,33	0,01	4,39	13,35	538,32	72,63	0,70	0,03	0,23
Куманика <i>Rubus nessensis</i> Hall	н.о.	0,1	4,3	20,32	102,18	78,58	0,42	н.о.	0,49
Малина обыкновенная <i>Rubus idaeus</i> L.	0,14	0,3	4,73	33,71	377,35	63,88	1,38	0,02	1,98
Омела белая <i>Viscum album</i> L.	0,18	0,16	7,95	102,40	41,63	62,73	0,92	н.о.	0,60
Тимьян ползучий <i>Thymus serpyllum</i> L.	0,86	0,13	6,20	82,06	162,31	51,08	1,65	0,07	0,28
Черника обыкновенная <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	0,06	0,03	5,51	18,15	464,0	30,45	1,04	0,01	0,65
Среднее значение	0,26	0,12	5,51	44,99	280,96	59,89	1,02	0,02	0,70
<b>Травянистые</b>									
Бессмертник песчаный <i>Helichrysum arenarium</i> (L.) Moench	0,28	0,5	8,47	50,68	82,50	54,49	3,77	0,17	0,97
Гравилат речной <i>Geum rivale</i> L.	0,17	0,16	3,46	17,02	72,86	71,01	0,31	0,02	0,57
Донник белый <i>Meililotus albus</i> Medik.	н.о.	0,07	4,88	36,99	36,00	96,00	0,72	н.о.	0,88
Ежа сборная <i>Dactylis glomerata</i> L.	н.о.	н.о.	1,99	16,87	49,59	42,20	0,48	н.о.	0,47
Звездчатка ланцетовидная <i>Stellaria holostea</i> L.	0,11	1,69	3,01	78,36	537,56	48,34	0,34	0,08	0,04
Зверобой продырявленный <i>Hypericum perforatum</i> L.	0,05	0,48	7,04	36,41	103,84	29,86	1,14	0,18	0,18
Земляника лесная <i>Fragaria vesca</i> L.	н.о.	0,07	5,19	16,86	101,87	47,18	0,15	н.о.	0,13
Зюзник европейский <i>Lycopus europaeus</i> L.	0,04	0,01	9,81	48,83	117,61	82,06	0,81	0,23	0,47

Продолжение таблицы

Канареечник тростниковидный <i>Phalaris arundinacea L.</i>	н.о.	н.о.	3,14	22,98	34,08	63,76	0,44	н.о.	0,64
Кипрей-узколистный <i>Chamaenerion angustifolium (L.) Scop.</i>	0,38	0,01	5,55	21,67	14,01	52,51	0,27	0,01	0,17
Кислица обыкновенная <i>Oxalis acetosella L.</i>	0,11	0,01	3,73	23,2	230,54	96,95	2,03	0,06	3,09
Клевер гибридный <i>Trifolium hybridum L.</i>	н.о.	н.о.	3,94	45,98	46,21	75,30	0,52	н.о.	0,96
Крапива двудомная <i>Urtica dioica L.</i>	0,23	0,03	3,57	17,20	132,62	61,32	0,19	н.о.	0,68
Костяника <i>Rubus saxatilis L.</i>	0,24	0,24	1,90	16,01	160,65	104,85	0,76	0,07	0,94
Люцерна посевная <i>Medicago sativa L.</i>	0,06	0,01	2,68	37,52	34,68	103,09	0,42	н.о.	0,95
Майник двулистный <i>Maianthemum bifolium (L.) F.W.Schmidt</i>	н.о.	1,03	2,38	9,68	128,81	56,56	0,63	н.о.	0,04
Овсяница красная <i>Festuca rubra L.</i>	н.о.	н.о.	1,66	18,36	26,89	47,61	1,16	н.о.	0,42
Плевел многолетний <i>Lolium perenne L.</i>	н.о.	н.о.	3,99	27,18	92,73	68,22	0,43	н.о.	0,57
Сныть обыкновенная <i>Aegopodium podagraria L.</i>	0,08	0,23	3,55	25,67	103,04	67,41	0,44	0,02	0,67
Таволга вязолистная <i>Filipendula ulmaria (L.) Maxim.</i>	0,04	0,16	3,32	30,92	139,66	86,16	0,84	0,04	0,17
Телептерис болотный <i>Thelypteris palustris Schott</i>	0,03	1,57	3,30	21,01	67,65	54,08	0,81	0,03	0,22
Хвощ лесной <i>Equisetum sylvaticum L.</i>	н.о.	н.о.	3,06	16,91	33,89	56,97	н.о.	н.о.	1,20
Хвощ луговой <i>Equisetum pratense Ehrh.</i>	н.о.	1,82	1,37	31,24	14,65	30,19	0,11	0,02	0,06
Цитовник мужской <i>Dryopteris filix-mas (L.) Schott</i>	н.о.	0,39	5,06	36,60	210,26	63,53	0,44	н.о.	0,58
Среднее значение	0,07	0,35	4,0	29,34	107,17	64,98	0,72	0,04	0,63

Для древесных растений (листья) (мг/кг) – Mn 150,66 > Fe 73,78 > Zn 35,16 > Cu 3,34 > Cr 3,06 > Ni 2,68 > Pb 0,09 > Co 0,07 > Cd 0,06. Аналогичный ряд, установленный для кустарников и кустарничков (листья) – Mn 280,96 > Fe 59,89 > Zn 44,99 > Cu 5,51 > Ni 1,02 > Cr 0,70 > Pb 0,26 > Cd 0,12 > Co 0,02. Для травянистых растений – Mn 107,17 > Fe 64,98 > Zn 29,34 > Cu 4,0 > Ni 0,72 > Cr 0,63 > Cd 0,35 > Pb 0,07 > Co 0,04.

В ходе исследований выявлена избирательная способность некоторых растений к накоплению элементов. Так, интенсивно накапливают Mn вереск (538,32 мг/кг), звездчатка (537,56), черника (464,0) и малина (377,35) (таблица). Для дуба черешчатого характерно интенсивное накопление Fe (114,19), Ni (6,19), Co (0,11) и Cr (7,25). Наибольшие концентрации Zn отмечены у омелы (102,40), березы (83,93) и тимьяна (82,06).

Одним из главных условий нормального роста и развития растений является сбалансированность химического состава клеток. При повышении в окружающей среде содержания ТМ, в том числе необходимых для растения, внутриклеточная концентрация элементов может существенно меняться, поскольку ТМ ингибируют поступление одних элементов и служат причиной повышения уровня других, что приводит к дисбалансу элементов минерального питания в растениях. По данным [8] биохимические процессы растений можно оценить с помощью величины соотношений Fe/Mn и Pb/Mn. Соотношение Fe/Mn характеризует процессы фотосинтеза, а Pb/Mn свидетельствует о возможном техногенном загрязнении растений. В растительной массе фоновых территорий соотношение Fe/Mn в среднем составляет 0,41, а Pb/Mn – 0,0008.

**Заключение.** Выявленные уровни содержания элементов и соотношение Fe/Mn и Pb/Mn в растительных объектах фоновых территорий юго-запада Беларуси свидетельствуют о сбалансированности метаболизма растений, поскольку концентрации эссенциальных элементов Mn, Fe, Zn и Cu в разы превышают таковые показатели токсичных Pb и Cd, их взаимное расположение в ранжированных биогеохимических рядах соответствует традиционному физиологически обусловленному содержанию элементов в растениях – Mn > Fe > Zn > Cu > Ni > Pb > Cd. Вместе с тем, отмечено низкое содержание Co в растениях юго-запада Беларуси, относящегося к эссенциальным элементам со средней степенью поглощения растениями, что отражает его выраженный дефицит в компонентах и элементах экосистем юго-запада Беларуси и, в свою очередь, может обуславливать развитие эндемичных заболеваний человека и животных.

Авторы выражают благодарность П. В. Качанович и М. М. Дашкевичу за помощь в проведении анализов растительности на содержание тяжелых металлов.

#### Список использованных источников

- Добровольский, В. В. География микроэлементов. Глобальное рассеивание / В. В. Добровольский. – М. : Мысль, 1983. – 272 с.
- Ильин, В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение / В. Б. Ильин. – Новосибирск : Наука, 1991. – 150 с.

- 
3. Орлов, Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении почв / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, И. Н. Лозановская. – М. : Высш. шк., 2002. – 223 с.
  4. Титов, А. Ф. Тяжелые металлы и растения / А. Ф. Титов, Н. М. Казнина, В. В. Таланова. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2014. – 194 с.
  5. Перельман, А. И. Геохимия ландшафтов / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – М. : Астрей, 1999. – 610 с.
  6. Кузнецов, А. В. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства / А. В. Кузнецов, А. П. Фесюн, С. Г. Самохвалов, Э. П. Махонько. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ЦИНАО, 1992. – 63 с.
  7. Markert, B. Establishing of reference plant for inorganic characterization of different plant-species by chemical fingerprinting / B. Markert // *Water, air and soil pollution*. – 1992. – V. 64. – P. 533–538.
  8. Аржанова, В. С. Геохимия ландшафта и техногенез / В. С. Аржанова, П. В. Елпатьевский. – М. : Наука, 1990. – 196 с.

## CONTENT OF HEAVY METALS IN WILD PLANTS OF BACKGROUND TERRITORIES OF SOUTH-WEST BELARUS

**N. V. Mikhalchuk, A. A. Bryl**

The biogeochemical series of heavy metals and microelements were established for the vegetation of the south-west background territories of Belarus. The relative arrangement of elements in the ranked series corresponds to the traditional physiologically determined content of metals in plants with maximum concentrations of biophilic elements. The obtained data are applicable for comparative assessments of anthropogenically transformed geosystems technogenic impacts bioindication.

УДК 550.42

## СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ИМПАКТНОЙ ЗОНЫ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ (Г. ЛУНИНЕЦ)

Н. В. Михальчук, П. В. Качанович, М. М. Дашкевич

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

*Почвы северо-восточного сектора СЗЗ ОАО «Полесьеэлектромаш» отличаются выраженной никель-хромовой специализацией. Содержание ванадия, железа, никеля и хрома в коре сосны обыкновенной превышает фоновые показатели в 3,7–7,8 раза.*

*Ключевые слова: производство электродвигателей, тяжелые металлы, загрязнение почвы, лесная подстилка, сосна обыкновенная, кора.*

**Введение.** Хозяйственная деятельность человека приводит к изменениям в химическом составе компонентов окружающей среды. В почвах импактных зон промышленных производств тяжелые металлы (ТМ) относятся к одной из приоритетных групп загрязняющих веществ, поскольку они не подвержены разрушению и способны поступать в пищевые цепи и грунтовые воды. Аэрогенный тип эмиссии особенно характерен для предприятий с литейными производствами. К ним относится ОАО «Полесьеэлектромаш», которое функционирует в г. Лунинец с 1975 г. и является одним из флагманов электродвигателестроения. В составе предприятия имеется чугуно-литейное производство, однако соответствующий цех простаивал с 2016 г. и возобновил свою работу с августа 2021 г.; на производстве также есть участок цветного литья. В среднем за месяц предприятием выпускается около 5,2 тыс. электродвигателей. Установленная СЗЗ составляет 500 м.

**Материалы и методы исследования.** Отбор проб подстилок, почв (с глубины 0–2 и 2–10 см), а также коры и хвои сосны осуществлялся в северо-восточном секторе СЗЗ ОАО «Полесьеэлектромаш», г. Лунинец на двух пробных площадках (ПП), расположенных в сосняках разнотравных на расстоянии 270 и 300 м от цеха электродвигателей. Почвы – дерново-подзолистые песчаные; возраст сосновых древостоев – 70–80 лет.

Экспериментальные исследования образцов на содержание ТМ проводили в аккредитованной лаборатории Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси. Определения осуществлялись на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связной плазмой iCAP 7200 в соответствии с [1].

Для оценки эколого-геохимического состояния почв использовали коэффициент концентрации (аномальности) (Кс), который рассчитывается как отношение содержания элемента в анализируемом образце к его фоновой концентрации [2, 3].

**Результаты и обсуждение.** Установлено, что превышение норм ПДК/ОДК [4] и дифференцированных нормативов содержания химических веществ в почвах [5] в северо-восточном секторе СЗЗ ОАО «Полесьеэлектромаш» отсутствует. Вместе с тем уровни накопления ряда элементов в слое 0–2 см на расстоянии 270 м от цеха электродвигателей предприятия превысили значение 0,5 ПДК и составили: для цинка – 38,92 мг/кг (0,7 ПДК), мышьяка – 1,34 мг/кг (0,67 ПДК), никеля – 11,65 мг/кг (0,58 ПДК), свинца – 16,50 мг/кг (0,52 ПДК) (таблица). На уровне 0,4 порогового значения (51,1 мг/кг) отмечается накопление хрома, которое достигает 20,53 мг/кг. По мере удаления от источника выбросов (до 300 м) их содержание в данном слое почвы закономерно уменьшается: цинка – до 24,48 мг/кг или в 1,6 раза, мышьяка – до 0,63 мг/кг (в 2,1 раза), никеля – до 5,86 мг/кг (в 2,0 раза), свинца – до 7,67 мг/кг (в 2,2 раза), хрома – до 12,05 мг/кг или в 1,7 раза. В слое почвы 2–10 см обеих ПП содержание большинства элементов приближается к фоновым значениям; это, прежде всего, кадмий (0,03 мг/кг), свинец (4,72–6,59 мг/кг), медь (1,84–1,95 мг/кг), марганец (111,93–126,55 мг/кг). В то же время концентрации ряда металлов существенно превосходят фоновые величины. Так, содержание никеля составляет 3,56–3,78 мг/кг при Кс 5,9–6,3; хрома – 6,86–7,05 мг/кг при Кс 3,6–3,8; цинка – 4,39–15,84 мг/кг при Кс 2,0–2,1.

Ранжированные ряды элементов, концентрации которых в слое 0–2 см превышают порог аномальности (Кс>1,5), на удалении 270 м от предприятия имеют следующий вид: Ni19,4 > Cr10,0 > Cu7,5 > Co7,0 > Zn5,3 > Cd3,6 > Pb3,0 > Mn2,6; на расстоянии 300 м: Ni9,8 > Cr6,4 > Co4,0 > Cu, Zn3,3.

Аналогичные ряды, составленные для слоя 2–10 см, выглядят следующим образом: Ni5,9 > Cr3,8 > Co3,6 > Zn2,0 > Cu1,5; на расстоянии 300 м: Ni6,3 > CrCo3,6 > Zn2,1 > Cu1,5.

Сопоставление приведенных геохимических рядов позволяет сделать следующие выводы:

– в пространственном распределении элементов, отличающихся аномальным накоплением в почвах (Кс>1,5), наблюдается выраженный латеральный градиент; особенно отчетливо он проявляется в самом верхнем 0–2 см слое почвы;

– почвы северо-восточного сектора СЗЗ ОАО «Полесьеэлектромаш» отличаются выраженной никель-хромовой специализацией; в исследованной локации формируется соответствующая техногенная почвенно-геохимическая аномалия, характеризующаяся высокой степенью контрастности;

– в отношении содержания в слое 0–2 см никеля и хрома загрязнение почв, согласно градации В. В. Добровольского [7], в ближнем от предприятия радиусе (270 м) оценивается как умеренное (Кс 10,1–30,0); оно уменьшается до слабого (Кс 5,0–10,0) при увеличении расстояния до 300 м. Концентрация никеля в слое 2–10 см отражает слабый уровень загрязнения на всем отрезке изученного градиента; в отношении остальных элементов загрязнение в данном слое отсутствует.

Что касается элементного состава подстилок сосняков, то в обеих изученных локациях он по большинству элементов отличается незначительно. Так, содержание кадмия остается стабильным и составляет 0,31 мг/кг, варьирование концентраций титана, хрома, цинка не превышает 3,0 %; меди, ванадия, мышьяка – 6,0 %; кобальта и свинца – 8,0 %. Лишь концентрации никеля и марганца уменьшаются вдоль градиента на 23,2 % и 16,7 % соответственно, а содержание железа увеличивается на 12,6 %. В сравнении с самым верхним слоем собственно почвы (0–2 см) в подстилках фиксируется превышение концентраций следующих элементов: кадмия – в 1,7 раза на расстоянии 270 м и в 4,4 раза с удалением до 300 м; цинка, соответственно, в 1,2 и 1,9 раза, марганца – в 1,3 и 2,2 раза; меди – в 1,2 и 2,6 раза; лишь в подстилках отмечается присутствие олова с содержанием 0,08–0,19 мг/кг. Все остальные исследованные элементы-загрязнители отмечаются в подстилках в гораздо более низких концентрациях, чем в почве. Особенно это характерно для подстилок ближнего радиуса, где, к примеру, содержание хрома в сравнении со слоем 0–2 см ниже в 11,9 раза, ванадия – в 8,9 раза, мышьяка – в 7,4 раза, титана – в 6,4 раза, свинца – в 4,6 раза, никеля – в 3,7 раза.

При анализе элементного состава подстилок обращает на себя внимание следующая закономерность: превышения концентраций металлов в подстилках над их содержанием в верхнем слое почвы характерно, как правило, для типичных элементов-биофилов – марганца, меди, цинка. Наоборот, химические элементы-токсиканты (свинец, мышьяк, никель, хром, титан, ванадий) содержатся в подстилках в многократно более низких концентрациях, чем в поверхностном слое почвы.

На первый взгляд, выявленная особенность отражает геохимическую ситуацию, свойственную незагрязненным территориям. Однако сравнение фактического содержания перечисленных элементов в подстилках рассматриваемой локации с их содержанием на фоновых территориях показывает, что большая часть из них или достигла порога аномальности, или весьма существенно превысила его. Это наглядно отражают ранжированные геохимические ряды элементов, составленные с учетом критерия аномальности: для радиуса 270 м –  $Mn_{2,9} > Cu_{V2,2} > Cr_{1,9} > Ti_{Co1,6} > Ni_{1,5}$ ; для расстояния 300 м –  $Mn_{2,4} > Cu_{2,2} > V_{2,1} > Cr_{2,0} > Ti_{1,6} > Co_{1,5}$ . Их сравнение обнаруживает градиентность (пусть и менее отчетливую, чем для почв) в распределении большинства из аномально накапливающихся элементов, а также подтверждает типоморфность в подстилках эссенциальных элементов-биофилов марганца и меди и никель-хромово-ванадиевую почвенно-геохимическую специфику экосистем рассматриваемого сектора СЗЗ ОАО «Полесьеэлектромаш».

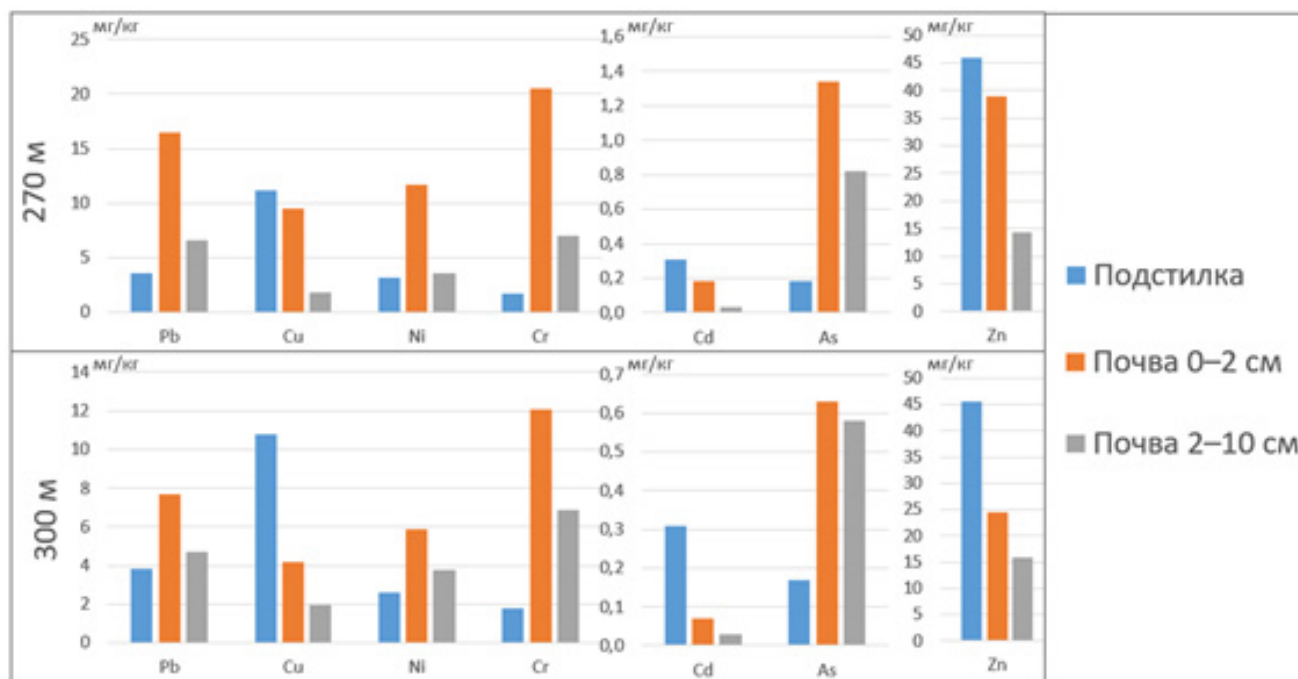


Таблица – Содержание ТМ и микроэлементов в подстилках, почве и растительных объектах в СЗЗ ОАО «Полесьеэлектромаш» (г. Лунинец)

Исследуемый объект	Расстояние, м	Содержание в воздушно-сухой массе, мг/кг													
		Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Mn	Ni	Co	Cr	Mo	V	Ti	As	Sn
Подстилка	270	3,57	0,31	11,15	46,01	807	356,40	3,19	0,50	1,72	0,02	2,88	13,39	0,18	0,08
		16,50	0,18	9,48	38,92	6025	277,78	11,65	1,83	20,53	0,27	25,58	85,10	1,34	н.о.
Почва		6,59	0,03	1,84	14,39	2510	126,55	3,56	0,94	7,05	н.о.	7,07	32,04	0,82	н.о.
Подстилка		3,83	0,31	10,80	45,53	909	305,40	2,59	0,47	1,77	0,09	2,73	13,49	0,17	0,19
Почва	0–2 см	7,67	0,07	4,18	24,48	3565	140,86	5,86	1,04	12,05	н.о.	11,73	34,57	0,63	н.о.
	2–10 см	4,72	0,03	1,95	15,84	2537	111,93	3,78	0,93	6,86	н.о.	8,10	54,05	0,58	н.о.
Субрегиональный фон	подстилка	6,88	0,38	4,97	42,12	574	125,20	2,15	0,32	0,89	0,07	1,32	8,49	0,30	0,17
	почва	5,59	0,05	1,27	7,39	–	107,32	0,60	0,26	1,88	–	–	–	–	–
ГДК [4]		32,00	0,50	33,00	55,00	–	1500	20,00	8,00	100	–	–	–	2,00	–
ЭкоНП [5]		44,40	0,97	35,30	99,60	–	1150	23,10	24,10	51,10	8,51	83,10	3740	4,05	–
Кора сосны	270	2,12	0,43	5,28	18,91	549,06	91,09	2,11	0,20	1,02	0,06	3,87	4,33	н.о.	0,06
Хвоя сосны		1,37	0,07	3,97	32,10	169,55	88,60	0,84	0,13	0,71	0,01	0,25	2,88	н.о.	н.о.
Кора сосны	300	1,75	0,63	3,84	21,28	609,57	65,26	1,51	0,16	1,01	0,05	2,89	3,02	н.о.	0,04
Хвоя сосны		0,06	0,13	3,01	44,29	98,91	108,85	0,83	0,06	0,50	н.о.	0,09	1,39	н.о.	н.о.
Субрегиональный фон	кора деревьев >80 лет	2,33	0,37	2,24	11,08	77,90	19,06	0,41	0,06	0,27	–	0,54	1,15	–	–
	хвоя свосны	0,27	0,04	2,41	24,88	112,68	47,90	0,85	0,06	0,94	–	0,06	0,77	–	–
Референтное растение [6]		1,00	0,50	10,00	50,00	150,00	200,00	1,50	0,20	0,15	–	–	–	–	–

\*н.о. – ниже предела обнаружения прибора.

Необходимо также отметить, что согласно шкале В. В. Добровольского [7], основанной на оценке загрязнения по величине  $K_c$ , загрязнение подстилок в данной локации не отмечается –  $K_c$  всех элементов меньше 5,0.

В качестве весьма чувствительного индикатора аэрогенного загрязнения окружающей среды рассматривается кора сосны обыкновенной [8, 9]. В исследованной локации преобладают старовозрастные древостои сосны, поэтому расчет коэффициента концентрации проводился с использованием данных по коре деревьев возрастом 80 лет и более (таблица).

Анализ полученных данных показывает отсутствие аэрогенного переноса и накопления в коре свинца ( $K_c=0,8-0,9$ ) и незначительное аккумулятивное кадмия ( $K_c=1,2-1,7$ ). Эти данные, а также нижефоновое содержание свинца в подстилках свидетельствуют о том, что деятельность ОАО «Полесьеэлектромаш» не сопровождается выбросами элемента в окружающую среду. Превышение фоновых концентраций свинца в почве является следствием выбросов автотранспорта «эпохи тетраэтилсвинца» – общеизвестной является способность элемента прочно фиксироваться органическим веществом верхнего слоя почв [2, 10].

Накопление в коре сосны подавляющего большинства остальных элементов носит выраженный аномальный характер. Об этом свидетельствуют и ранжированные их геохимические ряды, составленные на основе  $K_c$ : для радиуса 270 м –  $V7,2 > Fe7,1 > Ni5,2 > Mn4,8 > Cr,Ti3,8 > Co3,3 > Cu2,4 > Zn1,7$ ; для пояса 300 м –  $Fe7,8 > V5,4 > Ni,Cr3,7 > Mn3,4 > Co2,7 > Ti2,6 > Zn1,9 > Cu,Cd1,7$ .

Их сопоставление также отражает градиентный характер накопления металлов и ванадий-железо-никель-хромовую специфику загрязнения.

Вместе с тем анализ элементного состава 1–2-летних побегов хвои сосны не выявил превышений фоновых концентраций никеля и хрома. В этой связи следует признать, что актуальное загрязнение окружающей среды данными элементами в исследуемой локации отсутствует.

Активизация производственной деятельности ОАО «Полесьеэлектромаш» в последние годы сопряжена с дополнительными выбросами в воздушный бассейн соединений меди, цинка и титана умеренной интенсивности:  $K_c$  в хвое сосны обыкновенной для первых двух элементов составил 1,8–1,3, а для титана – 3,7–1,8 (убыль с расстоянием).

**Заключение.** Таким образом, почвы северо-восточного сектора СЗЗ ОАО «Полесьеэлектромаш», особенно их верхний 0–2 см слой, отличаются выраженной никель-хромовой специализацией; в исследованной локации сформирована соответствующая техногенная почвенно-геохимическая аномалия, характеризующаяся высокой степенью контрастности. Кора сосны обыкновенной отражает ванадий-железо-никель-хромовую специфику загрязнения окружающей среды. Активизация производственной деятельности ОАО «Полесьеэлектромаш» в последние два года сопряжена с дополнительными выбросами в воздушный бассейн соединений меди, цинка и титана умеренной интенсивности.

#### Список использованных источников

1. Качество почвы. Определение микроэлементов в экстрактах почвы с использованием атомно-эмиссионной спектрометрии индуктивно связанной плазмы (ИСП–АЭС) = Якась глебы. Вызначэне мікраэлементаў у экстрактах глебы з выкарыстаннем атамна-эмісійнай спектраметры індуктыўна звязанай плазмы (ІСП–АЭС) : ГОСТ ISO 22036–2014 ; введ. РБ 01.04.17. – Минск : Беларус. гос. ін-т стандартизацыі і сертыфікацыі, 2016. – 24 с.
2. Головатый, С. Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С. Е. Головатый. – Минск : РУП «Институт почвоведения и агрохимии», 2002. – 240 с.
3. Петухова, Н. Н. Оценка загрязнений почв Республики Беларусь тяжелыми металлами / Н. Н. Петухова // Природные ресурсы. – 1996. – № 1. – С. 20–23.
4. ГН 2.1.7.12-1-2004: Перечень ПДК и ОДК химических элементов в почве // Сборник нормативных документов по разделу коммунальной гигиены / Мин-во здравоохранения Республики Беларусь. – Минск, 2005. – С. 27–45.
5. ЭкоНіП 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 Минприроды 25 ноября 2021 г. № 13-Т). – Введ. 01.07.22. – Минск : Минприроды, 2021. – 21 с.
6. Markert, B. Chemical Evolution: The Biological System of the Elements / B. Markert, S. Fränze, S. Wünschmann // Springer International Publishing Switzerland. – 2015. – 282 p.
7. Добровольский, Г. В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами / Г. В. Добровольский // Почвоведение. – 1999. – № 5. – С. 639–645.
8. Груммо, Д. Г. Аккумуляция техногенных элементов лесной растительностью в условиях атмосферного загрязнения / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2006. – № 13. – С. 160–163.

---

9. Щербенко, Т. А. Поглощение элементов сосной и елью в лесных экосистемах северной тайги в условиях атмосферного загрязнения // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2008. – 20 с.

10. Biddappa, C. C. Migration of heavy metals in two Japanese soils / C. C. Biddappa, M. Chino, K. Kumazawa // Science. – 1982. – V. 173. – P. 233.

#### **CONTENT OF HEAVY METALS IN SOILS AND VEGETATION OF THE IMPACT ZONE OF ELECTRIC MOTOR PRODUCTION (LUNINETS)**

**N. V. Mikhalchuk, P. V. Kachanovich, M. M. Dashkevich**

The soils of the northeastern sector of the SPZ of JSC Polesyeelectromash are distinguished by a pronounced nickel-chromium specialization. The content of vanadium, iron, nickel and chromium in Scots pine bark exceeds background values by 3.7–7.8 times.



## МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ ФОНОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ

Н. В. Михальчук, М. И. Хващевский

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

*Установлено содержание свинца, кадмия, меди, цинка, марганца и никеля в почвах фоновых территорий юго-запада Беларуси. Относительно данных Национальной системы мониторинга окружающей среды за 2000–2016 гг. выявлено пониженное содержание микроэлементов в дерново-подзолистых песчаных почвах и более высокое содержание свинца, кадмия и никеля в дерновых заболоченных карбонатных почвах.*

*Ключевые слова:* микроэлементы, тяжелые металлы, фоновые концентрации, почва, юго-запад Беларуси.

**Введение.** К числу наиболее характерных явлений эпохи техногенеза относится трансформация естественных геохимических циклов химических элементов в почвах. Токсичные элементы во всё возрастающих количествах поступают в почву, что повышает риски включения избыточных концентраций микроэлементов в пищевые цепи и ограничивает возможность получения высококачественной сельскохозяйственной продукции.

Юго-запад Беларуси отличается развитой транспортной инфраструктурой, интенсивными формами ведения аграрного производства, сравнительно высоким промышленным потенциалом. Кроме того, рассматриваемая территория находится под влиянием трансграничного переноса загрязняющих веществ из индустриально развитых регионов Европы. Все эти факторы обуславливают актуальные и потенциальные риски загрязнения почв тяжелыми металлами [1].

Для оценки современного эколого-геохимического состояния земель (почв), в том числе на территориях, подверженных техногенному воздействию, необходима информация о фоновом содержании химических веществ в почвах. Наиболее часто для этих целей используется территориальный подход к определению фона, при котором оценивается состояние почв территории, принимаемой за «фоновую» [2].

Для корректной оценки изменения микроэлементного состава почв, подверженных антропогенному воздействию, определения степени контрастности геохимических аномалий необходимо актуализировать данные о фоновых концентрациях загрязняющих веществ для иерархически различных территориальных выделов – от локального до регионального и странового.

Целью работы было определение содержания микроэлементов в почвах фоновых территорий субрегиона юго-запада Беларуси.

**Материалы и методы исследования.** Для установления фоновых концентраций образцы почв отбирались на следующих территориях: государственный биологический заказник «Луково», ботанический заказник местного значения «Большой Яминец», республиканский ландшафтный заказник «Выгонощанское» (южный сектор), биологический заказник местного значения «Дивин–Великий лес» (восточный сектор), республиканский биологический заказник «Споровский», д. Ходосы, д. Николаево, д. Тевли, д. Лашевичи, д. Горск, д. Селец, д. Великая Гать, д. Вулька-Телеханская, городской поселок Телеханы. Также отбор осуществлен в 6,1 км на северо-восток от д. Пески и в 8,4 км на юг от д. Раздяловичи.

Образцы отбирались из поверхностного горизонта почв на глубину до 10 см методом конверта.

Анализ проводился методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе SOLAAR MkII M6 Double Beam AAS в соответствии с СТБ ИСО 11047-2006. Образцы анализировались на валовое содержание 6 металлов: Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Ni.

Для установления субрегионального фона почв полученные данные о концентрации микроэлементов группировали по административным районам согласно локациям отбора. Статистическая обработка была выполнена с использованием программ MS Excel и Jamovi 2.3.26.

**Результаты.** Главной геохимической особенностью дерново-подзолистых песчаных почв Белорусского Полесья является пониженное содержание большинства исследуемых элементов в сравнении как с кларками для почв мира [3], так и с региональными кларками [4], что отражается и в полученных нами данных о содержании микроэлементов (таблица). Объясняется это тем, что литологической основой почвообразующих пород региона является материал, привнесенный ледниками, неоднократно перемытый и переотложенный водно-ледниковыми и речными потоками. Как следствие – материнские породы и почвы обеднены микроэлементами. Их дефициту способствуют также низкое содержание в почвах гумуса, высокая кислотность почв, повышенная водопроницаемость пород, химическая инертность кварца – основного почвообразующего минерала. Все это способствует выносу микроэлементов за пределы почвенного профиля [1, 4].

Таблица – Содержание тяжелых металлов и микроэлементов в естественных почвах фоновых территорий юго-запада Беларуси, мг/кг

Административный район	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Ni
Ганцевичский р-н	8,86±0,25	0,12±0,08	0,74±0,36	7,73±7,09	49,55±45,65	0,36±0,09
Ивацевичский р-н	8,01±0,93	0,06±0,01	0,68±0,11	4,91±1,7	19,22±5,36	0,32±0,04
Березовский р-н	5,76±0,94	0,05±0,02	1,82±0,9	5,83±2,27	126,84±79,68	0,22±0,05
Каменецкий р-н	5,71±1,47	0,02±0,02	0,85±0,14	3,59±0,58	151,4±81,9	0,34±0,1
Жабинковский р-н	4,39±1,04	0,01±0,01	0,59±0,41	1,23±0,22	5,88±0,21	0,16±0,01
Кобринский р-н	10,35±0,88	0,05±0	0,82±0,23	2,04±0,68	14,4±9,1	0,14±0
Малоритский р-н	5,56±0,54	0,06±0,02	1,27±0,08	7,39±0,33	107,60±10,41	0,61±0,16
Субрегиональный фон для дерново-подзолистых песчаных почв	7,32±0,61	0,06±0,01	0,88±0,11	5,14±0,54	48,97±10,43	0,34±0,04
Субрегиональный фон для дерновых заболоченных карбонатных почв	9,83±0,77	0,47±0,05	4,59±0,61	17,72±1,81	199,59±14,69	12,94±2,37
Кларк для почв Беларуси [4]	12	0,1	13	35	247	20
Среднее для почв Беларуси (по данным НСМОС РБ за 2000–2016 гг.)	8,2	0,37	5	19,6	205	4,8

Наименьшее содержание микроэлементов регистрируется в дерново-подзолистых почвах, отобранных в пределах Жабинковского района. Наиболее выражен дефицит таких биофильных элементов как Cu, Zn и Mn, среднее содержание которых составляет 0,59 мг/кг, 1,23 мг/кг и 5,88 мг/кг соответственно, что меньше в 8,5, 15,9 и 34,9 раза по сравнению со средним значением для почв Беларуси по данным НСМОС за 2000–2016 гг. Содержание Cd и Ni также находится на низком уровне – 0,01 мг/кг, 0,16 мг/кг: оно меньше в 10 и 125 раз соответственно по сравнению с кларком почв Беларуси и в 30 и 37 раз – в сравнении с данными НСМОС. Содержание Pb при сопоставлении с данными НСМОС также оказалось в 1,9 раза меньше. Довольно низкие концентрации Zn, Mn и Ni отмечаются в Кобринском районе: уровни их содержания в 9,6–34,3 раза меньше по сравнению со средним значением для почв Беларуси.

Анализ накопления Pb в дерново-подзолистых песчаных почвах позволяет утверждать о более высоком содержании элемента на севере рассматриваемой территории, вплоть до уровня среднего содержания в почвах Беларуси. Довольно высокими для региона исследования являются средние концентрации элемента в Кобринском районе, где они составляют 10,35 мг/кг и превышают среднее содержание элемента в почвах Беларуси в 1,3 раза.

В пробах почв, отобранных на территории Каменецкого района, также как и в Жабинковском районе, отмечаются пониженные концентрации Cd – 0,02 мг/кг (в 5 раз меньше по сравнению с региональным кларком). В большинстве остальных исследованных образцов концентрации Cd находятся на уровне 0,05–0,06 мг/кг. Вместе с тем концентрации элемента в почвах Ганцевичского района превышают усредненное его содержание в исследуемых почвах в 2 раза, приближаясь к значениям регионального кларка.

По содержанию Cu наибольшие величины отмечаются в почвах Малоритского и Березовского районов – 1,27 и 1,82 мг/кг соответственно. В почвах остальных исследуемых районов концентрации Cu находятся на уровне субрегиональных значений.

Содержание Zn в почвах всех районов (кроме Кобринского и Жабинковского) варьировало от 3,59 мг/кг до 7,73 мг/кг и было меньше в 3,4–5,5 раз по сравнению со средним значением для почв Беларуси. Наибольшие концентрации микроэлемента отмечаются в Ганцевичском и Малоритском районах – 7,73 мг/кг и 7,39 мг/кг соответственно.

Помимо ранее упомянутых Жабинковского и Кобринского районов, низкие концентрации Mn зафиксированы в Ганцевичском и Ивацевичском районах – 49,55 мг/кг и 19,22 мг/кг (в 4,1 и 10,7 раз меньше по сравнению с данными НСМОС). Концентрации Mn в почвах Березовского, Каменецкого и Малоритского районов находятся практически на одинаковом уровне.

При сопоставлении субрегиональных фоновых значений, установленных для дерново-подзолистых песчаных и дерновых заболоченных карбонатных почв, отмечаются более высокие концентрации микроэлементов в последних. Так, концентрации Pb и Cd в дерновых заболоченных карбонатных почвах составляют 9,83 мг/кг и 0,47 мг/кг соответственно и превышают субрегиональный фон для дерново-подзолистых песчаных почв в 1,3 и 7,8 раза, приближаясь к кларковому уровню для почв мира по Виноградову (Pb – 10 мг/кг, Cd – 0,5 мг/кг) [3]. При этом содержание Cd сопоставимо с предельно допустимой концентрацией данного элемента (0,5 мг/кг), что обусловлено, прежде всего, жестким гигиеническим нормативом для данного химического элемента 1-го класса опасности [2].

Содержание биофильных элементов, таких как Zn (17,72 мг/кг), Mn (199,59 мг/кг) и Cu (4,59 мг/кг), выше в 3,45–5,2 раза. Однако наиболее выраженная разница отмечается при сопоставлении концентраций Ni – содержание данного элемента в дерновых заболоченных карбонатных почвах составляет 12,94 мг/кг, что выше в 38,1 раза по сравнению с дерново-подзолистыми песчаными почвами и в 2,7 раза по сравнению со средним содержанием в почвах Беларуси по данным НСМОС.

На основе рассчитанного субрегионального фона были составлены ранжированные ряды микроэлементов (мг/кг):

- для дерново-подзолистых песчаных почв – Mn 48,97 > Pb 7,32 > Zn 5,14 > Cu 0,88 > Ni 0,34 > Cd 0,06;
- для дерновых заболоченных карбонатных почв – Mn 199,59 > Zn 17,72 > Ni 12,94 > Pb 9,83 > Cu 4,59 > Cd 0,47.

**Заключение.** Для целей контроля загрязнения земель (почв) в зонах воздействия предприятий и других техногенных источников поллютантов, а также корректного определения приемлемого уровня содержания химических элементов в почвах и в целях разработки мероприятий по обращению с загрязненными землями (почвами) следует учитывать региональные (субрегиональные) особенности фонового содержания тяжелых металлов и микроэлементов.

Для дерново-подзолистых песчаных почв юго-запада Беларуси отмечается пониженное содержание всех микроэлементов (в 1,2–14,1 раз) в сравнении со средним содержанием в почвах Беларуси по данным НСМОС за 2000–2016. Наименьшие концентрации микроэлементов отмечаются в Жабинковском районе, в особенности Cd (0,01 мг/кг), Zn (1,23 мг/кг), Mn (5,88 мг/кг) и Ni (0,16 мг/кг).

Дерновые заболоченные карбонатные почвы в сравнении с дерново-подзолистыми характеризуются более высокими концентрациями Pb (в 1,2 раза), Cd (в 1,3 раза) и Ni (в 2,7 раза). В этих почвах содержание

изученных элементов находится на уровне средней концентрации в почвах Беларуси по данным НСМОС (Cu, Zn, Mn), либо превышает его (Pb – 10,96 мг/кг; Cd – 0,56 мг/кг; Ni – 15,98 мг/кг).

*Работа выполнена в рамках ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг. (задание 1.02 НИР 2).*

#### Список использованных источников

1. Михальчук, Н. В. Фоновое содержание тяжелых металлов и микроэлементов в почвах и растительности юго-запада Беларуси как основа для сравнительных оценок при производстве органической продукции на основе принципов зеленой экономики / Н. В. Михальчук, А. Н. Мялик // Эколого-географические проблемы перехода к зеленой экономике : материалы Междунар. науч. семинара и 23-й сессии Объедин. науч. сов. по фундаментальным географ. пробл. при МААН и Науч. сов. по фундаментальным географ. пробл. РАН / главный редактор В. С. Хомич. – Минск, 2019. – С. 266–281.

2. Савченко, С. В. Научно-методические подходы к установлению фоновых параметров содержания химических веществ в почвах Беларуси / С. В. Савченко [и др.] // Земля Беларуси. – 2019. – № 2. – С. 40–48.

3. Виноградов, А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А. П. Виноградов ; Академия наук СССР, Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского. – 2-е изд. – М. : Издательство Академии наук СССР, 1957. – 235 с.

4. Петухова, Н. Н. К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси / Н. Н. Петухова, В. А. Кузнецов // Докл. НАН Беларуси. – 1992. – Т. 36. – № 5. – С. 461–465.

5. Ничипорович, Д. В. Динамика некоторых химических свойств почв в сосновых и еловом лесах / Д. В. Ничипорович // Беловежская пуща. Исследования. – Минск : Ураджай, 1968. – Вып. 2. – С. 57–68.

#### MICROELEMENTS IN SOILS OF BACKGROUND TERRITORIES OF SOUTH-WEST BELARUS

**N. V. Mikhalchuk, M. I. Khvashchevsky**

The concentration of lead, cadmium, copper, zinc, manganese and nickel in the background area soils of the south-west of Belarus has been determined. In relation to the data of the National System of Environmental Monitoring for 2000–2016, a reduced content of trace elements in soddy-podzolic sandy soils and increased concentrations of lead, cadmium and nickel in soddy waterlogged carbonate soils were revealed.

## РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫБЫВШИХ ИЗ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОБРИНСКОГО РАЙОНА БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

В. А. Ракович, О. Н. Ратникова, Н. Е. Сосновская, Т. Д. Ярмошук

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

*Приведены результаты оценки воздействия выработанных торфяных месторождений Кобринского района Брестской области на окружающую среду, в том числе на гидрологический режим прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод продуктами разложения торфа, минерализацию органического вещества торфа и изменение ландшафтов.*

*Ключевые слова: торфяное месторождение, Брестская область, Кобринский район, воздействие на окружающую среду.*

**Введение.** В Кобринском районе выработанные торфяные месторождения и их участки используются преимущественно в сельскохозяйственном, лесохозяйственном и водохозяйственном направлениях.

Однако не всегда капиталовложения в сельскохозяйственную рекультивацию дают ожидаемый экономический эффект вследствие того, что не все торфяные месторождения по своим природным характеристикам (геоморфологическим, геологическим, гидрологическим, агрохимическим и др.) пригодны для создания на них сельскохозяйственных земель. Неэффективное использование выработанных торфяных месторождений в сельском хозяйстве приводит к их зарастанию древесно-кустарниковой растительностью и, согласно спутниковой информации, такие территории в Кобринском районе уже появились.

Помимо экономических потерь от недобора сельскохозяйственной продукции, зарастание выработанных торфяных месторождений древесно-кустарниковой растительностью усиливает степень их пожароопасности.

Вполне очевидно, что существующая многолетняя практика использования выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений не всегда соответствует современным методам хозяйствования и природопользования, поэтому отдельные территории нуждаются в пересмотре направления использования с учетом новых научных знаний.

**Цель** исследования состоит в обосновании наиболее целесообразного направления использования каждого выработанного торфяного месторождения или участка с учетом его природно-генетических особенностей, современного состояния, интересов и перспектив развития административного района, экономического и экологического эффекта использования.

**Методы исследования.** В качестве исходных материалов для разработки научного обоснования мероприятий использованы кадастровый справочник «Торфяной фонд Белорусской ССР», материалы геологических разведок и проекты на разработку торфяных месторождений, картосхемы особо охраняемых природных территорий, материалы космической съемки, нормативные документы, данные, полученные от землеустроительной службы районов. Современное состояние выработанных торфяных месторождений изучено полевыми изысканиями.

**Результаты и обсуждение.** Большинство выработанных торфяных месторождений и небольших по площади участков выбыло из эксплуатации в период 1975–1990 гг. Залежь остаточного слоя торфа практически на всех месторождениях низинная со степенью разложения 30–45 % и зольностью 10,0–20,0 %. После завершения добычи глубина остаточного слоя торфа варьировала в пределах от 0,1 до 1,0 м в связи с неровностями рельефа дна; в среднем для использования в качестве сельскохозяйственных земель при передаче землепользователям она составляла не менее 0,5 м. Однако к настоящему времени произошло уменьшение глубины остаточного слоя торфа из-за процессов минерализации органического вещества.

Все торфяные месторождения низинного типа вырабатывались, в основном, фрезерным способом РПО «Сельхозхимия», торфопредприятием «Кобринское» и торфобрикетным заводом «Гатча-Осовский» в 1975–1990 гг. Выработанные участки преимущественно переданы для дальнейшего использования в сельскохозяйственном направлении под луговые культуры, часть используется в лесном хозяйстве, на некоторых построены водоёмы.

В районе имеются примеры изменения принятых ранее направлений использования выработанных торфяных месторождений. Как показала практика, некоторые месторождения, выработанные РПО «Сельхозхимия» и передаваемые для использования в сельскохозяйственном производстве, по целевому назначению, фактически, использоваться не могут из-за необходимости значительных финансовых вложений на проведение мелиоративных работ и рекультивацию. Поэтому со временем такие неиспользуемые земли

зарастают древесно-кустарниковой растительностью и часто заболочены. Часть площадей, поросших древесно-кустарниковой растительностью, передана в ведение лесничеств.

Данные по выработанным торфяным месторождениям Кобринского района показывают, что большинство этих месторождений и отдельных участков небольшие по площади. По качественным показателям придонных слоев торфа, геоморфологическому расположению месторождений на местности, с учетом потребностей района в дополнительных сельскохозяйственных и лесных землях, а также в соответствии с существовавшими в то время приоритетными направлениями использования таких площадей, они были выбраны, в основном, правильно.

В целом по Кобринскому району общая площадь выработанных торфяных месторождений составляет 2 254 га, а осушающее действие каналов распространяется на площадь 2072 га, т. е. общая осушенная площадь меньше суммарной площади выработанной части всех торфяных месторождений района на 8,1 %, поскольку часть выработанных площадей имеет уровни грунтовых вод выше дневной поверхности.

Если к выработанным участкам примыкают сельскохозяйственные угодья на суходолах, то в засушливые периоды на суходольных землях с песчаными и супесчаными почвами, дренируемых осушительными системами, расположенными на торфянике, будет усиливаться дефицит влаги для сельскохозяйственных культур, что негативно повлияет на величину и качество урожая. Вместе с тем в нормальные и обильные по увлажнению вегетационные сезоны не будет негативного влияния осушительных систем выработанных торфяных месторождений на продуктивность таких суходолов.

В случае, если к выработанным торфяным участкам примыкают болотные экосистемы, как, например, на торфяном месторождении Река, то неразработываемые части этого торфяного месторождения подсушены на площади 13 га, и это негативно будет влиять на состояние данных болотных экосистем в течение всего времени действия осушительных каналов.

Если выработанные участки соприкасаются с лесами, как, например, на торфяном месторождении Польское, то это приведет к подсушиванию лесных фитоценозов и к их смене: в частности, ольховые фитоценозы, размещающиеся по окраинам торфяных болот, после осушения могут быть трансформированы в другие фитоценозы.

На выработанных торфяных месторождениях, находящихся в осушенном состоянии, остаточный слой торфа разлагается под воздействием микроорганизмов с образованием водорастворимых и газообразных продуктов. Из водорастворимых органических соединений наиболее распространены фульвокислоты, органические кислоты, в меньшей степени – фенолы, углеводы, аминокислоты, альдегиды и ряд других, из минеральных – соединения кальция, магния, железа, фосфора, микроэлементов, а также ионы аммония, хлора, нитратов, сульфатов.

По многолетним данным [1], ежегодно с 1 га торфяных почв в каналы осушительных сетей поступает 450–650 кг органических веществ и 550–800 кг минеральных, включая неиспользованную растениями часть удобрений, доля которой составляет до 30–40 % от их количества, внесенного в почву.

Для оценки воздействия выработанных торфяных месторождений на поверхностные и подземные воды были взяты минимальные величины годового стока растворенных веществ, равные 0,45 т/га органических и 0,55 т/га минеральных веществ [2–3], с учетом того, что эти территории используются для возделывания луговых трав.

Ежегодно с 19 787 га, находящихся в осушенном состоянии выработанных торфяных месторождений, в каналы осушительных сетей поступает 913 т органических веществ и 1 111 т минеральных, включая и неиспользованную растениями часть удобрений. Ландшафты с выработанными торфяными месторождениями находятся в постоянном развитии. Наиболее динамичными показателями таких ландшафтов являются глубина остаточного слоя торфа, уровни грунтовых вод и растительный покров.

На выработанных торфяных месторождениях, используемых в сельском и лесном хозяйстве, уменьшение глубины остаточного слоя торфа происходит ежегодно в связи с процессами минерализации органического вещества, а иногда и ветровой эрозии. У торфяных почв с мощностью торфяного слоя более 0,3 м и используемых для возделывания многолетних трав ежегодное уменьшение торфяного слоя составляет 1 см в год, если мощность торфяного слоя менее 0,3 м – 0,7 см в год. Выработанные торфяные месторождения Кобринского района, рекультивированные с целью использования в качестве сельскохозяйственных земель, имели первоначальную глубину остаточного слоя торфа в среднем 0,5 м. Однако с момента их рекультивации и передачи сельскохозяйственным землепользователям прошло не менее 20 лет, поэтому значительная часть торфяного слоя утрачена и к настоящему времени его мощность составляет в среднем не более 0,3 м, а местами на поверхность вышли минеральные породы, ранее подстилавшие торф. Постепенно на таких полях формируется мозаичная структура почвенного покрова, что ведет к неравномерности обеспечения растений питательными веществами и водой, а в конечном итоге – к снижению урожая.

В перспективе, в течение ближайших 30–40 лет произойдет перемешивание оставшейся части торфяного слоя с подстилающими грунтами, торфяные почвы полностью утратят торфяной горизонт и трансформируются в категории органоминеральных и постторфяных минеральных почв, формирующихся после сработки торфяного

слоя. Плодородие таких почв снизится и в большей степени, чем теперь, будет зависеть от погодных условий, в частности, от засух, особенно если такие почвы формируются на песках и супесях. Кроме того, для поддержания их плодородия потребуются увеличить дозы минеральных удобрений, особенно азотных, так как весь азот торфа будет исчерпан. Многие из таких земель будет экономически невыгодно использовать в сельском хозяйстве из-за падения урожаев еще до полного разрушения торфяного слоя, поэтому уже в ближайшие 10 лет отдельные участки начнут выводиться из-под сельскохозяйственного использования, когда баллы бонитета почв уменьшатся до 23 и ниже. Наиболее вероятно, что такие участки будут переведены в лесные земли с посадкой лесных пород или с повторным заболачиванием территорий. Таким образом, в недалекой перспективе сельскохозяйственные земли на выработанных торфяных месторождениях трансформируются в другие земли по экономическим причинам.

Для оценки состояния растительного покрова выработанных торфяных месторождений были использованы материалы космической съемки. В Кобринском районе, например, на выработанных торфяных месторождениях Ель, Гатча-Осовское неиспользуемые площади заросли кустарником, местами с признаками избыточного увлажнения. Это означает, что начался процесс постепенной трансформации луговых угодий в лугово-кустарниковые. Постепенное зарастание луговых угодий кустарником связано с периодами времени, в течение которых не производилось их выкашивание. В перспективе нескольких десятков лет эти участки постепенно трансформируются в лесные угодья, если кустарник не будет сведен, а луговые угодья не будут улучшены.

Гидрологический режим таких ландшафтов имеет тенденцию к изменению в сторону подъема уровней грунтовых вод в связи с зарастанием каналов осушительной сети и их постепенным обмелением вследствие понижения поверхности торфяной почвы. Как правило, это происходит на землях, используемых под пастбища, лесные угодья, а также на заброшенных участках выработанных торфяных месторождений.

Таким образом, нынешние ландшафты с выработанными торфяными месторождениями, находящимися в осушенном состоянии, медленно, но неуклонно будут преобразовываться в лесные или лесоболотные экосистемы независимо от характера использования этих территорий. Ориентировочно период их трансформации займет не более 50–70 лет.

Как правило, низкая эффективность использования выработанных торфяных месторождений в качестве сельскохозяйственных земель обусловлена их природно-генетическими особенностями, в частности, наличием сапропеля, мергеля в подстилающем грунте, содержащего карбонаты кальция. При высоком содержании карбонатов кальция фосфор фосфорных удобрений переходит в неусвояемые для растений формы. Даже при внесении повышенных доз фосфорных удобрений растения на таких почвах испытывают фосфорное голодание, а возделываемые многолетние травы дают низкие урожаи. Использовать такие земли в сельском хозяйстве невыгодно, поэтому они постепенно превращаются в бросовые территории. Еще одной причиной является неровность рельефа из-за наличия карьеров на торфяном месторождении, а также невозможность создания оптимального водно-воздушного режима на выработанных торфяных месторождениях, осушаемых с помощью насосных станций. Наличие в подстилающем грунте сапропеля является серьезным препятствием в сельскохозяйственном освоении таких месторождений из-за плохой проходимости сельскохозяйственной техники на таких площадях.

По результатам детальной разведки на торфяном месторождении Ель (кадастровый номер 223) подстилающими грунтами на нем являются пески и сапропель. Наличие сапропеля отрицательно сказывается на росте и развитии растений. В настоящее время выработанный участок, расположенный в северной части торфяного месторождения на площади 18 га, не используется в сельском хозяйстве, избыточно увлажнен, местами зарастает кустарниковой растительностью. Поэтому целесообразно рассмотреть вопрос об изменении направления использования вышеуказанной категории земель.

На торфяном месторождении Гатча-Осовское (кадастровый номер 239) в настоящее время выработанный участок на площади 50 га не используется в сельскохозяйственном направлении, частично зарос кустарником, избыточно увлажнен. Вследствие наличия сапропеля в подстилающем грунте невозможно обеспечить регулирование водно-воздушного режима для произрастания сельскохозяйственных культур. Поэтому целесообразно рассмотреть вопрос об изменении направления использования вышеуказанных земель.

По критериям ТКП 17.12-01-2008 (02120), разработанном в Институте природопользования НАН Беларуси, вышеприведенные выработанные торфяные месторождения не должны использоваться в качестве сельскохозяйственных земель, однако на момент проектирования добычи торфа в прошлом этих критериев не было, а действовала инструкция, обязывающая передавать такие земли сельскохозяйственным организациям после соответствующей рекультивации. Для повышения эффективности использования этих выработанных торфяных месторождений следует изменить направления их использования.

**Заключение.** Выработанные торфяные месторождения Кобринского района полностью или частично используются в сельскохозяйственном и лесохозяйственном направлении, на некоторых созданы водоемы. 869 га переданы в Госземзапас, часть заболочена. Из-за особенностей природно-генетических свойств (геоморфология, подстилающие грунты и др.) не достаточно эффективно используются выработанные торфяные месторождения

Ель, Гатча-Осовское. В районе целесообразно осуществить мероприятия по оптимизации использования вышеуказанных выработанных торфяных месторождений. На выработанных торфяных месторождениях (либо участках) Ель, Гатча-Осовское целесообразно изменить направление использования земель с сельскохозяйственного на естественное лесовозобновление с дальнейшим формированием заболоченных лесов, или осуществить повторное заболачивание этих территорий путем строительства перемычек. В обоих случаях будут сформированы заболоченные леса, однако при естественном лесовозобновлении в течение 15–25 лет на таких территориях возможны пожары. Изменение направлений использования следует осуществлять в соответствии с ТКП 17.12-01-2008 (02120).

Целесообразно провести реконструкцию водоема, построенного на выработанном участке «Брилево II» торфяного месторождения Загорское-Брилево, для целей рыбного хозяйства.

Отказавшись от сельскохозяйственного использования малопригодных для этой цели торфяников, район выиграет экономически и экологически, так как прекратятся затраты на возделывание малопродуктивных лугов, исчезнет осушающее воздействие на прилегающие территории.

Естественное лесовозобновление с постепенным заболачиванием приведет к прекращению эмиссии диоксида углерода в количестве 81 т в год, восстановлению местообитаний биологического разнообразия, улучшение окружающей среды и микроклимата, снижение пожароопасности.

На выработанных торфяных месторождениях, используемых в сельском хозяйстве (461 га), целесообразно осуществить мероприятия по улучшению лугов, что существенно повысит их продуктивность.

#### **Список использованных источников**

1. Оценка воздействия выработанных торфяных месторождений на окружающую среду / Н. Н. Бамбалов [и др.] // Природопользование. – 2009. – Вып. 16. – С. 108–115.
2. Результаты изучения изменений качественных характеристик воды в процессе проведения осушительных мелиораций торфяных месторождений / И. И. Лиштван [и др.] // Проблемы Полесья. – 1981. – № 7. – С. 134–159.
3. Лиштван, И. И. Мелиорация торфяных месторождений и качество поверхностных вод / И. И. Лиштван, В. М. Крайко // Современные проблемы изучения, использования и охраны природных комплексов Полесья : тез. докл. Междунар. науч. конф. – Минск, 1998. – С. 114.

#### **RATIONAL USE OF PEAT DEPOSITS AFTER PEAT EXCAVATION OF THE KOBKIN DISTRICT BREST REGION**

**V. A. Rakovich, O. N. Ratnikova, N. E. Sosnovskaya, T. D. Yarmoshuk**

Researches of effect of cutover peatlands effect on environment, including a hydrological mode of adjacent territories, pollution of superficial and underground waters by products of decomposition of peat, neralization of peat organic matter and change of landscapes are resulted. The quantitative estimation of influence on environment is executed on an example of the cutover peatlands in the Kobrin district of the Brest region.



## ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЧАСТИЦ МИКРОПЛАСТИКА ПОЛИСТИРОЛА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ р. ЛОШИЦА, г. МИНСК

К. О. Рябычин, Т. И. Кухарчик

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

*Представлены результаты количественного определения частиц микропластика полистирола в донных отложениях р. Лошица и ее притока, дренирующих юго-западную часть г. Минска. Донные отложения отобраны из водохранилищ, пруда и русла реки, а также притока руч. Мышка и принимающей р. Свислочь. Лабораторные исследования выполнены с использованием двух методик одно- и двухступенчатой флотации.*

*Ключевые слова: полимеры, микропластик, полистирол, флотация, почвы, донные отложения.*

**Введение.** Загрязнение компонентов природной среды пластиком и микропластиком в последние годы привлекает внимание исследователей со всего мира [1, 2]. Растущие объемы производства и использования полимерной продукции сопровождаются увеличением образования отходов и, соответственно, ростом рисков их попадания в окружающую среду. При этом пластик подвергается воздействию различных факторов, которые приводят к его деградации и, в конечном счете, к деструкции до более мелких фрагментов, называемых микропластиком. Источником частиц микропластика являются также первичные полимеры, которые производятся в виде сыпучих порошков и гранул и используются для широкого перечня изделий.

Опасность попадания полимеров в компоненты природной среды заключается не только в нарушении их свойств, физическом воздействии на живые организмы, но и возможности высвобождения содержащихся в них химических веществ (тяжелых металлов, стойких органических загрязнителей и других), которые вводятся в их состав в виде красителей, стабилизаторов, антипиренов [3].

К настоящему времени получены доказательства присутствия частиц микропластика в различных природных средах, хотя вопросы особенностей их распространения с удалением от локальных источников остаются мало изученными. Такими источниками являются промышленные предприятия, где производится полимерная продукция. Как было показано в [4], загрязнение почв и донных отложений в пределах пойменного участка малой реки частицами полистирола было зафиксировано на удалении 500–600 м от предприятия по производству пенополистирольных плит.

**Цель работы** – определение возможностей переноса частиц микропластика с водными потоками вниз по течению реки и оценка содержания частиц полистирола в донных отложениях.

**Методы и объекты.** Объектом исследования выбрана р. Лошица, начиная от впадения руч. Мышка и до устья (место впадения в р. Свислочь). Исследования проводились в летне-осенний период 2022 года с использованием маршрутных методов с отбором проб почв и донных отложений. По мере продвижения по маршруту производилась фиксация мест и путей вероятного распространения пенополистирола, а также влияние других источников, которые могут вносить вклад в загрязнение водной системы.

В ходе исследований были отобраны 7 проб донных отложений, 2 пробы почвы и 1 проба шлама. Донные отложения отобраны из двух водохранилищ (Курасовщинское и Лошица), пруда (в Лошицком парке), рр. Лошица и Свислочь. Пробы почвы отобраны на затопляемом участке поймы р. Лошица и у уреза воды Курасовщинского вдхр., глубина отбора 0–5 см. Для отобранных проб определялся гранулометрический состав с выделением фракций менее 1 мм, 1–5 и более 5 мм и содержание органического вещества (по величине «потери при прокаливании»).

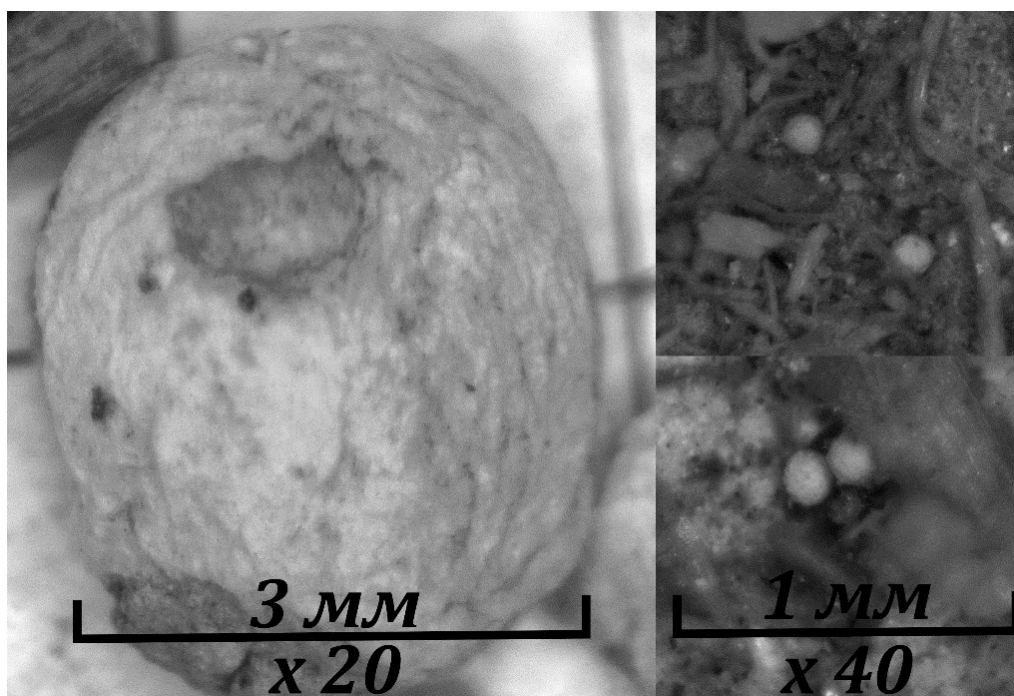
Из общего количества отобранных проб 9 проб анализировались на наличие микропластика полистирола лабораторными методами. Проба шлама, отобранная непосредственно вблизи предприятия с поверхности затопленной поймы, представляет из себя смесь органической массы и пенополистирольного шлама, визуально более чем на 90 процентов состоит из полистирола, в связи с этим было принято решение исключить ее из лабораторного анализа.

Отобранные пробы для определения концентрации частиц полистирола проходили несколько этапов лабораторных исследований, таких как первичная пробоподготовка, удаление органических веществ, солевая флотация.

Для каждой пробы методом квартования было сформировано по 3 навески массой примерно 15 г. В каждую пробу добавляли по 25 мл 30% пероксида водорода; в двух случаях из-за большого количества органических примесей (пробы 443 и 444) добавляли по 5 мл 0.05М раствора Fe (II) для создания реактива Фентона.

Процесс окисления проводился в емкости с холодной водой и льдом для того, чтобы из-за экзотермической реакции окисления избежать резкого закипания (вспенивания) и, соответственно, потери проб. Через 3-е суток

медленной реакции пробы помещались в сушильный шкаф и нагревались до температуры 70–75 °С. Далее производилась флотация проб, в том числе с использованием 2-ступенчатой флотации [5]. После флотации и фильтрации с помощью стереомикроскопа выполнялся подсчет количества частиц с дифференциацией на вспененные гранулы и сырье (рисунок 1).

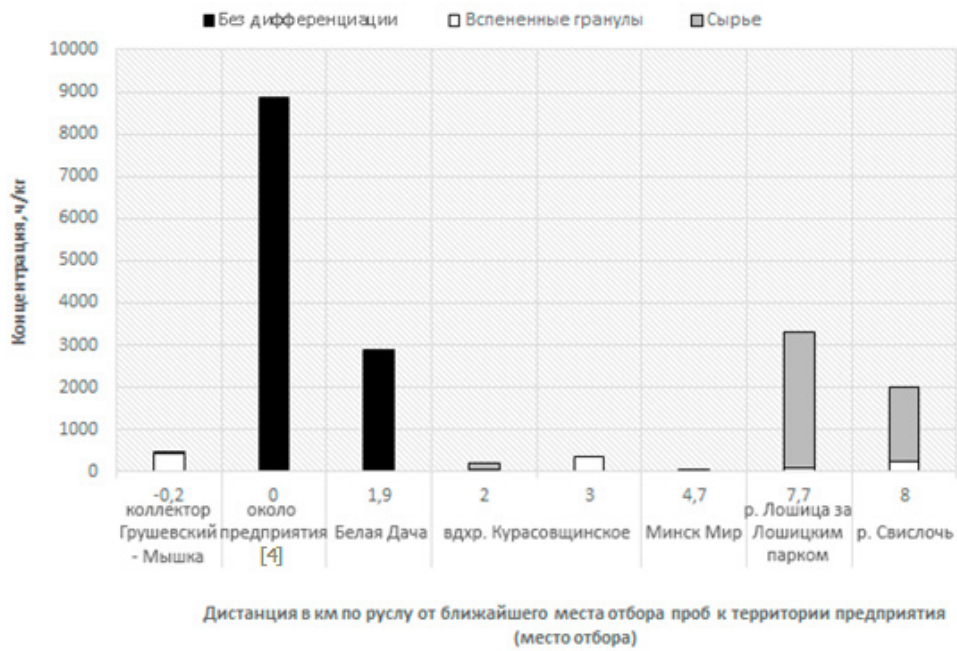


**Рисунок 1** – Частицы полистирола после фильтрации: слева – вспененная гранула (проба 461), справа – частицы сырья (проба 398)

**Результаты.** Частицы микропластика (менее 5 мм) обнаружены в 78% проанализированных проб. Их распределение в донных отложениях вниз по течению крайне неравномерно. Наибольшее количество частиц микропластика полистирола обнаруживаются: для вспененных частиц в прибрежной зоне пруда в парке отдыха «памятник природы Белая Дача» – 2879 ч/кг, для пенополистирольного сырья (частиц размером менее 1 мм) – перед местом впадения р. Лошица в р. Свислочь – 3233,8 ч/кг (рисунок 2).

В пробах, отобранных вблизи предприятия, преобладали вспененные частицы (84%), в тех же пробах были зафиксированы самые высокие концентрации общего количества частиц полистирола (до 8875 ч/кг) [4]. Выше по течению ручья Мышка, на расстоянии 200 метров от места с самыми высокими концентрациями, содержание полистирола составило 469 ч/кг с преобладанием вспененных крупных частиц. В пробах, отобранных ниже по течению, вспененные частицы встречаются во всех пробах, где зафиксирован пенополистирол, самые высокие значения содержания которого зафиксированы в районе парка «Белая Дача». При этом не во всех пробах обнаруживаются частицы менее 1 мм, представляющие собой полимерное сырье. Соотношение типов полистирола неравномерно, в начале маршрута преобладают вспененные частицы (95%), к устью – сырье (94%).

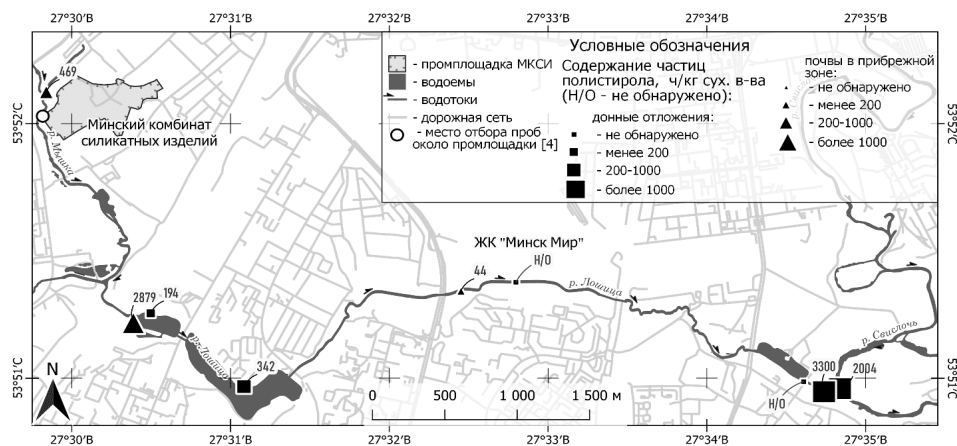
В почвах прибрежной зоны в местах, где замечены следы паводков или подтопления, также обнаружены пенополистирольные гранулы (береговая линия около Белой Дачи, высохшая пойма перед коллектором канал Грушевский – ручей Мышка (непосредственно около промплощадки завода по производству пенополистирольных плит), противоположный берег от стройплощадки Минск Мир).



**Рисунок 2** – Изменение содержания частиц полистирола в пробах донных отложений в водной системе вниз по течению: канал Грушевский – руч. Мышка – р. Лошица – р. Свислочь

Полученные данные о количестве частиц размером менее 1 мм подтверждают визуальное наблюдение загрязнения поймы р. Лошица и руч. Мышка отходами пенополистирола и дополняют его. Так, например, визуально в донных отложениях Курасовщинского водохранилища и на побережье гранул вспененного полистирола обнаружено не было (удаление от начала маршрута 3 км), но при лабораторном анализе они были выявлены с концентрацией 342 ч/кг. Механизм опускания пенополистирола на дно водоема на данный момент плохо изучен. По одному из предположений частица, мигрируя по поверхности воды, захватывает минеральные частицы и пыль из воздуха и/или под воздействием факторов внешней среды внутрь гранулы проникает вода, вытесняя газы, после чего частица опускается на дно. В почвах, отобранных в зонах подтопления и разливов, тоже может отмечаться процесс закрепления частиц на месте. После окончания паводков часть полистирола оседает на поверхности почвы и растениях, после чего перекрывается опадом и свежепринесенными минеральными частицами. Подобный процесс может обуславливать высокую концентрацию частиц пенополистирола в пробе 443 в виду обильного растительного покрова и густого опада, который играет «сорбционную» роль и задерживает на себе частицы при снижении уровня воды.

В целом, на аккумуляцию частиц полистирола может влиять множество факторов, включая степень меандрирования реки, скорость потока воды, форма береговой линии, наличие водной и прибрежной растительности и колебание уровня воды. Следует отметить наличие буреломов, которые выполняют барьерные функции.



**Рисунок 3** – Картограмма распределения частиц микропластика полистирола в пробах донных отложений руч. Мышка, р. Лошица и р. Свислочь

**Заключение.** Большая часть реки Лошица (более 6 км протяженности водотока) и ее приток руч. Мышка загрязнены пенополистиролом в различных формах. Обнаруженные концентрации в твердых субстратах составляют от нескольких десятков до нескольких тысяч частиц микропластика на килограмм сухого субстрата. Самые высокие концентрации вспененных частиц встречаются непосредственно вблизи предприятия – до 8875 ч/кг [4], а также в местах ниже по течению, куда мигрируют с водотоком, – до 3300 ч/кг (Курасовщинское водохранилище, устье Лошицы).

Полистирол встречается как в виде вспененных частиц, так и в виде гранул сырья. С удалением от наиболее потенциального источника поступления частиц полистирола (предприятия по производству пенополистирольных плит) доля вспененных частиц снижается, тогда как доля вспенивающихся возрастает. Не исключен привнос частиц полимерного сырья с ливневыми водами дождевых коллекторов, а также с поверхностным стоком с водосбора. Изучение данных источников позволит уточнить пути поступления частиц микропластика в водную систему и разработать предложения по минимизации воздействия.

#### Список использованных источников

1. A bibliometric perspective on the occurrence and migration of microplastics in soils amended with sewage sludge / B. Fu [et al.] // *Water Environment Research*. – 2024. – Vol. 96, № 6.
2. Dąbrowska, A. Microplastics pollution / A. Dąbrowska // *Applied Water Science*, 2023. – Vol. 1, № April. – P. 125–137.
3. Aranda, F. L. Microplastics: formation, disposition, and associated dangers. an overview / F. L. Aranda, B. L. Rivas // *Journal of the Chilean Chemical Society*. – 2023. – Vol. 68, № 1. – P. 5755–5761.
4. Кухарчик, Т. И. Загрязнение почв микропластиком при производстве пенополистирола / Т. И. Кухарчик, В. Д. Чернюк // *Почвоведение*. – 2022. – № 3. – С. 370–380.
5. Кухарчик, Т. И. Опыт изучения микропластика в почвах в зонах локальных источников воздействия: методические подходы, результаты / Т. И. Кухарчик, В. Д. Чернюк, К. О. Рябычин // *Почвенные и земельные ресурсы: традиционные и инновационные подходы к изучению и управлению*. – 2023. – С. 87–89.

#### FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF POLYSTYRENE MICROPLASTIC PARTICLES IN BOTTOM SEDIMENTS OF THE LOSHITSA RIVER, MINSK

**К. О. Rabychyn, Т. I. Kukharchyk**

The results of quantitative determination of polystyrene microplastic particles in the bottom sediments of the Loshitsa River and its tributary draining the southwestern part of Minsk are presented. Bottom sediments were selected from reservoir, ponds and river beds, as well as tributaries of the Myshka Creek and the Svisloch River. Laboratory studies were performed using two techniques of one- and two-stage flotation.

## ДЕМОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ БЕЛАРУСИ В 1999–2019 гг.

**А. А. Сидорович**

Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Беларусь

*В статье представлены результаты экономико-географического исследования демографического развития агропромышленных городских поселений Беларуси за период 1999–2019 гг. на основе данных переписей и текущего учета рождаемости и смертности. Определена структура факторов динамики численности населения за межпереписные периоды. Установлена превалирующая роль миграционной убыли в сокращении демографического потенциала данного типа поселений.*

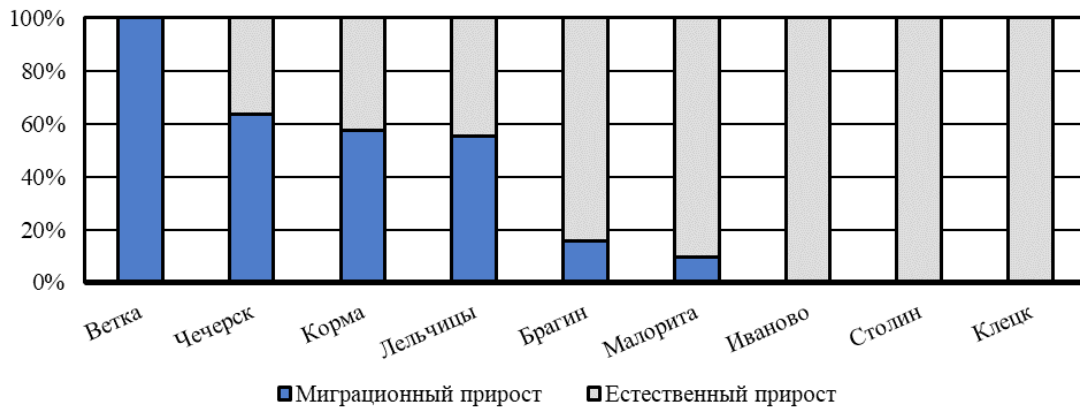
*Ключевые слова:* агропромышленные городские поселения, демографическое развитие, миграция, Беларусь, перепись населения.

**Введение.** Миграция как механизм пространственного перераспределения населения имеет в своей основе дифференциацию территории по уровню социально-экономического развития, благоприятности и комфортности окружающей среды для проживания, выгоды транспортно-географического положения. Соответственно, сочетание указанных факторов и степень их различий на региональном, национальном и даже глобальном уровнях предопределяют конкурентные преимущества поселений как центров притяжения пришлого населения (мигрантов) и, напротив, может создавать условия для «выталкивания» местного, аборигенного населения и препятствовать прибытию населения извне.

Целью данного исследования является оценка факторов динамики демографического потенциала городских поселений Беларуси агропромышленного функционального типа. В качестве ключевых методов исследования использованы методы пространственного анализа, социально-экономической статистики, картографический. Информационную базу исследования составили данные переписей населения 1999, 2009, 2019 гг. о численности населения, а также данные текущего учета населения за период 1999–2019 гг. [1–3].

**Результаты исследования.** В Беларуси к категории агропромышленных относятся 56 городских поселений. В структуре экономики поселений данного функционального типа первостепенное значение принадлежит сельскому хозяйству, а также обслуживающим его видам экономической деятельности и видам экономической деятельности, ориентированным на переработку сельскохозяйственного сырья. Демографическое развитие агропромышленных поселений за период 1999–2019 гг. демонстрировало нисходящий тренд численности населения. Общая убыль населения за весь анализируемый период составила 29,8 тыс. чел., или 6,9 %. В первую очередь это обусловлено миграционным оттоком населения (91 %). За счет естественной убыли демографические потери составили 9 %.

В девяти городских поселениях наблюдалось увеличение численности населения. Примечательно, что все они относятся к Белорусскому Полесью. В данных регионах традиционно сложился более высокий уровень рождаемости. В Брагине, Корме, Иваново, Лельчицах, Чечерске, Малорите, Столине и Ветке значения общего коэффициента рождаемости (ОКР) в среднем за весь анализируемый период превысили отметку в 13,7 ‰. Лишь в Клецке, находящемся на периферии полесского региона, уровень рождаемости составил 12,1 ‰. В то же время в 34 поселениях ОКР не превысил 12 ‰. Кроме того, крупноселенная форма сельского расселения, характерная для Полесья, обеспечивает более высокий уровень социальной и экономической устойчивости всей локальной системы расселения с центрами в агропромышленных городских поселениях, что предопределяет меньшую выраженность установок на миграционные выбытия. Позитивную роль в сдерживании миграционного оттока играют масштабные меры государственной политики по созданию преференциальных режимов для регионов, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС [4]. Относительный прирост населения в данных поселениях варьировал от 1,5 % в Клецке до 26,7 % в Брагине, а абсолютный – от 0,2 тыс. чел. в Клецке до 2,4 тыс. чел. в Лельчицах. Положительное миграционное сальдо полностью обеспечило рост населения в Ветке. В Чечерске, Корме и Лельчицах миграционный фактор оказался ключевым в формировании восходящего тренда людности. В Брагине и Малорите миграция уступала естественному приросту, обеспечив соответственно 15,9 % и 9,7 % общего прироста населения. В Иваново, Столине и Клецке имело место превышение числа выбывших над числом прибывших мигрантов (рисунок 1).



**Рисунок 1** – Удельный вес миграции в общем приросте населения агропромышленных городских поселений Беларуси за период 1999–2019 гг.

В остальных городских поселениях агропромышленного типа наблюдалась убыль населения и в некоторых случаях весьма значительная. Как правило, большие масштабы убыли характерны для поселков городского типа, которые формально занимают в иерархической структуре системы расселения более низкие позиции, чем собственно города. Наибольший отток населения зафиксирован в г. п. Езерище Городокского района, расположенного на северо-восточной оконечности Беларуси. За почти три десятилетия убыль населения в поселке достигла 41,8 % (835 чел.). И по состоянию на 01.01.2023 в нем проживало 1,1 тыс. чел. Вместе с тем в еще 26 городских поселениях общая убыль населения превысила 10 %, в 11 из которых демографические потери превысили 1/5. Среди последних есть и районные центры – Кореличи Гродненской и Дубровно Витебской области. Они же входят в число поселений с наибольшим абсолютным оттоком населения, который составил в них соответственно 1,7 тыс. и 2,1 тыс. чел. Но наибольшее сокращение людности имело место в Городке – 2,3 тыс. чел., или 16,6 %. Кроме того, первые 12 позиций по абсолютной убыли населения занимают исключительно районные центры, которые, как правило, отличаются большим демографическим потенциалом, чем поселения, не имеющие такого статуса. Данные поселения в большинстве своем не имеют знаковых и масштабных градообразующих предприятий. Например, в Ганцевичах таким предприятием был Ганцевичский кожгалантерейный комбинат, руководство которого в 2000-е гг. пыталось его репрофилировать, в частности в таких направлениях, как производство труб и оббивки для автомобильных кабин. В связи с этим предприятие сменило название на «Модуль». Однако в 2017 г. оно было признано банкротом. Снизились и масштабы деятельности завода крупнопанельного домостроения, принадлежащего ОАО «Брестжилстрой». Недостаточная социально-экономическая база отрицательно воздействует на миграционные установки населения [5]. Именно миграционный отток определил снижение людности города на 1,0 тыс. чел., или на 7 % за период 1999–2019 гг. Естественный прирост в Ганцевичах позволил смягчить последствия отрицательного миграционного сальдо, которое в противном случае было в два раза большим. Вместе с тем из 47 агропромышленных поселений с убылью населения только в Бельничках, Россохах и Ушачах за период 1999–2019 гг. было зафиксировано положительное миграционное сальдо, частично смягчившее отрицательную разность между числом родившихся и умерших. В 12 поселениях, являющихся к тому же районными центрами, на фоне миграционного оттока населения фиксировался естественный прирост, который, однако, по своим масштабам не смог его перекрыть. В 23 поселениях вклад миграции в общую убыль населения превысил 50 % – от 51,2 % в Чаусах до 93,4 % в Октябрьском. В оставшихся девяти поселениях удельный вес миграции в общем сокращении демографического потенциала находился в пределах от 15,6 % в Толочине до 49,5 % в Краснополье. В 2000–2010-е гг. наибольшая интенсивность миграционного оттока, выражаемая как миграционное сальдо в расчете на 1 000 жителей, наблюдалась в городских поселках Козловщина (17,5 ‰), Ветрино (14,2 ‰), Холопеничи (13,4 ‰), Кореличи (13,1 ‰), Сопоткин (12,7 ‰), Дубровно (10,4 ‰), Езерище (10,0 ‰).

Анализ динамики численности населения агропромышленных городских поселений за межпереписные периоды 1999–2009 гг. и 2009–2019 гг. свидетельствует о снижении масштабов и интенсивности депопуляции. Так, абсолютная убыль населения снизилась с 21,7 тыс. до 8,1 тыс. чел., а среднегодовые темпы убыли – с 0,45 % до 0,2 %. На протяжении двух межпереписных периодов рост численности населения отмечался в Иваново, Малорите, Столине Брестской области и Брагине, Корме, Ветке, Лельчицах и Чечерске Гомельской области. Отрицательная динамика людности в 2000-е гг. сменилась возрастающим трендом в 2010-е гг. в Дрогичине, Докшицах, Ушачах, Клецке, Копыле, Мяделе и Круглом. В то же время в Дрибине общий прирост населения сменился убылью. Это обусловлено двумя основными причинами. Во-первых, фактически прекратилось переселение в Дрибин населения, проживавшего на загрязненных радионуклидами территориях. Дрибин как центр района, созданного в 1989 г. для переселения населения с загрязненных радионуклидами территорий,

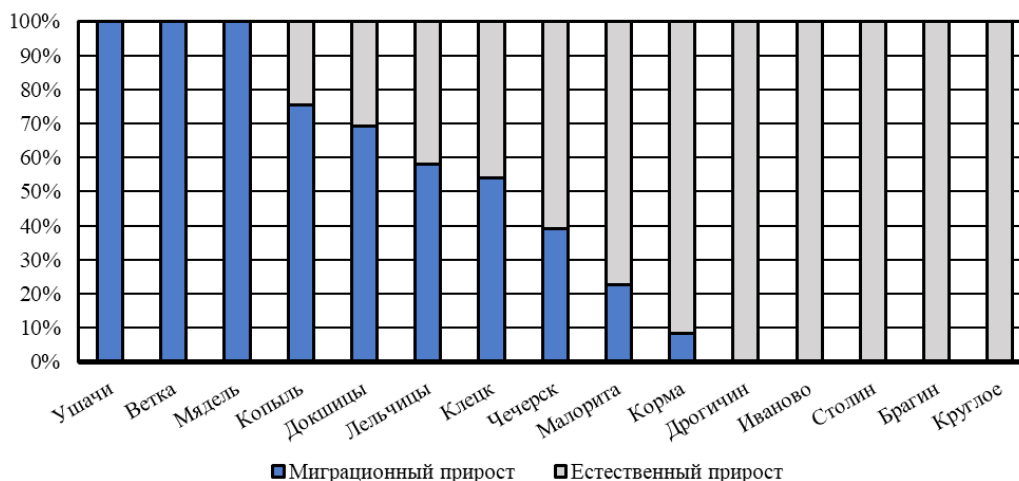
был одним из основных мест прибытия вынужденных мигрантов. Во-вторых, был исчерпан репродуктивный ресурс молодого населения, прибывшего в рамках переселения. В целом следует отметить, что в 2010-е гг. из 56 городских поселений агропромышленного типа в 42 демографическая ситуация улучшилась – либо убыль сменилась приростом, либо снизились масштабы депопуляции.

Индикатором улучшения демографической ситуации выступают также темпы динамики численности населения. Сравнение соответствующих показателей за два межпереписных периода свидетельствует о снижении темпов убыли населения в 32 поселениях и смене убыли приростом в 7 поселениях. В Клецке положительный тренд динамики населения в 2010-е гг. определил увеличение численности населения за весь анализируемый период 1999–2019 гг. Вместе с тем в 13 городских поселениях агропромышленного типа возросла интенсивность убыли населения. Особенно значительный рост убыли отмечен в г. п. Ветрино – с 9,2 % за первый межпереписной период до 30 % во второй. В 2000-е гг. более 10 % населения потеряли 16 поселений, за 2010-е гг. таких поселений было 9, в том числе районный центр г. Дубровно. Наиболее интенсивное демографическое сжатие характерно для г. п. Езерище, где снижение людности составило не менее 1/5 за каждый период. Устойчивые лидирующие позиции по росту численности населения занимают Брагин, Лельчицы и Чечерск. За каждый из межпереписных периодов прирост людности в них составил не менее 8 %. За 1999–2009 гг. число жителей возросло на 13 %, за 2009–2019 гг. – уже на 34 %. В целом по агропромышленным поселениям наиболее сложным периодом оказались 2000-е гг., а соотношение демографических потерь составили почти 2,5:1 за период 1999–2009 гг. и 2009–2019 гг. соответственно.

За анализируемые межпереписные периоды изменилась структура факторов динамики населения. Если в 2000-е гг. на механическое движение населения приходилось 77,1 % общей убыли населения агропромышленных городских поселений, то в 2010-е гг. сокращение численности населения полностью было обусловлено миграционным оттоком. При этом миграционная убыль снизилась практически на 1/3 – с 16,7 тыс. чел. до 10,3 тыс. Тренд естественного движения сменился с отрицательной разности между числом родившихся и умерших на положительную. За 1999–2009 гг. данная категория поселений за счет естественной убыли потеряла 5,0 тыс. чел. В 2009–2019 гг. естественный прирост составил 2,2 тыс. чел. Общий коэффициент рождаемости вырос с 10,5 ‰ до 12,7 ‰.

В 2010-е гг., как и в других функциональных типах, уменьшилось число агропромышленных городских поселений, в которых происходило снижение численности населения. При этом исключительно миграционный фактор обеспечил нисходящий тренд динамики численности населения в 13 поселениях. Отрицательное сальдо миграции в сочетании с естественной убылью предопределили уменьшение людности в 24 поселениях, из которых в 19 удельный вес миграции превысил 50 %. Противоположная тенденция имела место в Октябрьском, Толочине, Холопеничах и Шумилино, где положительное миграционное сальдо частично компенсировало естественную убыль населения. В целом за период 1999–2009 гг. в агропромышленных городских поселениях с депопуляцией доля миграционного фактора в общей динамике населения составила около 80 %.

В 2010-е гг. прирост населения отмечен в 15 агропромышленных городских поселениях. При этом удельный вес миграции в обеспечении положительной динамики снизился до 30 %. В Дрогичине, Иваново, Столине, Брагине и Круглом прирост был обеспечен исключительно за счет естественного движения населения и главным образом благодаря росту рождаемости. Например, в среднем за межпереписной период в Дрогичине ОКР вырос с 12,8 ‰ до 13,4 ‰, в Иваново – с 14,4 ‰ до 16,0 ‰. И, напротив, в Ушачах, Ветке и Мяделе положительное миграционное сальдо компенсировало естественную убыль. В оставшихся поселениях удельный вес миграции в приросте населения находился в пределах от 8,4 % в Корме до 75,4 % в Копыле (рисунок 2).



**Рисунок 2** – Удельный вес миграции в общем приросте населения агропромышленных городских поселений Беларуси за период 2009–2019 гг.

Наибольший миграционный отток населения за последний межпереписной период имел место в Кореличах (884 чел.), Ивье (818) и Дубровно (773). В общей сложности миграционные потери агропромышленных городских поселений составили 10,3 тыс. чел. Вместе с тем значительный миграционный приток с большим отрывом от других поселений был характерен для Лельчиц (885 чел.) и Ветки (683).

**Заключение.** Таким образом, за период 1999–2019 гг. численность населения агропромышленных городских поселений сократилась на 29,8 тыс. чел., или 6,9 %. Миграционный фактор обусловил 90,7 % общей убыли. Депопуляция отмечена в 47 из 56 населенных пунктов данного типа.

Агропромышленные поселения с ростом численности населения сконцентрированы исключительно в пределах Белорусского Полесья. Крупноселенная форма сельского расселения в данном регионе обеспечивает более высокий уровень социальной и экономической устойчивости локальных систем расселения с центрами в агропромышленных городских поселениях. Позитивную роль в сдерживании миграционных установок играют также меры государственной политики по созданию преференциальных режимов для регионов, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС.

*Исследование выполнено в рамках задания ГПНИ на 2021–2025 гг. (№ГР 20211332) при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь.*

#### Список использованных источников

1. Интерактивная информационно-аналитическая система распространения официальной статистической информации [Электронный ресурс] / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. – Режим доступа : <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Search>. – Дата доступа : 02.01.2024.
2. Официальный сайт Национального статистического комитета Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Белстат. – Минск, 2024. – Режим доступа : <https://www.belstat.gov.by/>. – Дата доступа : 17.01.2024.
3. Перепись населения, 2009 : в 7 т. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь ; редкол.: В. И. Зиновский (пред.) [и др.]. – Минск : Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2010–2011. – Т. 2 : Население Республики Беларусь: его численность и состав, 2010. – 414 с.
4. Сидорович, А. А. Миграция как фактор формирования регионального демографического пространства Беларуси: роль и оценка скрытых масштабов на основе переписей населения 1989–2019 гг. : монография / А. А. Сидорович ; М-во образования Респ. Беларусь, Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина. – Брест : БрГУ, 2023. – 232 с.
5. Сидорович, А. А. Демографическая трансформация рынка труда Беларуси: региональные тенденции, угрозы и пути их преодоления : монография / А. А. Сидорович ; Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина. – Брест : БрГУ, 2021. – 193 с.

#### DEMOGRAPHIC DEVELOPMENT OF AGRO-INDUSTRIAL URBAN SETTLEMENTS OF BELARUS IN 1999–2019

##### A. A. Sidarovich

The article presents the results of an economic and geographical study of the demographic development of agro-industrial urban settlements in Belarus for the period 1999–2019, based on census data and current records of fertility and mortality. The structure of population dynamics factors for intercensal periods has been determined. The prevailing role of migration loss in reducing the demographic potential of this type of settlements has been established.



## БЕЗДОЖДНЫЕ ПЕРИОДЫ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ ЗА ПЕРИОД 2000–2022 гг.

М. А. Хитриков, В. И. Мельник

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

*Проведен анализ продолжительности и частоты бездождных периодов за 2000–2022 гг. на территории Белорусского Полесья. Установлено, что средняя продолжительность бездождных периодов и их число за год существенно не менялись за последние десятилетия. При этом на многих станциях за последние 20 лет были зарегистрированы наиболее продолжительные бездождные периоды за все время.*

*Ключевые слова: изменения климата, агроклиматические ресурсы, бездождные периоды, атмосферные осадки.*

Период современного потепления климата, начавшийся в 1980-х гг., характеризуется также изменениями других метеорологических характеристик: повторяемости и интенсивности неблагоприятных и опасных явлений погоды, а также показателей атмосферного увлажнения. Для территории Беларуси в период современного потепления был характерен устойчивый рост температур воздуха при незначительном изменении годового количества осадков (оно сохраняется на примерно одном уровне с середины текущего столетия) [1–3]. При этом наблюдается изменение характера выпадения осадков: их количество растет в зимний период и переходные сезоны, а летом их количество сокращается [1, 2]; кроме того, растет экстремальность выпадения осадков: начиная с конца 1980-х гг., число дней с осадками интенсивностью более 10 мм/день выросло на 7,5 %, а число дней с осадками интенсивностью более 20 мм/день – на 20 % [4]. Указанные обстоятельства повышают риск засушливых явлений, которые являются наиболее губительными для растениеводства. Важной характеристикой засушливости климата будут повторяемость и продолжительность бездождных периодов, которые напрямую связаны с вероятностью засух. Последнее комплексное исследование характеристик бездождий на территории страны проводилось еще до начала периода современного потепления, в конце 1980-х гг. [5].

**Цели и задачи.** Целью настоящего исследования является оценка текущих изменений климатических и агроклиматических условий (засушливости климата, числа дней без осадков или с осадками малой интенсивности) с использованием информации по пунктам сети гидрометеорологических наблюдений Белгидромета.

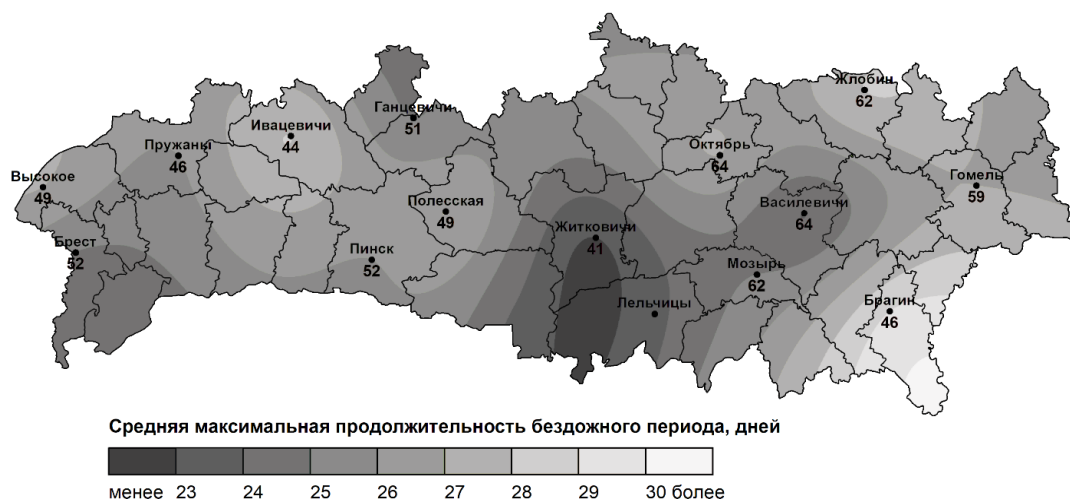
**Материалы и методы.** В данной работе для определения бездождий принимаются исследования В. С. Навроцкой, Е. С. Розовой и С. А. Сапожниковой [5]: бездождный период – это отрезок времени минимальной продолжительностью 10 дней, в течение которых суточная сумма осадков не превышала 1 мм, а далее – с суточной суммой осадков менее 5 мм, если при делении количества осадков на число бездождных дней (после первых 10) получается сумма менее 0,5 мм. При данных условиях атмосферные осадки считаются неэффективными. Бездождья характеризовались продолжительностью (средней и максимальной), а также числом случаев за год. Расчеты проводились для периода 2000–2022 гг. на основе данных, полученных на сети гидрометеорологических наблюдений Белгидромета.

Для территории Белорусского Полесья в период до начала современного потепления было характерно 3–4 бездождных периода за год, а их средняя продолжительность составляла 16–17 дней (таблица). Расчеты за два последних десятилетия показывают, что за период современного потепления климата эти значения не изменились: средняя продолжительность бездождий в настоящее время составляет 17 дней, а их годовая повторяемость составляет 4.

**Таблица** – Средняя и максимальная продолжительности бездождных периодов на метеорологических станциях Белорусского Полесья до начала периода современных изменений климата [5]

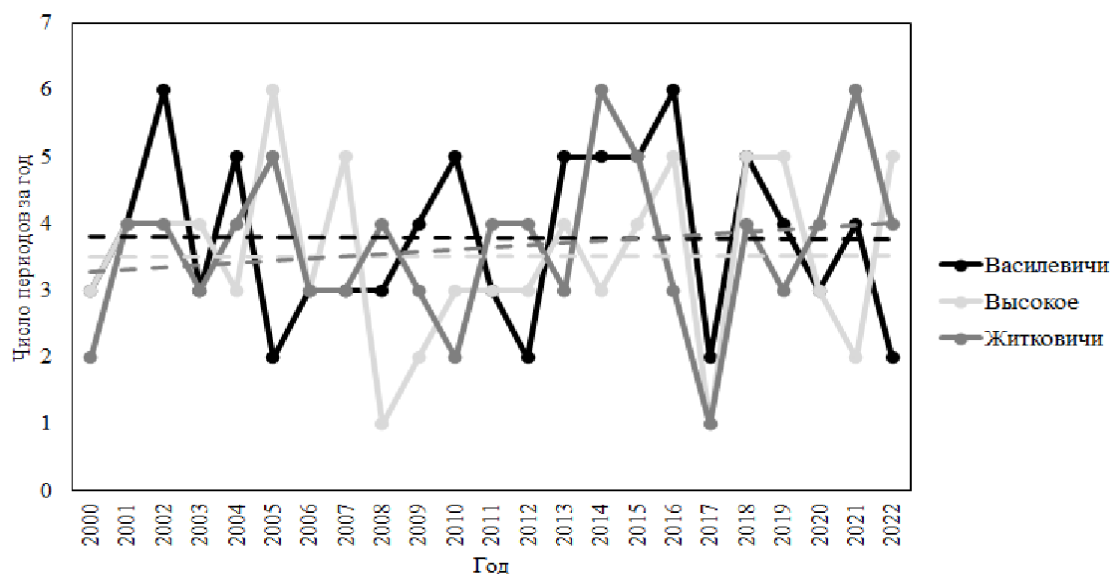
Станция	Сред. продолж., дни	Макс. продолж., дни
Брест	18	46
Василевичи	17	41
Ганцевичи	17	46
Гомель	18	40
Житковичи	17	46
Жлобин	15	38
Пинск	16	56
Пружаны	16	46

Влияние современного потепления становится заметно при рассмотрении максимальной продолжительности бездождий. На рисунке 1 приведены значения средних из максимальных и абсолютных максимумов продолжительности бездождных периодов. Как видно, в настоящее время на территории Белорусского Полесья средняя максимальная продолжительность бездождных периодов в среднем составляет 25–26 дней, при этом эти значения изменяются от 23 дней на станции Житковичи, выделяющейся среди других станций региона повышенным количеством осадков [1, 3], до 29 дней на станции Брагин, являющейся наиболее засушливой во всей Беларуси. Значения абсолютных максимумов за период 2000–2022 гг. составляют от 41 дня на станции Житковичи до 64 дней на станциях Василевичи и Октябрь. Это намного большие значения, чем за период, предшествующий современному потеплению (см. таблицу 1), что наглядно показывает усиление экстремальности погоды в настоящее время.

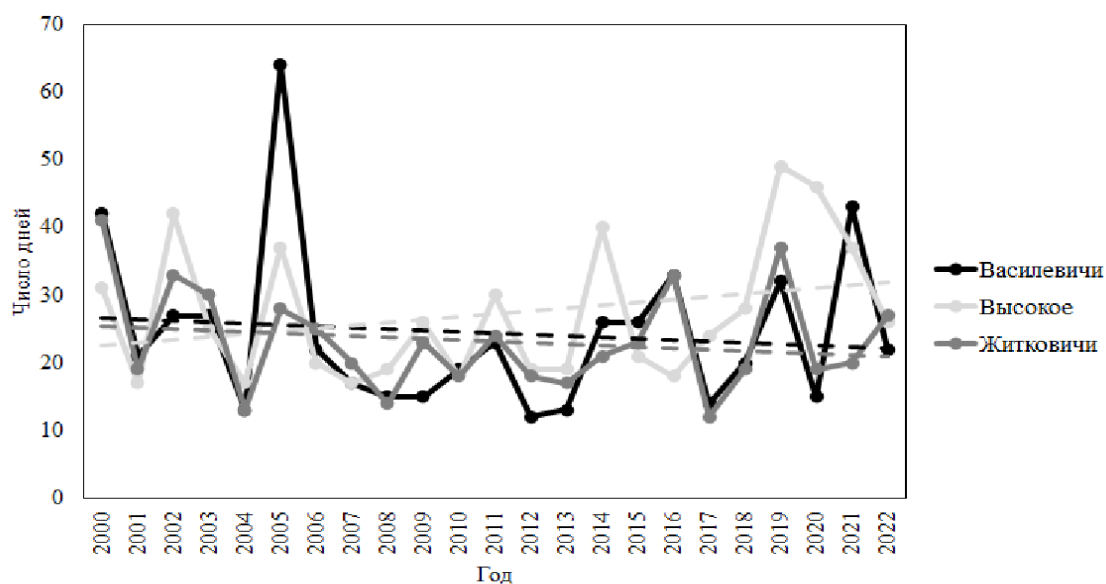


**Рисунок 1** – Средняя максимальная продолжительности бездождных периодов в Белорусском Полесье за период 2000–2022 гг.; значения абсолютных максимумов продолжительности бездождных периодов указаны цифрами возле станций

Рассмотрим динамику изменения числа бездождных периодов и их максимальной продолжительности за год по Полесскому региону. Для этого рассмотрим станции Высокое, Житковичи и Василевичи, которые, будучи расположенными в небольших городах и не имеющие пропусков в рядах данных, будут являться достаточно репрезентативной характеристикой западной, центральной и восточной части Белорусского Полесья соответственно. Полученные результаты приведены на рисунках 2 и 3.



**Рисунок 2** – Число бездождных периодов по годам на станциях Высокое, Житковичи и Василевичи за период 2000–2022 гг.



**Рисунок 3** – Максимальная продолжительность бездождных периодов по годам на станциях Высокое, Житковичи и Василевичи за период 2000–2022 гг.

Как видно из рисунка 2, незначительный рост частоты бездождий за год наблюдается только на станции Житковичи, в Высоком и Василевичах изменений не наблюдается. Максимальное число бездождных периодов для всех станций составляет 6. Также необходимо отметить, что лет без бездождий за 2000–2022 гг. не было зафиксировано.

Наиболее продолжительное бездождье на станции Василевичи было отмечено в 2005 г. (64 дня; аналогичное бездождье было зарегистрировано на станции Октябрь), а на станциях Высокое и Житковичи – в 2019-м (продолжительностью 49 и 41 день соответственно). Важно отметить, что на станциях Василевичи и Житковичи наблюдается тенденция к сокращению средних максимумов продолжительности бездождий, а на станции Высокое она растет. Эта особенность совпадает с общей тенденцией изменения количества осадков на территории Белорусского Полесья, наблюдавшейся до середины 2010-х гг.: на территории Гомельской области наблюдался рост количества осадков, а в западной части Брестской области оно сокращалось [1]. В последние годы эта тенденция изменилась из-за череды засух, которые были наиболее интенсивными в Восточном Полесье, но на общий линейный тренд эта особенность не повлияла.

Таким образом, можно говорить о том, что влияние современного потепления климата на характеристики бездождных периодов проявилось главным образом в усилении их экстремальности: средняя продолжительность и число случаев за год остались на том же уровне, что и до начала современного потепления (1980-е гг.), однако за последние десятилетия на многих станциях были поставлены рекорды абсолютной продолжительности бездождий. Учитывая текущие тенденции изменения осадков и температуры [1–3], следует ожидать сохранения наблюдаемых тенденций изменения продолжительности и числа бездождий за год до середины XXI столетия, далее экстремальность бездождий будет возрастать еще сильнее.

**Благодарности.** Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № X23КУБ-010).

#### Список использованных источников

1. Логинов, В. Ф. Современные изменения климата / В. Ф. Логинов. – СПб : Институт природопользования НАН Беларуси, НПО «Гидротехпроект», 2024. – 267 с.
2. Логинов, В. Ф. Современные изменения регионального и глобального климата / В. Ф. Логинов, С. А. Лысенко. – Минск : Беларуская навука, 2019. – 314 с.
3. Хитриков, М. А. Оценка изменений и прогноз биоклиматического потенциала территории Беларуси : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.03.08 / М. А. Хитриков ; Инст. природопользования НАН Беларуси. – Минск, 2021. – 24 с.
4. Логинов, В. Ф. Изменения характеристик увлажнения на территории Беларуси в 1955–2019 гг. / В. Ф. Логинов, М. А. Хитриков // Природные ресурсы. – 2020. – № 2. – С. 78–93.
5. Гольберг, М. А. Опасные явления погоды и урожай / М. А. Гольберг, Г. В. Волобуева, А. А. Фалей. – Минск : Ураджай, 1988. – 120 с.

---

**DRAINLESS PERIODS ON THE TERRITORY OF BELARUSIAN POLESIE IN 2000–2022**

**M. A. Khitrukau, V. I. Melnik**

*Analysis of duration and yearly frequency of rainless periods from 2000 to 2022 has been performed. It was shown that on average 4 rainless periods per year are recorded in Belarusian Polesie with average duration of 17 days, and these values have not changed comparing to the pre-warming period. At the same time, in the last 20 years the longest rainless periods over the period of instrumental observations were recorded on many weather stations; rainless period of maximum duration of 64 days was recorded in 2005 in Vasilievičy and Akciabrski.*

## ОЦЕНКА ПРОГНОЗИРУЕМОГО УРОВНЯ И ДИНАМИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ СВИНЦОМ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ СВИНЕЦСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

**В. С. Хомич**

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

*Представлена прогнозная оценка загрязнения почв свинцом в санитарно-защитной зоне завода по переработке аккумуляторного лома. Оценка выполнена на основе баланса поступления-выноса элемента в почве. За 40-летний период содержание свинца в почве увеличится от 1,5 до 4 раз. За 11 лет функционирования завода проявилась тенденция увеличения содержания свинца в 20-см слое почвы.*

*Ключевые слова: загрязнение почвы, свинец, прогноз, атмосферные выпадения.*

Проектирование особо ответственных сооружений или экологически опасных объектов сопровождается разработкой прогнозов воздействия на окружающую среду, изменений ими вызванных и их негативных последствий. Нами на основании проектных решений строительства завода по переработке аккумуляторного лома в Березовском районе в 2012 г. была выполнена прогнозная оценка загрязнения почв на 40-летний период – средний нормативный срок износа технологического оборудования. Одновременно был заложен почвенно-геохимический профиль в субширотном направлении в пределах проектной санитарно-защитной зоны (СЗЗ) строящегося завода для наблюдения за изменением содержания тяжелых металлов (ТМ) в почве.

Прогнозирование загрязнения почв ТМ обычно выполняют на основе баланса их поступления-выноса [1, 2]. Для оценки баланса ТМ принимаются во внимание три основные составляющие: исходный запас металла в 20-см слое почвы, поступление с атмосферными выпадениями и ежегодный вынос со стоком.

Исходный запас химических элементов в почве получают на основании измеренных концентраций ТМ. Для оценки поступления ТМ учитывают выпадения от основного источника (в рассматриваемом случае от строящегося завода) и фоновые выпадения, складывающиеся из выпадений от окружающих источников и трансграничного переноса.

Оценка выпадений свинца, как приоритетного загрязняющего вещества в составе пылевых выбросов рассматриваемого предприятия, выполнена с использованием метода аналогов. В качестве аналогов использованы предприятия по производству хрустального стекла – Борисовский хрустальный завод и стеклозавод «Неман» (г. Березовка) – основные эмиттеры свинца в атмосферу на территории Беларуси (соответственно, около 3 и 10 т в год на период исследований – начало 2000-х гг.) и по которым имеются данные по распределению выпадений свинца и накоплению его в почве [3, 4].

Для оценки фоновых выпадений свинца использованы расчетные данные Международного синтезирующего центра «Восток» (МСЦ «Восток», г. Москва). На основании имеющегося опыта оценки выпадений по снежному покрову за период устойчивого его залегания [4, 5] рассчитаны также фоновые выпадения по 3 пробам снежного покрова, отобраным в период проведения исследований.

Поскольку нормативными документами лимитируется предельное содержание химических веществ в почве, выраженное в мг/кг почвы, то для упрощения процедуры прогнозирования целесообразно использовать показатели «приращения-убыли концентраций ТМ в почве» и с учетом исходных концентраций оценивать их по отношению к установленным гигиеническим нормативам – ПДК/ОДК.

Для оценки исходных концентраций ТМ в почве проведено опробование почвенного покрова в пределах и на границе СЗЗ предприятия.

Для рассматриваемого объекта в балансе показателей «приращение-убыль концентраций свинца в почве» приоритетным является приращение концентраций элемента, поскольку, с одной стороны, проектными решениями допускалось, что функционирование строящегося производства будет сопровождаться выбросами в атмосферу около 310 кг свинца в год. С другой стороны – убыль (уменьшение) концентраций свинца в почве за счет выноса с поверхностным стоком будет иметь второстепенное значение, поскольку для рассматриваемой территории характерен равнинный рельеф с незначительными уклонами поверхности и преобладание песчаных, супесчаных и торфяно-болотных почв. В этих условиях вынос химических веществ (особенно во взвешенном состоянии) поверхностным стоком минимален.

Одной из основных задач прогнозирования уровня загрязнения почв в СЗЗ предприятия является оценка интенсивности выпадения ТМ на поверхность почвы. Из литературных источников известно, что основная масса выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ, в том числе ТМ, рассеивается и переносится на значительные расстояния, часть из них выпадает на прилегающей территории [6, 7]. В случае рассматриваемого объекта, вследствие высокой степени очистки образующейся газо-пылевой смеси (более 99,9 % по взвешенному веществу), аэрозольные выбросы будут характеризоваться тонкодисперсным составом и способностью переноситься с воздушными массами на значительное расстояние от источника эмиссии.

**Расчет приращения концентрации свинца в почве по его накоплению в снежном покрове.** Согласно [4], на прилегающих к промплощадкам хрустальных производств территориях (до 500 м от источников выбросов) на подстилающую поверхность выпадает 1050 г свинца на 1 га в год или 105 мг/м<sup>2</sup> в год. При этом вследствие более значительных объемов выбросов в Березовке выпадения свинца здесь составили 1680 г/га (168 мг/м<sup>2</sup>) в год, в Борисове – в несколько раз меньше – 410 г/га (41 мг/м<sup>2</sup>) в год. Выполненные расчеты показали, что в 500 м зонах вокруг стекольных заводов осаждается 32,18–131,88 кг свинца в год в зависимости от объемов выбросов. При этом доля выпадений свинца на прилегающих к промплощадкам территориях в радиусе до 500 м составляет от 1,07 до 1,32 % его общих объемов выбросов. Основная же масса загрязняющего вещества рассеивается и осаждается на удалении от источников выбросов при значительно меньшей интенсивности выпадений на подстилающую поверхность.

Исходя из вышеизложенного, сделано предположение, что выбросы взвешенных частиц на строящемся предприятии по производству свинца после прохождения нескольких стадий очистки будут отличаться значительно меньшими размерами аэрозольных частиц по сравнению с заводами хрустального стекла, работавшими преимущественно без систем газо-пылеочистки, и, следовательно, будут в большей степени вовлекаться в дальний перенос. В этой связи доля выпадений свинца в 500 м зоне равная 1,32 % от его ежегодных выбросов принята как максимально возможная для строящегося свинцового завода.

Таким образом, максимально возможный объем выпадений свинца в 500 м зоне вокруг свинцового завода составит 4,09 кг/год (1,32 % от 310 кг выбрасываемого в атмосферу свинца). При допущении, что выпадения свинца будут относительно равномерно распределяться в 500 м зоне вокруг предприятия, получаем величину интенсивности выпадений свинца на поверхность почвы от рассматриваемого источника – 52,9 г/га в год или 5,3 мг/м<sup>2</sup> в год. Данный уровень выпадений в 10 раз выше среднего значения выпадения свинца на территории Беларуси по данным на 2008 г. – 0,5 мг/м<sup>2</sup> в год [7].

Принимая объемный вес почвы равным 1,5 кг/дм<sup>3</sup> и используя величину интенсивности выпадений свинца на поверхность почвы – 5,3 мг/м<sup>2</sup> в год, рассчитано прогнозируемое приращение содержания свинца в почве в 500 м зоне вокруг строящегося свинцового завода для 20-см слоя почвы – оно составит 0,02 мг/кг почвы в год. За 40-летний период приращение содержания свинца в почве за счет выбросов завода составит 0,8 мг/кг почвы.

С целью оценки местного фонового выпадения ТМ на подстилающую поверхность отобраны 3 пробы снега в СЗЗ строящегося завода. Выполненные химические анализы отобранных проб талых снеговых вод, включая взвешенные вещества, позволили рассчитать, в соответствии с методикой [5], фоновые выпадения свинца на территории СЗЗ строящегося завода. Выпадения свинца в растворенном состоянии составят в среднем 0,70 мг/м<sup>2</sup> в год, в составе взвешенных веществ – 0,26 мг/м<sup>2</sup> в год, суммарно – 0,96 мг/м<sup>2</sup> в год. Полученные данные хорошо согласуются с литературными. Так, например, согласно расчетам МСЦ «Восток», выполненным для участков размером 50х50 км, на территории Брестской области выпадения свинца находились в диапазоне 0,5–1 мг/м<sup>2</sup> в год [8].

На основании данных о выпадении свинца на подстилающую поверхность по результатам анализа снегового покрова рассчитано приращение содержания элемента в 20-см слое почвы в СЗЗ строящегося завода за счет фоновых выпадений. В течении года оно составит 0,003 мг/кг почвы, за прогнозируемый 40-летний период – 0,12 мг/кг почвы.

Сопоставление полученных данных свидетельствует о более значительном прогнозируемом приращении содержания свинца в почве на территории СЗЗ строящегося завода за счет выбросов предприятия по сравнению с фоновыми выпадениями – в 7 раз.

**Расчет приращения концентрации свинца в почве строящегося свинцового завода с учетом интенсивности накопления элемента в почвенном покрове.**

Функционирование предприятий по производству хрустального стекла на протяжении более чем 100 лет в условиях, когда проблеме охраны окружающей среды не уделялось должного внимания, привело к загрязнению окружающей среды, в том числе почвы, на прилегающей территории. Согласно [3], среднее содержание свинца в почве на прилегающей к стекольному заводу «Неман» территории составляет в среднем 227 мг/кг почвы при значительной неоднородности поля загрязнения. Имеющиеся данные о периоде функционирования стекольного завода, уровне загрязнения почвы свинцом, фоновой концентрации элемента в почве позволяют оценить удельное приращение концентрации свинца в почве в расчете на тонну его выбросов в атмосферу.

Учитывая период становления предприятия, перерывы в его деятельности, связанные с войнами и реконструкцией, за период устойчивого функционирования завода с объемом выбросов свинца 10 т в год принят 60-летний период.

За данный период приращение концентрации свинца в почве (за вычетом фоновой – 10 мг/кг) составило 217 мг/кг. Ежегодное приращение составляло 3,62 мг Pb/кг почвы. С учетом ежегодного объема выбросов свинца – 10 т в год рассчитано удельное приращение концентрации свинца в почве на 1 т его выбросов в атмосферу:

$$3,62 \text{ мг Pb/кг почвы} : 10 \text{ т Pb} = 0,362 \text{ мг Pb/кг почвы на 1 т выбросов свинца.}$$

С использованием полученного значения показателя удельного приращения концентрации свинца в почве на 1 т его выбросов в атмосферу (0,362 мг Pb/кг почвы на 1 т выбросов свинца) рассчитано ежегодное приращение концентрации свинца в почве для 500 м зоны вокруг строящегося свинцового завода:

0,362 мг Pb/кг почвы на 1 т выбросов Pb x 0,31 т выбросов Pb = 0,112 мг Pb/кг почвы в год.

За прогнозируемый период (40 лет) приращение концентрации свинца в почве для 500 м зоны вокруг строящегося свинцового завода составит 4,48 мг Pb/кг почвы.

При данном варианте прогноза выпадения свинца на почву составят 345,7 г/га в год или 34,6 мг/м<sup>2</sup> в год. Суммарное выпадение свинца в 500 м зоне вокруг предприятия составит 27,1 кг в год или 8,74 % от общего объема выбросов в атмосферу.

#### **Прогнозная оценка загрязнения почвы сельскохозяйственных земель в СЗЗ.**

Для сельхозземель при прогнозировании загрязнения почвы учитывалось также поступление свинца с минеральными и органическими удобрениями, ядохимикатами и доломитовой мукой, а также вынос с урожаем и внутрипочвенным стоком. Для этих целей привлекались результаты исследований С. Е. Головатого [1]. Выполненный расчет баланса свинца для сельскохозяйственных земель, расположенных в пределах СЗЗ, представлен в таблице.

По первому варианту прогноза – на основании интенсивности атмосферных выпадений и с учетом объемов выбросов – прогнозируемый баланс свинца для сельскохозяйственных земель, расположенных в пределах СЗЗ, будет положительным и составит 18,38 мг/м<sup>2</sup> в год. При этом вклад выпадений от строящегося предприятия составит 27,7 %, что будет меньшей долей по сравнению с его поступлением в составе удобрений и других мелиорантов.

По второму варианту прогноза – на основании интенсивности накопления свинца в почве и с учетом объемов выбросов, прогнозируемый баланс свинца для сельскохозяйственных земель, расположенных в пределах СЗЗ, будет положительным и составит 47,68 мг/м<sup>2</sup> в год. При этом вклад выпадений от строящегося предприятия составит 72,6 %.

**Таблица** – Прогнозируемый баланс свинца в почвах сельскохозяйственных земель в пределах СЗЗ, мг/м<sup>2</sup> в год

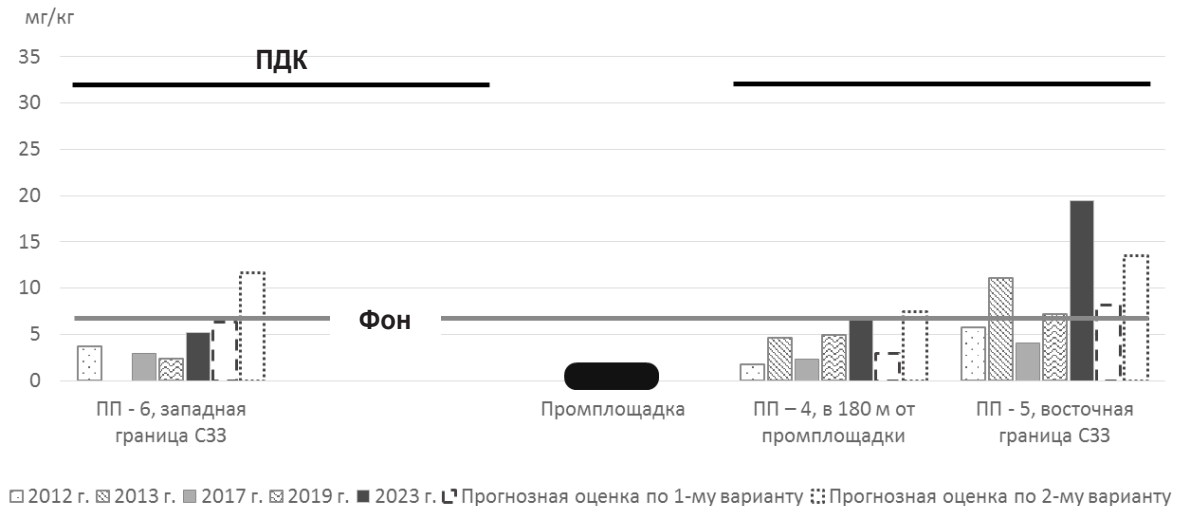
Статья баланса	Вариант прогноза*	
	1-й	2-й
Выпадения от свинцового завода	5,30	34,60
Фоновые выпадения	0,96	0,96
Поступления с удобрениями	14,53	14,53
<b>Всего поступления свинца</b>	<b>20,79</b>	<b>50,09</b>
Вынос с урожаем [1]	2,06	2,06
Вынос со стоком [1]	0,35	0,35
<b>Всего вынос свинца</b>	<b>2,41</b>	<b>2,41</b>
<b>Общий баланс</b>	<b>+18,38</b>	<b>+47,68</b>

Примечание: \* 1-й – на основании интенсивности атмосферных выпадений и с учетом объемов выбросов; 2-й – на основании интенсивности накопления свинца в почве и с учетом объемов выбросов.

Расчеты прогнозируемого приращения содержания свинца в почвах сельскохозяйственных земель, расположенных в пределах СЗЗ, показали, что приращение содержания элемента в 20-см слое почвы за 40-летний период составит 2,45 и 7,79 мг/кг почвы при первом и втором вариантах прогноза соответственно.

Путем суммирования прогнозируемого приращения свинца в 20-см слое почвы и существующих измеренных концентраций элемента в почве получаем прогнозируемое содержание свинца в почве. За 40-летний период оно увеличится от 1,5 раз при первом варианте прогноза, до 4 – при втором. Однако на всех пробных площадках содержание свинца в почве будет оставаться ниже гигиенического норматива – на уровне 0,3–0,5 ПДК.

Результаты наблюдений за изменением концентраций свинца в почве по почвенно-геохимическому профилю за 11-летний период функционирования завода представлены на рисунке.



**Рисунок** – Динамика содержания свинца в почве в санитарно-защитной зоне ООО «БелинвестторгСплав» по профилю «запад – восток» за период 2012–2023 гг.

При межгодовых колебаниях концентраций свинца в почве заметна тенденция к их увеличению на всех трех пробных площадках (ПП). Наиболее высокие концентрации свинца в почве и наибольшее их увеличение за период функционирования завода зафиксированы на ПП-5, расположенной на восточной границе СЗЗ. Меньшие концентрации свинца на ПП-4 обусловлены песчаным сложением почвы и меньшей ее гумусированностью по сравнению с супесчаной среднегумусированной почвой на ПП-5. Зафиксированное более высокое содержание свинца в почве на ПП-5 в 2023 г. (19,6 мг/кг) очевидно связано с расположением здесь в недалеком прошлом хуторов д. Хрисо и попаданием при отборе на локальные геохимические аномалии обусловленные хозяйственной деятельностью.

Как и ожидалось, наименьший прирост концентраций свинца в почве имеет место на западной границе СЗЗ – ПП-6, расположенной на крайнем северо-восточном участке садового товарищества.

О существующей тенденции увеличения содержания свинца в почвах в СЗЗ ООО «Белинвестторг-Сплав» указывается также в работе Н. В. Михальчука и Е. А. Брыль [9]. Показан также высокий уровень азрального загрязнения свинцом естественной растительности и возделываемых сельскохозяйственных культур в зоне воздействия рассматриваемого предприятия [10].

Для предотвращения негативных экологических последствий функционирования ООО «Белинвестторг-Сплав» необходимо осуществление ряда мероприятий технического и организационного характера: соблюдение и контроль регламентов работы воздухоочистного оборудования, разработка дополнительных мер по снижению газопылевыделения в технологических процессах, регламентация природопользования в СЗЗ предприятия.

#### Список использованных источников

1. Головатый, С. Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С. Е. Головатый. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2002. – 240 с.
2. Какарека, С. В. Прогноз загрязнения почв административного района Беларуси тяжелыми металлами / С. В. Какарека, С. В. Саливончик // География и природные ресурсы. – 2017. – №. 3. – С. 179–188.
3. Загрязнение природной среды тяжелыми металлами в зоне производства хрустального стекла / В. С. Хомич, С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик и др. // Весці НАН Беларусі. Сер. хімічных навук. – 2001. – № 1. – С. 98–103.
4. Хомич, В. С. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси / В. С. Хомич, С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик. – Минск : РУП «Минсктиппроект», 2004. – 260 с.
5. Методические рекомендации по оценке загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве / Утв. Зам. Главного санитарного врача СССР. – М., 1990.
6. Какарека, С. В. Трансграничное загрязнение атмосферного воздуха и его регулирование / С. В. Какарека. – Минск : Беларус. навука, 2009. – 320 с.
7. Heavy metals Transboundary Pollution of the Environment. EMEP Status Report 2/2010.
8. Heavy Metals: Transboundary Pollution of the Environment. EMEP Status Report 2/2003. Meteorological Synthesizing Centre–East, Chemical Co-ordinating Centre. 2003.



9. Михальчук, Н. В. Особенности накопления тяжелых металлов в почвах импактной зоны ООО «Белинвесторг-Сплав» (Белоозерск) // Н. В. Михальчук, Е. А. Брыль / Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды: мат-лы V Междунар. науч.-практ. конф. (Брест, 27–29 сентября 2021): в 2 ч. – Брест : БрГУ, 2021. – Ч. 2. – С. 132–136.

10. Михальчук, Н. В. Особенности накопления тяжелых металлов в растениях зоны влияния предприятий по переработке свинецсодержащих отходов / Н. В. Михальчук, Е. А. Брыль // Природопользование. – 2022. – № 2. – С. 122–135.

#### **ASSESSMENT OF THE PREDICTED LEVEL AND DYNAMICS OF POLLUTION SOIL WITH LEAD WHEN PROCESSING LEAD-CONTAINING WASTE**

**V. S. Khomich**

A predictive assessment of soil contamination with lead in the sanitary protection zone of a battery recycling plant is presented. The assessment is made on the basis of the element's in-out balance. Over a 40-year period, the lead content in the soil will increase from 1.5 to 4 times. Over the 11 years of operation of the plant, there was a tendency to increase the lead content in the 20 cm soil layer.

УДК 551.583

## МАКСИМАЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ПРЕДЕЛАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

Т. А. Шелест

Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Беларусь

*В статье рассмотрены средние максимальные и абсолютные максимальные температуры воздуха по метеостанциям Белорусского Полесья в современный период потепления климата (1991–2020 гг.), а также число дней с максимальной температурой воздуха выше 25, 30 и 35°C.*

*Ключевые слова: Белорусское Полесье, температуры воздуха, абсолютный максимум, потепление климата.*

**Введение.** Температурный режим территории Полесья определяется рядом факторов, среди которых особенности циркуляции атмосферы, рельеф местности, характер подстилающей поверхности. Наблюдаемое потепление климата сопровождается изменением составляющих теплового и водного балансов, приводя к росту температур воздуха, а также изменением агроклиматических показателей.

Рост температур воздуха, активизировавшийся во второй половине 1980-х гг., продолжается и в настоящее время. Многие следствия этого потепления мы уже наблюдаем – теплые зимы, раннее наступление весенних процессов, увеличение повторяемости и продолжительности засух и засушливых явлений, увеличение частоты и продолжительности эпизодов сильной жары и др. [1]. Одним из наиболее ощутимых проявлений потепления является рост температур воздуха в летний период, особенно это касается максимальных температур. С ростом температур связаны и увеличения количества опасных метеорологических явлений. К числу таких явлений относится и жара, которая в отдельные годы охватывает значительную часть территории страны и отличается относительной продолжительностью во времени, хотя и не фиксируется ежегодно [2]. Высокие температуры воздуха отрицательно сказываются на состоянии здоровья населения, провоцируют лесные пожары, снижают урожайность сельскохозяйственных культур, способствуют загрязнению водных ресурсов и т.п. Оценка влияния жары на здоровье населения, хозяйственную сферу и разработка соответствующих защитных мер являются одним из направлений деятельности ряда международных организаций, в том числе и Всемирной организации здравоохранения.

Белорусское Полесье – самый теплый регион страны, отличающийся наибольшей теплообеспеченностью и продолжительностью вегетационного периода. Кроме того, он подвергся существенному антропогенному преобразованию, сопровождавшемуся изменением подстилающей поверхности и теплофизических свойств почв в результате интенсивных мелиоративных работ [3].

Цель настоящего исследования – проанализировать максимальные температуры воздуха в пределах Белорусского Полесья в современный период потепления климата, выявить особенности их пространственного распределения.

**Методы исследования и исходные данные.** Исходными данными для исследования послужили материалы наблюдений Республиканского гидрометеорологического центра за температурным режимом. При этом рассматривались средние максимальные и абсолютные максимальные температуры воздуха по метеостанциям Белорусского Полесья в современный период потепления климата (1991–2020 гг.), а также число дней с максимальной температурой воздуха, равной или выше 25, 30 и 35°C. Выбор периода 1991–2020 гг. для исследования обусловлен тем, что именно этот период используется в настоящее время для определения климатических норм. Кроме того, он совпадает с периодом, когда в Беларуси начался устойчивый рост температур воздуха, продолжающийся и в настоящее время, т.е. отражает условия современного периода потепления климата.

Рассматривались данные наблюдений 9 метеорологических станций Белорусского Полесья: Брест, Пинск, Полесская, Житковичи, Октябрь, Василевичи, Мозырь, Брагин и Гомель.

Средняя максимальная температура воздуха рассчитывалась как среднее значение из максимальных температур воздуха за каждые сутки. Она характеризует температуру наиболее теплой части суток.

**Результаты и их обсуждение.** Среднегодовая температура воздуха в пределах Белорусского Полесья за период 1991–2020 гг. составляет 7,9°C. Средняя температура теплого периода года – 14,3, холодного – -1,0°C. В самом теплом месяце (июле) средняя месячная температура воздуха достигает 19,7°C, в июне она составляет 17,9°C, в августе – 18,7°C.

Наблюдаемое потепление климата сопровождается ростом как средних, так и максимальных температур воздуха. В таблице 1 представлены средние месячные значения максимальных температур воздуха по метеостанциям Белорусского Полесья за период 1991–2020 гг.

Таблица 1 – Средняя максимальная температура воздуха, °С

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Брест	0,1	1,7	7,0	14,4	20,2	23,5	25,6	25,0	19,2	12,6	6,0	1,4	13,1
Пинск	-0,4	1,1	6,7	14,7	20,7	24,0	25,8	25,3	19,2	12,5	5,5	0,9	13,0
Полесская	-0,8	0,8	6,4	14,6	20,3	23,7	25,5	25,1	19,3	12,5	5,2	0,6	12,8
Житковичи	-0,8	0,9	6,4	14,7	20,6	24,0	25,7	25,0	19,1	12,3	5,1	0,5	12,8
Октябрь	-1,5	0,0	5,6	14,2	20,3	23,8	25,6	24,8	18,8	11,7	4,3	-0,2	12,3
Мозырь	-1,6	-0,1	5,7	14,4	20,5	23,9	25,8	24,9	19,0	11,8	4,3	-0,4	12,3
Василевичи	-1,4	0,1	5,9	14,6	20,5	24,0	25,7	25,0	19,2	12,0	4,4	-0,1	12,5
Гомель	-1,8	-0,5	5,4	14,1	20,5	23,9	25,9	25,1	19,0	11,5	4,0	-0,5	12,2
Брагин	-1,4	0,0	5,9	14,6	20,6	24,1	26,0	25,2	19,3	12,2	4,6	-0,2	12,6

Анализ таблицы 1 показывает, что во все месяцы года средние значения максимальных температур воздуха достаточно высоки, но имеются региональные и внутригодовые отличия в пределах Полесья. Так, в холодный период года наименьших значений средние максимальные температуры воздуха достигают в Гомеле, наибольших – в Бресте. В летние месяцы наибольшие значения максимальных температур характерны для Брагина. В целом отличия в средних максимальных температурах по территории Полесья наиболее выражены с ноября по февраль. С апреля же по октябрь отличия составляют 0,5–0,6 °С. Наибольшая амплитуда среднемесячных максимальных температур характерна для восточной части региона, наименьшая – для западной.

В таблице 2 представлены абсолютные значения максимальных температур воздуха по месяцам года на метеостанциях Белорусского Полесья, которые фиксировались за период 1991–2020 гг., а также указан год, когда они наблюдались.

Таблица 2 – Абсолютный максимум температур воздуха, °С

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Брест	11,6 1993	15,1 2017	20,3 2014	30,3 2012	31,6 2005	34,0 2019	36,1 1994	36,7 2015	34,4 2015	25,3 1999	19,0 2002	13,2 2015	36,7 2015
Пинск	11,2 2007	14,2 2002	20,7 2014	30,2 2012	31,8 2003	34,0 2019	35,8 2001	35,8 2015	35,5 2015	25,3 1999	20,3 2002	11,8 2015	35,8 2015
Полесская	11,0 2007	13,8 2002	21,2 2014	29,9 2012	32,2 2000	33,9 2002	34,9 2001	35,8 1992	35,5 2015	25,9 1999	20,7 2002	11,8 2009	35,8 1992
Житковичи	11,2 1994	14,7 2002	21,4 2014	30,4 2012	33,1 2007	34,2 2012	35,5 1999	36,5 2008	35,6 2015	26,2 1999	20,0 2002	12,6 2011	36,5 2008
Октябрь	10,2 2007	12,8 2002	21,0 2014	29,6 2012	33,7 2007	34,7 2002	35,8 2010	37,9 2010	34,5 2015	25,2 1999	18,8 2002	13,0 2009	37,9 2010
Мозырь	10,7 1993	14,5 1998	21,6 2014	29,5 2012	33,2 2007	34,3 2002	36,2 2001	36,4 2010	34,9 2015	26,6 1991	19,1 2002	12,3 2009	36,4 2010
Василевичи	10,3 1993	13,9 2008	21,5 2014	30,3 2012	33,0 2007	34,6 2002	35,6 2010	37,6 2010	34,1 2015	26,5 1999	17,7 2010	12,3 2009	37,6 2010
Гомель	9,6 2007	14,5 2008	21,5 2014	29,3 2012	32,5 2007	34,0 1998	35,9 2010	38,9 2010	34,9 2015	27,5 1999	18,0 2010	11,6 2008	38,9 2010
Брагин	10,3 2007	16,5 2008	22,0 2014	29,0 2012	32,5 2007	33,7 2019	35,5 2015	38,1 2010	34,4 2015	26,6 1999	18,5 1994	12,6 2008	38,1 2010

Анализ таблицы 2 показывает, что абсолютный максимум температур воздуха по всем полесским метеостанциям зарегистрирован в июле, причем наибольший он был в Гомеле в 2010 г. и составил 38,9°С. Для всех метеостанций Гомельской области, кроме Житковичей, абсолютный максимум температур воздуха был зарегистрирован в 2010 г.

В остальные месяцы года абсолютные максимумы температур наблюдались как в одни и те же, так и в разные годы. Так, в феврале максимум был зарегистрирован на большинстве метеостанций в 2002 или 2008 гг., в марте и апреле – повсеместно в 2014 г. и 2012 г. соответственно. Майский максимум по всем метеостанциям Гомельской области зафиксирован в 2007 г. Июньские и июльские максимумы наблюдались в разные годы. Абсолютные максимумы температур в осенние месяцы в основном приходятся на одни и те же годы. Так, в сентябре – это 2015 г., в октябре – 1999 г., в ноябре – 2002 г.

Выполнен анализ среднего за год количества дней с максимальной температурой воздуха выше 25, 30 и 35°С (таблица 3).

**Таблица 3** – Среднее за год число дней с максимальной температурой воздуха выше 25, 30 и 35 °С

Станция	Число дней с температурой $\geq$			Станция	Число дней с температурой $\geq$		
	25 °С	30 °С	35 °С		25 °С	30 °С	35 °С
Брест	53,5	11,7	0,6	Мозырь	55,8	13,4	0,6
Пинск	56,4	13,4	0,6	Василевичи	57,2	12,3	0,6
Полесская	54,1	11,7	0,1	Гомель	57,5	13,2	0,8
Житковичи	55,5	13,4	0,5	Брагин	59,1	13,3	0,6
Октябрь	53,9	12,9	0,8				

Анализ таблицы 3 показывает, что в современный период потепления климата примерно 56 дней в году максимальная температура воздуха достигает 25°С и выше, чаще всего в Брагине. Около 13 дней в году температура достигает или превышает 30°С. Выше 35°С температура воздуха поднимается по всем метеостанциям Полесья, однако это наблюдается не ежегодно. При этом год от года бывают заметные отличия. Так, например, в 2010 г., который отличался своими высокими температурами в летний период, количество дней с максимальной температурой воздуха выше 25°С в Гомеле составило 81, выше 30°С – 41, выше 35°С – 16.

Сравнение показателей числа жарких дней с температурой воздуха выше 25, 30 и 35°С с таковыми за предыдущий 30-летний период (1961–1990) показало, что число дней с температурой воздуха выше 25°С выросло примерно на 25 %, а число дней с температурой воздуха выше 30 и 35°С – более чем в 2 раза, что особенно выражено на востоке региона.

Периоды с высокими температурами воздуха относятся к опасным метеорологическим явлениям, их частота, продолжительность и интенсивность растут, а неблагоприятное воздействие на сельское хозяйство, транспорт, здравоохранение усиливается. Смещение максимальной скорости потепления на летний период приводит к наиболее значимым изменениям характеристик эпизодов сильной жары в текущем столетии [1].

**Закключение.** Таким образом, наблюдаемое потепление климата сопровождается ростом как средних, так и максимальных температур воздуха во все месяцы года. В холодный период года наименьших значений средние максимальные температуры воздуха достигают в Гомеле, наибольших – в Бресте. В летние месяцы наибольшие значения максимальных температур характерны для Брагина. Абсолютный максимум температур воздуха в пределах Белорусского Полесья зарегистрирован в Гомеле в июле 2010 г. и составил 38,9°С. В современный период потепления климата примерно 56 дней в году максимальная температура воздуха достигает 25°С и выше, 13 дней – 30°С. Число дней с температурой воздуха выше 25°С выросло примерно на 25%, а число дней с температурой воздуха выше 30 и 35°С – более чем в 2 раза, что особенно выражено на востоке региона.

#### Список использованных источников

1. Логинов, В. Ф. Анализ изменения частоты и интенсивности эпизодов сильной жары в Беларуси в период современного потепления климата и предшествующие десятилетия / В. Ф. Логинов, М. А. Хитриков // Гидрометеорология и образование. – 2022. – № 4. – С. 6–13.
2. Иванов, Д. Л. Методологические аспекты неоднозначности трактовки понятия «жара» / Д. Л. Иванов, А. П. Недобега // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания. ICER – 2023 : сборник науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф. «Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды», Брест, 16–17 октября 2023 г. / Министерство образования Респ. Беларусь, Брест. гос. технич. ун-т ; под ред. А. А. Волчека [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2023. – С. 160–172.
3. Данилович, И. С. Современные изменения климата Белорусского Полесья: причины, следствия, прогнозы / И. С. Данилович, В. И. Мельник, Б. Гейер // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. – 2020. – № 1. – С. 3–13.

#### MAXIMUM AIR TEMPERATURES WITHIN THE BELARUSIAN POLESIE IN THE MODERN PERIOD OF CLIMATE WARMING

**T. A. Shelest**

The article considers the average maximum and absolute maximum air temperatures at the meteorological stations of the Belarusian Polesie in the modern period of climate warming (1991–2020), as well as the number of days with a maximum air temperature above 25, 30 and 35 °С.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ШУХАРТА В ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

**В. Н. Штепа, С. В. Тыновец**

Полесский государственный университет, г. Пинск, Беларусь

*Определены задачи информационно-аналитических систем в рамках использования мелиоративных мероприятий. Предложена структура такой системы контроля на основе обработки возмущающих воздействий. Проведена оценка использования контрольных карт Шухарта для оценки урожайности полейдеров.*

*Ключевые слова: информационно-аналитическая система, мелиоративное мероприятие, контрольные карты Шухарта.*

Аллювиальные почвы Белорусского Полесья, площадь которых составляет более 300 тыс. га [1], являются важным резервом кормовой базы государства. Потенциальные возможности таких земель и современный уровень мелиоративного земледелия позволяют значительно повысить их продуктивность, основываясь, в том числе, на концептах Статьи 4 Закона Республики Беларусь «О мелиорации земель», с широким использованием научной, технической, экономической и экологической обоснованности проведения мелиоративных мероприятий.

К современным подходам относится обоснованное внедрение информационно-аналитических решений, которые обеспечат удаленный контроль (определение отклонений характеристик от технологически необходимых) эффективности протекания процессов и предупреждение (недопущение) нештатных ситуаций при агропроизводстве [2–4], среди прочего:

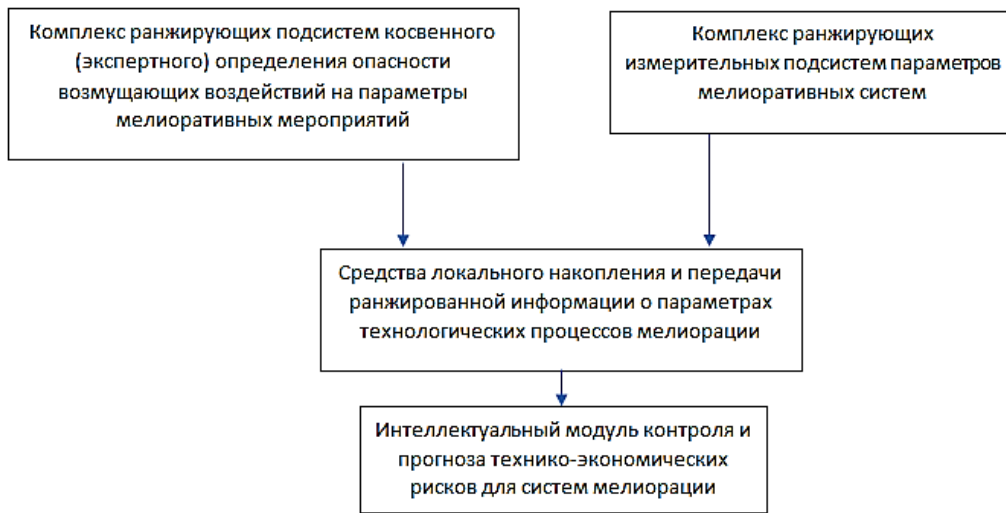
- проведение комплексной оценки факторов, влияющих на продуктивность пойменных почв в границах полейдерных систем;
- системный анализ полейдерных систем и выявление путей повышения эффективности управления мелиоративными мероприятиями в их пределах;
- оценку технико-экономических показателей продуктивности пойменных почв.

При этом одной из ключевых задач является превентивное выявление возмущающих воздействий негативных технологических факторов – значения показателей протекания производственных процессов, которые вызывают (могут вызвать) любые воздействия, не предусмотренные технологическими требованиями к мелиорации и ведущие к нарушению соответствующих регламентов.

В рамках повышения эффективности устранения таких нештатных ситуаций предлагается структура информационно-аналитической системы (ИАС) мелиоративных мероприятий с учетом экспертных мнений (рисунок 1). При этом ИАС должна включать необходимый и достаточный перечень программного обеспечения, реализующего математический аппарат, поддерживающий управленческие решения. Таким критериям соответствуют контрольные карты Шухарта (ККШ), с помощью которых выполняется статистическое управление – методология установления и поддержания процесса на приемлемом и стабильном уровне, обеспечивающем соответствие продукции и услуг установленным требованиям [5].

Метод контрольных карт помогает оценить, достиг ли процесс управляемого состояния [5]: если процесс управляем, то считается, что он стабилен и предсказуем, и тогда далее следует анализировать способность процесса удовлетворять требованиям потребителя; контрольные карты также могут использоваться для непрерывной регистрации характеристик качества по мере работы процесса; кроме того, контрольные карты помогают выявлять необычные структуры вариации данных, возникающие в повторяющихся процессах, и обеспечивают критерии выявления потери статистической управляемости; их использование ведет к улучшению понимания процессов и часто способствует обнаружению путей для ценных улучшений.

При критических изменениях или отклонениях в мелиоративных системах, установленных на основе математических подходов ККШ, необходимо провести внеплановую (периодическую) ревалидацию, с корректировкой существующего графика валидационных работ.



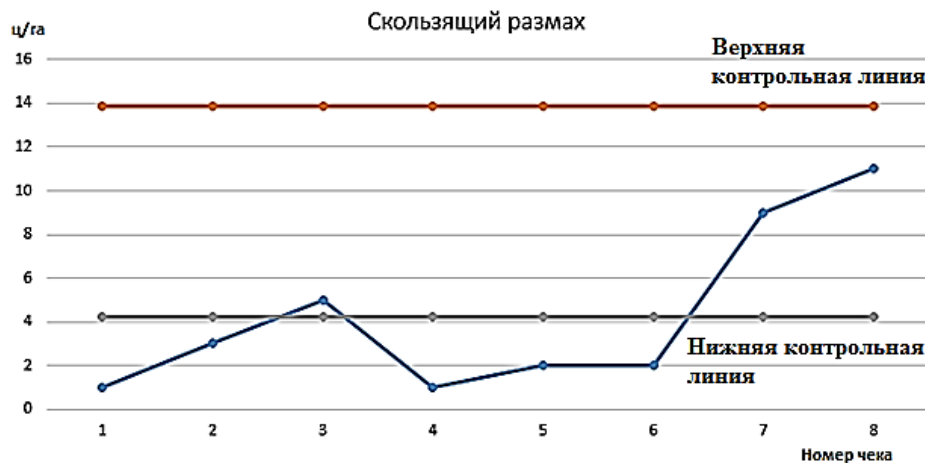
**Рисунок 1** – Структура информационно-аналитической системы контроля мелиоративных мероприятий на основе обработки возмущающих воздействий

В рамках оценочного статистического (численного) эксперимента проанализируем эффективность регулирования продуктивности многолетних трав [6] на примере урожайности при затоплении на 7 суток двукисточника тростникового на девяти чеках (таблица).

**Таблица** – Эффективность регулирования продуктивности (ц/га) двукисточника тростникового на девяти чеках

№ п/п чека	Урожай факт, ц/га	Урожай план, ц/га	Недоурожай, ц/га
1	83	85	-2
2	85	88	-3
3	90	90	0
4	84	89	-5
5	78	82	-4
6	83	85	-2
7	75	79	-4
8	65	78	-13
9	71	73	-2

Тогда, используя математический аппарат ККШ, получили графическую интерпретацию скользящего размаха урожайности выращивания многолетних трав (рисунок 2).



**Рисунок 2** – Скользящий размах (согласно нотаций контрольных карт Шухарта) оценки продуктивности двукисточника тростникового на девяти чеках

На основании анализа полученных данных (см. рисунок 2) были обнаружены нестабильности технологических процессов:

- продуктивность чеков № 1, № 2, № 4, № 5, № 6 выходит за нижнюю контрольную линию;
- продуктивность чека № 3 находится на границе нижней контрольной линии.

Результаты использования ККШ (см. рисунок 2) создают критическую необходимость детального анализа качества производственных операций, выполненных на указанных чеках.

Необходимо отметить, что в роли входных статистических факторов можно использовать и те параметры, которые более динамично изменяются и которые можно измерять как в режиме реального времени [7] (например, показатели состава водных растворов: уровень воды, pH, окислительно-восстановительный потенциал, электропроводность, мутность), так и получить от экспертов-технологов (например: эффективность подготовки чеков, качество удобрений, состояние агропроизводственных культур в конкретные периоды их роста), что позволит превентивно устранить потенциальные технико-экономические риски для мелиоративных мероприятий.

**Заключение.** С учетом того, что контрольные карты Шухарта являются практическим и доступным инструментом системного анализа и позволяют наперед идентифицировать критические ситуации их целесообразно использовать в математическом ядре ИАС мелиоративных мероприятий с целью анализа контрольных точек и прогноза рисков возникновения нештатных ситуаций.

#### Список использованных источников

1. Анженков, А. С. Состояние мелиоративных систем в Беларуси: задачи и перспективы / А. С. Анженков, Н. Н. Линкевич // Мелиорация. – № 1 (99). – С. 5–12.
2. Щедрин, В. Н. Подходы к формированию информационной системы «Цифровая мелиорация» / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов, А. В. Слабунова, А. А. Завалин // ИТиВС, 2020, выпуск 1. – С. 53–64.
3. Хаширова, Т. Ю. Применение информационных технологий в вопросах охраны и мелиорации природных ландшафтов / Т. Ю. Хаширова // Природообустройство. – 2011. – № 1. – С. 22–28
4. Штепа, В. Н. Структура оперативного мониторинга влияния мелиоративных систем на экологическую безопасность водных объектов / В. Н. Штепа, С. В. Тыновец. – Минск : РИПО, 2022. – С. 53–55.
5. ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015 Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 42 с.
6. Урожайность сеяных трав, возделываемых на польдерных лугах при различных режимах поемности / А. Ф. Веренич, С. В. Тыновец, И. Э. Бученков // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук : навука-практычны журнал. – 2011. – № 1. – С. 34–42.
7. Штепа, В. Н. Концептуальная схема информационной системы контроля состояния мелиоративных комплексов / В. Н. Штепа, С. В. Тыновец // Перспективы и потенциал использования мелиорированных земель (Скоропановские чтения): материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 2–3 ноября 2023 г. / Институт мелиорации. – Минск : Беларуская навука, 2024. – С. 151–155.
8. Автоматизований агрегат внесення меліорантів в умовах надзвичайних ситуацій / Ф. І. Гончаров, / В. М. Штепа, М. А. Сироватка, Б. Ф. Кізюн // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка: збірник наукових праць / ред. Д. Мазоренко. – Харків : ХНУТСГ, 2010. – Вип. 102. – С. 74–77.

#### USE SHEWHART CONTROL CHARTS IN INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEMS FOR MELIORATION DEVELOPMENTS

**V. N. Shtepa, S. V. Tynovetc**

The tasks information and analytical systems within the framework of the use of melioration developments are determined. Structure such control system based on the processing disturbing influences is proposed. The use shewhart control charts for estimating polder yields were assessed.

УДК 631.432:519.22

## РОЛЬ И ОЦЕНКА ПОЧВ В СМЯГЧЕНИИ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В АГРОЛАНДШАФТАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

В. М. Яцухно<sup>1</sup>, А. Н. Червань<sup>1</sup>, В. И. Мельник<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup> Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

*Отмечается, что в последние три десятилетия в результате проявления негативных последствий изменения климата на территории Белорусского Полесья, вызванных ростом температур воздуха, учащением волн тепла, усилением дефицита осадков в вегетационный период и др., увеличилась повторяемость и продолжительность засух и засушливых явлений. Их отрицательное влияние, особенно на растениеводческую отрасль, во многом обусловлено преобладанием в структуре сельскохозяйственных земель агроландшафтов легких песчаных, рыхлых супесчаных автоморфных и осушенных минеральных и органогенных почв, наиболее уязвимых к климатическим изменениям. Приведены сведения о повторяемости почвенных засух, цикличности в водообеспеченности почв, отражены методические подходы и результаты оценки степени их уязвимости к проявлению засух с определением внутрорегиональных различий.*

*Ключевые слова:* климатические изменения, почвенные засухи, уязвимость почв, влажность почв, Белорусское Полесье.

**Введение.** Наблюдаемое в последние несколько десятилетий изменение климатических условий на территории Беларуси наиболее существенно проявилось в Белорусском Полесье. Особенно негативно последствия таких изменений затронули аграрную отрасль экономики, нанося значительный экономический ущерб и создавая экологическую угрозу ее растениеводческому сектору. К числу важнейших дестабилизирующих факторов принадлежат засухи, все чаще и продолжительнее проявляющиеся в регионе. Они протекали особенно интенсивно в 1992–1996 гг., а также в 1999, 2000, 2006, 2009, 2010, 2012–2016, 2018, 2019, 2022, 2023 гг.

За последний 75-летний период метеорологических наблюдений произошла трансформация частоты засух. Если в первой половине этого периода был характерен 4–5-летний цикл их колебаний, то в последние два десятилетия он сменился на более частую 1–2-летнюю цикличность [1]. Усиление в регионе потепления, вызванного климатическими изменениями, способствовало выделению здесь новой (четвертой) агроклиматической области, в состав которой вошла значительная часть территории Брестской и Гомельской административных областей республики. В среднем в указанной агроклиматической области сумма температур выше 10 °С за период активной вегетации колеблется от 2607 °С в ее северной части до 2740 °С – в южной. За этот период в новой агроклиматической области отмечены наименьшие значения гидротермического коэффициента увлажнения (ГТК) для территории Беларуси, который изменяется от 0,9 до 1,3, а в период засух опускается и до более низких величин. В отдельные годы (1992, 2002, 2010, 2013, 2015) значения ГТК по некоторым пунктам наблюдений в регионе в августе снижались до 0,2–0,3, что характеризует условия увлажнения как сухие и очень сухие.

В сложившихся условиях с целью разработки мероприятий по смягчению последствий проявления засух ключевая роль отводится результатам оценки уязвимости почв сельскохозяйственных земель к засухам. Как известно, почвы в зависимости от их водопоглощающей способности и других водно-физических характеристик обладают известными буферными свойствами и способны снижать негативные воздействия засух.

**Объекты и методы исследования.** Объектом выполненного исследования являлись почвы сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья площадью свыше 2,9 млн. га, представленные более чем 230 почвенными разновидностями, различающиеся по степени гидроморфизма, – от автоморфных до глееватых и глеевых, гранулометрическим составом почвообразующих пород – от рыхлых песчаных до суглинистых и осушенных торфяных почв, а также охватывающие все распространенные на территории Беларуси генетические типы почвообразования [2]. В качестве ключевых показателей для определения степени уязвимости почв к засухам предлагается использовать величины их влагозапасов, отражающие агрегированную оценку количества доступной влаги, обусловленной балансом осадков, почвенной влаги, испарения и различных видов водного стока.

Для оценки влагозапасов почв Белорусского Полесья анализировались подекадные результаты запасов продуктивной влаги в слое 0–20 см на наблюдательных полевых участках 17 метеостанций Брестской и Гомельской областей за вегетационные периоды (апрель–октябрь) в течение 1989–2022 гг. Проведение работ осуществлялось в соответствии с ТКП 17.10-09-2008 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование».



Гидрометеорология. Правила организации агрометеорологических наблюдений и работ». Как известно, запасы продуктивной влаги в почве могут изменяться от избыточных (запасы влаги выше предельной полевой влагоемкости – ППВ) до полного отсутствия продуктивной влаги (влажность завядания – ВЗ). Верхним пределом оптимального содержания влаги в почве принимается ППВ – влага, удерживаемая сорбционными и капиллярными силами, а нижним – интервал влаги, равный 0,6–0,8 ППВ [3], что соответствует влажности разрыва капилляров (ВРК). Последняя категория влаги в почве отражает величину влажности, при которой подвешенная влага в процессе испарения теряет склонность и перестает передвигаться к испаряющей поверхности и является нижним пределом доступной растениям влаги. Таким образом, для параметризации влагообеспеченности почв выбран диапазон между величинами двух почвенно-гидрологических констант: ППВ и ВРК.

**Результаты и их обсуждение.** Отличительной особенностью климатических изменений на территории Белорусского Полесья за последние 35 лет является устойчивое повышение температуры воздуха, которое наиболее выражено в зимний (декабрь–февраль), весенний (март–апрель) и летний (июнь–август) сезоны. Как показали исследования, годовая температура воздуха в регионе за 1989–2022 гг. увеличилась на 1,4 °С по сравнению с климатической нормой (1961–1990 гг.) и, согласно последнему прогнозу, может возрасти к 2050 г. от 2,3 °С до 2,8 °С.

В качестве меры оценки влагообеспеченности почвы определенного генезиса, гидроморфизма и гранулометрического состава было принято число дней за год или за вегетационный период, в течение которых содержание влаги в слое 0–20 см превышает ППВ и ниже ВРК. Последняя агрогидрологическая константа означает начальную степень повреждения сельскохозяйственных культур из-за засух и служит ключевым индикатором, определяющим степень уязвимости почв к рассматриваемому климатическому явлению. Обобщение обширной базы данных влагозапасов почв за 35-летний период позволило количественно определить дифференциацию их состояния по данному критерию (таблица).

**Таблица** – Группировка почв сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья по степени уязвимости к засухам

Степень гидро-морфизма	Гранулометрический состав почв и особенности подстилая/сменяемости почвообразующих пород	Среднегодовое количество дней вегетационного периода (апрель–октябрь) с содержанием влаги в слое 0–20 см почвы		Группа	
		ниже ВРК	выше ППВ		
Авто-морфные, оглеенные внизу и на контакте с подстилающей породой	Дерново-подзолистые, дерновые и дерново-карбонатные автоморфные				
	Рыхло- и связнопесчаные, подстилаемые песками, реже на глубине 0,6–0,9 м более связными породами, иногда с их прослойками	152	45	1	
	Рыхло- и связнопесчаные, подстилаемые связными породами и гравийно-хрящеватые песчаные	144	46	1	
	Рыхлосупесчаные, переходящие в связносупесчаные, реже подстилаемые с глубины 0,8 м более связными породами	133	46	1	
	Рыхлосупесчаные, подстилаемые моренными песками и супесями	125	47	2	
	Рыхло- реже связносупесчаные с прослойкой на глубине легкими и средними суглинками	117	48	2	
	Связно- реже рыхлосупесчаные, сменяемые рыхлыми песками	103	49	2	
	Связносупесчаные, реже легкосуглинистые, иногда подстилаемые моренными суглинками	95	50	2	
Временно избыточно увлажненные	Легко- и среднесуглинистые, подстилаемые песками, реже моренными суглинками	87	50	3	
	Рыхлосупесчаные и связнопесчаные, сменяющиеся рыхлыми песками	97	40	2	
	Связносупесчаные, подстилаемые песками, реже моренными суглинками	93	43	2	
	Связно- и рыхлосупесчаные, подстилаемые с глубины моренными супесями, реже суглинками	89	46	3	
	Рыхлосупесчаные и связнопесчаные, сменяющиеся связными песками или подстилаемые на глубине супесями	85	45	3	
	Дерново-подзолистые, дерновые и дерново-карбонатные заболоченные				
	Рыхлосупесчаные, сменяющиеся рыхлыми песками, и рыхло-песчаные мощные, иногда подстилаемые связными породами	57	47	3	

Продолжение таблицы

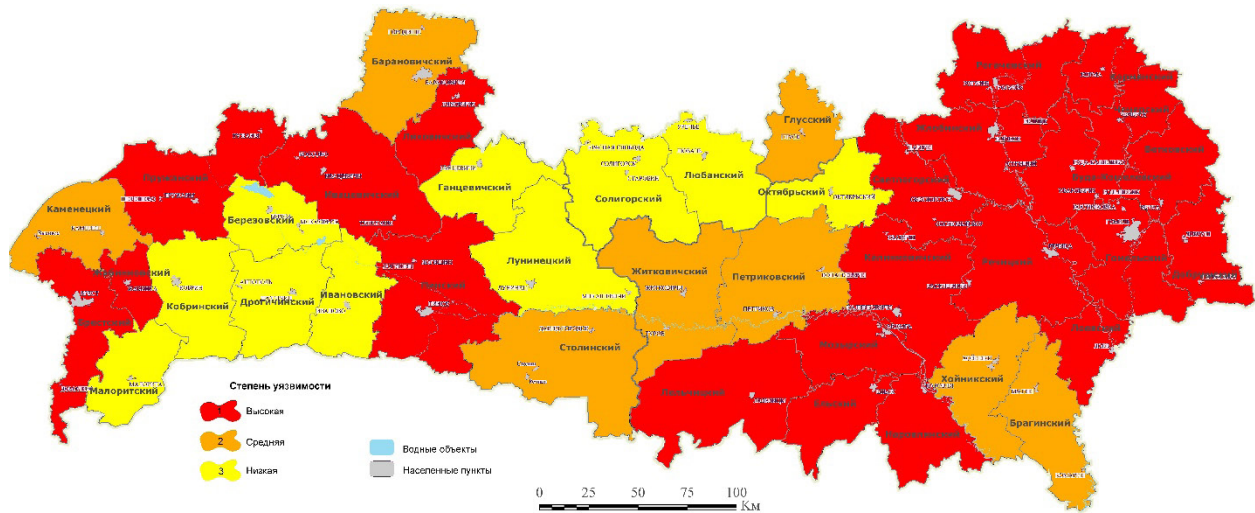
Глееватые и глеевые	Связносупесчаные, сменяющиеся рыхлыми песками и рыхлосупесчаные мощные, реже подстилаемые моренными суглинками	55	50	3
	Рыхлосупесчаные и связносупесчаные, сменяющиеся рыхлыми песками, иногда с прослойкой суглинка, подстилаемые связными породами	52	40	3
	Связно- и рыхлосупесчаные, часто иллювиально-гумусные, иногда подстилаемые моренными суглинками	48	30	4
	Связно- и рыхлосупесчаные, песчаные с близким стоянием уровня грунтовых вод	45	10	4
	Легкосуглинистые и связносупесчаные, часто с намытым верхом, иногда подстилаемые рыхлыми песками	38	16	4
	Легко- и среднесуглинистые, реже связносупесчаные, подстилаемые моренными суглинками	34	15	4
Торфяно-болотные переходные и низинные				
Осушенные	Торфянисто- и торфяно-глеевые мало- и среднемощные	24	12	4
	Деградированные сильноминерализованные торфяные	42	18	4

Так, к наиболее уязвимым к засухам отнесены почвы с показателем ниже ВРК, находящиеся в течение вегетационного периода более 130 дней, 91–130 дней – сильноуязвимым, 50–90 – среднеуязвимым, менее 50 дней – слабоуязвимым. Полученные данные были использованы при составлении электронного и бумажного вариантов карты степени уязвимости к засухам почв сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья масштаба 1 : 200 000, а также подобных карт Калинковичского и Пинского административных районов (масштаб 1 : 50 000) и ключевых сельскохозяйственных организаций (масштаб 1 : 10 000). Учитывая, что в балансе влагообеспеченности почв сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья заметную роль (40–60 %) играет величина латерального стока почвенно-грунтовых вод, было учтено их территориальное положение в составе определенной почвенной комбинации. Методика идентификации и картографирования последних базировалась на определении единства и близости групп почвенных таксонов разной степени гидроморфизма, литологических условий и размещения их в рельефе [5].

В результате выполненных исследований установлено, что общая площадь сельскохозяйственных земель с наиболее уязвимыми и сильноуязвимыми почвами к засухам составляет 393,2 тыс. га, или 30,8 % территории, среднеуязвимыми – 844,2 тыс. га, или 29,1 %, слабоуязвимыми – 1164,7 тыс. га, или 40,1 %. Так, общая площадь только наиболее и сильноуязвимых почв сельскохозяйственных земель региона Белорусского Полесья составляла 893,3 тыс. га, или почти 30,0 % их общей площади.

Полученные данные свидетельствуют о том, что большая часть сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья находится в зоне риска, обусловленного высокой вероятностью подверженности засухам. Составленная в рамках проведенного исследования карта территориального распространения почв сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья разной степени уязвимости к засухам свидетельствует о выраженном внутрирегиональном различии их проявления.

С целью определения масштабов, интенсивности и вероятности возможного проявления почвенных засух на уровне аграрного землепользования административных районов Белорусского Полесья, определения первоочередных мер по их минимизации, а также предоставления преференций по предотвращению их негативного воздействия все 40 административных районов региона объединены в три группы (рисунок). В первую группу вошли 22 административных района, в которых более 25 % площади сельскохозяйственных земель представлены почвами наиболее уязвимыми и сильноуязвимыми к засухам. В Брестской области к этой группе относятся: Брестский, Жабинковский, Пружанский, Ляховичский, Ивацевичский, Пинский районы; в Гомельской области – Лельчицкий, Ельский, Наровлянский, Мозырский, Калинковичский, Речицкий, Лоевский, Добрушский, Гомельский, Буда-Кошелевский, Ветковский, Светлогорский, Жлобинский, Рогачевский, Кормянский, Чечерский районы. Вторая группа включает 8 административных районов, где в почвенном покрове сельскохозяйственных земель до 40 % их площади занимают почвы, сильноуязвимые к засухам, и менее 10 % – наиболее уязвимые. В указанную группу вошли Каменецкий, Барановичский, Столинский, Житковичский, Петриковский, Хойникский, Брагинский и Глусский районы. В третью группу вошли 10 административных районов, где более 60 % сельскохозяйственных земель составляют средне- и слабоуязвимые к засухам почвы (Малоритский, Кобринский, Дрогичинский, Ивановский, Березовский, Ганцевичский, Лунинецкий, Солигорский, Любанский и Октябрьский районы).



**Рисунок** – Группировка административных районов Белорусского Полесья по степени уязвимости почв сельскохозяйственных земель к засухе

**Заключение.** Обобщение полученных результатов позволяет научно обоснованно подойти к разработке мероприятий по адаптации и смягчению негативных последствий климатических изменений; важнейшие из них включают:

- разработку нормативов технологических регламентов в земледелии и растениеводстве, направленных на реализацию принципов и мер по их адаптации к условиям изменяющегося климата; при этом должны учитываться различия почвенно-климатических условий и степень уязвимости почв к засухам, засушливым и другим неблагоприятным климатическим явлениям;
- проведение углубленной количественной оценки климатических факторов при разработке бонитировки почв и кадастровой оценки земель республики;
- выявление при крупномасштабном почвенном картографировании и землеустроительном проектировании наиболее уязвимых к засухам и засушливым явлениям почв, а также определения сельскохозяйственных земель, нуждающихся в орошении агрофитоценозов;
- совершенствование автоматизированной оперативной системы оценки засух, включая их влияние на почвы, с возможностью более объективной оценки величин снижения продуктивности сельскохозяйственных культур.

#### Список использованных источников

1. Мельник, В. И. Пространственно-временные изменения почвенных засух на территории Белорусского Полесья в условиях современного изменения климата / В. И. Мельник [и др.] // Природные ресурсы. – 2021. – № 1. – С. 15–21.
2. Почвы Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапы. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – 632 с.
3. Методические указания по аналитической оценке почвенно-гидрологических констант в эколого-мелиоративных целях / Брестский политехнический институт. – Брест, 1996. – 31 с.
4. Лысенко, С. А. Особенности современного изменения климата в Республике Беларусь / С. А. Лысенко, И. В. Буяков // Метеорология и гидрология. – 2024. – № 1. – С. 72–85.
5. Романова, Т. А. Водный режим почв Беларуси / Т. А. Романова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 144 с.
6. Червань, А. Н. Оценка и внутрирегиональные различия уязвимости почв сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья к засухам в условиях потепления климата / А. Н. Червань, В. И. Мельник, В. М. Яцухно // Доклады НАН Беларуси. – Том 66, № 4. – 2022. – С. 444–453.

#### ROLE AND ASSESSMENT OF SOILS IN MITIGATING THE NEGATIV CONSEQUENCES OF CLIMATE CHANGE IN AGROLANDSCAPES BELARUSIAN POLESIE

V. M. Yatsukhno, A. N. Chervan, V. I. Melnik

The results of assessing the vulnerability of soils of agricultural lands in Belarusian Polesie to the negative manifestations of droughts are presented. To differentiate soils according to the degree of their vulnerability, agrohydrological constants of soil moisture supply were also used, such as their lowest moisture capacity and capillary break moisture. Using GIS technologies, digital maps of soil vulnerability for agricultural land use were compiled at the level of the region, administrative districts and individual agricultural organizations.

# **СЕЛЬСКАЯ ГАСПАДАРКА**

## АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ И ПОДСОЛНЕЧНИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗОЛЬНЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ УДОБРИТЕЛЬНЫХ ДОБАВОК

Е. А. Брыль, А. Н. Гапонюк, А. С. Антонюк

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

*Полученные в процессе агрофизического анализа данные свидетельствуют об улучшении водно-физических свойств дерново-подзолистой песчаной почвы опытного участка при возделывании кукурузы и подсолнечника с применением удобрительных смесей с древесной и древесно-торфяной золой.*

*Ключевые слова: зольные отходы, удобрение, влажность, плотность и пористость почв.*

**Введение.** Оптимизация питательного, водного и воздушного режимов почвы с учетом биологических особенностей возделывания культур, применяемой системы удобрений и почвенно-климатических условий – основные условия высокой продуктивности сельскохозяйственных растений и устойчивости земледелия. Сохранение и повышение производительной способности почв достигается в первую очередь путем применения различных видов удобрений, в том числе на основе отходов производств, сопровождаемая всесторонним изучением почвенных процессов и взаимодействия удобрений с почвой и растениями. Агрофизические свойства оказывают влияние на биологическую активность почв, характер превращения внесенных удобрений, тем самым определяя урожайность сельскохозяйственных культур [1, 2]. К наиболее значимым управляемым агрофизическим свойствам почвы относятся ее плотность и влажность. Данные показатели являются наиболее интегральными, поскольку они определяют водный, воздушный и тепловой режимы почв, т.е. непосредственно влияют на процессы жизнедеятельности растений [3]. Установлено, что дерново-подзолистые песчаные почвы как фоновых природных ландшафтов, так и пахотных угодий характеризуются низким содержанием большинства изученных элементов, что в первую очередь связано с бедностью элементного состава почвообразующих пород. Для Брестской области наиболее актуальна проблема дефицита в почвах кобальта, меди, бора, цинка и молибдена, а в последнее время в связи с известкованием почв и марганца. Наименьшим содержанием отличаются песчаные и супесчаные почвы [4, 5].

Преимуществами применения древесной и древесно-торфяной золы в качестве почвенной добавки являются увеличение рН почв, возмещение запаса минеральных веществ, увеличение доступности для растений нутриентов и улучшение их роста. Сорбционные свойства зольных отходов, полученных из растительной биомассы, способствуют снижению подвижности тяжелых металлов и устойчивых органических загрязнителей в почве, таким образом уменьшая их доступность для растений и риск попадания тяжелых металлов в пищевые цепи [6]. Известно, что зола способствует улучшению качества и структуры почвы, а улучшенный за счет богатого минерального состава воздухообмен в грунте благотворно влияет на иммунитет растений. Добавка древесной золы изменяет текстуру почвы таким образом, что это приводит к снижению объемной плотности, увеличению пористости, тем самым способствуя аэрации и объему катионного обмена, а также увеличению способности почвы удерживать питательные вещества и воду [7].

**Объекты и методы проведения исследований.** В опыте использовали отходы 3130601 – зола от сжигания быстрорастущей древесины, зола от сжигания дров ( $P_2O_5$  – 1,53 %;  $K_2O$  – 4,56 %;  $CaO$  – 23,21 %;  $MgO$  – 3,12 %) и 3130401 – зола от сжигания торфа с древесиной ( $P_2O_5$  – 1,35 %;  $K_2O$  – 3,86 %;  $CaO$  – 19,27 %;  $MgO$  – 1,34 %), торф фрезерный верховой кислый (рН 4,5; содержание на сухое вещество:  $K_2O$  210–300 мг/100 г; N 150–250 мг/100 г;  $P_2O_5$  100–180 мг/100 г; Mg 50–90 мг/100 г), комплексное азотно-фосфорно-калийное удобрение (аммофоска). Были составлены приемлемые смеси золы с почвенными добавками, опираясь на данные по их химическому составу и с учетом экономической привлекательности будущих удобрений. Варианты опыта: К (контроль (почва без добавок)), NPK (аммофоска 200 кг/га), Т (торф 1 т/га), З (зола 1 т/га), ЗNPK (зола 1 т/га + аммофоска 200 кг/га), ЗТ 1:1 (зола 1 т/га + торф 1 т/га), ТNPK (торф 1 т/га + аммофоска 200 кг/га), ЗТNPK (зола 1 т/га + торф 1 т/га + аммофоска 200 кг/га), ЗТ 1:2 (зола 1 т/га + торф 2 т/га). Опыт заложен на дерново-подзолистой песчаной почве с внесением под предпосевную культивацию удобрительных добавок при выращивании кукурузы и подсолнечника. Исследования водно-физических свойств почв выполнялись по стандартным методикам [8–10]. Влажность почвы определялась термостатно-весовым методом с отбором проб буром на глубину пахотного горизонта (0–20 см) в 3-кратной повторности. Плотность почвы определялась методом «режущих колец» Капецкого в 3-кратной повторности.

**Результаты и их обсуждение.** Влажность почв в течение вегетационного периода является весьма изменчивым показателем и в значительной степени зависит от почвенно-климатических условий и биологических

особенностей возделываемых культур. Показатели влажности пахотного горизонта исследуемой почвы в конце вегетационного периода 2023 года (осенний период) представлены в таблице.

**Таблица** – Водно-физические свойства пахотного горизонта (0–20 см) в весовых % при возделывании кукурузы с применением смесей с древесно-торфяной золой и подсолнечника с применением смесей с древесной золой

Вариант	Абсолютная влажность	Полная влагоемкость	Запас полезной влаги
Почва без покрова	9,90	36,60	24,01
кукуруза/подсолнечник			
К	7,78/10,07	37,73/43,94	18,06/22,28
НРК	8,24/10,20	38,31/44,62	19,13/22,41
Т	10,23/11,79	41,98/47,44	23,23/25,39
З	10,36/11,73	40,72/48,93	23,93/24,82
ЗНРК	11,16/11,77	41,34/49,69	25,75/24,69
ЗТ 1:1	11,74/11,51	45,31/53,72	25,92/23,04
ТНРК	10,86/11,85	43,28/48,93	24,40/25,09
ЗТНРК	10,62/12,33	45,31/54,57	23,23/24,60
ЗТ 1:2	11,98/12,46	51,26/58,13	24,73/23,96

Наименьшее содержание влаги в пахотном горизонте под возделываемыми культурами отмечено в контрольных вариантах. Абсолютная влажность почв опытных участков с кукурузой и подсолнечником в контрольных вариантах составила соответственно 7,78 % и 10,07 %, полная влагоемкость была равна 37,73 % под кукурузой и 43,94 % под подсолнечником, запас полезной влаги – 18,06 % (кукуруза) и 22,28 % (подсолнечник). Применение всех вариантов удобрительных добавок способствовало увеличению влагозапасов почвы. Наибольшие показатели водно-физических характеристик пахотного горизонта опытных участков выявлены в вариантах с золой и торфом в соотношении 1:2, что указывает на свойства золы и торфа поглощать влагу и сохранять ее в почве, улучшая тем самым водно-воздушный режим. Так, при возделывании кукурузы с применением варианта удобрительной добавки ЗТ 1:2 абсолютная влажность увеличилась на 54 %, полная влагоемкость – на 36 %, запас полезной влаги – на 37 % по сравнению с контролем. При возделывании подсолнечника с применением варианта удобрительной добавки ЗТ 1:2 абсолютная влажность увеличилась на 24 %, полная влагоемкость – на 32 %, запас полезной влаги – на 7 % по сравнению с контролем. Следует добавить, что влажность завядания по всем вариантам опыта составляла 0,94 %, гигроскопическая влажность почв также по всем вариантам опыта была равна 0,7 %.

Значимым показателем в агрофизике почв является плотность почвы. Известно, что плотность почвы свыше 1,4 г/см<sup>3</sup> является предельной для нормального развития подавляющего числа растений. Для большинства культурных растений оптимальные значения плотности пахотного горизонта разных типов почв от песчаного до глинистого гранулометрического состава находятся в интервале от 1,0 до 1,4 г/см<sup>3</sup> [10, 11]. С увеличением плотности снижается и влагоемкость почвы, резко ухудшается использование растениями почвенной влаги – увеличивается влажность устойчивого завядания и количество недоступной растениям влаги, ухудшаются условия для развития корневой системы растений, жизнедеятельности микроорганизмов, снижается обеспеченность растений элементами питания и т. д.

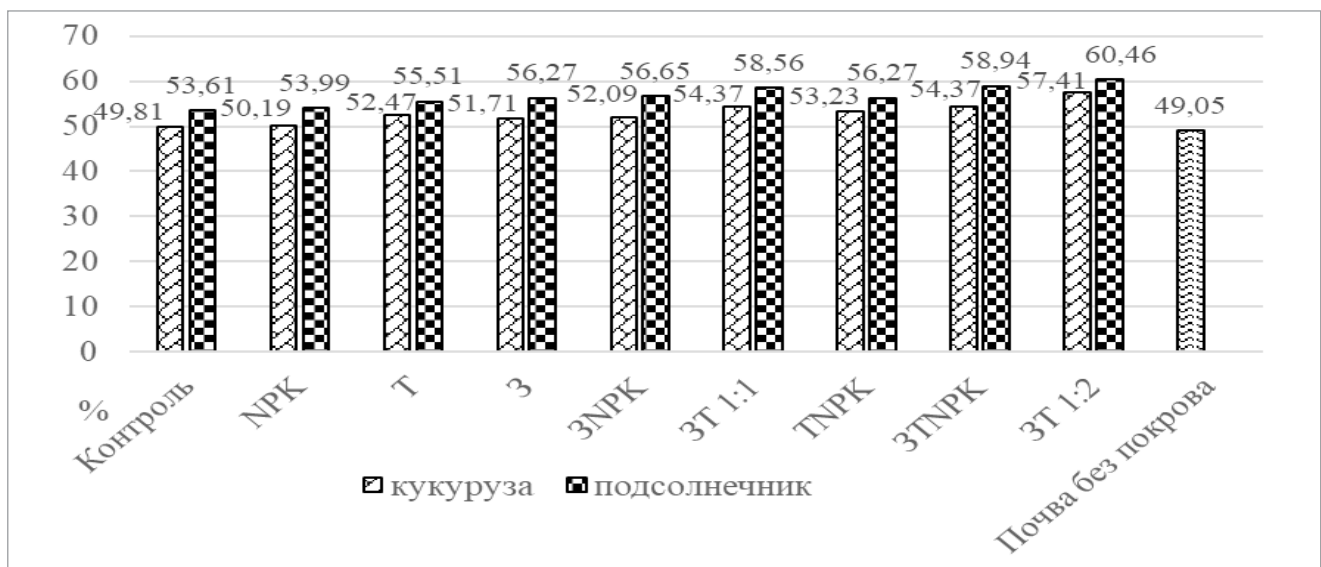
При оценке плотности сложения пахотного горизонта исследуемой почвы под возделываемыми культурами отмечено снижение данного показателя в опытных вариантах по отношению к контролю и почве без покрова (рисунок 1).



**Рисунок 1** – Плотность сложения пахотного горизонта (0–20 см) исследуемой почвы при возделывании кукурузы и подсолнечника с применением удобрительных добавок

При возделывании кукурузы применение различных удобрительных добавок в смесях способствовало снижению плотности по отношению к контролю на 5–15 %, при возделывании подсолнечника – на 6–15 %. Наименьшая плотность выявлена в варианте ЗТ 1:2 как при выращивании кукурузы (1,12 г/см<sup>3</sup>), так и подсолнечника (1,04 г/см<sup>3</sup>).

Пористость почвы тесно взаимосвязана с ее плотностью и структурным состоянием и в значительной мере определяет водоудерживающую способность почв, движение влаги и минеральных солей в почвенном профиле, доступность влаги растениям, содержание в почве воздуха. При возделывании кукурузы и подсолнечника пористость пахотного горизонта исследуемой почвы увеличивалась со снижением плотности почвы при внесении удобрительных смесей (рисунок 2). Согласно классификации Н. А. Качинского [12], пористость, достигшая 65–55 %, оценивается, как отличная; 55–50 % – удовлетворительная и менее 50 % – неудовлетворительная. Неудовлетворительная пористость отмечена только на участке без покрова культур и в контрольном варианте под кукурузой, где значения данного показателя составили соответственно 49,05 % и 49,81 %.

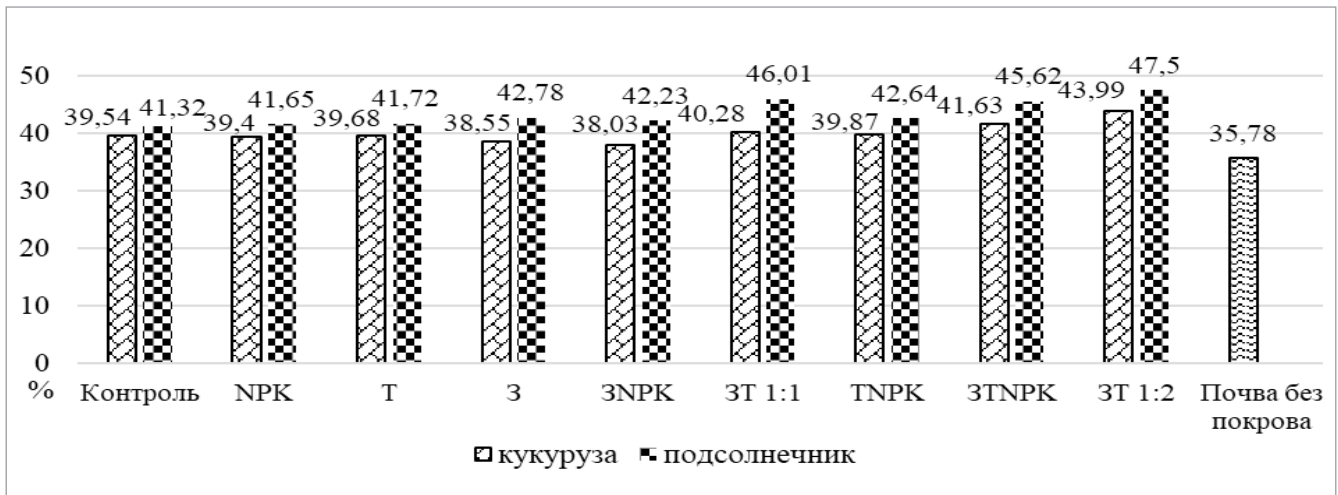


**Рисунок 2** – Пористость сложения пахотного горизонта (0–20 см) исследуемой почвы при возделывании кукурузы и подсолнечника с применением удобрительных добавок

Согласно шкале Н. А. Качинского, показатель пористости в почве под подсолнечником изменился от категории «удовлетворительной» (53,61% в контроле и 53,99% в варианте NPК) до «отличной» (55,51–60,46% во всех остальных вариантах). При возделывании кукурузы только в варианте ЗТ 1:2 достигнута отличная пористость почв.

С пористостью почв связан водно-воздушный режим. Более благоприятно он складывается на почвах с оптимальным строением, особенно пахотного слоя. На таких почвах растения меньше страдают от недостатка влаги в засушливые периоды в виду лучшей их водоудерживающей способности и лучше переносят условия избыточного увлажнения в связи с лучшей их водопроницаемостью. Почва с хорошей водопроходной структурой и оптимальным строением лучше поглощает влагу, предотвращая поверхностный сток воды и разрушение ее от эрозии. При аэрации почвы на уровне 8 % и ниже прекращается снабжение кислородом корней растений и аэробных микроорганизмов, начинается отмирание корней, в почве развиваются процессы оглеения грунтов.

Содержание воздуха (аэрация) в пахотном горизонте исследуемой почвы при возделывании кукурузы и подсолнечника (рисунок 3) увеличивалось при внесении добавок и изменялось соответственно от 39,54 % и 41,32 % в контрольном варианте до 43,99 % и 47,5 % с применением золы и торфа в соотношении 1:2.



**Рисунок 3** – Содержание воздуха в пахотном горизонте (0–20 см) исследуемой почвы при возделывании кукурузы и подсолнечника с применением удобрительных добавок

Содержание воздуха в пахотном горизонте на участке без покрыва культур оказалось наименьшим среди опытных вариантов и составило 35,78 %. Таким образом, во всех опытных вариантах с кукурузой и подсолнечником снабжение почвы кислородом отмечено как достаточное.

Климатические условия в течение вегетационного периода 2023 года при проведении полевого опыта (г. Брест) составили: средняя  $t$  – 16,9 °C при средней многолетней – 15,8 °C, сумма осадков за вегетацию – 312 мм при средней многолетней – 374,6 мм. Метеорологические данные вегетационного периода 2023 года в районе проведения исследований указывают, что условия тепло- и влагообеспеченности незначительно отличались от среднемноголетних, что исключает непосредственное влияние климатических факторов на агрофизические свойства исследуемой почвы, а кукуруза и подсолнечник в данных почвенно-климатических условиях смогли сформировать достаточный прирост и урожайность зеленой массы.

**Заключение.** Таким образом, полученные данные указывают на изменение водно-физических свойств дерново-подзолистой песчаной почвы опытного участка в зависимости от применяемых доз смесей с древесной и древесно-торфяной золой и возделываемых культур. При внесении в почву смесей с использованием древесной золы и смесей с использованием древесно-торфяной золы наблюдалось улучшение агрофизических свойств исследуемой почвы до оптимальных параметров – снижение плотности сложения почвы, увеличение пористости, содержания воздуха и влагозапасов в почве. Удобрительные добавки на основе зольных отходов не оказывали угнетающего действия на рост и развитие кукурузы и подсолнечника, поэтому данные культуры благодаря хорошо развитым корневым системам способствовали разуплотнению пахотного корнеобитаемого слоя дерново-подзолистой песчаной почвы. Наибольшее разуплотняющее действие на почву от применяемых почвоулучшающих добавок отмечено в вариантах с золой и торфом в соотношениях 1:1 и 1:2 соответственно, где наблюдалось снижение плотности почвы, увеличение ее пористости и содержания воздуха.

Применение удобрений на основе отходов позволяет решить проблему эколого-безопасной утилизации отходов и повысить производительную способность почв, а также обеспечить эрозионную устойчивость почв с учетом почвенных и климатических особенностей конкретного региона.

Работа выполнена в рамках проекта БРФФИ Х22Б-009.

#### Список использованных источников

1. Моисеев, К. Г. К оценке физического состояния дерново-подзолистых почв / К. Г. Моисеев // Агрофизика. – 2011. – № 1. – С. 38–43.
2. Матюк, Н. С. Изменение агрофизических свойств почвы под действием приемов обработки и удобрений / Н. С. Матюк, В. Д. Полин, В. А. Николаев // Владимирский земледелец. – 2015. – № 2 (72). – С. 12–14.
3. Устинова, А. М. Влияние различных систем удобрения на плотность дерново-подзолистых почв, в разной степени подверженных эрозионной деградации / А. М. Устинова, Н. Н. Цыбулько, И. А. Логачев [и др.] // Повышение плодородия почв и применение удобрений: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14 февраля 2019 г. – Минск : ИВЦ Минфина – 2019. – 119–120.
4. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016 гг.) / И. М. Богдевич [и др.] – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 274 с.
5. Михальчук, Н. В. Фоновое содержание тяжелых металлов и микроэлементов в почвах и растительности юго-запада Беларуси как основа для сравнительных оценок при производстве органической продукции на основе



принципов зеленой экономики / Н. В. Михальчук, А. Н. Мялик // Эколого-географические проблемы перехода к зеленой экономике / редкол.: В. С. Хомич (гл. ред.). – Минск : СтройМедиаПроект, 2019. – С. 266–281.

6. Лиштван, И. И. Критерии качества, классификация и направления утилизации золы от сжигания твердого топлива / И. И. Лиштван, В. М. Дударчик, В. М. Крайко [и др.] // Природопользование. – 2014. – Вып. 25. – С. 184–195.

7. Черкасова, Н. Г. Получение органических удобрений из сгоревшей древесины / Н. Г. Черкасова, Л. Е. Черкасов // Journal of Agriculture and Environment. – 2023. – № 10 (38). – С. 4–8.

8. Методические указания по полевому исследованию и картографированию почв БССР (временные дополнения) / Н. И. Смян [и др.] – Минск, 1991. – 13 с.

9. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М., 1986. – 416 с.

10. Моисеев, К. Г. Определение удельной поверхности почв на основе величины гигроскопической влажности / К. Г. Моисеев // Почвоведение. – 2008. – № 7. – С. 15–20.

11. Кузнецова, И. В. Об оптимальной плотности почв / И. В. Кузнецова // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С. 43–54.

12. Качинский, Н. А. Физика почвы / Н. А. Качинский. – Ч. 1. – М. : Высшая школа, 1965. – 322 с.

### **SOD-PODZOLIC SANDY SOIL AGROPHYSICAL CHARACTERISTICS UNDER MAIZE AND SUNFLOWER CULTIVATION WITH ASH WASTES APPLICATION AS FERTILISER ADDITIVES**

**A. A. Bryl, A. N. Gaponiuk, A. S. Antoniuk**

The data obtained in the process of agrophysical analysis indicate the water-physical properties improvement of sod-podzolic sandy soil at experimental plot under maize and sunflower cultivation with the use of fertiliser mixtures with wood and wood-peat ash.

УДК 67.08/631.8+661.7

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОТХОДОВ ТАБАЧНЫХ ФАБРИК БЕЛАРУСИ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Н. А. Жмакова, Н. Л. Макарова

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

*Проведен сравнительный анализ физико-химических свойств и компонентного состава отходов трех белорусских предприятий. Показана возможность использования отходов табачного производства табачных фабрик Беларуси в растениеводстве в качестве органических удобрений и в качестве сырья для получения жидких регуляторов роста и средств защиты растений от вредителей.*

*Ключевые слова: табачная пыль, химический состав, органические удобрения, жидкие препараты.*

**Введение.** Табачная отрасль в Республике Беларусь представлена тремя предприятиями, производящими табачные изделия, одно из которых – ОАО «Гродненская табачная фабрика «Неман» – входит в состав концерна «Белгоспищепром», и два общества с ограниченной ответственностью ООО «Табак-инвест» и ООО «Интер Табакко».

В процессе табачного производства образуется целый ряд отходов, к которым относятся табачная пыль, жилка табачного листа, стебли табака, минеральный отсеб и др. Количество отходов табачного производства может достигать 15 % от исходного табачного сырья, а в их составе порядка 80 % составляет табачная пыль. Для захоронения отходов отводят специальные полигоны ТБО, при этом имеется тенденция к их увеличению. Разработка эффективных способов экологобезопасной бесполигонной утилизации отходов табачного производства является важной практической задачей [1].

Для создания товарных продуктов на основе табачных отходов необходимо исходить из их химического состава.

Табак – однолетние и многолетние травянистые или кустарниковые растения семейства пасленовых. Свойства табака и его химический состав зависят от сорта, почвенно-климатических условий выращивания, применяемых технологий возделывания и переработки в табачные изделия.

К основным органическим соединениям табака относятся углеводы, азотистые соединения, в том числе белки и алкалоиды, органические кислоты, эфирные масла, смолы и др. [2–4]. Химический состав отхода табачного производства – табачной пыли – мало отличается от состава табачных листьев.

Комплекс химических соединений табака характеризуется высоким содержанием соединений углеводного характера, массовая доля которых составляет 2,0–15,0 %, но в отдельных случаях и выше. Углеводы представлены различными классами – от моносахаров (преимущественно глюкозы), ди-, три-, тетрасахаров до гемицеллюлоз, пектинов и целлюлозы.

В составе табака присутствуют азотсодержащие соединения разных классов. Массовая доля общего азота в табачном сырье составляет 2–5 %. В табаке содержатся соединения белкового характера, в отдельных сортах содержание белка может доходить до 20 %. Белки отрицательно влияют на качество табака и в среднем их доля в табачном сырье составляет 5,0–13,0 %.

Из азотсодержащих соединений в табаке обнаружены также амины, на долю которых приходится 0,15–1,36 % общего азота и свободные аминокислоты, содержание которых сильно варьирует.

К азотсодержащим соединениям табака относятся алкалоиды, основными из которых являются никотин, анабазин и норникотин. При этом на долю никотина приходится 95–97 % всех алкалоидов табака. Содержание никотина в табачных листьях находится в широких пределах – от 0,3 до 6,0 % по массе.

В составе табака присутствуют кислоты разных классов: летучие жирные, высшие жирные, ди- и трикарбоновые кислоты, альдегидо- и кетокислоты, фенолкарбоновые кислоты, их общее содержание составляет 5,0–17,0 % [2]. Летучие жирные кислоты присутствуют в табаке как в свободном, так и в связанном состоянии в виде солей. Содержание летучих кислот в различных образцах табака варьирует от 1,5 до 2,0 %, при этом примерно пятая часть их находится в свободном состоянии.

Табак содержит также эфирные масла (0,09–1,37 %), смолы (2,0–17,0 %) и в небольших количествах – некоторые другие вещества.

В составе табака и табачных отходов в значительном количестве присутствуют минеральные соединения (7–24 %): макроэлементы, необходимые для питания растений и биогенные микроэлементы. Содержание общего азота составляет 2–5 %, фосфора – 1–2 %, калия 2–6 %.

Таким образом, химический состав табака и табачных отходов представлен широким спектром органических соединений разных классов, многие из которых обладают выраженной биологической активностью, а также минеральными элементами.

Химический состав отхода табачного производства – табачной пыли – аналогичен составу табачных листьев. Исходя из этого можно заключить, что наиболее простым способом бесполигонной утилизации является использование табачной пыли в качестве органического удобрения для повышения плодородия почвы. Применение таких удобрений позволяет значительно увеличить содержание в почве органических веществ, основных форм подвижных элементов питания и микроэлементов, повысить биологическую активность почвы, оздоровить ее за счет снижения патогенных микроорганизмов, защитить растения от целого ряда насекомых-вредителей. Высокое содержание органических веществ табачной пыли способствует обогащению почвы микро- и макроорганизмами, что дополнительно увеличивает плодородие почвы, улучшает ее структуру и облегчает проникновение кислорода.

Еще одним перспективным направлением применения этого ценного природного продукта, содержащего в своем составе широкий спектр биологически активных соединений разных классов, является использование в качестве сырья для химической переработки с получением жидких инсектицидных препаратов и регуляторов роста растений.

**Целью** работы являлось сравнительное исследование табачных отходов (табачной пыли) трех белорусских предприятий по основным технологическим параметрам с целью определения их пригодности для практического использования в сельском хозяйстве как органических удобрений, регуляторов роста и средств защиты растений от вредителей.

**Методы исследований.** Объектами исследований являлись отходы табачного производства – табачной пыли Гродненской табачной фабрики «Неман», ООО «Табак-инвест» и ООО «Интер Табакко».

Массовую долю влаги и сухого вещества определяли по ГОСТ 26713; органического вещества – по ГОСТ 26714, общего азота – по ГОСТ 26715; общего фосфора – по ГОСТ 26717, общего калия – по ГОСТ 26718. Определение массовой доли никотина проводили экстракцией смесью серного и петролейного эфиров (1:1) в 20 %-ном растворе гидроксида калия по методике Келлера [5].

Компонентный состав исследуемых образцов табачной пыли определяли путем ее последовательной обработки при нагревании на водяной бане в стеклянных колбах с обратными холодильниками в водной среде (водорастворимая фракция), затем в присутствии 4 %  $H_2SO_4$  (легкогидролизуемые вещества), 0,1 н растворе NaOH (щелочерастворимые вещества) и 80 %  $H_2SO_4$  (трудногидролизуемые вещества).

Водную экстракцию сырья проводили в течение 5 часов при гидромодуле 1:50, кислотный гидролиз – в течение 5 часов при гидромодуле 1:50, щелочную экстракцию осуществляли при модуле 1:100 в течение часа, а гидролиз концентрированной  $H_2SO_4$  при модуле 1:10 в течение 2,5 часов. Из каждой фракции отбирали аликвотную часть для определения содержания органических веществ, перешедших в раствор.

Негидролизуемый остаток после промывания водой до нейтральной реакции высушивали и озоляли.

**Результаты.** Качество отходов табачного сырья определяется массовой долей влаги, поскольку излишняя влага может приводить к порче и заплесневению. С массовой долей влаги напрямую связано содержание сухих веществ. Этот показатель, при использовании табачной пыли в качестве органического удобрения, характеризует содержание действующих веществ – сумму органических и минеральных составляющих.

Табак является высокозольным растением и, в случае получения из табачной пыли жидких препаратов, минеральная часть является балластом, затрудняющим перевод в раствор основных органических соединений табака. В этом случае содержание зольных элементов в сырье необходимо ограничивать.

Основной характеристикой табачной пыли при получении органических удобрений и жидких регуляторов роста растений является суммарное содержание органических веществ. Массовая доля органических веществ в составе табачной пыли в пересчете на сухое вещество должна регламентироваться техническими требованиями к отходу как к сырью для этих целей.

Результаты исследования физико-химических свойств образцов табачной пыли белорусских табачных фабрик представлены в таблице 1.

**Таблица 1** – Физико-химические характеристики образцов табачной пыли табачных фабрик Беларуси

Показатель	ОАО «Гродненская табачная фабрика «Неман»	ООО «Табак-инвест»	ООО «Интер Табакко»
Массовая доля влаги, %	12,0	9,6	10,4
Массовая доля сухого вещества, %	88,0	90,4	89,6
Массовая доля золы, % на сухое вещество	16,3	12,7	9,9
Массовая доля органического вещества % на сухое вещество	83,7	87,3	90,1
Насыпная плотность, кг/ м <sup>3</sup>	341,0	346,0	349,0
pH	5,7	5,8	5,7

Исследования показали, что массовая доля влаги во всех образцах табачной пыли достаточно низкая и составляет 9,6–12,0 %, а сухого вещества – 88,0–90,4 %.

Табачная пыль всех фабрик отличалась высоким содержанием органических веществ, при этом их массовые доли в сухом веществе различались незначительно, наиболее высокие показатели – 90,1 % оказались у табачной пыли ООО «Интер Табакко», соответственно у отхода этой фабрики меньше зольных элементов (9,9 %). У табачной пыли Гродненской табачной фабрики «Неман» и ООО «Табак-инвест» органических веществ меньше, а минеральных составляющих больше, чем у ООО «Интер Табакко» на 6,4 и 2,8 % соответственно. При применении данного табачного отхода как органического удобрения это не столь важно, поскольку этот отход вносится в почву, как таковой. Напротив, при использовании табачной пыли для получения жидких продуктов ограничение зольности и высокое содержание органических веществ весьма важно, в связи с тем, что действующими биологически активными веществами в этом случае являются переходящие в раствор природные органические соединения табака, а также вещества, образующиеся в результате вторичных реакций. При этом основным биологически активным компонентом жидких продуктов химической деструкции табачной пыли являются вещества меланоидиновой природы, образующиеся в результате реакций конденсации соединений, имеющих аминогруппу, в частности, аминокислот, с редуцирующими углеводами и карбонильными соединениями неуглеводного характера по реакции Майяра. Процесс имеет многоступенчатый характер и связан с образованием значительного количества азотсодержащих продуктов различной степени конденсации и растворимости. В конечном итоге возможно получение меланоидинов – темноокрашенных пигментов большой молекулярной массы с различной степенью растворимости в воде и щелочах. Известно, что меланоидины обладают высокой биологической активностью и на их основе из отходов табачного производства могут быть получены регуляторы роста растений. Такие же процессы происходят при извлечении основных алкалоидов табака в щелочной среде с получением жидких инсектицидных препаратов. Эти препараты будут обладать сочетанным действием – инсектицидным и ростстимулирующим.

Для характеристики органической части образцов табачной пыли выполнен групповой химический анализ, предусматривающий определение таких компонентов как водорастворимые (ВР), легко- и трудногидролизуемые вещества (ЛГ и ТГ), щелочерастворимые вещества (ЩР) и негидролизуемый остаток – лигнин (НГ) (таблица 2).

Табачная пыль всех фабрик характеризуется высоким содержанием водорастворимых и легкогидролизуемых веществ при незначительном количестве трудногидролизуемых соединений (целлюлозы) и лигнина. Это позволяет расценивать ее как лабильное химико-технологическое сырье, способное поддаваться деструкции при переработке, а компоненты табачной пыли легко переходят в растворимое состояние при водной экстракции, гидролизе растворами минеральных кислот и щелочей. Отличия между образцами табачной пыли по компонентам углеводного характера, количеству соединений, растворимых в щелочной среде, и содержанию лигнина несущественны.

**Таблица 2** – Компонентный состав табачной пыли

Образец табачной пыли	Компоненты, % в органической массе				
	ВР	ЛГ	ТГ	ЩР	НГ
ОАО «Гродненская табачная фабрика «Неман»	32,3	43,7	4,4	10,1	9,5
ООО «Табак-инвест»	32,6	42,9	4,8	10,6	9,1
ООО «Интер Табакко»	31,1	44,0	4,7	11,5	8,7

В случае использования табачной пыли в качестве органического удобрения важным является содержание в ее составе питательных минеральных элементов – азота, фосфора и калия, а при получении инсектицидных препаратов – никотина; соответствующие значения приведены в таблице 3.

**Таблица 3** – Содержание элементов питания растений (азот, фосфор, калий) и никотина в табачной пыли белорусских фабрик

Показатель, % на сухое вещество	ОАО «Гродненская табачная фабрика «Неман»	ООО «Табак-инвест»	ООО «Интер Табакко»
Массовая доля общего азота	2,5	2,4	2,3
Массовая доля общего фосфора P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,04	1,03	1,00
Массовая доля общего калия K <sub>2</sub> O	2,9	2,4	2,6
Массовая доля никотина	1,9	1,6	1,7

Исследования показали наличие в отходах табачного производства белорусских табачных фабрик значительных количеств питательных элементов. Массовая доля общего азота составляла 2,3–2,5 %, общего фосфора – около 1,0 %, а калия – 2,4–2,9 %. Эти показатели свидетельствуют о возможности использования табачной пыли белорусских фабрик не только для обогащения почвы органикой, но и для обеспечения растений необходимыми элементами минерального питания. Можно отметить высокое содержание никотина в табачной пыли всех фабрик и возможность использования этого отхода в качестве средства защиты растений от вредителей.

**Заключение.** Сравнительное исследование физико-химических свойств и компонентного химического состава табачной пыли трех белорусских табачных фабрик показало незначительные отличия в массовой доле сухих и органических веществ, водорастворимых, легкогидролизуемых и щелочерастворимых компонентов, а также никотина и питательных элементов в образцах. Табачная пыль всех фабрик характеризовалась высоким содержанием органических веществ и питательных элементов – азота, фосфора и калия, что предполагает возможность использования ее в качестве органического удобрения в растениеводстве. Установлено, что отход табачного производства – табачная пыль – является лабильным химико-технологическим сырьем, органическое вещество которого при химической переработке способно в значительной степени переходить в раствор с получением жидких препаратов, содержащих биологически активные соединения ростстимулирующего действия. Присутствие значительных количеств никотина в образцах табачной пыли всех фабрик позволяет получать на ее основе жидкие препараты инсектицидного действия для защиты растений от вредителей.

#### Список использованных источников

1. Миргородская, А. Г. Современные технологии использования табачных отходов / А. Г. Миргородская, М. В. Шкидюк, Н. Н. Матюхина // Вестник ВГЦИТ. – 2018. – Т. 80. – С. 46–55.
2. Шмук, А. А. Химия табака и махорки / А. А. Шмук. – М : Пищепромиздат, 1938. – 544 с.
3. Писклов, В. П. Сравнительный анализ химического состава табачного сырья / В. П. Писклов, С. К. Кочеткова, Н. А. Дурунга // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2012. – № 5–6. – С. 20–24.
4. Дон, Т. А. Исследование некурительной никотинсодержащей продукции / Т. А. Дон, А. Г. Миргородская, М. В. Шкидюк // Новые технологии. Краснодар. – 2019. – Вып. 2 (48). – С. 40–45.
5. Мохначев, И. Г. Химия и ферментация табака / И. Г. Мохначев, М. Г. Загоруйко. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 247 с.

#### RESEARCH OF WASTE FROM TOBACCO FACTORIES IN BELARUS TO DETERMINE DIRECTIONS FOR THEIR USE

**N. A. Zhmakova, N. L. Makarova**

A comparative study of tobacco wastes (tobacco dust) of three Belarusian enterprises on the main technological parameters was carried out in order to determine their suitability for practical use in agriculture as organic fertilizers, growth regulators and means of plant protection against pests.

УДК: 631.524.82: [633.31:633.36]

## ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ И ЭСПАРЦЕТА ПЕСЧАНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

С. С. Кирилкин, Б. В. Шелюто

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Беларусь

В статье приводятся данные, полученные в результате проведенного опыта по изучению влияния уровней минерального питания на продуктивность эспарцета песчаного сорта Караневіцкі и люцерны изменчивой Прыгажуня Палесся. В зависимости от уровня минерального питания культуры сформирован урожай зеленой массы в год посева от 114 до 126,5 ц/га, во второй год жизни растений – от 205,3 до 246,8 ц/га. Наибольшую урожайность на второй год жизни имела люцерна изменчивая с применением Р 60 + микроудобрения Бор и Марганец. Отмечено, что применение фосфорного удобрения в норме 40–60 кг д.в. на га с добавлением микроэлементов бора и марганца положительно влияет на рост и развитие люцерны гибридной и эспарцета песчаного.

*Ключевые слова:* люцерна изменчивая, эспарцет песчаный, микроудобрения, урожайность.

**Введение.** Основной задачей агропромышленного комплекса Республики Беларусь на данном этапе развития является увеличение объемов производства и реализации животноводческой продукции, для чего необходимо повысить продуктивность животных за счет скармливания высокопитательных кормов.

В настоящее время на одну кормовую единицу в среднем приходится около 80–90 г переваримого протеина, а по зоотехническим нормам необходимо 105–115 г. В этой связи одной из самых насущных задач кормопроизводства является увеличение производства кормового белка, прежде всего, благодаря расширению посевов и увеличению урожайности высокобелковых культур, таких как горох, клевер, люцерна, соя, рапс, люпин, эспарцет и др. Сбор сухого вещества по данным некоторых исследователей составляет для люцерны изменчивой от 4,8 до 5,9 т/га, эспарцета песчаного – 3,7–4,0 т/га. [6].

Люцерна изменчивая (гибридная) (*Medicago varia* (Mart.) и эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria*) – многолетние травянистые растения, семейства бобовые (*Fabaceae*). Это высоко урожайные культуры – в зависимости от региона возделывания урожайность зеленой массы составляет от 120 до 400–500 ц/га. Люцерна, исходя из большого числа многолетних наблюдений, является культурой, способной произрастать без перезалужения около 4–6 лет, а иногда и более. В острозасушливых регионах эспарцет песчаный обеспечивает сбор кормовой массы на уровне люцерны, а в некоторых случаях и выше [2, 5].

**Целью** наших исследований явилось выяснение зависимости продуктивности люцерны изменчивой и эспарцета песчаного от уровня минерального питания.

**Объекты, методы и условия проведения исследований.** Опыты по изучению влияния уровней минерального питания на продуктивность эспарцета песчаного сорта Караневіцкі и люцерны изменчивой Прыгажуня Палесся проводили на базе УО БГСХА «Опытные поля». Опыт был заложен по следующей схеме:

Фактор А. Бобовые травы:

- 1) Эспарцет песчаный
- 2) Люцерна изменчивая

Фактор В. Уровни минерального питания:

- 1) контроль (без удобрений)
- 2) Фон (N30K60)
- 3) N30K60 + P40
- 4) N30K60 + P60
- 5) N30K60 + P40 + микроудобрения Бор и Марганец
- 6) N30K60 + P60 + микроудобрения Бор и Марганец

Варианты опыта закладывались в 4-кратной повторности, учетная площадь каждой деланки составляла 25 м<sup>2</sup>. Принималась следующая норма высева: для эспарцета песчаного 5 млн. всхожих семян на гектар, что в весовой массе составляет 0,675 ц/га; для люцерны изменчивой – 9 млн. всхожих семян на 1 га, что в весовой массе составляет 0,23 ц/га. Посадку растений проводили вручную скарифицированными семенами.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая, слабо- и среднесуглинистая (Umbric Retisols, WRB, 2014; Eutric Podzoluvisols, FAO, 1988) [7, с. 2]. Агротехнические показатели пахотного слоя 0–20 см следующие: рНКСІ 6,6; гидролитическая кислотность – 0,86 мг-экв. на 100 г почвы; степень насыщенности основаниями – 96 %; содержание гумуса (по Тюрину) – 1,65 %; подвижных соединений P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O – 181 и 192 мг на 1 кг

почвы соответственно. В течение вегетации проводили фенологические наблюдения за сроками наступления очередных фаз развития. Началом очередной фазы развития считали наступление ее у 10 % растений, а полную фазу отмечали при наступлении ее у 75 % растений [3, с. 23–24].

Урожайность зеленой массы в опытах определяли методом сплошного скашивания растений со всей делянки и их взвешивания. Параллельно отбирали растительные образцы в металлические бьюксы для высушивания, определения содержания влаги и пересчета на выход сухого вещества [3, с. 28]. Расчет чистой продуктивности фотосинтеза определялся по формуле Веста-Брикса [4, с. 54]. Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли по методике Б. А. Доспехова [1, с. 228–231].

**Результаты и обсуждение.** В год посева полученная урожайность зеленой массы за один укос составила от 117,5 ц/га до 126,0 ц/га у эспарцета песчаного и от 114,0 ц/га до 122,4 ц/га у люцерны. Низкая урожайность объясняется тем, что в первый год жизни культуры скашивались только однократно, так как бобовые травы полностью не смогли сформироваться за вегетационный период в конкуренции с сорной растительностью (таблица 1).

**Таблица 1** – Урожайность зеленой массы эспарцета песчаного и люцерны изменчивой в зависимости от минерального питания, ц/га

Вариант опыта	Год посева	1-й год исследований			Всего за два года
		1-й укос	2-й укос	Всего за два укоса	
1. Эспарцет песчаный (Контроль)	117,5	121,3	84,0	205,3	322,8
2. Эспарцет песчаный (Фон: N30 K60)	119,0	123,0	87,6	210,6	329,6
3. Эспарцет песчаный (Фон N30 K60 + P 40)	121,7	135,1	92,0	227,1	348,8
4. Эспарцет песчаный (Фон N30 K60 + P 60)	123,1	132,8	96,4	229,2	352,3
5. Эспарцет песчаный (Фон N30 K60 + P40 + микроудобрение)	123,6	137,0	96,8	233,8	357,4
6. Эспарцет песчаный (Фон N30 K60 + P 60 + микроудобрение)	126,0	138,9	98,1	237,0	363,0
1. Люцерна (Контроль)	114,0	115,0	102,5	217,5	331,5
2. Люцерна (Фон : N30 K60)	114,8	115,2	103,4	218,6	333,4
3. Люцерна (Фон N30 K60 + P 40)	116,0	119,8	106,2	225,0	341,0
4. Люцерна (Фон N30 K60 + P 60)	117,9	128,0	109,0	237,0	354,9
5. Люцерна (Фон N30 K60 + P 40 + микроудобрение)	120,5	126,3	106,9	233,2	353,7
6. Люцерна (Фон N30 K60 + P 60 + микроудобрение)	122,4	132,1	114,7	246,8	369,2
НСР	0,65	1,54	1,32	1,94	1,12

Из полученных данных видно, что четко прослеживается тенденция увеличения урожайности исследуемых культур от применения больших доз фосфорных удобрений в комплексе с микроудобрениями.

Так применение P 40 + микроудобрения Бор и Марганец в год посева для эспарцета песчаного привело к получению урожайности зеленой массы 123,6 ц/га, а у люцерны 120,5 ц/га, что на 1,9 ц/га и 4,5 ц/га больше, чем в этом же варианте без применения микроудобрений. В вариантах опыта с P 60 + микроудобрения урожайность составила у эспарцета 126,0 ц/га и у люцерны 122,4 ц/га, что больше варианта P 40 + микроудобрения на 2,4 ц/га и 1,9 ц/га соответственно. По сравнению с контролем эти варианты обеспечили прибавку урожайности у эспарцета песчаного 6,1 и 8,5 и у люцерны 6,5 и 8,4 ц/га соответственно.

Во второй год жизни (первый год использования) урожайность оказалась значительно выше и составляет в сумме за 2 укоса у эспарцета от 205,3 ц/га до 237,0 ц/га, а у люцерны – от 217,5 ц/га до 246,8 ц/га, что превысило урожайность эспарцета на 12,2 – 9,8 ц/га зеленой массы. Это связано с тем, что люцерна по сравнению с эспарцетом имеет более развитую надземную массу.

В первый год использования (второй год жизни) урожайность культур также имеет тенденцию на прибавку урожайности от применения наибольшей нормы фосфорных удобрений с микроудобрениями; в сумме за два укоса эспарцет обеспечил урожайность 237,0 ц/га, тогда как люцерна – 246,8 ц/га, что выше контроля на 31,7 и 29,3 ц/га. Прибавка от применения микроудобрений составила в этом варианте у эспарцета 7,7 и люцерны 9,8 ц/га.

В сумме за два года наблюдений максимально полученная урожайность у эспарцета составила 363,0 ц/га, а у люцерны 369,2 ц/га в варианте P 60 + микроудобрения; по сравнению с вариантом с применением только P 60 прибавка составила 10,7 и у люцерны 14,3 ц/га, а по сравнению с контролем – 40,2 ц/га и 37,7 ц/га соответственно.

В таблице 2 представлены основные биометрические показатели роста и развития люцерны изменчивой и эспарцета песчаного в зависимости от уровня минерального питания.

**Таблица 2** – Биометрические показатели развития надземной массы исследуемых культур в зависимости от уровня минерального питания, 2021–2022 гг.

Культура	Варианты опыта	Стеблей, шт./м <sup>2</sup>		Высота растений, см		Облиственность, %	
		Год посева	2-й год жизни	Год посева	2-й год жизни	Год посева	2-й год жизни
Люцерна изменчивая	Контроль	743	741	35	42	45	49
	Фон (N30K60)	748	745	37	45	49	47
	N30K60 + P 40	782	780	40	47	52	51
	N30K60 + P 60	789	784	40	47	64	58
	N30K60 + P 40 + микроудобрения	833	830	42	49	65	62
	N30K60 + P 60 + микроудобрения	874	873	41	62	65	64
Эспарцет песчаный	Контроль	416	416	47	67	53	54
	Фон (N30K60)	422	421	49	60	55	54
	N30K60 + P 40	438	435	51	62	61	62
	N30K60 + P 60	451	450	50	61	59	63
	N30K60 + P 40 + микроудобрения	478	471	52	62	68	70
	N30K60 + P 60 + микроудобрения	495	492	52	65	67	72

Анализ биометрических показателей роста и развития бобовых трав показал, что эспарцет песчаный по сравнению с люцерной гибридной имел большую высоту растений, а облиственность и густота стеблестоя были ниже. Так, к моменту укосной спелости люцерна достигала высоты в первый год посева 35–42 см, во второй год жизни (первый год пользования) 42–62 см, а в среднем за 2 укоса эспарцет – 47–52 и 60–67 см соответственно. Исследуемые культуры сформировали стеблестой с густотой у люцерны в год посева 743–874 шт./м<sup>2</sup>, в год пользования 741–873, эспарцета 416–495 и 416–492 шт./м<sup>2</sup>. Облиственность растений по годам жизни изменялась незначительно и составила у люцерны 45–65 %, у эспарцета – 53–72 %. В обоих исследуемых культурах применение P 40–60 + микроудобрения Бор и Марганец показывали наилучшие биометрические показатели роста и развития.

**Выводы.** Исходя из данных исследований, можно сделать вывод, что бобовые травы весьма отзывчивы на применение минеральных удобрений, особенно фосфорных с микроэлементами Бором и Марганцем. Эспарцет песчаный и люцерна изменчивая в зависимости от уровня минерального питания формируют в год посева от 114 до 126,5 ц/га зеленой массы, во второй год жизни растений – от 205,3 до 246,8 ц/га. Наибольшую урожайность на второй год жизни имела люцерна изменчивая с применением P 60 + микроудобрения Бор и Марганец. По годам жизни применение фосфорного удобрения в норме 40–60 кг д.в./га с добавлением микроэлементов бора и марганца положительно влияло на рост и развитие люцерны гибридной и эспарцета песчаного.

#### Список использованных источников

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат. – 1985. – 351 с.
2. Матолинец, Н. Н. Приемы возделывания эспарцета песчаного на кормовые цели в среднем Предуралье / Н. Н. Матолинец, В. А. Волошин // Пермский ФИЦ УрО РАН. – Пермь, 2020. – 181 с.
3. Методика полевых опытов с кормовыми культурами / Всесоюз. научно-исслед. ин-т кормов им. В. Р. Вильямса. – М., 1971. – 158 с.
4. Моисеев, В. П. Методические указания / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; сост. Н. П. Решецкий. – Горки, 2009. – 124 с.
5. Осипова, В. В. Научное обоснование возделывания люцерны (*Medicago L.*) в адаптивном земледелии Республики Саха (Якутия) / В. В. Осипова, Г. В. Денисов // Якутская Государственная с/х Академия. – Москва, 2018. – 394 с.
6. Шпаков, А. С. Кормопроизводство: системообразующая роль и основные направления совершенствования в Центрально-Черноземной полосе России / А. С. Шпаков, И. А. Трофимов, А. А. Зотов, А. А. Кутузова, Д. М. Тебердиев [и др.] – Москва–Воронеж : Изд-во им. Е. А. Болховитинова, 2002. – 209 с.
7. Myslyva, T. Use of medium and high-resolution remote sensing data and markov chains for forecasting productivity of non-conventional fodder crops / T. Myslyva, B. Sheliuta, V. Bushueva // Scientific Papers. Series A. Agronomy. – Vol. LXIV. – No. 1, 2021 ISSN 2285-5785; ISSN CD-ROM 2285-5793; ISSN Online 2285-5807; ISSN-L 2285-5785.



**FEATURES OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF ALLFALFA  
VARIABLE AND SANDY ESPARCETA DEPENDING ON THE LEVEL OF MINERAL NUTRITION****S. S. Kirilkin, B. V. Shelyuto**

The article presents data obtained as a result of an experiment to study the influence of mineral nutrition levels on the productivity of sainfoin of the sandy variety Karanievitski and alfalfa variable Prynazhunya Palessya. Sandy sainfoin and variable alfalfa, depending on the level of mineral nutrition, form in the year of sowing from 114 to 126.5 c/ha of green mass, in the second year of plant life – from 205.3 to 246.8 c/ha. Variable alfalfa had the highest yield in the second year of life using P 60 + microfertilizers Boron and Manganese. It was noted that the use of phosphorus fertilizer is normally 40–60 kg a.i. per hectare with the addition of microelements boron and manganese has a positive effect on the growth and development of hybrid alfalfa and sainfoin.

УДК 633.2.031

## УСТОЙЧИВОСТЬ ДОЛГОЛЕТНИХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ НА НИЗИННЫХ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКАХ ВОЛГО-ВЯТСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЙОНА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

В. Н. Ковшова

Кировская ЛОС – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», г. Киров, Россия

*Изложены научно обоснованные модели управления продуктивностью долголетних сеяных злаковых травостоев, расположенных на осушенных низинных выработанных торфяниках при различных сценариях изменяющегося климата Волго-Вятского экономического района.*

*Ключевые слова: долголетний злаковый травостой, выработанный торфяник, урожайность, сумма осадков, сумма температур, минеральное удобрение, климат.*

**Введение.** Площади выработанных торфяников в Волго-Вятском экономическом районе ежегодно увеличиваются и в настоящее время составляют более 500 тыс. га; в Кировской области, входящей в этот регион, выработанных торфяников около 80 тыс. га [1]. Сенокосы в Кировской области по данным Росреестра на 01.01.2020 г. занимают 374 тыс. га, что составляет 11,3 % всей площади сельхозугодий [2]. Выработанные торфяные месторождения – один из ресурсов увеличения площадей кормовых угодий. Один из способов освоения таких земель – создание на них долголетних культурных сенокосов и пастбищ, так как известно, что многолетние травы при долголетнем их использовании играют огромную роль в сохранении и восстановлении биогеоценозов. Долголетние сеяные травостои отличаются более продолжительным периодом вегетации, способностью к быстрому накоплению подземной массы и органического вещества в почве, к более высоким темпам использования доступных ресурсов, в том числе и солнечной энергии [3].

В последние три десятилетия происходят изменения широкого круга процессов и явлений в природе, которые приводят к существенным общим и локальным погодным и агроклиматическим трансформациям. Согласно некоторым прогнозам, к середине XXI века ожидается повышение средней глобальной температуры на 1–2°C, что может привести к изменению климата и, следовательно, к резкому изменению экологических условий на Земле [4, 5, 6]. В связи с этим возникает необходимость проведения целенаправленных исследований по выявлению роли климатического фактора в изменении сукцессионной направленности долголетних агрофитоценозов, их продуктивности, а также процессов почвообразования [7].

**Цель работы** – разработать адаптивные ресурсосберегающие приемы минерального удобрения долголетних злаковых травостоев, обеспечивающие производство высококачественных объемистых кормов на осушенных низинных выработанных торфяниках в условиях изменяющегося климата Волго-Вятского экономического района.

В задачи исследований входила оценка влияния различных доз и сочетаний минерального удобрения и погодных условий на изменение ботанического состава травостоев, их продуктивности и почвенного плодородия осушенного низинного выработанного торфяника.

**Методы проведения исследований.** Научно-исследовательская работа проведена в стационарном опыте на долголетнем злаковом травостое сенокосного использования (50 лет), расположенном на осушенном низинном выработанном торфянике, подстилаемом среднезернистым песком. Опыт заложен в 1972 г. на злаковом травостое, созданном в 1971 г. путем залужения травосмесью, состоящей из многолетних трав: тимофеевка луговая Позднеспелая ВИК (8 кг/га), овсяница луговая Дединовская-8 (14 кг/га), костреч безостый Моршанский-312 (10 кг/га). Перед залужением внесены: пиритный огарок 5 ц/га и по 60 кг/га азота, фосфора, калия. Перед закладкой опыта слой остаточного торфа на опытном участке составлял 15–45 см, степень разложения торфа – 25–30 %, зольность – 8–10 %, объемная масса 0,200 мг/см<sup>3</sup>, полная влагоемкость – 472 %. Осушенная низинная выработанная торфяная почва опытного участка в период залужения характеризовалась слабокислой реакцией (рН<sub>сол.</sub>=5,5) и содержала в расчете на 1 кг почвы (слой 0–20 см) 8 мг подвижного фосфора, 248 мг обменного калия, 1,84 % общего азота, 1,49 % – СаО, 2,2 мг – А1.

В связи со сложившимся уровнем плодородия осушенного низинного выработанного торфяника необходимо было экспериментально оценить потенциал продуктивности старосеяного злакового травостоя сенокосного использования под влиянием различного уровня минерального питания в условиях изменяющегося климата. Для этого использовали схему стационарного опыта, заложенного в 1971 году.

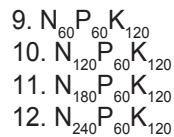
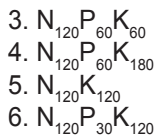
Схема опыта:

1. Без удобрений

2. N<sub>120</sub> P<sub>60</sub>

7. N<sub>120</sub> P<sub>90</sub> K<sub>120</sub>

8. P<sub>60</sub> K<sub>120</sub>



В схеме опыта вариант 1 представлен разнотравно-злаковым типом травостоя, сформировавшимся за счет естественного плодородия почвы осушенного низинного выработанного торфяника, вышедшего из-под торфодобычи в 1965 году, принят в исследованиях за контроль. В вариантах 2–12 предусмотрено изучение различных приемов минерального удобрения на старосеянном злаковом травостое, в котором доминирующим видом является кострец безостый. Варианты 2, 5, 8 включены в схему для установления эффекта взаимодействия различных доз азота, фосфора и калия. Площадь под опытом 0,3 га. Площадь одной делянки 40 м<sup>2</sup>, учетная площадь 10 м<sup>2</sup>, количество вариантов – 12, повторений 4. Использование травостоя – двуукосное, в фазе колошения доминирующего злака, составляющего основу травостоя. Удобрение в подкормку вносили: фосфорное – весной в один прием, азотное и калийное – равными дозами под каждый укос.

**Результаты.** При длительном использовании злакового травостоя без удобрений (контрольный вариант) подкисление почвы в слое 0–20 см не отмечалось (рН<sub>сол.</sub> = 5,4–5,5). Однако отмечено обогащение почвы фосфором (с 8 до 1025 мг/кг почвы), что связано с минерализацией торфа, за счет поступления этого элемента с грунтовыми водами и после разложения растительных остатков, а также за счет аэрозольных источников с атмосферными осадками. Содержание общего азота в почве снижалось до 1,54 %, обменного калия до 126 мг/кг почвы, что также связано с минерализацией торфа и выносом этих элементов с растительной массой при ее отчуждении. Под влиянием регулярного применения минерального удобрения отмечалось увеличение кислотности почвы (рН<sub>сол.</sub> = 4,4–5,0) по сравнению с исходным показателем и контролем (без удобрения). Содержание подвижного фосфора в почве по сравнению с исходным увеличивалось в 8–34 раза в зависимости от доз применяемых удобрений и изменялось от 644 до 2740 мг/кг. Содержание обменного калия в слое почвы 0–20 см снижалось в 15–20 раз по сравнению с исходным (122–168 мг/кг почвы). Минеральное удобрение без включения суперфосфата (N<sub>120</sub>K<sub>120</sub>) способствовало повышению содержания обменного калия в почве до 156 мг/кг против 126 мг/кг в контроле (без удобрения) и снижению подвижного фосфора до 64 мг/кг, в связи с низким содержанием фосфора в почвенной среде и выносом его с урожаем. Внесение минерального азота в дозах от 60 до 120 кг д. в. на 1 га в составе полной смеси минерального удобрения повлияло на повышение общего азота в почве выработанного торфяника, которое изменялось от 1,58 до 1,94 %, что превышало содержание его в контроле (без удобрений) в 1,1–1,3 раза. Процессы минерализации, происходящие в результате сельскохозяйственного использования выработанного торфяника, способствовали снижению органического вещества в почве с 92 % в 1971 году до 56–82 % в 2022 году. В связи с этим зольность выработанного торфяника под неудобряемым травостоем увеличивалась в 4,8–6,2 раза по сравнению с исходным состоянием, под влиянием минерального удобрения – в 2,2–4,1 раза.

За 50 лет пользования травостоем в соответствии с применяемыми сочетаниями и дозами минерального удобрения сформировались различные по ботаническому составу и продуктивности фитоценозы. Без применения удобрения формировался разнотравно-злаковый травостой с преобладанием ивы – 11–28 %, кульбабы осенней – 7–15 % и несеечных злаков (полевица обыкновенная – 8–15 %, пырей ползучий – 13–28 %, мятлик луговой – 11–12 % щучка дернистая – 12 % (всего 33 вида трав) и продуктивностью около 2,0–2,5 тысяч кормовых единиц. При систематическом применении минерального удобрения старовозрастной травостой представлен многолетними злаковыми травами с преобладанием костреца безостого (47–69 %) и продуктивностью от 4,5 до 7,2 тысячи кормовых единиц. Ежегодное внесение азотно-калийного удобрения в дозах N<sub>120</sub>K<sub>120</sub> приводило к деградации злакового травостоя, сформированного за счет предпосевной заправки, и снижению его продуктивности в 1,4 раза по сравнению с контролем (без удобрения).

В связи с этим и создающимися неблагоприятными погодными факторами, связанными с глобальным потеплением климата, необходимо было экспериментально оценить принципы и критерии управления устойчивостью долгодетного агрофитоценоза в различных условиях изменяющегося климата. Для этого, по данным метеостанции с учетом количества осадков и температуры воздуха, годы исследований (1972–2022 гг.) были сгруппированы в 4 типа погоды вегетационных периодов: теплый и сухой, теплый и влажный, прохладный и сухой, прохладный и влажный. С учетом преобладания в Волго-Вятском регионе мезофитных видов растений за начало и конец вегетационного периода в этой зоне принимается переход среднесуточной температуры воздуха через +5°C. Результаты урожайности долгодетного сенокоса также были сгруппированы в соответствии с изменениями погодных условий. В итоге рассчитана средняя урожайность травостоев по типам погоды и отклонения урожайности от средних показателей.

Анализ погодных условий за 50-летний период показал, что на территории проведения исследований период вегетации растений в основном бывает теплый (56 % лет), когда сумма температур воздуха превышает среднюю многолетнюю (2178°C); из них 36 % лет с недостатком и 20 % лет с избытком атмосферного увлажнения. Прохладный тип погоды в период вегетации растений, когда сумма температур воздуха меньше

среднего многолетнего значения, бывает тоже достаточно часто (44 % лет); из них с недостатком атмосферного увлажнения 14 % лет, дождливых – 30 % лет.

Модель взаимосвязи урожайности сеяных сенокосов и разных типов погодных условий вегетационного периода приведена в таблице.

**Таблица** – Урожайность долголетнего злакового сенокоса на выработанном низинном торфянике в зависимости от погодных условий (1972–2022 гг.)

Показатели погоды и удобрения (за сезон)	Среднее много-летнее	Типы погоды							
		1.Тип теп. и сух.	В % к сред. мног.	2.Тип теп. и влаж.	В % к сред. мног.	3.Тип прох. и сух.	В % к сред. мног.	4.Тип прох. и влаж.	В % к сред. мног.
Сумма температур выше 5 °С	2178,2	2341,9	108	2287,8	105	2034,8	93	1982,9	91
Сумма осадков, мм	338,1	272,6	81	411,2	122	239,4	71	413,9	122
Урожайность за сезон, ц/га									
Без удобрений	20,4	21,3	105	25,3	124	11,5	56	19,9	98
P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	44,3	47,4	107	55,3	125	30,8	69	37,9	86
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	61,5	64,4	105	68,4	111	50,8	83	58,3	95
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	78,7	77,7	99	77,3	98	74,2	94	83,0	105
N <sub>180</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	82,4	80,7	98	81,7	99	80,2	97	86,0	104
N <sub>240</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	85,8	84,2	98	78,6	92	82,6	96	94,1	110
N <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	17,0	16,6	97	18,6	109	17,7	104	15,9	94
N <sub>120</sub> P <sub>30</sub> K <sub>120</sub>	65,8	64,0	97	67,3	102	64,2	98	67,7	103
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	78,7	77,7	99	77,3	98	74,2	94	83,3	106
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	80,4	79,8	99	78,4	98	74,0	92	85,3	106
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>	49,0	48,3	99	49,4	101	44,5	91	51,7	105
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	73,7	71,8	97	75,7	103	67,5	92	77,7	105
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	78,7	77,7	99	77,3	98	74,3	94	83,0	105
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub>	82,2	80,4	98	83,4	101	75,2	91	86,9	106

Группировка урожайности долголетнего сенокоса за 50 лет пользования с учетом четырех типов погоды вегетационного периода показала, что в случае потепления климата и уменьшения атмосферных осадков можно прогнозировать сохранение устойчивой продуктивности удобряемых сенокосов на уровне многолетних данных. Это обусловлено тем, что благодаря регулируемому уровню грунтовых вод (0,8–1,0 м от поверхности) потепление климата на территории осушенных выработанных торфяных массивов будет способствовать улучшению условий минерализации торфа и питания трав за счет мобилизации почвенного азота. Небольшую прибавку урожайности (5–7 %) можно ожидать на неудобряемых сенокосах, при подкормке их фосфорно-калийным удобрением в дозах P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> и полным минеральным удобрением в дозах N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>.

Хорошая обеспеченность вегетационного периода теплом и влагой будет способствовать росту урожайности на неудобряемом сенокосе и на фоне РК на 24–25 % за счет использования почвенного азота в результате усиления минерализации органического вещества торфа. Применение полного минерального удобрения с дозой азота 60 кг действующего вещества на 1 га позволит повышать урожайность сенокоса на 11 %. Дальнейшее повышение доз азота до 120–240 кг действующего вещества на 1 га в смеси полного минерального удобрения повлечет незначительное снижение урожайности (1–2 %), однако урожайность сенокоса останется стабильно высокой 7,8–8,2 т/га.

Похолодание климата в сочетании с нарастанием недостаточного увлажнения особенно негативно проявится на урожайности неудобряемого сенокоса, формируемого за счет естественного плодородия выработанных торфяников (снижение на 44–46 %). Более чем на 30 % будет снижаться урожайность сенокоса на фоне фосфорно-калийного удобрения (P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>). Это обусловлено снижением доступности почвенного азота, вследствие замедления активности рода бактерий *Azotobacter* при снижении температурного режима выработанной торфяной почвы. При заниженной дозе азота (N<sub>60</sub>) в составе полного минерального удобрения снижение урожайности сенокоса будет достигать 17–20 %. Однако эффективность минеральных подкормок даже в агрономически минимальных дозах (N<sub>60</sub>P<sub>30-60</sub>K<sub>120</sub>) в условиях недостаточности тепло- и влагообеспеченности проявится в повышении урожайности луговых агроэкосистем в 4,4–5,6 раза по отношению к неудобряемому травостою. Стабилизация урожайности долголетних травостоев на уровне многолетних данных возможна при улучшении минерального питания трав благодаря подкормкам полной смесью минерального удобрения в дозах N<sub>120-180</sub>P<sub>30-60</sub>K<sub>120</sub>.

Если фактор обеспеченности трав влагой за счет атмосферных осадков возрастет, то снижение теплообеспеченности не скажется негативно на урожайности злакового травостоя, напротив, можно прогнозировать получение дополнительной прибавки (+3...+10 % к средним многолетним показателям) при условии обеспечения оптимального питания трав в соответствии с разработанными приемами полного минерального удобрения в дозах  $N_{120-180} P_{30-60} K_{60-120}$ .

**Выводы.** Разработанные и экспериментально обоснованные модели взаимосвязи климата и урожайности луговых агроэкосистем, созданных на осушенных низинных выработанных торфяниках в условиях Волго-Вятского экономического района, позволяют управлять продуктивностью луговых агрофитоценозов и получать стабильно высокую урожайность (7–8 т/га СВ) высококачественных кормов (12–15 % сырого протеина в 1 кг СВ) при различных сценариях изменяющегося климата в условиях внесения полного минерального удобрения в дозах  $N_{120} P_{60} K_{120}$ . Кроме того, возможно прогнозировать производство кормов с мелиорируемых площадей и научно обоснованно подготовиться к возможным изменениям в кормопроизводстве и животноводстве.

#### Список использованных источников

1. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году. – М. : Росреестр, 2020. – 206 с.
2. Косолапов, В. М. Кормопроизводство на торфяных почвах России / В. М. Косолапов, А. А. Зотов, А. Н. Уланов. – М., 2009. – 858 с.
3. Косолапов, В. М. Научные основы и практика комплексного использования нарушенных болотных экосистем / В. М. Косолапов, А. Н. Уланов // Материалы научно-практ. конф. к 90-летию мелиоративной науки в Беларуси и 70-летию БелНИИМиЛ. – Минск, 2001. – С. 49–55.
4. Влияние изменения климата на экологическую устойчивость агроценозов / Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России (под ред. академиков Россельхозакадемии А. Л. Иванова и В. И. Кирюшина). – М. : Россельхозакадемия, 2009. – С. 234–235.
5. Кутузова, А. А. Прогнозирование урожайности сенокосов и пастбищ в связи с глобальными изменениями климата / А. А. Кутузова, Д. М. Тебердиев, В. Н. Ковшова, А. В. Родионова // Кормопроизводство. – 2011. – № 7. – С. 3–6.
6. Кутузова, А. А. Программа прогнозирования взаимосвязи продуктивности сенокосов и пастбищ с глобальными изменениями климата / А. А. Кутузова, В. Н. Ковшова // Программа и методика проведения научных исследований по луговодству. – М. : ВНИИК, 2011. – С. 164–175.
7. Трофимов, И. А. Управление агроландшафтами / И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева, Т. М. Лебедева // Кормопроизводство. – 2008. – № 9. – С. 4–5.

#### SUSTAINABILITY OF LONG-LIVED AGROPHYTOCENOSES ON LOWLAND DEPLETED PEATLANDS OF THE VOLGA-VYATKA ECONOMIC REGION UNDER CHANGING CLIMATE CONDITIONS

**V. N. Kovshova**

Scientifically substantiated models of productivity management of long-lived sown cereal grass stands located on drained lowland depleted peatlands under different scenarios of changing climate of the Volgo-Vyatsky economic region are described.

УДК 504.05

## КАЧЕСТВО РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ШТАБЕЛЯ ПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА

Н. Н. Костюченко, М. М. Дашкевич

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

*В статье рассмотрено накопление тяжелых металлов сельскохозяйственными культурами (рапс, пшеница), возделываемыми на дерново-подзолистой песчаной почве, при длительном хранении (24 мес.) подстилочного навоза крупного рогатого скота в полевых условиях. Установлено, что наиболее интенсивно в растениеводческой продукции накапливались цинк и медь.*

*Ключевые слова: тяжелые металлы, дерново-подзолистая песчаная почва, подстилочный навоз.*

**Введение.** В районах интенсивного животноводства существенное влияние на ландшафты оказывают органические отходы животноводческих комплексов. Отрицательное воздействие данных отходов на окружающую среду увеличивается в ряду: птицефабрики – комплексы крупного рогатого скота – свиноводческие комплексы. Суммарное загрязнение почв отходами животноводства сопоставимо со слабым и средним загрязнением в промышленных городах [1].

Особую опасность для агробиоценозов представляют тяжелые металлы. Попадая на поверхность почвы, они аккумулируются преимущественно в верхних гумусовых горизонтах, причем процесс их накопления происходит быстрее, чем процесс выведения. Почвы легкого гранулометрического состава, вследствие невысокого содержания гумуса, обладают слабой способностью адсорбировать данные элементы. Поэтому в песчаных, хорошо промываемых почвах существует высокий риск их накопления в сельскохозяйственных культурах, а также поступления в грунтовые воды [2]. В растениях высокие концентрации тяжелых металлов нарушают обмен веществ, снижают их продуктивность [3]. Поступая по пищевым цепям в организм человека и животных, они представляют серьезную угрозу для жизнедеятельности, вызывая тяжелые заболевания, мутации [4, 5].

В результате накопления больших объемов отходов животноводства на сельскохозяйственных предприятиях хранение подстилочного навоза нередко осуществляется на полях вблизи мест внесения. Общеизвестно, что в состав навоза кроме основных элементов питания входят также и тяжелые металлы. Так, органические удобрения являются источником поступления в почву цинка и меди [6]. Поэтому длительное хранение навоза на сельскохозяйственных угодьях может являться причиной повышенного содержания в почве и продукции растениеводства тяжелых металлов.

**Цель работы** – оценка содержания тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах при длительном хранении подстилочного навоза в полевых условиях.

**Методы исследований.** Исследования проводили на дерново-подзолистой песчаной почве. Объектом исследований являлся участок поля, на котором осуществлялось длительное хранение (24 месяца) штабеля подстилочного навоза крупного рогатого скота размером 127×4×1 м (~510 т). Севооборот на поле был представлен следующими культурами: 2021 г. – рапс, 2022 г. – пшеница. Образцы сельскохозяйственных культур для лабораторного анализа отбирали на расстоянии 1, 2, 5, 25 м от штабеля в конце вегетационного периода, что соответствовало времени хранения навоза в течение 12 и 24 месяцев.

Содержание тяжелых металлов в изучаемых образцах устанавливали методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на приборе iCAP 7200.

**Результаты.** Анализ сельскохозяйственных культур на содержание тяжелых металлов показал, что наибольшие их концентрации отмечены в растениях, отобранных на расстоянии 1 м от штабеля. Ранее нами было установлено [7], что длительное хранение навоза в полевых условиях (8–20 мес.) приводит к накоплению в почве тяжелых металлов, преимущественно в пахотном слое почвы. В наших исследованиях максимальное содержание элементов зафиксировано на расстоянии 1 м от штабеля навоза при 20 месяцах хранения. Так, концентрация меди оказалась в 1,4 раза выше фона и составила 3,58 мг/кг, концентрации цинка и хрома незначительно превысили фоновый уровень и оказались равными 13,54 и 6,38 мг/кг соответственно. Согласно экологическим нормам и правилам их концентрации не превышали предельно допустимый уровень для незагрязненных почв. Исследуемая почва характеризуется низким содержанием марганца – 34,65 мг/кг, что в 3,3 раза меньше фоновой концентрации для пахотных почв юго-запада Беларуси (таблица 1).

Сопоставляя значения, полученные на различном расстоянии от места хранения подстилочного навоза, выявлено, что с удалением от штабеля концентрации большинства исследуемых элементов уменьшаются. Так, при сроке хранения навоза 20 месяцев содержание цинка в почве на расстоянии 5 м оказалось в 1,7, меди –

в 1,5, кобальта – в 1,4, никеля – в 1,3, хрома – в 1,2 раз меньше, чем в непосредственной близости от места хранения.

Накопление тяжелых металлов сельскохозяйственными культурами определяется уровнем их содержания и подвижностью в почвах. Подвижность зависит от множества факторов: почвенных условий (содержанием гумуса, pH почвы), физико-химических свойств металлов и т. д. В незагрязненных почвах доля подвижных форм тяжелых металлов не превышает 5–20 % от их валового содержания [8].

**Таблица 1** – Содержание валовых форм тяжелых металлов в пахотном слое дерново-подзолистой почвы при продолжительном хранении подстильного навоза в полевых условиях

Расстояние от штабеля, м	Срок хранения, мес.	Тяжелые металлы, мг/кг							
		Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Co	Cr	Mn
1	8	5,40	0,05	10,51	2,25	1,23	0,65	4,17	19,25
	20	5,69	0,07	13,54	3,58	1,88	0,88	6,38	34,65
5	8	4,00	0,05	6,43	1,82	0,85	0,47	3,82	18,55
	20	5,22	0,07	8,04	2,38	1,44	0,63	5,28	30,57
Фоновое содержание для пахотных почв юго-запада Беларуси		5,98	0,18	12,65	2,52	1,80	1,10	5,55	115,2
Валовое содержание в незагрязненной почве, не более		35,6	0,95	72,2	28,3	21,6	24,0	45,6	1220

Анализ химического состава растительных образцов показал, что при хранении навоза в течение 12 месяцев в рапсе, произрастающем в непосредственной близости от штабеля, содержание цинка преобладало над другими элементами и оказалось равным 41,08 мг/кг, концентрация меди составила 3,70 мг/кг, что в 2,3–2,5 и 1,4–1,7 раз соответственно превышало их количество по сравнению с расстоянием 5–25 м от места складирования органического удобрения. Содержание марганца в растениях с увеличением расстояния от места хранения навоза снизилось 1,1–1,8 раз, хрома в 1,2 раза и составило соответственно 9,38 и 1,29 мг/кг. Концентрация свинца на протяжении 1–25 м от штабеля была ниже предела обнаружения (менее 0,034 мг/кг), кадмия – варьировала от 0,11 до 0,14 мг/кг при допустимом уровне 0,5 мг/кг, что соответствовало установленным правилам по безопасности кормов и кормовых добавок [9] (таблица 2).

**Таблица 2** – Содержание тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах при длительном хранении подстильного навоза в полевых условиях

Расстояние от штабеля навоза	Тяжелые металлы, мг/кг							
	Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Cr	Ni	Mn
Рапс (хранение штабеля 12 месяцев)								
1 м	0,12	нпо	41,08	3,70	нпо	1,50	0,39	16,49
5 м	0,14	нпо	18,25	2,56	нпо	1,24	0,36	15,28
25 м	0,11	нпо	16,32	2,16	нпо	1,29	0,11	9,38
ПДК	0,5	5,0	–	–	–	–	–	–
Зерно пшеницы (хранение штабеля 24 месяца)								
1 м	нпо	нпо	35,5	2,75	нпо	нпо	нпо	24,2
2 м	нпо	нпо	25,4	1,79	нпо	нпо	нпо	20,3
5 м	нпо	нпо	21,0	1,30	нпо	нпо	нпо	15,5
25 м	нпо	нпо	29,0	0,77	нпо	нпо	нпо	20,6
ПДК	0,5	5,0	–	–	–	–	–	–

Примечание: нпо – ниже предела обнаружения прибора ( $Cd \leq 0,005$ ,  $Pb \leq 0,034$ ,  $Co \leq 0,015$ ,  $Cr \leq 0,006$ , мг/кг  $Ni \leq 0,025$ ).

При увеличении срока хранения навоза до 24 месяцев в зерне пшеницы, отобранном в 1 м от штабеля, наибольшая концентрация среди исследуемых элементов оказалась у цинка – 35,5 мг/кг, что в 1,2–1,7 раз выше, чем на расстоянии 2–25 м от места хранения органического удобрения. Содержание меди в сельскохозяйственной продукции, произрастающей на удалении 1 м от штабеля, составило 2,75 мг/кг и в 1,5–3,6 раз превышало ее количество по сравнению с более дальним расстоянием. Концентрация марганца незначительно отличалась при удалении от места хранения навоза: 24,2 мг/кг на расстоянии 1 м и 20,6 мг/кг на расстоянии 25 м от штабеля.

Свинец, кадмий, кобальт, хром, никель в зерне пшеницы не обнаружены (таблица 2). Обычно в семенах большинства растений содержание тяжелых металлов наименьшее по сравнению с другими органами, так как градиент концентрации данных элементов уменьшается от корня к соцветию, защищая таким образом генеративные органы от их негативного воздействия [10]. В то же время в литературных источниках встречается информация, что цинк и медь способны в относительно больших количествах транспортироваться в соцветия [11].

Исходя из вышесказанного, при длительном хранении навоза в полевых условиях наиболее интенсивно в растениях накапливаются цинк, медь. Их содержание в кормах для сельскохозяйственной птицы, свиней, крупного рогатого скота не нормируется. Для овец и коз допустимая концентрация меди в полнорационном корме не должна превышать 15 мг/кг, для лошадей – 30 мг/кг [9].

**Заключение.** Длительное хранение подстилочного навоза в полевых условиях сопровождалось увеличением содержания тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах (рапс, пшеница). Максимальные концентрации большинства элементов зафиксированы в растительных образцах, отобранных на расстоянии 1 м от штабеля. Наиболее интенсивно в растениях накапливались цинк и медь. В рапсе при хранении навоза на протяжении 8 месяцев содержание цинка на вышеуказанном расстоянии составило 41,08, меди – 3,70 мг/кг; в зерне пшеницы при хранении навоза в течение 20 месяцев концентрация цинка оказалась равной 35,5, меди – 2,75 мг/кг. На данный момент содержание этих металлов в кормах для крупного рогатого скота, свиней, сельскохозяйственной птицы не нормируется, что может явиться причиной снижения качества продукции животноводства.

#### Список использованных источников

1. Перельман, А. И. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – М. : МГУ, 1999. – 610 с.
2. Тяжелые металлы в песчаных почвах Псковской области / А. И. Иванов [и др.] // *Агрохимия*. – 2017. – № 1. – С. 71–79.
3. Белюченко, И. С. Вопросы защиты почв в системе агроландшафта / И. С. Белюченко // *Научный журнал КубГАУ*. – 2014. – № 95 (01). – С. 232–241.
4. Раковская, Е. Г. Исследование загрязнения почв тяжелыми металлами / Е. Г. Раковская, М. Е. Рудов, А. С. Прохоров // *Вестник МАНЭБ*. – 2020. – Том 25. – № 1. – С. 13–17.
5. Химическое загрязнение окружающей среды / Н. Г. Исаева [и др.] // *Известия Дагестанского ГАУ*. – 2021. – № 11. – С. 6–9.
6. Обухов, А. И. Баланс тяжелых металлов в агроценозах дерново-подзолистых почв и проблемы мониторинга / А. И. Обухов, А. А. Попова // *Вест. МГУ. Сер. 17. Почвоведение*. – 1992. – № 3. – С. 31–39.
7. Костюченко, Н. Н. Содержание тяжелых металлов в дерново-подзолистой почве при хранении органического удобрения в полевых условиях / Н. Н. Костюченко, М. М. Дашкевич, А. А. Волчек // *Почвенные и земельные ресурсы: традиционные и инновационные подходы к изучению и управлению : мат. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию образования каф. почвоведения и геоинформ. систем БГУ и 85-летию со дня рождения д-ра геогр. наук, проф. В. С. Аношко, Минск, 21–24 сент. 2023 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: А. Н. Червань (гл.ред.) [и др.]*. – Минск : БГУ, 2023. – С. 79–81.
8. Гукалов, В. Н. Концентрация тяжелых металлов в почвах агроландшафта по результатам площадных съемок / В. Н. Гукалов, Л. Б. Попок // *Экологический Вестник Сев. Кавказа*. – 2009. – Т. 5. – № 2. – С. 35–40.
9. Ветеринарно-санитарные правила обеспечения безопасности в ветеринарно-санитарном отношении кормов и кормовых добавок, утв. Постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 10.02.2011 №10 (в редакции Постановления от 23.02.2018 № 33).
10. Титов, А. Ф. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам / А. Ф. Титов, В. В. Таланова, Н. М. Казнина. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2011. – 77 с.
11. Троц, В. Б. Влияние минеральных удобрений на аккумуляцию тяжелых металлов в почве и фитомассе зерновых культур / В. Б. Троц, Д. А. Ахматов, Н. М. Троц // *Зерновое хозяйство России*. – 2015. – № 1. – С. 45–49.

#### QUALITY OF PLANT PRODUCTS IN THE ZONE IMPACTS OF LITTER MANURE STACKS

**N. N. Kostyuchenko, M. M. Dashkevich**

The article examines the accumulation of heavy metals in agricultural crops (rapeseed, wheat) cultivated on sod-podzolic sandy soil during long-term storage (24 months) of cattle manure under field conditions. It was found that zinc and copper accumulated most intensively in crop products.



## РОЛЬ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ В УСЛОВИЯХ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

М. О. Леоненко

Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси, аг. Тулово, Беларусь

*В статье дан анализ урожайности зеленой массы суданской травы в зависимости от срока и способа посева в условиях Витебской области, проведена оценка долевого участия различных факторов в формировании урожайности зеленой массы суданской травы.*

*Ключевые слова: суданская трава, Витебская область, норма высева, ширина междурядий, урожайность.*

**Введение.** Повышение эффективности животноводства и увеличение производства животноводческой продукции возможно лишь при создании прочной кормовой базы. Производство и заготовка травяных кормов в сельскохозяйственных предприятиях Беларуси в настоящее время осуществляется с использованием традиционного ассортимента кормовых культур. Однако при недостатке влаги и повышенных температурах в период вегетации растений большое значение для стабилизации кормовой базы имеет возделывание культур, обеспечивающих высокую урожайность в экстремальных погодных условиях. В этой связи возникает необходимость поиска культур, альтернативных традиционным однолетним кормовым культурам по отношению к условиям произрастания. В условиях Витебской области для решения этой проблемы несомненный интерес представляют сорговые культуры. Эти культуры обладают высокой экологической пластичностью, урожайностью, отавностью, широким спектром использования (на зеленый корм и консервированные корма), хорошей поедаемостью животными, что относит их к ценным компонентам для создания зеленого и сырьевого конвейера. Кроме того, сорговые культуры малотребовательны к плодородию почвы, что в последнее время весьма актуально для почвенно-климатических условий северного региона республики [1].

**Методы исследования.** В 2019–2021 гг. изучали влияние элементов технологии возделывания на продуктивность суданской травы. Исследования проводили в Витебском районе на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (гумус – 2,86 %;  $P_2O_5$  – 212 мг/кг;  $K_2O$  – 267 мг/кг почвы; pH – 5,6). Предшественник – яровой рапс. Фосфорные и калийные удобрения ( $P_{60}$ ,  $K_{100}$ ) вносили под основную обработку почвы (вспашка), а азотные – под предпосевную культивацию почвы ( $N_{60}$ ) и после уборки первого укоса ( $N_{30}$ ). Первый срок сева суданской травы в 2019 г. был проведен 14 мая, в 2020 г. и 2021 г. – 20 мая, а второй срок сева – через 10 дней после первого. Ширина междурядий и норма высева семян использовались в соответствии со схемой опыта.

Погодные условия в период проведения исследований существенно различались. По этой причине в 2019 г. при раннем сроке сева было получено два укоса суданской травы, а при позднем – только один. В 2020 г. при первом и втором сроке сева был получен только один укос, а в 2021 г. – два укоса.

**Результаты и обсуждение.** Установлено, что в среднем за период исследований наибольшая урожайность зеленой массы суданской травы была получена при раннем сроке сева и норме высева семян 2,0 млн/га с шириной междурядий 12,5 см – 401,2 ц/га. При снижении нормы высева до 1,8; 1,6; 1,4 млн/га и увеличении ширины междурядий до 25,0; 37,5; 50,0 см указанный выше показатель был равен соответственно 373,8; 332,3; 255,4 ц/га (таблица 1), т.е. снижался на 6,8; 17,2; 36,3 %.

**Таблица 1** – Урожайность зеленой массы суданской травы в зависимости от срока и способа посева, ц/га

Срок сева	Способ посева		2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее
	норма высева, млн/га	ширина междурядий, см				
1-й срок	2,0	12,5	376,1	288,6	538,8	401,2
	1,8	25,0	324,1	282,4	514,8	373,8
	1,6	37,5	296,3	247,5	453,2	332,3
	1,4	50,0	212,2	195,4	358,6	255,4
2-й срок	2,0	12,5	335,6	282,4	520,1	379,4
	1,8	25,0	302,8	269,4	494,5	355,6
	1,6	37,5	272,4	226,3	426,3	308,3
	1,4	50,0	225,8	208,4	384,5	272,9

$НСР_{05}$ , срок сева	12,4	5,5	18,3
$НСР_{05}$ , способ посева	17,6	7,7	25,9
$НСР_{05}$ , частных средних	24,9	10,9	36,6

При более позднем сроке сева максимальная урожайность зеленой массы суданской травы (379,4 ц/га) также была получена при норме высева семян 2,0 млн/га с шириной междурядий 12,5 см. В других вариантах, где эту культуру возделывали с нормой высева 1,8; 1,6; 1,4 млн/га и с шириной междурядий 25,0; 37,5; 50,0 см, этот показатель снижался до 355,6; 308,3; 272,9 ц/га, т.е. на 6,3; 18,7; 28,1 %.

Анализ представленных выше результатов свидетельствует о том, что при более позднем сроке сева урожайность зеленой массы суданской травы, возделываемой с нормой высева 2,0; 1,8; 1,6 млн/га и шириной междурядий 12,5; 25,0; 37,5 см, снижалась по сравнению с ранним сроком сева соответственно на 5,4; 4,9; 7,2 %.

Для более полной оценки изучаемых элементов технологии возделывания суданской травы было выявлено их доленое участие в формировании урожайности зеленой массы этой культуры. Статистическая обработка полученных в период исследований урожайных данных, проведенная по общепринятой методике [2], показала, что доля влияния на урожайность зеленой массы суданской травы в этом опыте сроков сева в 2019 г. составила 2,8 %, способов посева – 86,5 %. В 2020 г. указанные выше показатели были равны соответственно 1,0 и 91,4 %, а в 2021 г. – 0,6 и 85,7 %.

**Таблица 2** – Долевое участие различных факторов в формировании урожайности зеленой массы суданской травы, %

Фактор	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Срок сева	2,8	1,0	0,6
Способ посева	86,5	91,4	85,7
Взаимодействие сроков и способов посева	3,4	3,3	2,5
Случайные факторы	7,3	4,3	11,2

Из вышеизложенного следует, что наибольшую долю влияния на урожайность зеленой массы суданской травы в сложившихся в период проведения исследований условиях обеспечил способ посева этой культуры, т.е. норма высева семян и ширина междурядий.

**Выводы.** Таким образом, при возделывании суданской травы в условиях Витебской области для получения максимальной урожайности зеленой массы его необходимо высевать в конце второй декады мая с нормой высева семян 2,0 млн/га и шириной междурядий 12,5 см.

#### Список использованных источников

1. Зенькова, Н. Н. Продуктивность и кормовые достоинства просо-сорговых культур / Н. Н. Зенькова, Т. М. Шлома // Ученые записки учреждения образования «Витебская государственная академия ветеринарной медицины»: Научно-практический журнал. – Витебск : УО ВГАВМ, 2010. – Т. 46, вып.1, ч. 2. – С. 127–133.
2. Плохинский, Н. А. Биомертия: учебное пособие / Н. А. Плохинский. – 2-ое изд. – Москва : Из-во Московского ун-та, 1970. – 268 с.

#### ROLE OF VARIOUS FACTORS FORMATION OF PRODUCTIVITY OF SUDAN GRASS UNDER CONDITIONS VITEBSK REGION

**M. O. Leonenko**

The article analyses the yield of green mass of Sudan grass depending on the term and method of sowing in the conditions of Vitebsk region, assesses the share participation of various factors in the formation of yield of green mass of Sudan grass.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

А. П. Лихацевич

Институт мелиорации, г. Минск, Беларусь

*В качестве основы моделирования урожайности предложено использовать физический принцип баланса причинно-следственных взаимодействий (causal interaction) в замкнутой физической системе, который определяет структуру математической модели. Сформулированы условия верификации модели, позволяющие получить объективные и достоверные выводы.*

*Ключевые слова: урожайность, питание растений, атмосферные осадки, опорные показатели математической модели урожайности.*

**Введение.** Очевидно, что любая информационная система поддержки управления аграрными технологиями, учитывающая влияние урожаеформирующих факторов на урожайность сельскохозяйственных культур, должна базироваться на соответствующей научно обоснованной математической модели. В настоящее время в качестве такой модели предлагаются алгебраические уравнения, представленные эмпирическими формулами в виде N-мерных алгебраических полиномов, полученных с использованием стандартного математического инструмента – метода множественной нелинейной регрессии с включением в анализ различных нелинейных преобразований аргументов [1 и др.]. Вместе с тем некоторые исследователи считают, что при любом коэффициенте детерминации такие уравнения не являются действительными моделями исследуемого процесса, поскольку не имеют физического смысла, а представляют собой лишь формальное математическое сглаживание данных конкретных экспериментов [2, 3].

Вместе с тем в научной литературе в последние годы появилось множество эмпирических формул, не имеющих «физического смысла», но называемых их авторами «математическими моделями». Эту тенденцию преодолеть практически невозможно, особенно в тех областях науки, которые связаны с природными (стохастическими) процессами, в которых любые математические обобщения воспринимаются как существенное достижение. Поэтому полагаем, что связи урожайности сельскохозяйственных культур с урожаеформирующими факторами, представляемые в виде алгебраических полиномов, можно называть математическими моделями, но частными (ограниченного применения), поскольку эмпирико-статистические методики обработки данных полевого опыта всегда приводят только к частным решениям. Применить эти эмпирические формулы можно только в пределах конкретного участка (поля), где получены исходные данные для анализа. Такие формулы не находят широкого практического применения и непригодны для разработки обобщенных информационных систем управления какими-либо процессами.

Что касается терминологии, то обратимся к общеизвестным рекомендациям. Например, в Математическом энциклопедическом словаре отмечено, что первый этап математического моделирования состоит в «...формулировании законов, связывающих основные объекты модели... Этап завершается записью в математических терминах сформулированных качественных представлений о связях между объектами модели» [4, с. 343]. В Мелиоративной энциклопедии вышесказанное подтверждается разъяснением: «математическая модель явления или процесса обычно создается на основании применения к ним *наиболее общих законов*... Записывая эти законы в виде систем *дифференциальных уравнений* и аналитически исследуя их, можно получить информацию о процессах или явлениях, которые не наблюдались в природе или наблюдались в ограниченном диапазоне изменения исследуемых величин» [5, с. 183]. Таким образом, согласно [4, 5], начинать математическое моделирование следует с поиска (установления) общих законов, представленных дифференциальными уравнениями.

В Физическом энциклопедическом словаре находим утверждение академика А. М. Колмогорова, которое можно отнести ко второму этапу моделирования: «...если исследуемые явления изучаются при помощи дифференциальных уравнений, то определяющие параметры появляются 1) в виде величин, входящих в начальные и граничные условия; 2) в виде коэффициентов, входящих в дифференциальные уравнения. После приведения уравнений к безразмерному виду в них остаются лишь безразмерные коэффициенты, которые являются *критериями подобия*» [6, с. 559]. Из сказанного вытекает, что математическое моделирование в строгом понимании, как и физическое, основывается на двух столпах – *теории подобия и анализе размерностей* [6, с. 426]. Данное утверждение приводит к следующему выводу: **обобщенная математическая модель объекта исследований – это математическое выражение, построенное с соблюдением баланса размерностей, содержательно отражающее свойства изучаемого объекта и количественные связи, его характеризующие. Каждый элемент математической модели, включая численные коэффициенты, должен иметь объяснимое физическое содержание.**

**Построение математической модели урожайности сельскохозяйственных культур.** В качестве методологической основы математического моделирования урожайности используем *физический принцип баланса причинно-следственных взаимодействий (causal interaction) в замкнутой физической системе.* Формулируется он следующим образом:

1. *Бесконечно малое изменение вектора Y под воздействием факторов X, Z и др. пропорционально произведению показателя восприимчивости Y к действию каждого фактора на характеристику воздействия каждого из них.*

2. *Каждый из факторов (X, Z и др.), действующих на Y, сообщает ему такое же изменение, как если бы других факторов не было.*

Формальным выражением физического принципа баланса причинно-следственных взаимодействий в замкнутой физической системе, применительно к модели урожайности, является *дифференциальное уравнение в частных производных*

$$\frac{\partial Y}{\partial R_i} = \alpha_i f_i \left( \frac{Y}{R_i} \right) \frac{g_i(R_i)}{h_i(R_{i \text{ extr}})}, \quad (1)$$

где  $\partial Y / \partial R_i$  – частная производная урожайности (Y) по *i*-му урожаеформирующему фактору ( $R_i$ ), соответствующая интенсивности изменения Y при изменении  $R_i$ , при условии, что другие факторы (аргументы функции) не изменяются; Y – урожайность;  $R_i$  – обобщенное представление *i*-го урожаеформирующего фактора;  $\alpha_i$  – безразмерный коэффициент, характеризующий восприимчивость урожая к действию *i*-го фактора (может изменяться от нуля при полном отсутствии реакции урожайности на *i*-й фактор и до единицы при полной зависимости от данного урожаеформирующего фактора);  $f_i(Y/R_i)$  – функция, характеризующая интенсивность реакции урожайности на влияние *i*-го фактора в пределах рассматриваемого диапазона его воздействия;  $g_i(R_i)$  – функция, характеризующая величину стресса растений при отклонении *i*-го фактора ( $R_i$ ) от оптимального уровня ( $R_{i \text{ opt}}$ );  $h_i(R_{i \text{ extr}})$  – функция, характеризующая экстремальный стресс от воздействия *i*-го фактора, приводящий к потере урожая.

Наиболее сложным и ответственным действием в предлагаемой схеме математического моделирования является установление вида функций  $f_i(Y/R_i)$ ,  $g_i(R_i)$  и  $h_i(R_{i \text{ extr}})$ . При этом требуется соблюдение следующих условий: *необходимым условием* является полное соответствие предлагаемых зависимостей физическим закономерностям, установленным в опытах; *достаточное условие* состоит в обязательном соблюдении баланса размерностей всех показателей, входящих в функции  $f_i(Y/R_i)$ ,  $g_i(R_i)$  и  $h_i(R_{i \text{ extr}})$ . Поскольку эти функции задаются на основании закономерностей, установленных в агрономических опытах, то есть эмпирически конечное решение дифференциального уравнения (1) нельзя относить к точному теоретическому результату. Но с полным основанием его можно считать близким к теоретическому (полуэмпирическим).

Соблюдая *достаточное условие*, в первом приближении можем представить составные элементы математического выражения (1), формализующего принцип баланса причинно-следственных взаимодействий в системе «урожаеформирующие факторы среды (причина)-урожай (следствие)», в виде простейших зависимостей

$$f_i \left( \frac{Y}{R_i} \right) = \frac{Y_{\max}}{R_{i(\text{opt})} - R_{i(0)}}, \quad (2)$$

$$g_i(R_i) = R_{i(\text{opt})} - R_i, \quad (3)$$

$$h_i(R_{i \text{ extr}}) = R_{i(\text{opt})} - R_{i(0)}, \quad (4)$$

где Y – урожайность культуры;  $R_{i(\text{opt})}$  – оптимальный уровень *i*-го фактора, при котором урожай достигает своего максимума ( $Y_{\max}$ );  $R_{i(0)}$  – уровень *i*-го фактора, при котором урожай перестает формироваться.

Дифференциальное уравнение (1) с учетом зависимостей (2)-(4) принимает форму

$$\frac{\partial Y}{\partial R_i} = a_i Y_{\max} \frac{R_{i(\text{opt})} - R_i}{(R_{i(\text{opt})} - R_{i(0)})^2}, \quad (5)$$

С учетом приведенной выше формулировки физического принципа *causal interaction* – «каждый из факторов, действующих на Y, сообщает ему такое же изменение, как если бы других факторов не было» – решение (4) получим в виде мультипликативной функции, которая и будет являться простейшей моделью урожайности

$$\frac{Y}{Y_{n(\max)}} = \prod_{i=1}^n \left[ 1 - a_i \left( \frac{R_{i(\text{opt})} - R_i}{R_{i(\text{opt})} - R_{i(0)}} \right)^2 \right], \quad (6)$$

где *n* – количество учитываемых в математической модели урожайности факторов.

Можно записать формулу (6) для  $n$ -факторного опыта в «раскрытом» виде

$$\frac{Y}{Y_{\max[i,n]}} = \left[ 1 - a_1 \left( \frac{R_{1(opt)} - R_1}{R_{1(opt)} - R_{1(0)}} \right)^2 \right] \left[ 1 - a_2 \left( \frac{R_{2(opt)} - R_2}{R_{2(opt)} - R_{2(0)}} \right)^2 \right] \dots \left[ 1 - a_n \left( \frac{R_{n(opt)} - R_n}{R_{n(opt)} - R_{n(0)}} \right)^2 \right], \quad (7)$$

где  $Y$  – фактическая урожайность;  $a_1, a_2, a_n$  – коэффициенты, характеризующие степень влияния на урожайность 1-го, 2-го, ...  $n$ -го фактора, соответственно (безразмерные величины,  $0 \leq a_i \leq 1$ );  $R_{1(opt)}, R_{2(opt)}, R_{n(opt)}$  – оптимальные количества 1-го, 2-го, ...  $n$ -го фактора, соответственно, при которых достигается максимум урожайности;  $R_{1(0)}, R_{2(0)}, R_{n(0)}$  – количества 1-го, 2-го, ...  $n$ -го фактора, соответственно, при которых урожай перестает формироваться.

Показатели математической модели урожайности (7) устанавливаются в процессе анализа опытных данных, ориентируясь на минимизацию среднеквадратических (стандартных) отклонений урожаев, вычисленных по (7), от урожаев, измеренных в поле,

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{j=N} (\Delta Y_j)^2}{N-1}} \rightarrow \min, \quad (8)$$

$$\Delta Y_i = Y_{\text{выч.}i} - Y_i, \quad (9)$$

где  $\delta$  – среднеквадратическое отклонение урожаев, вычисленных по формуле (7), от урожаев, измеренных в поле за  $N$ -летие;  $\Delta Y_j$  – отклонение урожая, вычисленного по формуле (7) в условиях  $j$ -го года, от урожая, измеренного в поле в  $j$ -м году;  $Y_{\text{выч.}j}$  – урожай, вычисленный по формуле (7) для условий  $j$ -го года;  $Y_j$  – фактический урожай, полученный в поле в условиях  $j$ -го года;  $j$  – порядковый номер года в многолетии;  $N$  – количество лет исследований в многолетнем ряду.

**Результаты и обсуждение.** Справедливость формулы (7) подтверждена в том числе данными урожайности сахарной свеклы (гибрид NZ – тип), возделываемой в Беларуси на сортоиспытательных станциях (Кобрин, Молодечно, Несвиж), и участке (Щучин), а также в стационарных полевых опытах (Несвиж, Горки). Исходные данные для расчета представлены исполнителями задания подпрограммы «Плодородие почв и защита растений» ГПНИ «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность на 2021–2025 годы» по заданию «Разработка методики оценки комплексного влияния водно-пищевого режима на урожайность сахарной свеклы» [7].

В таблице приведены исходные и полученные расчетом показатели математической модели урожайности (7) для сахарной свеклы, установленные по данным ГСХУ «Несвижская СС» (продолжительность опыта 12 лет) и для опытных участков (ОУ «Несвиж», ОУ «Горки») с продолжительностью опыта 3 года. Показатели, определяющие положение параболической поверхности отклика функции урожайности на питание и влагообеспеченность (в трехмерном пространстве), установлены в процессе подбора по формулам (8), (9).

**Таблица** – Показатели математической модели урожайности сахарной свеклы

№ п/п	Наименование	Размерность	СС «Несвиж»	ОУ «Несвиж»		ОУ «Горки»
			Аргументы модели			
			$N_0P_0K_0+NPK, S$	$N_0P_0K_0+NPK, S$	$NPK, S$	$NPK, S$
1	Годы наблюдений	годы	2011–2023	2021–2023		2017–2019
2	Пределы колебания $Y$	т/га	46,8–88,0	24,4–60,4		54,7–85,6
3	Содержалось в почве: гумус	%	2,0–2,3	1,3–2,9	Данные не учитываются	Данные не учитываются
4	$P_2O_5$	мг/кг	300–345	96–226		
5	$K_2O$	мг/кг	380–420	123–234		
6	$N_0$	кг д.в./га	3000–3600	1950–4350		
7	$P_0$	кг д.в./га	900–1035	288–678		
8	$K_0$	кг д.в./га	1140–1260	369–702		
9	$N_0P_0K_0$	кг д.в./га	5040–5895	2607–5730		
10	Вносились $NPK$	кг д.в./га	390–410	0–540	0–540	310–560
11	$Y_{\max(NPK,S)}$	т/га	95	70	70	89
12	$a_{NPK}$	б/р	1,0	0,76	1,00	1,00
13	$NPK_{opt}$	кг д.в./га	7000	9000	1000	700
14	$NPK_{(0)}$	кг д.в./га	4700	0	–650	0

15	$a_s$	б/р	0,32	0,97	0,93	1,00
16	$S_{opt(V-X)}$	мм	400	460	460	300
17	$S_{(0)(V-X)}$	мм	0	0	0	20
18	Стандартн. отклон. ( $\delta$ )	т/га	3,15	3,59	3,64	3,19
19	Коеф-т детермин. ( $R^2$ )	б/р	0,94	0,93	0,92	0,90

Примечания:  $N_0P_0K_0$  – суммы действующего вещества азота ( $N_0$ ), фосфора ( $P_0$ ), калия ( $K_0$ ), содержащихся в почве, кг д.в./га; NPK – суммы действующего вещества азота (N), фосфора (P), калия (K), внесенного с удобрениями, кг д.в./га; S – сумма атмосферных осадков за май–сентябрь включительно, мм.

Данные таблицы демонстрируют, прежде всего, тесную зависимость урожайности сахарной свеклы от наличия питательных веществ в почве. При этом закономерным является вопрос: можно ли построить достоверную математическую модель урожайности сельскохозяйственной культуры по данным 3-летних исследований? Этот вопрос является ключевым, поскольку в подавляющем большинстве диссертационных исследований используются результаты именно 3-летних полевых опытов, по данным которых и разрабатываются N-мерные полиномы, именуемые «математическими моделями».

Установленные по исходным данным значения опорных показателей математической модели урожайности ( $Y_{max(NPK,S)}$ ,  $a_{NPK}$ ,  $NPK_{opt}$ ,  $NPK_{(0)}$ ,  $a_s$ ,  $S_{opt(V-X)}$ ,  $S_{(0)(V-X)}$ ) заставляют ответить на поставленный вопрос отрицательно. Несмотря на достаточно высокие коэффициенты детерминации, подтверждающие наличие тесной связи между полученной урожайностью сахарной свеклы и основными урожаеформирующими факторами (обеспеченностью питательными веществами и влагой), отчетливо видны искажения в численных значениях опорных показателей математической модели урожайности. По трехлетним данным ОУ «Несвиж» имеем явно завышенные значения оптимального количества питательных веществ (суммы действующего вещества азота, фосфора, калия, содержащихся в почве и вносимых), при которых достигается максимум урожая. А по 3-летним данным ОУ «Горки» получили резко заниженное количество оптимальных атмосферных осадков (сумма за май–сентябрь), при которых достигается максимум урожайности.

**Заключение.** Анализ опорных показателей математической модели урожайности сахарной свеклы, полученных с использованием 12-летних результатов сортоиспытаний и данных 3-летних полевых исследований, показал, что трехлетние данные недостаточно для определения достоверных численных значений опорных показателей разрабатываемой математической модели урожайности. Несмотря на достаточно высокие коэффициенты детерминации, подтверждающие наличие тесной связи между полученной урожайностью культуры, ее питанием и влагообеспеченностью, по данным 3-летнего опыта получены искаженные значения опорных показателей, что делает невозможным построение по результатам такого опыта достоверной математической модели урожайности.

#### Список использованных источников

1. Пенькова, Р. И. Ресурсосберегающие технологии возделывания моркови при капельном орошении в условиях Нижнего Поволжья. – Автореферат дисс. канд. с.-х. наук / Р. И. Пенькова. – Волгоград, 2023. – 20 с.
2. Математический энциклопедический словарь / гл. ред. Ю. В. Прохоров. – М. : Сов. Энциклопедия, 1988. – 846 с.
3. Мелиоративная энциклопедия / гл. ред. А. В. Колганов. Составитель – академик Россельхозакадемии Б.С. Маслов. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – Т. 2 (К-П). – 444 с.
4. Вахонин, Н. К. Концептуальные основы моделирования урожайности в системе принятия решений по регулированию водного режима / Н. К. Вахонин // Мелиорация. – 2014. – № 2 (72). – С. 7–15.
5. Вахонин, Н. К. Моделирование урожаев в системе точного земледелия / Н. К. Вахонин // Мелиорация. – 2015. – № 1 (73). – С. 131–136.
6. Физический энциклопедический словарь / гл. ред. А. М. Прохоров. – М. : Сов. Энциклопедия, 1984. – 944 с.
7. Лихацевич, А. П. Требования к математической модели урожайности сельскохозяйственных культур / А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина, А. В. Малышко, С. В. Набздоров // Мелиорация. – 2024. – № 1 (107). – С. 16–26.

#### MODELING OF AGRICULTURAL CROPS YIELD

##### A. P. Likhatchevich

As a basis for mathematical modeling, it is proposed to use the physical principle of the balance of cause-and-effect interactions in a closed physical system (causal interaction), which determines the structure of the mathematical model. The conditions for model verification are formulated, allowing one to obtain objective and reliable conclusions.

## СОДЕРЖАНИЕ КРАХМАЛА В КУКУРУЗНОМ СИЛОСЕ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА КОРМА

М. А. Пастухова, Т. И. Новикова, И. А. Левченко

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

*В статье приводится обоснование значимости содержания крахмала и сырого протеина в образцах кукурузного силоса для продуктивности КРС. Анализ данных проводился на основе заготовленных предприятиями АПК Брестской области в 2021–2023 гг. и исследованных в Отраслевой научно-исследовательской лабораторией качества кормов траншей кукурузного силоса. Всего происследовано 2 926 образцов 176 сельскохозяйственных предприятий. Выявлено, что между содержанием крахмала и сырого протеина в 1 кг СВ кукурузного силоса существует обратно пропорциональная зависимость. С увеличением значений содержания крахмала от 149 г/кг СВ до 253 г/кг СВ снижается содержание сырого протеина от более 100 г/кг СВ до 70 г/кг СВ. С ростом продуктивности от 5 000 кг до 8 000 кг в 1 кг СВ кукурузного силоса в среднем уменьшается количество сырого протеина (от 89 до 82 г/кг СВ корма) и увеличивается количество крахмала (от 236 до 281 г/кг СВ корма). Полученные результаты дают основание предполагать, что при оценке качества кукурузного силоса целесообразно учитывать количество крахмала, а также проводить дальнейшие исследования по балансировке протеинового питания с учетом не сырого протеина (общего количества азотных соединений в корме), а аминокислотного состава корма.*

*Ключевые слова:* кормопроизводство, качество кормов, питательность, крахмал, транзитный крахмал, сырой протеин.

**Введение.** Брестская область является лидирующим регионом республики в части молочного скотоводства. За последнее десятилетие средняя молочная продуктивность КРС в Брестской области увеличилась с 4,5 тыс. до 7 тыс. в год. Достигнутый результат осуществлен благодаря комплексному подходу к системе организации производства продукции животноводства и работы специалистов на местах. Большое внимание уделяется содержанию животных, практически завершён план строительства и переход на содержание животных в фермы современного типа. Существующий уровень продуктивности животных во многом достигнут благодаря высококвалифицированным специалистам-селекционерам, качеству услуг ветеринарной службы. Однако с ростом молочной продуктивности наиболее существенным фактором и резервом сохранения здоровья животных выступает качество кормов и научно обоснованный подход к балансировке составов рационов.

Физиологической особенностью КРС является то, что энергетическая потребность животных до 70 % удовлетворяется за счет углеводов травяных кормов, которые расщепляются благодаря микрофлоре рубца. Углеводы, в свою очередь, представлены двумя группами веществ: структурные углеводы (клетчатка) и неструктурные углеводы (НСУ). Основную долю неструктурных углеводов составляют сахар и крахмал корма.

Конечным продуктом распада неструктурных углеводов (НСУ) в рубце являются летучие жирные кислоты (уксусная, масляная, пропионовая). Помимо энергетической ценности, оптимальное их поступление с кормом способствует лучшему использованию азота корма и повышению содержания белка в молоке [1–3].

Сахар корма представлен сахарозой, которая является легкопереваримым углеводом и практически полностью быстро сбраживается в рубце бактериями. Сахар не является источником глюкозы, конечным продуктом распада являются летучие жирные кислоты. Количество сахара в травяных растениях зависит от ботанического состава, сроков уборки, погодных условий в период вегетации и т.д. При избыточном поступлении сахара с кормом вследствие быстрого сбраживания у жвачных животных резко снижается рН рубца, происходит угнетение и гибель микрофлоры, избыточное накопление молочной кислоты и, как следствие, развивается ацидоз. Поэтому содержание сахара в корме не должен превышать 13 % от СВ корма [1].

Крахмал корма представлен легкогидролизуемыми углеводами. Конечным продуктом распада являются летучие жирные кислоты (если усвоение крахмала происходит в рубце) и глюкоза (если усвоение крахмала происходит в отделе тонкого кишечника – транзитный крахмал). Особенно важно достаточное поступление глюкозы в первый месяц после отела при отрицательном энергетическом балансе и риске развития кетоза. Глюкоза активизирует работу ферментативных процессов, улучшает работу поджелудочной железы и печени, улучшает процесс утилизации кетоновых тел, способствует повышению белка в молоке. Так как переваривающая способность кишечника ограничена, установлено, что в корме оптимальное содержание легкопереваримого крахмала должно быть 70 %, а транзитного крахмала – 30 %. Повышенное содержание быстро расщепляемого крахмала является причиной быстрого снижения рН рубцового содержимого. При рН менее 6,0 происходит рост количества микроорганизмов, расщепляющих крахмалистые полисахариды, и угнетение микрофлоры, расщепляющей клетчатку, и, как следствие, снижение скорости переваривания всего рациона. Подобная

ситуация возникает при физиологически необоснованном увеличении доз комбикормов с целью увеличения удоев. В процессе приготовления комбикормов зерно подвергается физической и термической обработке, что повышает скорость расщепления крахмала [1–4]. В то же время достаточное содержание транзитного крахмала способствует более равномерному процессу поступления в кровь пропионовой кислоты, синтезу глюкозы в печени и оптимизации энергетического обмена дойной коровы. Количество крахмала в рационе КРС зависит от продуктивности и физиологического состояния животных [1–3]. При удое 10 кг на 1 к. ед должно приходиться 10 г крахмала; при удое 11–20 кг – 135 г; при удое выше 30 кг – 180 г [2]. При оценке количества крахмала на 1 кг СВ корма необходимое его содержание при удое выше 20 кг должно быть 210 г/кг СВ корма [3]; 270 г/кг СВ корма [5].

Основной источник крахмала – зерновая группа кормов. Исходя из вышеизложенного, при составлении рационов необходимо учитывать количество и скорость расщепления крахмала. По данным голландских ученых, в первую фазу лактации быстро расщепляемого крахмала и сахара в рационе должно быть 42–46 %; 30–35 % – расщепляемого в преджелудках, и 19–25 % – расщепляемого в тонком кишечнике. Быстро (до 80 %) расщепляемого в рубце крахмала содержится в зерне овса, пшеницы, ячменя, тритикале. Вызревшее зерно кукурузы, сорго, просо переваривается медленнее, что благоприятно сказывается на рН рубца [5, 6]. Таким образом, компонентом рациона, содержащим достаточное количество транзитного крахмала, в настоящее время является кукурузный силос. При этом при оценке качества кукурузного силоса, в руководстве СТБ 1223-2000 (Силос из кормовых растений. Технические условия), не предусматривается его оценка по содержанию крахмала [7]. Наиболее вероятным объяснением этому является то, что в период разработки данного СТБ продуктивность животных на уровне 4 000 кг в год не лимитировалась содержанием крахмала в кукурузном силосе.

Учитывая тот факт, что количество и качество крахмала в кукурузном силосе зависит от степени созревания зерна, предполагается, что его количество будет обратно пропорционально содержанию протеина, что обусловлено физиологией развития растений (кроме случаев сортовых особенностей культуры).

**Методы.** Настоящие исследования проводились с целью определения содержания крахмала и сырого протеина в кукурузном силосе, заготовленном в сельскохозяйственных предприятиях Брестской области и зависимости молочной продуктивности предприятий от значений этих показателей.

Лабораторные исследования кормов проводились в условиях Отраслевой научно-исследовательской лаборатории качества кормов (ОНИЛКК) Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси. Применялось сочетание традиционных методик анализа кормов [8, 9] и метода ИК-спектроскопии на приборе Фурье-спектрометр [10].

Учет и хранение данных проводились при помощи компьютерной программы баз данных Access, математическая обработка данных – при помощи программы Excel.

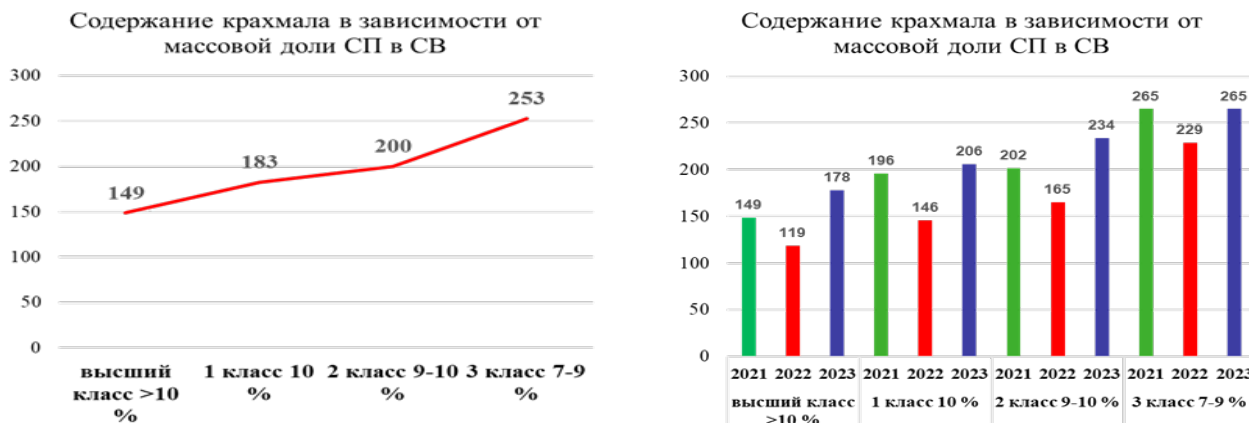
**Результаты.** Доля исследованных силосных траншей, заготовленных в 2021–2023 гг., относительно общего количества имеющихся траншей показана на рисунке 1. Согласно представленным данным, количество исследованных в ОНИЛКК траншей кукурузного силоса, относительно заготовленного в сельскохозяйственных предприятиях Брестской области, обосновано считать репрезентативной выборкой. Общее количество исследованных образцов в 2021 году составило 651 (31 % от имеющихся траншей), в 2022 году – 1 008 (48 % от имеющихся траншей), в 2023 году – 1 267 (58 % от имеющихся траншей).



Рисунок 1 – Доля исследованных в ОНИЛКК кормов относительно их общего количества (заготовка 2021–2023 гг.)



На рисунке 2 представлена зависимость содержания крахмала кукурузного силоса от содержания в нем сырого протеина (СП).



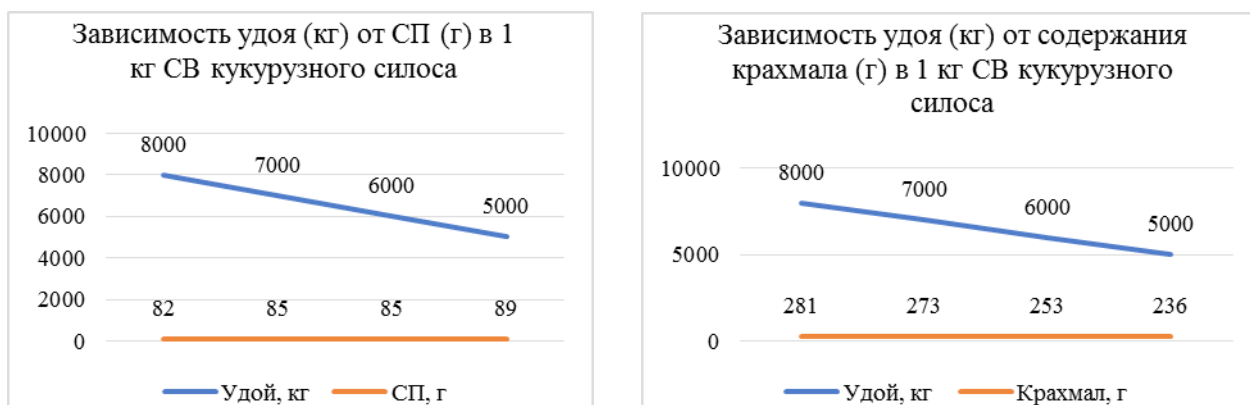
**Рисунок 2** – Содержание крахмала в кукурузном силосе (г/ 1 кг СВ) в зависимости от массовой доли сырого протеина (г/1 кг СВ) и сухого вещества (г/1 кг натурального корма)

График зависимости средних значений содержания крахмала в кукурузном силосе и соответствующих им значений сырого протеина, представленный на рисунке 2, подтверждает вышеизложенное предположение об обратной пропорциональности данных значений. Чем выше содержание крахмала (от 149 г/кг СВ до 253 г/кг СВ), тем меньше содержание сырого протеина (от более чем 100 г/кг СВ до 70 г/кг СВ). Такая же тенденция прослеживается в кормах разных лет заготовки. Диаграмма рисунка 2 показывает, что среднее содержание крахмала по годам исследований отличается. Наименьшее содержание крахмала в кукурузном силосе отмечено в 2022 году. Учитывая, что выборка исследуемых образцов достаточно репрезентативна (охватывает 16 районов Брестской области и составляет 48 % от общего количества заготовленного силоса), целесообразно предположить, что пониженное содержание крахмала в этот период обусловлено не технологическими аспектами (срок скашивания, качество трамбовки и хранения), а погодными условиями вегетационного периода. Тем не менее общая тенденция очевидна: чем выше содержание крахмала, тем меньше содержание протеина.

При оценке качества кукурузного силоса, руководствуясь СТБ 1223-2000, для соответствия высшему и первому классу качества по показателю содержания сырого протеина корм должен содержать не менее 10 % (100 г/кг СВ). Таким образом, специалисты предприятий, стремясь обеспечить высокий уровень классности заготовленного корма, проводят укос до оптимального накопления в растениях крахмала.

При этом для повышения молочной продуктивности необходимо соответствующее поступление с кормом крахмала (около 210 г/1 кг СВ при удое от 20 кг). Недостаточное его содержание в травяных кормах приводит к снижению удоя, поэтому зачастую соответствующий уровень содержания крахмала обеспечивается за счет введения повышенных доз комбикормов, что, как отмечалось выше, не соответствует физиологии жвачных животных.

На рисунке 3 показано среднее содержание СП и крахмала (г/кг СВ корма) в образцах кукурузного силоса, заготовленного в условиях сельскохозяйственных предприятий с среднегодовым удоем от 5 000 кг до 8 000 кг от коровы.



**Рисунок 3** – Содержание СП и крахмала (г/кг СВ кукурузного силоса) в рационе КРС со среднегодовым удоем 5000–8000 кг

Согласно данным, представленным на рисунке 3, с ростом продуктивности от 5 000 кг до 8 000 кг в 1 кг СВ кукурузного силоса в среднем уменьшается количество сырого протеина (от 89 до 82 г/кг СВ корма) и увеличивается количество крахмала (от 236 до 281 г/кг СВ корма).

**Выводы.** Таким образом, при оценке качества кукурузного силоса целесообразно учитывать количество крахмала, а также проводить дальнейшие исследования по балансировке протеинового питания с учетом не сырого протеина (общего количества азотных соединений в корме), а аминокислотного состава корма. Современными исследованиями подтверждена научная обоснованность применения такого подхода к протеиному питанию животных. Учет аминокислотного состава корма позволяет существенно снизить современные нормы потребности белка (сырого и переваримого протеина) в рационах животных без потерь продуктивности [2, 4].

**Благодарность.** Выражаем признательность комитету по сельскому хозяйству и продовольствию Брестского облисполкома за помощь и предоставление статистических сведений по результатам работы молочного скотоводства Брестской области, а также сотрудникам ОНИЛКК Михальчуку С. Н. и Зайцевой З. А. за помощь, оказанную в пробоподготовке образцов.

#### Список использованных источников

1. Шупик, М. В. Кормление сельскохозяйственных животных / М. В. Шупик, А. Я. Райхман. – Горки : БГСХА, 2014. – 236 с.
2. Рядчиков, В. Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных : учеб.-практ. пособие / В. Г. Рядчиков. – Краснодар : КубГАУ, 2012. – 328 с.
3. Солошенко, В. А. Сахар в рационах коров Сибири / В. А. Солошенко, Х. В. Загитов // Животноводство и кормопроизводство. Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 12. – С. 29–30.
4. Пастухова, М. А. Аминокислотный состав кормосмеси для дойного стада КРС при введении в рацион силоса из силфии пронзеннолистной / М. А. Пастухова, Б. В. Шелюто // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 3 (141). – URL: <https://research-journal.org/archive/3-141-2024-march/10.23670/IRJ.2024.141.47> (дата обращения: 18.03.2024). – DOI: 10.23670/IRJ.2024.141.47
5. Еврофинс-Агро [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.eurofins.com/> . – Дата доступа : 19.05.2024.
6. Лаборатория кормления и здоровья КРС. Лаборатория NOVA LABORATORY [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://xn--80aae4apbhkj.xn--p1ai/laboratory>. – Дата доступа : 20.05.2024.
7. Силос из кормовых растений. Общие технические условия: СТБ 1223-2000. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина: ГОСТ 13496.4-93. – Взамен ГОСТ 13496.4-84; введ. 01.01.1995. – Москва : Стандартинформ, 2011. – 33 с.
8. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина: ГОСТ 13496.4-93. – Взамен ГОСТ 23638-79; введ. РБ 01.08.2000. – Минск : БелГИС, 2000. – 16 с.
9. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов: ГОСТ 26176-91. – Взамен ГОСТ 26176-84; введ. 01.01.1993. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2002. – 21 с.
10. Михальчук, С. Н. Анализ достоверности калибровочных моделей для определения сырого протеина, сырой клетчатки и сырого жира в силосе кукурузном методом БИК-спектрометрии (NIRS) / С. Н. Михальчук, М. А. Пастухова // Животноводство и ветеринария. – 2023. – № 3. – С. 41–47.

#### STARCH CONTENT IN CORN SILAGE AND ITS IMPORTANCE WHEN EVALUATING FEED QUALITY

**M. A. Pastukhova, T. I. Novikova, I. A. Levchenko**

The article provides a rationale for the importance of starch and crude protein content in corn silage samples for cattle productivity. Data analysis was carried out on the basis of data collected by agricultural enterprises of the Brest region in 2021–2023, and trenches of corn silage examined in the Industry Research Laboratory of Feed Quality. A total of 2926 samples from 176 agricultural enterprises were examined. It was revealed that there is an inversely proportional relationship between the content of starch and crude protein in 1 kg of dry matter of corn silage. With an increase in starch content from 149 g/kg DM to 253 g/kg DM, the crude protein content decreases from 70 g/kg DM to above 100 g/kg DM. With an increase in productivity from 5000 kg to 8000 kg in 1 kg DM of corn silage, on average, the amount of crude protein decreases (from 89 to 82 g/kg DM feed) and the amount of starch increases (from 236 to 281 g/kg DM feed). The results obtained suggest that when assessing the quality of corn silage, it is advisable to take into account the amount of starch, as well as to conduct further research on balancing protein nutrition, taking into account not crude protein (the total amount of nitrogen compounds in the feed) but the amino acid composition of the feed.

## БИОУДОБРЕНИЕ В СИСТЕМЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК ВИНОГРАДА

Д. Э. Руссо, А. А. Красильников

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, г. Краснодар, Россия

*Представлены результаты изучения эффективности биоудобрения (эффлюента) «Биоконцентрат Z» при системном применении в ампелоценозе некорневым способом в 2022–2023 гг. Выявлено положительное влияние препарата на функциональную устойчивость и продуктивность растений винограда сортов Мерло и Каберне Совиньон в почвенно-климатических условиях ООО «Абрау-Дюрсо».*

*Ключевые слова: ампелоценоз, эффлюент, некорневая подкормка, продуктивность, эффективность.*

**Введение.** Современный технологический уклад отрасли виноградарства достиг уровня интенсификации производственных процессов, оказывающего значительное воздействие на биологическое равновесие в агроэкосистемах ампелоценозов. В этой связи актуальными становятся биологизированные приемы агротехники возделывания культуры для снижения химико-техногенного прессинга, обеспечения эколого-экономической устойчивости и оптимальной продуктивности ампелоценозов [1, 2]. В рамках данного направления рассматривается также возможность вторичного использования на виноградниках побочных продуктов сельскохозяйственного производства в качестве биоудобрений, произведенных с помощью биотехнологий [3]. Одним из перспективных способов производства биоудобрений для использования в сельскохозяйственном производстве является технология метанового сбраживания отходов в биогазовых установках [4]. Получаемая в процессе разложения органики твердая фракция шлама является ценным органическим удобрением, содержащим преимущественно гуминовые вещества, а также фитогормоны, минерализованные биогенные вещества, доступные для питания растений, ферменты и т.д. В результате анаэробного сбраживания в удобрении отсутствуют семена сорных растений, патогенная микрофлора [5]. Основываясь на характеристиках биоудобрений, получаемых в биотехнологическом процессе, в 2022–2023 гг. нами были проведены исследования эффективности российского препарата «Биоконцентрат Z», произведенного с помощью биогазовой установки при переработке отходов молочного производства.

**Целью** проведения эксперимента стало изучение влияния биоконцентрата на функциональную активность растений винограда винных сортов Мерло и Каберне Совиньон, продуктивность, качество урожая и рентабельность производства продукции в почвенно-климатических условиях ООО «Абрау-Дюрсо». В задачи исследований входило: почвенно-агрохимическое обследование экспериментального участка в границах промышленных насаждений сельскохозяйственного предприятия, выявление уровня однородности условий, разработка схемы и закладка полевого опыта, проведение ежегодных агробиологических учетов и наблюдений, лабораторные исследования индикаторных органов растений винограда, выявление эффективности действия препарата с использованием математического и экономического анализа данных.

**Методы.** Опытный участок виноградника располагался в Черноморской зоне Краснодарского края, ООО «Абрау-Дюрсо», г. Новороссийск (рисунок). Объект наблюдений – плодоносящие растения винограда районированных в крае сортов технического направления Мерло и Каберне Совиньон. Схема размещения растений – 3,0 x 1,5 м. Система формирования кустов – одноплечий горизонтальный кордон. Схема опыта: вариант 1. Контроль, без некорневых подкормок; вариант 2. Некорневые подкормки препаратом «Биоконцентрат-Z» в дозе 0,5 л/га; вариант 3. Некорневые подкормки препаратом «Биоконцентрат-Z» в дозе 1,0 л/га. Система применения биоудобрения некорневым методом была основана на особенностях сезонного биологического цикла развития растений винограда. Обработки проводили механизировано с помощью ОПВ 2000 при норме расхода рабочего раствора перед началом цветения 600 л/га и в период роста ягод (размер ягоды «горошина») – 800 л/га. Рабочий раствор готовили непосредственно перед его применением.



**Рисунок** – Общий вид участка полевого опыта в границах промышленных насаждений ООО «Абрау-Дюрсо»

Проведение полевых опытов основывалось на следующих методических рекомендациях: «Методы исследований в виноградарстве», «Методическое и аналитическое обеспечение организации и проведения исследований по технологии производства винограда», «Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда» [6–8]. Математическая обработка результатов эксперимента осуществлялась согласно методике Б. А. Доспехова [9].

**Результаты.** Определение физиологического состояния растений проводили, анализируя химический состав листьев в динамике. В летний период напряженности гидротермических факторов на фоне некорневых обработок винограда в 2022–2023 гг. был выявлен более высокий уровень обеспеченности растений водой (общая вода, водоудерживающая способность листьев). Более благоприятный водный режим растений на фоне применения некорневых обработок в августе, несмотря на депрессию фотосинтеза, вызванную дефицитом влаги и высокими температурами воздуха (32–33°C продолжительное время), обеспечивал более интенсивную ассимиляционную активность растений винограда, сопряженную с увеличением слоя палисадной ткани листьев, ответственной за фотосинтез. Толщина палисадного слоя возрастала в среднем на 18,3 %, общая толщина листовой пластинки – на 7,5 % в сравнении с контрольным вариантом. Установлена более высокая метаболическая активность листьев винограда в летний период: увеличение содержания физиологически активных органических кислот, фенольных соединений, легкоподвижных аминокислот, в том числе осмопротектора пролина ~ в 2 раза. Направленное воздействие приема некорневой обработки растений винограда биоудобрением способствовало увеличению показателя продуктивности винограда: в 2023 г. на один развившийся на кусте побег в контрольном варианте приходилось 147 г (сорт Мерло) и 136 г (сорт Каберне Совиньон) сырой массы гроздей, а на фоне обработок растений биоудобрением – 189 г (сорт Мерло) и 161 г (сорт Каберне Совиньон).

Хозяйственная урожайность винограда сорта Мерло в вариантах с применением препарата «Биоконцентрат Z» в дозе 0,5 и 1,0 л/га превышала значение показателя в контрольном варианте (без обработок) в 2022–2023 гг. (таблица 1), при этом была выявлена более высокая экономическая эффективность варианта с дозой 0,5 л/га (таблица 2).

**Таблица 1** – Хозяйственная урожайность винограда в связи с применением некорневых обработок биоудобрением «Биоконцентрат Z»

Сорт	Вариант	Урожайность				Прибавка к контролю			
		2022	2022	2023	2023	2022	2022	2023	2023
		с одного куста, кг	с 1 га, т	с одного куста, кг	с 1 га, т	т/га	%	т/га	%
Мерло	Контроль	4,7	10,33	5,3	11,78	–	–	–	–
	«Биоконцентрат Z», 0,5 л/га	5,2	11,50	6,8	15,11	1,17	11,3	3,33	28,3
	«Биоконцентрат Z», 1,0 л/га	5,2	11,44	–	–	1,11	10,7	–	–
	<i>HCP<sub>05</sub></i>	0,31	1,17	0,61	1,25				
Каберне Совиньон	Контроль	–	–	4,9	10,89	–	–	–	–
	«Биоконцентрат Z», 0,5 л/га	–	–	5,8	12,91	–	–	2,02	18,5
	<i>HCP<sub>05</sub></i>			0,25	1,10				

**Таблица 2** – Экономические показатели применения биоудобрения «Биоконцентрат-Z» в дозе 0,5 л/га в среднем за 2022–2023 гг.

Сорт	Вариант	Себестоимость произведенной продукции, руб./ц	Доход от реализации через винопродукцию, тыс. руб./га	Рентабельность продукции, %
Мерло	Контроль	3759,9	1503,5	52,2
	«Биоконцентрат Z», 0,5 л/га	3520,5	1809,5	62,6
Каберне Совиньон*	Контроль	3759,9	1481,0	51,9
	«Биоконцентрат Z», 0,5 л/га	3534,5	1755,8	60,9

Примечание: \* данные 2023 года.

На фоне некорневых обработок растений биоудобрением значительно увеличилась масса грозди винограда. Интенсивность накопления сухих веществ стабильно превышала этот процесс в сравнении с контрольным вариантом (без обработок).

**Заключение.** Таким образом, выявленная в период 2022–2023 гг. эффективность применения в ампелоценозе биоудобрения, произведенного в технологическом процессе анаэробного сбраживания побочных продуктов молочного производства с помощью биогазовой установки, позволяет с высокой долей вероятности прогнозировать возможность управления продукционным и адаптивным потенциалом растений винограда на основе альтернативных традиционным биологизированных систем, сокращая химическую нагрузку на почву и растения.

#### Список использованных источников

1. Егоров, Е. А. Когнитивные модели управления эколого-экономической устойчивостью виноградных агроценозов [Электронный ресурс] / Е. А. Егоров, Ж. А. Шадрина, В. С. Петров, Г. А. Кочьян // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2021. – № 68(2). – С. 1–17. – Режим доступа : <http://journal.kubansad.ru/pdf/21/02/01.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-2-68-1-17. – Дата доступа : 28.05.2024.

2. Егоров, Е. А. Эффективность экологизации производства в виноградарстве [Электронный ресурс] / Е. А. Егоров, Е. Г. Юрченко, Ж. А. Шадрина, Г. А. Кочьян // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2012. – № 16(4). – С. 122–127. – Режим доступа : <http://journal.kubansad.ru/pdf/12/04/15.pdf>. – Дата доступа : 28.05.2024.

3. Руссо, Д. Э. Эффективность применения эффлюента «Биоконцентрат Z» в ампелоценозе / Д. Э. Руссо, А. А. Красильников // Научные труды СКФНЦСВВ. – 2023. – Т. 36. – С. 184–190. DOI 10.30679/2587-9847-2023-36–184–190.

4. Яковлева, Е. В. Биогазовая установка как способ решения проблемы утилизации отходов промышленного животноводства / Е. В. Яковлева, О. Я. Набокина, В. Н. Куракина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 5 (67). – С. 231–233.

5. Тарасов, С. И. Применение эффлюента биогазовой установки в качестве удобрения для органического земледелия / С. И. Тарасов, Д. А. Ковалев, Ю. В. Караева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 3. – С. 91–97.

- 
6. Методическое и аналитическое обеспечение организации и проведения исследований по технологии производства винограда / под ред. К. А. Серпуховитиной. – Краснодар : ГНУ СКЗНИИСиВ, 2010. – 182 с.
  7. Петров, В. С. Методы исследований в виноградарстве / В. С. Петров, Г. Ю. Алейникова, А. А. Мarmorштейн. – Краснодар : ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2021. – 147 с.
  8. Ненько, Н. И. Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда / Н. И. Ненько [и др.]. – 2015. – 115 с. – Режим доступа : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25753188>.
  9. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. : Книга по Требованию, 2012. – 352 с.

## **BIOFERTILIZATION IN THE SYSTEM OF NON-ROOT TOP DRESSING OF GRAPES**

**D. E. Russo, A. A. Krasilnikov**

The results of studying the effectiveness of biofertilizer (effluent) “Bioconcentrate Z” for systemic use in ampelocenosis by the non-root method in 2022–2023 are presented. The positive effect of the drug on the functional stability and productivity of Merlot and Cabernet Sauvignon grape plants in the soil and climatic conditions of Abrau-Durso LLC was revealed.

## ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ БЕЛОРУССКИХ СОРТОВ ТАБАКА ОБЫКНОВЕННОГО

В. А. Сатишур<sup>1</sup>, И. Г. Марзан<sup>2</sup>, Е. В. Голубева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси, аг. Тулово, Беларусь

<sup>2</sup> Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

*Разработанная технология позволяет получать в условиях Полесья гарантированную урожайность свежесобранных листьев белорусских сортов табака на уровне 200–250 ц/га. По заключению Всероссийского научно-исследовательского института табака, махорки и табачных изделий выращенное белорусское табачное сырье обладает хорошим качеством.*

*Ключевые слова: технология возделывания, сорта, табак обыкновенный, Полесье.*

**Введение.** До настоящего времени считалось, что вырастить качественное табачное сырье в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь невозможно. Поэтому табачные фабрики вынуждены были закупать табачное сырье за границей. Среди 20 стран-поставщиков ведущие позиции занимают Бразилия, Колумбия, Китай, Индия, Греция, Болгария, Турция, Танзания, Малайзия, Грузия, Молдова. Закупочная цена табачного сырья варьирует от 3,5 до 7 долларов США за 1 кг. За один год только на Гродненской табачной фабрике «Неман» перерабатывается более 16,5 тыс. тонн сырья, закупаемого на сумму 90 млн. долларов США. Закупаемое сырье зачастую оказывается не лучшего качества, при этом основную долю себестоимости составляют транспортные расходы. Для замещения закупаемого сегодня из-за границы табачного сырья достаточно возделывания табака на площади 7500 га (при урожайности сухих листьев 2,2 т с 1 га). Однако в связи с отсутствием районированных, адаптированных к возделыванию в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь сортов табака обыкновенного сдерживалось его массовое возделывание. С 2016 года в Государственный реестр сортов Республики Беларусь Государственной инспекцией по испытанию и охране сортов растений включены 2 отечественных сорта табака обыкновенного. Сорта получены путем проведения внутривидовой гибридизации растений табака в лаборатории биохимии Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси (№ госрегистрации 20150624) в рамках выполнения хозяйственного договора с ЧТПУП «БелТабакСемена».

**Цель** исследований – оценка эффективности возделывания белорусских сортов табака обыкновенного в почвенно-климатических условиях Полесья.

**Задачи** исследований – определить урожайность и качество полученного табачного сырья; районировать сорта в условиях Полесья.

Полевые исследования проведены на дерново-подзолистых почвах на территории Брестского района в ОАО «Племзавод Мухавец» и ОАО «Чернавчицы» в соответствии с Методикой полевого опыта Б. А. Доспехова (1985 г.). Качество полученной продукции исследовано во Всероссийском научно-исследовательском институте табака, махорки и табачных изделий.

**Результаты.** Технология разработана коллективом авторов из РУП «Витебский зональный институт НАН Беларуси» и ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси».

Для возделывания табака обыкновенного пригодны дерново-подзолистые супесчаные и легкосуглинистые почвы, подстилаемые моренным суглинком. Не рекомендуется возделывать табак на заплывающих глинистых почвах и торфяных почвах, подверженных периодическим заморозкам.

Оптимальными агрохимическими показателями почв являются: pH -5,6–6,0 и выше, содержание гумуса – не менее 1,5%, подвижного фосфора и обменного калия – не менее 150 мг/кг почвы.

Для табака обыкновенного хорошими предшественниками выступают озимые зерновые, яровые зерновые, сахарная свекла, клевер и однолетние травы. Запрещается возделывать табак обыкновенный после картофеля и других пасленовых культур, так как это может привести к одностороннему использованию питательных веществ из почвы, распространению болезней и вредителей. Возвращать табак на прежнее поле можно не ранее чем через 2–3 года. Монокультура табака приводит к не рациональному использованию влаги, питательных веществ почвы и удобрений, распространению болезней и вредителей.

Для нормального развития табачных листьев и накопления в них веществ, благоприятно отражающихся на качестве, необходим в достаточном количестве свет. Самые качественные табаки получаются из листьев, созревших в период длинного дня при достаточном солнечном свете. Установлено, что плантации, расположенные на южных и юго-западных склонах, дают сырье более высокого качества.

Табак обыкновенный – теплолюбивое растение, он предъявляет большие требования к температуре. Табак хорошо развивается при среднесуточной температуре не ниже 15 °С. При более низких температурах он задерживается в росте, а при заморозках – погибает. Поэтому табак обыкновенный можно возделывать только рассадным способом.

Высаживать в поле рассаду табака обыкновенного рекомендуется в период, когда почва достаточно прогреется – до 10 °С и выше. Предпочтение следует отдавать полям с малой контурностью, прикрытым с севера и северо-востока лесными массивами, холмами или другими естественными укрытиями.

При обработке почвы для возделывания табака обыкновенного требуется создать оптимальный водно-воздушный и питательный режимы, равномерно распределить органические и минеральные удобрения, уничтожить сорные растения. Основные этапы обработки почвы под табак обыкновенный включают: лущение, разделка стерни, вспашка, ранневесенняя культивация, фрезерование, нарезка гребней, обработка почвы в период вегетации растений. Вспашку под табак целесообразно проводить на глубину 20–25 см. Глубина вспашки должна быть одинаковой. Весной проводят культивацию для закрытия влаги, рыхления и выравнивания почвы, а также для заделки минеральных удобрений. Для создания мелкокомковатой структуры почв, обеспечения свободного хода сошников рассадопосадочных машин необходимо проводить фрезерование почв на глубину 10–12 см. За два-три дня до высадки рассады табака обыкновенного в поле необходимо провезти нарезку гребней высотой 12 см от дна борозды с шириной междурядий 70 см используя культиваторы. Не рекомендуется проводить рыхление почвы и нарезку гребней непосредственно перед высадкой рассады табака, так как возможны обрывы корней при осадке почвы.

Внесение удобрений при возделывании табака обыкновенного должно быть направлено на получение максимального урожая листьев высоких технологических качеств. Дозы удобрений рассчитываются с учетом почвенного плодородия, степени извлечения питательных веществ из почвы, планируемой урожайности табака. Азотные удобрения усиливают рост растений табака обыкновенного, увеличивают листовую массу и тем самым урожай табака. Однако внесение их в высоких дозах повышает содержание никотина и белка, что снижает качество табака. Табак обыкновенный хорошо отзывается на внесение 20 т/га органических удобрений (хорошо перепревший солоmistый навоз, торфонавозный компост), которые вносят осенью под вспашку. Более высокие прибавки урожая дает совместное внесение навоза и минеральных удобрений. Азотные удобрения в дозе 40–70 кг/га д.в. (на фоне применения 20 т/га органических удобрений) вносят в разброс под предпосевную культивацию или локально при высадке рассады. Фосфорные и калийные удобрения улучшают качество сырья и повышают урожайность табака. Фосфорные удобрения вносят локально при посадке рассады в дозе 20–35 кг/га д.в. Калийные удобрения в дозе 135–225 кг/га д.в. вносят вразброс под предпосевную культивацию. Под табак обыкновенный лучше использовать сульфат аммония, сернокислый калий, суперфосфат. Использование хлористого калия при возделывании табака обыкновенного категорически запрещено, так как хлор ухудшает качество получаемого табачного сырья.

Для выращивания рассады подходят теплицы любых конструкций (с дополнительным обогревом и без него) площадью 500 м<sup>2</sup> на 10 га поля. Внутри теплицы создаются гряды шириной до 2 м, высотой 10–15 см. Нельзя размещать теплицы ближе 500 м от табачных и картофельных полей из-за возможности заноса возбудителей болезней. Перед высевом семян табака обыкновенного на поверхность гряд равномерным слоем вносят питательную смесь, состоящую из песка, компоста и почвы в соотношении 1:2:2. Песок не должен содержать примесь глины. Важно, чтобы питательная смесь была рыхлой и при подсыпании на ней не образовывалась корка. Перед посевом поверхность гряд в теплицах тщательно выравнивают с помощью грабель, слегка утрамбовывают и равномерно увлажняют на всю толщину слоя питательной смеси. Для посева используют семена табака обыкновенного, включенные в Государственный реестр, прошедшие предпосевную обработку в заводских условиях (дражирование с добавлением микроэлементов и клеящих веществ), имеющие диаметр 1,7–2,0 мм и окрашенные специальными красителями. Начало оптимального срока посева семян табака – за 45 дней до высадки рассады в поле (середина мая для Брестской области) – конец марта. При выращивании рассады табака обыкновенного на грунтовой грядке норма посева составляет не менее 1500 семян на 1 м<sup>2</sup>. После посева семена присыпают слоем 0,4–0,5 см питательной смесью, просеянной через сито с ячейками 0,25 см. Затем осторожно трамбуют и поливают через ситечко с мелкими отверстиями до полного увлажнения слоя присыпки. Семена табака обыкновенного прорастают при температуре воздуха в рассаднице 22–26 °С. После появления всходов дневная температура должна быть 20–25 °С, а ночная 18–20 °С. Поливают рассаду табака обыкновенного так, чтобы поддержать верхний слой почвы (8–10 см) в средневлажном состоянии, не допуская пересыхания почвы и в то же время не переувлажняя ее.

В фазу четырех листочков (фаза «крестик») проводят некорневую подкормку. Одним из главных признаков высокого качества рассады является хорошо развитая, мочковатая корневая система, образованию которой благоприятствует присыпка питательной смеси к корневой шейке растения до фазы «ушек». Рассаду поливают через 1–2 дня, а перед высадкой за 2–3 дня прекращают полив.

Рассаду начинают высаживать, когда минует угроза кратковременных весенних заморозков, а температура почвы на глубине 10 см достигнет 10–12 °С, а заканчивают в конце мая. Длительность высадки рассады не



более двух недель. Для обеспечения точности и ускорения высадки рассады табака обыкновенного можно использовать навесные рассадопосадочные машины. Во время посадки операторы вкладывают рассаду между пластинками раскрывающихся захватов, которые в свою очередь переносят рассаду на дно борозды, после этого катки притаптывают почву. Категорически запрещается засыпать землей точку роста рассады табака обыкновенного. Это приводит к гибели растения. Высаженную рассаду поливают из расчета 0,5 л воды на одно растение. Через 3<sup>о</sup>–4 дня после посадки проводят ревизию и подсаживают вместо погибших растений свежую рассаду.

Обработка почвы в период вегетации состоит из механизированных культиваций междурядий и ручных рыхлений в рядах. Первое рыхление проводят через 8–10 дней после высадки рассады на глубину 6–8 см, последующие – через 13–15 дней на глубину 10–12 см. Использовать инсектициды и фунгициды для защиты растений табака обыкновенного от вредителей и болезней категорически запрещено в связи с обнаружением их остаточных количеств в табачном сырье.

Обязательным приемом является подчистка – удаление нижних рассадных листьев. Для увеличения накопления сухого вещества в листьях, увеличения их массы и улучшения качества табачного сырья при зацветании 40–50 % растений их верхкуют (удаляют соцветие и два верхних листа). После верхкования на растениях табака обыкновенного начинают отрастать боковые побеги (пасынки), которые необходимо удалить вручную.

Созревание табачных листьев нижних ярусов наступает приблизительно через 45–50 дней после посадки. Табак белорусских сортов убирается в 6–8 приемов. Одновременно с табачного растения убираются не все листья, а только 2–4 нижних листа, по своему состоянию однородные, закончившие развитие, накопившие максимальное количество веществ. К уборке (ломке) табачных листьев следует приступать утром после спада росы либо вечером, когда они становятся упругими. Листья, убираемые с поля вечером, содержат меньшее количество воды, стремительно желтеют при томлении и после сушки дают более светлое сырье, лучшего качества.

По заключению Всероссийского научно-исследовательского института табака, махорки и табачных изделий выращенное белорусское табачное сырье отличается хорошим качеством (таблица).

**Таблица** – Хозяйственная характеристика сортов табака обыкновенного, выращенного в Брестском районе

Показатели	Белорусский сигаретный	Белорусский сигарный
Год районирования	2016	2016
Вегетационный период от высадки рассады в грунт до последней ломки, дни	120 (среднеспелый)	120 (среднеспелый)
Высота растения, см	200	180
Длина листа в среднем ярусе табака, см	50	46
Ширина листа в среднем ярусе табака, см	20	31
Количество технических годных листьев на одном растении, шт.	22	22
Урожайность воздушно-сухих листьев табака, ц/га	25	22
Форма пластинки листа	Эллиптическая	Широко-эллиптическая
Форма основания листа	Сидячая	Сидячая
Цвет высушенного листа	Желтый	Коричневый
Никотин, %	1,6	1,8
Углеводы, %	1,9	4,2
Белки, %	7,3	8,0
Хлор, %	0,8	0,6
Сырая зола, %	20,6	14,7
Полифенолы, %	2,5	3,0
Эфирные масла, %	0,5	0,3
Смолы, %	4	4

Таким образом, разработанная нами технология позволяет получать в почвенно-климатических условиях Полесья гарантированную урожайность свежесобраных листьев белорусских сортов на уровне 200–250 ц/га при хорошем качестве табачного сырья.

---

**Список использованных источников**

1. Сатишур, В. А. Состояние и перспективы возделывания табака в Полесском регионе / В. А. Сатишур, В. П. Писков, К. А. Николайчик // Сборник докладов Международной научно-практической конференции «Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья» / НАН Беларуси: редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Том 2. – Минск : Белорусская наука, 2016. – С. 51–55.

**TECHNOLOGY FOR CULTIVATION OF BELARUSIAN VARIETIES OF COMMON TOBACCO**

**V. A. Satischur, I. G. Marzan, A. V. Holubeva**

The technology we have developed allows us to obtain a guaranteed yield of freshly harvested leaves of Belarusian varieties at the level of 200-250 c/ha in the conditions of Polesie. According to the conclusion of the All-Russian Research Institute of Tobacco, Shag and Tobacco Products, the grown Belarusian tobacco raw materials are of good quality.

## ГРАНУЛИРОВАННЫЙ ТОРФ – КОМПОНЕНТ В ПОДСТИЛКУ ПРИ НАПОЛЬНОМ ВЫРАЩИВАНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

А. Э. Томсон, Т. В. Соколова, Т. Я. Царюк, Ю. Ю. Навоша, В. С. Пехтерева, А. С. Марзан  
Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

*Разработан эффективный сорбционный материал на основе торфа в качестве компонента в глубокую подстилку при выращивании цыплят-бройлеров, обоснован способ и оптимальные условия гранулирования. Установлено, что по физико-химическим и сорбционным свойствам по отношению к водному раствору аммиака и воды образцы гранулированного торфа более эффективны по сравнению с исходным торфом.*

*Ключевые слова: гранулированный торф, способ гранулирования, сорбционные свойства, глубокая подстилка.*

**Введение.** Птицеводство является важнейшей отраслью сельского хозяйства, производящей продукты питания. Данная отрасль характеризуется интенсивным ростом развития и быстрым воспроизводством. Но с высокими темпами развития птицеводческой отрасли становятся актуальными экологические проблемы: загрязнение атмосферного воздуха, образование отходов производства, стоки птицеводческих предприятий, которые оказывают негативное воздействие на окружающую природную среду. В сточных водах птицефабрик содержатся растворенные и взвешенные частицы корма, помета, слизь, пух, различные механические и пылевидные включения. Поступление столь агрессивных стоков ухудшает качество воды – резко снижается содержание растворенного кислорода, вода начинает неприятно пахнуть.

В мясном птицеводстве доминирует напольное содержание птицы, следовательно, особое внимание уделяется таким параметрам, как виды и свойства подстилочных материалов, способы поддержания их в надлежащем состоянии с точки зрения физико-химических и микробиологических свойств.

Сорбционные материалы на основе торфа как компонента глубокой подстилки обладают высокой газопоглотительной способностью по отношению к аммиаку и сероводороду. Ни один подстилочный материал, используемый в настоящее время, не способен поглощать и связывать дурно пахнущие вещества, образуя нейтральные соединения.

Ранее на основании изучения сорбционных свойств торфа по отношению к газообразному аммиаку и сероводороду были установлены корреляционные зависимости поглощения аммиака и сероводорода торфом различного типа, вида и степени разложения. С ростом степени разложения количество поглощенного аммиака и сероводорода растет. Аммиак лучше поглощается образцами верхового, а сероводород – низинного типов торфов, но различие это не существенно ввиду сложного механизма сорбции указанных компонентов аэровыбросов птицефабрик.

На основании проведенных исследований определены требования к торфу как сырью для получения сорбционного материала, используемого в качестве компонента к подстилке при напольном выращивании цыплят-бройлеров на птицефабриках. Это торф верхового или низинного типов, степень разложения не менее 30 %, зольность не более 5 %, влажность и фракционный состав не менее 25 % и 5 мм соответственно [1].

Специфические условия промышленного содержания птицы, выражающиеся в концентрации значительного поголовья разновозрастной птицы на небольших ограниченных площадях, использование безоконных птичников, в которых (особенно при клеточной технологии) одновременно выращивается по 20–25 тыс. голов бройлеров, требуют чрезвычайно внимательного отношения к соблюдению нормативных гигиенических параметров. За счет естественных процессов концентрация пыли в воздухе выводного шкафа на инкубаторах достигает 35 мг/дм<sup>3</sup>, при нормативе для воздуха птичников 1,9–2,0 мг/дм<sup>3</sup>. Кроме того, в запыленной воздушной среде могут присутствовать патогенные микроорганизмы, а слабо развитая в этот период иммунная система не в состоянии преодолеть «наступление» микрофлоры. Цыпленок заболевает, культивирует в себе возбудителя и передает его сверстникам. В связи с этим контроль за запыленностью воздуха в помещении птицефабрик должен осуществляться очень тщательно. Поэтому применение на птицефабриках различного рода подстилочных средств должно базироваться на принципах недопущения дополнительного количества пыли.

Сегодня в промышленных условиях торф добывается путем фрезерования верхнего слоя залежи, а следовательно, содержит большое количество пылевидной фракции (до 50 % фракции < 0,5 мм). Требования, предъявляемые к качеству воздушной среды на птицефабриках, не позволяют использовать материалы, повышающие запыленность воздуха. В связи с этим разработка технологии получения специальных гранулированных форм торфа, сочетающих основные свойства природного материала (высокие значения водопоглощения, газопоглощения и биоцидности), является весьма актуальной.

При обосновании оптимальных параметров гранулирования торфа с целью определения диапазона влажности, обеспечивающего получение гранул требуемого качества, были подготовлены образцы торфа с разной влажностью – от 20 до 80 %.

Для проведения исследований использовали верховой торф пушицевый месторождения «Туршовка-Чертово» со степенью разложения 40–45 %. Торф был предварительно измельчен и отобрана фракция 0,5–3,0 мм.

Гранулирование осуществлялось на шнековом и матричном (пеллетере) грануляторах с диаметром фильера 5 мм. Эффективность формования и качество полученных гранул оценивали визуально. Результаты представлены в таблице 1.

**Таблица 1** – Результаты определения диапазона влажности гранулирования торфа на разных устройствах

Образец	Шнековый гранулятор		Матричный гранулятор	
	Влажность формуемой смеси	Результат	Влажность формуемой смеси	Результат
Торф, фракция 0,5–3,0 мм	45,8	Не формуется	25,4	Гранулы влажностью 23,8 %
	55,0	–«–	28,0	Гранулы влажностью 26,4 %
	61,8	Гранулы влажностью 61,2 %	30,4	Гранулы влажностью 29,4 %
	66,0	Гранулы влажностью 65,7 %	35,1	Гранулы влажностью 33,8 %
	70,3	Гранулы влажностью 69,4 %	40,1	Залипание отверстий
	75,4	Залипание отверстий	–	–

Анализ приведенных в таблице 1 данных показал, что диапазон влажности гранулируемого торфа, обеспечивающий получение гранул удовлетворительного качества, для шнекового гранулятора составляет 60–73 %, а для матричного – 21–35 %.

С целью оценки влияния способа формования на сорбционные свойства торфа проведено сравнительное исследование физико-технических и сорбционных свойств исходного и гранулированного различными способами торфа по отношению к водному раствору аммиака и воде в статических условиях.

**Методика эксперимента.** Чашки Петри с навеской торфа 10,0 г помещали в эксикаторы, содержащие 100 мл водного раствора аммиака (25 %) или такое же количество дистиллированной воды. Через определенное время чашки Петри извлекали и взвешивали с точностью до четвертого знака. По результатам взвешиваний рассчитывали количество поглощенного водного раствора аммиака или воды на абсолютно сухое вещество торфа. Длительность эксперимента составила 30 суток (720 ч).

Результаты оценки физико-технических свойств исходного и гранулированного различными способами торфа показали (таблица 2), что при использовании матричного гранулятора получаются наиболее плотные гранулы, что существенно ухудшает их водно-физические свойства (водопоглощение уменьшается в 2 раза по сравнению с исходным не гранулированным торфом). В то же время способ гранулирования практически не влияет на сорбционные свойства торфа, которые заметно повышаются в результате этой технологической операции.

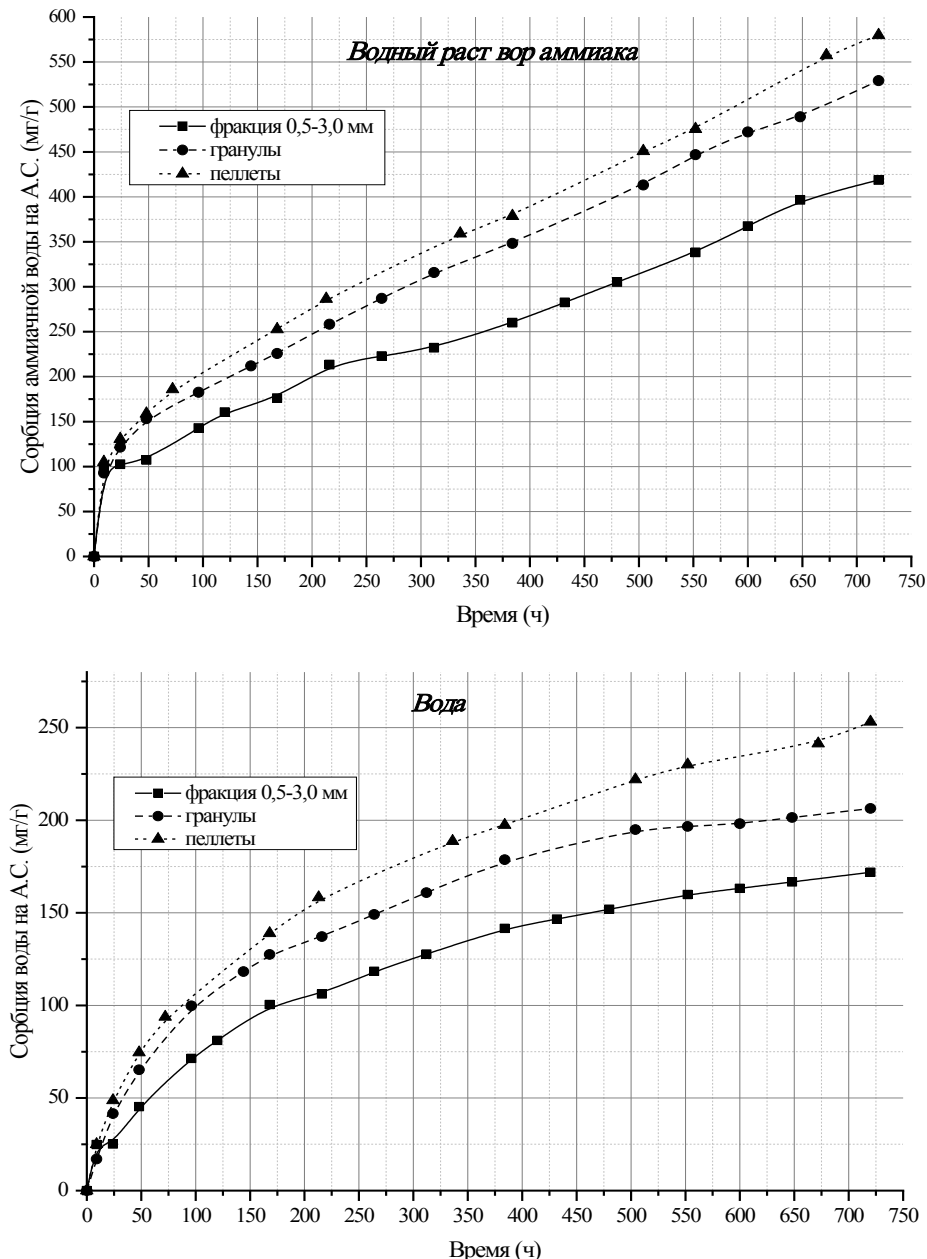
**Таблица 2** – Физико-технические и сорбционные свойства исходного и гранулированного торфа

Способ гранулирования	Влажность, %	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Водопоглощение, %	Поглощение водного раствора аммиака за 48 ч, мг/г а.с.
Исходный торф, фракция 0,5–3,0 мм	11,8	315,8	163,2	107,2
Шнековый гранулятор	12,1	376,9	137,8	153,3
Матричный гранулятор	10,3	450,4	84,9	158,8

Результаты эксперимента по оценке кинетики сорбции водного раствора аммиака и воды в зависимости от способа гранулирования представлены на рисунке. Из представленных данных следует, что ход кривых кинетики

поглощения водного раствора аммиака и воды схож. Максимальная скорость поглощения водного раствора аммиака и воды наблюдается в начале сорбции. Первые порции аммиака вступают во взаимодействие со свободными карбоксильными группами. Это приводит к смещению существующего равновесия и протеканию ионообменных процессов. Далее следуют более пологие участки, а затем некоторый подъем кривых.

С ростом pH дисперсионной среды во взаимодействие вступают менее активные фенольные гидроксилы. Скорость взаимодействия при этом немного падает. Однако процесс поглощения аммиака из его водного раствора не прекращается. Такая особенность сорбционного взаимодействия объясняется, по-видимому, тем, что по мере накопления аммиака и влаги для взаимодействия становятся доступными все новые функциональные группы. Так как торф относится к сорбентам с высокой подвижностью «каркаса» надмолекулярных структур, то с ростом pH и количества одновалентных катионов  $\text{NH}_4^+$  в дисперсионной среде органические компоненты торфа интенсивно набухают, что и вызывает появление новых центров сорбции.



**Рисунок** – Влияние способа формирования на сорбционные свойства торфа

Из представленных на рисунке данных также следует, что гранулирование торфа оказывает положительное влияние на процесс поглощения указанных выше компонентов, причем наибольший эффект наблюдается на образце, сформованном на пеллетере. Процесс поглощения водного раствора аммиака, аммиака и воды можно разделить на две составляющие: сорбцию и десорбцию. Так как гранулы, полученные на пеллетере, более

плотные, процесс десорбции протекает менее интенсивно по сравнению с десорбцией изучаемых компонентов из исходного торфа и гранул, полученных на шнековом грануляторе.

С целью определения оптимального размера гранул при использовании последних в качестве компонента подстилки при напольном выращивании цыплят-бройлеров проведено гранулирование торфа методом экструзии на шнековом грануляторе с размером отверстий фильеры в кольцевой матрице (фильерной плите) 3, 5 и 7 мм. Изучены физико-технические, водно-физические и сорбционные свойства полученных гранул (таблица 3).

**Таблица 3** – Физико-технические и сорбционные свойства гранулированного торфа

Размер отверстия фильеры, мм	Влажность, %	Диаметр гранулы, мм	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Водопоглощение, %	Поглощение водного раствора аммиака за 48 ч, мг/г
3	12,5	2,0	492,0	103,6	145,2
5	13,0	3,5	450,0	137,8	145,6
7	12,6	5,0	347,0	150,8	151,5

Анализ представленных данных свидетельствует о влиянии на сорбционные и водно-физические свойства размера гранул сорбционного материала. С увеличением размера гранул водопоглощение и сорбция водного раствора аммиака увеличиваются, что, по-видимому, связано с получением гранулированного материала более рыхлой структуры, а следовательно, с большей доступностью центров сорбции.

В связи с изложенным рекомендуется гранулировать торф на шнековом грануляторе, используя кольцевую матрицу с диаметром фильеры не менее 7 мм.

**Заключение.** Проведено гранулирование образцов торфа различной влажности методом экструзии на шнековом и матричном грануляторах. Установлено, что для гранулирования на шнековом грануляторе оптимальная влажность находится в пределах 60–73 %, а для матричного (пеллетера) – 21–35 %.

Показано, что по сорбционным свойствам водного раствора аммиака и воды образцы гранулированного торфа более эффективны по сравнению с исходных торфом.

Установлено влияние на сорбционные и водно-физические свойства диаметра гранул, полученных методом экструзии на шнековом грануляторе. С увеличением диаметра гранул водопоглощение и сорбционные свойства повышаются, что связано с получением более рыхлой структуры и большей доступностью центров сорбции.

#### Список использованных источников

1. Томсон, А. Э. Оценка возможности использования торфа в качестве сорбента газообразного аммиака / А. Э. Томсон, Т. В. Соколова, Ю. Ю. Навоша [и др.]. – Природопользование. – 2001. – Вып. 7.

#### GRANULATED PEAT – COMPONENT IN LITTER FOR FLOOR GROWING OF BROILER CHICKENS

**A. E. Thomson, T. V. Sokolova, T. Ya. Tsaryuk, Yu. Yu. Navosha, V. S. Pekhtereva, A. S. Marzan**

Peat samples of varying moisture content were granulated using the extrusion method on screw and matrix granulators. It has been established that for granulation on a screw granulator, the optimal humidity is in the range of 60–73%, and for a matrix (pelletizer) – 21–35%. A comparative study of the sorption properties of original and granulated peat in relation to an aqueous solution of ammonia and water showed a significant efficiency of samples in granular form compared to the original peat.

## ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БИОСТИМУЛЯТОРОВ

О. В. Черникова, Ю. А. Мажайский

Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова Мещерский филиал, г. Рязань, Россия

*В работе представлены результаты исследований, направленные на оценку влияния жидкофазного биопрепарата и наночастиц кобальта в предпосевной обработке семян на качественные показатели зеленой массы при выращивании травосмеси на трех типах почв. Отмечено, что применение наночастиц кобальта приводит к увеличению содержания каротина по сравнению с контрольным вариантом опыта на дерново-подзолистой почве на 41,7%, на серой лесной на 27,2 %, на черноземе на 20%.*

*Ключевые слова: наночастицы кобальта, жидкофазный биопрепарат, дерново-подзолистая почва, серая лесная почва, чернозем.*

Развитие современного растениеводства в условиях ограниченности финансовых и материальных ресурсов требует совершенствования применяемых технологий для повышения урожайности и качества производимой продукции, снижения затрат на ее производство, а также обеспечения восстановления и сохранения почвенного плодородия. Одним из путей решения данных проблем является применение биостимуляторов роста [1]. Производство и применение биостимуляторов является одним из самых динамичных сегментов препаратов для сельхозкультур.

Для повышения эффективности сельскохозяйственного производства за счет увеличения урожайности и качества выращенной продукции в последние годы получили нанотехнологии, а также технологии с использованием биопрепаратов [2].

Управление биологическими процессами в агроценозах возможно через интродукцию агрономически ценных штаммов микроорганизмов в ризосферу растений, что усиливает полезное или ослабляет негативное воздействие нежелательных для реализации их потенциала явлений. Сегодня, на основании многочисленных опытов, можно утверждать, что симбиоз и ассоциация микроорганизмов с растениями является основой жизнедеятельности последних.

К основным механизмам полезного на растения действия микроорганизмов относятся: улучшение питания растений (повышение коэффициентов использования питательных элементов из удобрений и почвы); оптимизация фосфорного питания растений; фиксация атмосферного азота (улучшение азотного питания); стимуляция роста и развития растений (более быстрое развитие растений и созревание урожая); подавление развития фитопатогенов (контроль за развитием болезней и снижение пораженности ими растений, улучшение хранения продукции); повышение устойчивости растений к стрессовым условиям (возможность повышения продуктивности растений на фоне водного дефицита, неблагоприятных температур, повышенной кислотности, засоления или загрязнения почвы) [3]. В отличие от химических препаратов биопрепараты обладают более ярко выраженной избирательностью действия, они признаны также безвредными для человека и животных, быстро разлагаются в почве.

Во ВНИИМЗ разработана ферментационно-экстракционная технология получения различных жидкофазных биосредств, в том числе жидкофазного биопрепарата (ЖФБ) для растениеводства и земледелия. Производство ЖФБ включает стадию ферментации торфо-навозной смеси с получением твердофазного продукта ферментации, затем его экстракцию солевым раствором с последующей фильтрацией. Количество микроорганизмов (аммонифицирующих, амилолитических, фосфатмобилизирующих, аминокислотсинтезирующих и др.) в свежем биопрепарате достигает  $n10^9 - n10^{12}$  КОЕ/мл, что позволяет отнести его к микробным биопрепаратам. В нем отсутствует патогенная микрофлора и паразиты. В составе ЖФБ содержание общего азота составляет 0,2–0,5 г/л, подвижных форм калия ( $K_2O$ ) и фосфора ( $P_2O_5$ ) – 9,5 и 10 г/л соответственно. Также в его состав входят микроэлементы (медь, цинк, марганец, железо) и различные метаболиты микроорганизмов (сахара, ферменты, аминокислота триптофан) [4].

Наноразмерные микроудобрения используются в качестве биостимуляторов для повышения урожайности растений в направлении устойчивого развития окружающей среды. В этом случае наноструктурированные микроэлементы растений, такие как Cu, Fe, Ni, Mn, Si, Co, Se и Zn, играют решающую роль в устойчивости растений к болезням путем активации ферментов и в повышении эффективности производства энергии фотосинтетическими процессами для защитных механизмов [5].

Кобальт в тканях растений содержится в ионных и комплексных соединениях. В оптимальных концентрациях этот микроэлемент способствует увеличению толщины и объема мезофилла в листьях. Кобальт влияет на

формирование и функционирование фотосинтетического аппарата растений. Этот микроэлемент способствует концентрации хлоропластов и пигментов в листьях, что связано с увеличением объема пластидного аппарата за счет репликации и роста органелл [6]. Кроме того, кобальт повышает общее содержание воды в растениях, чем способствует увеличению засухоустойчивости культур [7].

Цель данной работы – оценка влияния биостимуляторов на качественные показатели зеленой массы трав при выращивании их на трех основных типах почв: дерново-подзолистой, серой лесной и черноземе.

**Методика.** Исследования проводили в лизиметрах конструкции ВНИИГиМ с ненарушенным почвенным профилем, расположенных на почвенном стационаре Опытной агротехнологической станции ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический университет имени П.А. Костычева», входящего в состав учебно-научного инновационного центра «Агротехнопарк» (Рязанский район Рязанской области) в четырехкратной повторности на трех типах почв. Площадь стационарных полевых лизиметров составляет 1,13 м<sup>2</sup>. Почва характеризовалась следующими агрохимическими показателями:

- дерново-подзолистая: рН<sub>KCl</sub> 6,0; содержание гумуса – 2,3%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 200 мг/кг, K<sub>2</sub>O – 198 мг/кг почвы;
- серая лесная: рН<sub>KCl</sub> 6,2; содержание гумуса – 2,6%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 204 мг/кг, K<sub>2</sub>O – 219 мг/кг почвы;
- чернозем: рН<sub>KCl</sub> 6,2; содержание гумуса – 3,2 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 229 мг/кг, K<sub>2</sub>O – 250 мг/кг почвы.

Как видно из агрохимических показателей, все три типа почв мало обеспечены питательными элементами.

Во всех вариантах в качестве фона был внесен компост в дозе 20 т/га, включающий в себя 90% навоза крупного рогатого скота и 10% перепревшего птичьего помета. На контроле семена замачивали в дистиллированной воде в течение 60 минут, в двух других в 1% жидкофазном биопрепарате и растворе наночастиц кобальта из расчета 0,01 г на гектарную норму высева семян.

В качестве экспериментальной культуры высевали многолетние травы на зеленый корм. Состав травосмеси: овсяница луговая *Festuca pratensis* Huds 50 %, райграс пастбищный *Lolium perenne* 40 %, мятлик луговой *Poa pratensis* 10 %.

Содержание сухого вещества определяли в соответствии с ГОСТ 31640 [8]. Количество обменной энергии, кормовых единиц и переваримого белка определяли в соответствии с методическими указаниями оценки качества и питательной ценности кормов [9]. Содержание каротина определяли по ГОСТ 13496.17 фотометрическим методом [10]. Нитраты определяли ионометрическим методом [11].

Статистическая обработка данных и корреляционный анализ проводились с использованием аналитических пакетов «STATISTICA» и «VARIANCE».

**Результаты и обсуждение.** В настоящее время питательная ценность корма характеризуется почти семьдесятю различными показателями. При изучении питательной ценности, прежде всего, определяют содержание в нем влаги и сухого вещества (таблица). Содержание воды в исследуемых образцах находилось в пределах нормы от 10,59 до 11,77%. Массовая доля сухого вещества составила от 88,23 % до 89,43 % при норме не менее 83,0%.

Известно, что продуктивность корма зависит не только от содержания белка, но и от обеспеченности энергетическими питательными веществами. При интенсивном ведении животноводства корма должны иметь среднюю энергетическую питательность не менее 9 МДж ОЭ (0,70 к.ед.) в 1 кг сухого вещества.

Так, по данным анализов соответствуют данным требованиям следующие варианты: на дерново-подзолистой почве при применении жидкофазного биопрепарата содержится 9,23 МДж обменной энергии и 0,75 к.ед.; на серой лесной почве и черноземе при использовании наночастиц кобальта в предпосевной обработке семян содержится 9,30 МДж обменной энергии и 0,70 к.ед. (таблица). В целом следует отметить, что энергетическая ценность представленных образцов достаточно высокая.

**Таблица** – Питательная ценность многолетних трав, в среднем за 2019–2021 гг.

Вариант	Влажность, %	Сухое вещество, %	Обменная Е, МДж	Кормовые единицы, кг	Протеинг/кг	Каротин, мг/кг	Нитраты г/кг
Контроль (ДПП)	10,63	88,83	9,13	0,68	12	7	0,587
ЖФБ (ДПП)	10,83	89,14	9,23	0,75	29	8	1,004
НЧСо (ДПП)	11,51	88,48	9,16	0,72	29	12	0,412
НСР <sub>0,95</sub>	0,51	–	–	0,03	1,49	1,3	0,03
Контроль (СЛП)	10,59	89,43	9,12	0,68	19	8	2,962
ЖФБ(СЛП)	11,56	88,46	9,18	0,68	26	11	0,400
НЧСо (СЛП)	11,37	88,63	9,30	0,71	23	11	0,637



НСР <sub>0,95</sub>	0,54	–	–	–	1,86	1,3	0,08
Контроль(Ч)	11,77	88,23	9,10	0,68	22	8	2,631
ЖФБ(Ч)	11,41	88,61	9,20	0,69	30	10	4,620
НЧСо(Ч)	11,76	88,26	9,30	0,70	27	10	0,564
НСР <sub>0,95</sub>	–	–	–	–	1,2	1,2	0,12

Как известно, основным лимитирующим элементом питания в рационах животных является протеин. Недостаток белковых веществ в рационах животных всегда ведет к перерасходу кормов, недополучению и снижению качества продукции. Поэтому ценность корма определяют не только валовая урожайность, но и содержание протеина. Часть протеина, которая переваривается (используется животным), называется переваримым протеином. Это понятие применимо к моногастричным животным, так как там можно четко определить, какая часть протеина от принятой с кормом была усвоена.

По результатам анализов количество переваримого протеина на контрольных вариантах на всех трех типах почв ниже, чем при использовании биостимуляторов при выращивании сельскохозяйственных культур. Больше всего растительного белка содержится в вариантах ЖФБ(ДПП) НЧСо(ДПП) и составило 29 г в кг, что выше контроля на 58,6%. В варианте ЖФБ(СЛП) данный показатель составил 26 г в кг, что выше варианта Контроль(СЛП) на 36,36%. Разница на черноземе составила 24,1% при использовании в предпосевной обработке семян жидкофазного биопрепарата. Применение наночастиц кобальта способствовало увеличению данного показателя на 22,70% (таб.).

Нитраты – это промежуточная форма в процессе переваривания из азота в протеин, и содержится в травах в низких концентрациях. В организме животного перерабатывается в нитриты. Высокое количество нитритов опасно, так как они прикрепляются к красным кровяным тельцам (корпускулам), что может привести к внезапной смерти коровы. Оптимальное значение <7,5 г/кг сухого вещества [12]. Как видно из результатов проведенных анализов, все варианты соответствуют требованиям и безопасны для кормления животных.

Каротин – важный показатель, характеризующий качество кормов, поэтому при составлении рациона питания животных следует знать и учитывать его содержание в корме. Попадая в организм животного, каротин преобразуется в жизненно необходимые вещества ретиноиды (витамин А, ретиноевая кислота и др.) [13].

Проведенные исследования показали, что использование наночастиц кобальта в предпосевной обработке семян способствует повышению каротина на всех трех типах почв. Содержание данного провитамина было больше в сравнении с контрольным вариантом на дерново-подзолистой почве на 71,4%, на серой лесной почве – 37,5%, на черноземе – 25,0%.

Ультразвуковое воздействие на порошок наночастиц кобальта и водную среду приводит к созданию неупорядоченной системы, в которой обнаруживается присутствие многих свободных активных реагентов, вступающих в непосредственные реакции, происходящие в клетке, или служащих катализаторами для некоторых из них. Кроме того, благодаря высокой диффузной подвижности частиц, валентности ненасыщенных металлов и образованию большого набора хелатных соединений, он обеспечивает высокую биологическую эффективность [14]. Таким образом, можно предположить, что наночастицы кобальта способствовали активации процессов синтеза каротина в зеленой массе многолетних трав.

Таким образом, биостимуляторы роста, применяемые в предпосевной обработке семян (жидкофазный биопрепарат или наночастицы кобальта), на фоне минимальной дозы органических удобрений не снижают пищевой и энергетической ценности: обменной энергии, кормовых единиц, перевариваемого белка, а сама продукция безопасна. Использование наночастиц кобальта приводит к увеличению содержания каротина вне зависимости от типа почв от 25,0% до 71,4%, тогда как жидкофазный биопрепарат наилучший эффект в накоплении провитамина проявляет на серых лесных и дерново-подзолистых почвах.

#### Список использованных источников

1. Efremova, Y. V. Growth stimulators as part of sustainable agriculture / Y. V. Efremova // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. – 2016. – № 4(52). – P. 86–91.
2. Черникова, О. В. Формирование урожая кукурузы при обработке семян наночастицами селена / О. В. Черникова, Л. Е. Амплеева, Ю. А. Мажайский // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 2. – С. 24–27.
3. Завалин, А. А. Биопрепараты, удобрения и урожай / А. А. Завалин. – М., 2005. – 302 с.
4. Рабинович, Г. Ю. Инновационная технология для решения проблем агроэкологии / Г. Ю. Рабинович, Ю. Д. Смирнова, Е. А. Васильева, Н. В. Фомичева // Региональная экология. – 2015. – № 6 (41). – С. 32–40.
5. Chernikova, O. Selenium in nanosized form as an alternative to microfertilizers / O. Chernikova, Y. Mazhayskiy, L. Ampleeva // Agronomy Research. – 2019 – № 17(1). – P. 974–981.
6. Eds Britton G., Liaaen-Jensen S., Pfander H. Basel Carotenoids in chemosystematics. Carotenoids: Biosynthesis and Metabolism. – 1998. – №3. – P. 217–247.

7. Методические указания по селекции многолетних злаковых трав / В. М. Косолапов, С. И. Костенко, С. В. Пилипко [и др.]. – М. : РГАУ МСХА, 2012. – 53 с.
8. Битюцкий, Н. П. Микроэлементы и растение / Н. П. Битюцкий. – Учеб. пособ. для студ. выс. уч. зав., обуч. по биологич. и сельскохоз. спец. – СПб, 1999. – 232 с.
9. Елизарьева, Е. Н. Влияние соединений некоторых тяжелых металлов на процесс формирования проростков редиса / Е. Н. Елизарьева, Ю. А. Янбаев, Н. Н. Редькина, Н. В. Кудашкина [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 6. – С. 252.
10. Seregina, T. Features of the influence of copper nanoparticles and copper oxide on the formation of barley crop / T. Seregina, O. Chernikova, Y. Mazhayskiy, L. Ampleeva // Agronomy Research. – 2020. – 18 (1). – P. 1010–1017.
11. Churilov, D. G. Investigation of the long-term toxic effect of nanoparticles of different physical-chemical characteristics / D. G. Churilov, S. D. Polischuk, G. I. Churilov, V. V. Churilova, D. N. Byshova // Agronomy Research. – 2020. – 18(3).
12. Койка, С. А. Нитраты и нитриты в продукции растениеводства / С. А. Койка, В. Т. Скориков // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2008. – № 3. – С. 58–63.
13. Амплеева, Л. Е. Влияние суспензии наночастиц селена на показатели роста, развития и урожайность картофеля сорта «Сантэ» / Л. Е. Амплеева, А. А. Коньков, А. В. Рудная, С. Н. Гаглова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. – 2011. – № 2 (10). – С. 47–50.
14. Организация полноценного кормления высокопродуктивных коров (рекомендации). – М. : ФГУ РЦСК, 2008. – 58 с.

## THE NUTRITIONAL VALUE OF PERENNIAL HERBS IN THE USE OF BIOSTIMULANTS

**O. V. Chernikova, Yu. A. Mazhayskiy**

The paper presents the results of studies aimed at assessing the effect of liquid-phase biopreparation and cobalt nanoparticles in pre-sowing seed treatment on the qualitative indicators of green mass when growing a grass mixture on three types of soils. It was noted that the use of cobalt nanoparticles leads to an increase in the carotene content compared with the control version of the experiment on sod-podzolic soil by 41.7%, on gray forest by 27.2%, on chernozem by 20%.

# ЭКАЛОГІЯ

УДК 574.42(476.7) + 598.2

## ИЗМЕНЕНИЕ БИОМАССЫ НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ ЧЕРНООЛЬХОВЫХ ЛЕСОВ В ПРОЦЕССЕ СУКЦЕССИИ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ

И. В. Абрамова

Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, г. Брест, Беларусь

*Прослежено изменение биомассы населения птиц в процессе восстановительной сукцессии на месте вырубки черноольховых лесов в юго-западной Беларуси. Сбор материала проводился в 2000–2017 гг. Применялись общепринятые учеты птиц. Установлена биомасса видов (кг/км<sup>2</sup>) и межгодовая ее изменчивость в течение десяти сезонов.*

*Ключевые слова: сукцессия, население птиц, биомасса, черноольховый лес, Беларусь.*

**Введение.** Смена населения птиц в лесах обусловлена сукцессией фитоценозов, главной причиной которых в настоящее время является лесохозяйственная деятельность, а также мелиорация прилегающих к лесам сельскохозяйственных угодий [1–3]. Рубки деревьев на значительных площадях коренным образом изменяют среду обитания птиц. Сукцессии различных сообществ птиц в Беларуси и других регионах изучены недостаточно полно.

**Целью** данной работы было изучение межгодовой динамики биомассы птиц и оценка изменчивости биомассы отдельных видов в черноольховых лесах юго-западной Беларуси.

**Объекты и методы исследования.** Сбор материалов для данной работы проводился в 2000–2017 гг. в Брестском, Малоритском и Ивацевичском лесхозах. Исследования проводились в пушистоберезово-черноольховых лесах, которые составляют 43,8% коренных черноольховых лесов Беларуси. При изучении орнитокомплексов закладывались маршруты в экосистемах, находящихся на разных стадиях сукцессионного ряда. Первые три стадии сукцессии (до 20 лет) были прослежены на одних и тех же площадках, последние три стадии – на участках с однотипными условиями, отличающихся только возрастом ольховых фитоценозов. Применяли общепринятые методы [4, 5]. Учет птиц проводили не менее 10 раз в каждой растительной ассоциации с 15.05 по 30.06 в ясную погоду. Доминирующими по биомассе считали виды, доля которых в суммарном обилии орнитокомплекса составляет 10 % и более. Латинские названия птиц приведены по сводке «Clements checklist of birds of the world» [6]. В сборе материалов для данной работы оказывал помощь зоолог В. Е. Гайдук, за что автор выражает ему искреннюю благодарность.

**Результаты и обсуждение.** На свежей лесосеке черноольховых лесов нами было учтено 15 видов птиц (таблица), суммарная биомасса которых составляет 6,75 кг/км<sup>2</sup>. По биомассе доминирует кряква (2,56±0,56 кг/км<sup>2</sup>) и серый журавль (2,19±0,59 кг/км<sup>2</sup>). На долю доминирующих видов в сумме приходится 70,3 % общей биомассы. По годам биомасса отдельных видов птиц варьирует в значительных пределах. Более стабильна биомасса у видов, обилие которых более 10 ос./км<sup>2</sup>: серой славки (CV=25,67 %), лугового конька (31,49 %), желтой трясогузки (33,64 %) и др. У доминирующих на свежей вырубки видов отмечен очень высокий уровень вариации биомассы (у кряквы 72,00 %, серого журавля 105,00 %).

На второй стадии сукцессии (4–9 лет) зарегистрировано 26 видов птиц. Орнитокомплекс пополняется 11 видами, среди которых обитатели кустарниковых зарослей (садовая и ястребиная славки, славка-черноголовка, зарянка, варакушка и др.). Суммарная биомасса на этой стадии увеличивается в 2,3 раза и составляет 15,52 кг/км<sup>2</sup>. Доминируют, как и на первой стадии, кряква (4,48±0,69 кг/км<sup>2</sup>) и серый журавль (6,57±1,09 кг/км<sup>2</sup>), которые составляют 71,3% всей биомассы.

На стадии молодых культур (10–20 лет) встречается 31 вид птиц (таблица). В сообществе птиц впервые отмечено 7 дендрофильных видов (зяблик, пеночки и др.), два вида (луговой чекан и луговой конек) выпадают из орнитокомплекса. На этой стадии к доминирующим по биомассе крякве (3,84±0,65 кг/км<sup>2</sup>, CV = 50,00 %) и серому журавлю (8,21±1,20 кг/км<sup>2</sup>, CV = 68,00 %) добавляется черный дрозд (2,16±0,18 кг/км<sup>2</sup>, CV = 21,91 %).

Таблица – Параметры биомассы видов птиц (кг/км<sup>2</sup>) и ее изменчивости в чернопольховых лесах на разных стадиях восстановительной сукцессии

Вид	Возраст сукцессии, лет											
	1-3		4-9		10-20		30-40		50-60		70-80	
	$\bar{x} \pm x$	CV	$\bar{x} \pm x$	CV	$\bar{x} \pm x$	CV	$\bar{x} \pm x$	CV	$\bar{x} \pm x$	CV	$\bar{x} \pm x$	CV
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Motacilla flava</i>	0,19±0,02	33,64	0,18±0,03	33,94	0,05±0,01	53,75	–	–	–	–	–	–
<i>Anthus trivialis</i>	0,23±0,03	34,06	0,29±0,05	32,34	0,12±0,01	39,44	0,07±0,01	59,00	0,38±0,04	40,12	0,41±0,04	33,89
<i>Anthus pratensis</i>	0,21±0,02	31,49	0,14±0,03	43,21	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Saxicola rubetra</i>	0,20±0,03	46,10	0,24±0,04	40,49	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Anas platyrhynchos</i>	2,56±0,56	72,00	4,48±0,69	51,14	3,84±0,65	50,00	4,10±0,62	41,25	2,56±0,48	71,00	2,82±0,49	61,82
<i>Anas crecca</i>	–	–	0,70±0,11	54,50	0,52±0,04	55,33	0,38±0,07	71,82	0,28±0,09	90,00	0,24±0,16	92,86
<i>Anas querquedula</i>	–	–	0,40±0,07	78,00	0,32±0,07	83,75	0,20±0,08	114,00	0,24±0,07	113,33	0,24±0,05	93,83
<i>Lanius collurio</i>	0,11±0,02	51,47	0,12±0,02	56,84	0,16±0,02	37,50	0,06±0,07	55,00	0,04±0,01	57,14	0,02±0,01	100,00
<i>Emberiza citrinella</i>	0,26±0,03	30,45	0,44±0,07	36,09	0,32±0,04	35,23	0,16±0,02	34,61	0,22±0,03	45,58	0,26±0,03	37,79
<i>Emberiza schoeniclus</i>	0,17±0,02	41,19	0,29±0,03	30,94	0,11±0,02	36,67	–	–	–	–	–	–
<i>Acrocephalus schoenobenus</i>	0,07±0,01	35,36	0,05±0,01	39,05	0,01±0,00	78,00	–	–	–	–	–	–
<i>Acrocephalus palustris</i>	0,13±0,02	36,40	0,21±0,02	31,18	0,18±0,02	31,42	0,08±0,00	39,83	–	–	–	–
<i>Eriothacus rubecula</i>	–	–	0,08±0,01	47,23	0,14±0,09	35,18	0,46±0,03	23,83	0,52±0,04	17,78	0,58±0,03	16,97
<i>Turdus philomelos</i>	–	–	0,28±0,05	56,84	0,50±0,06	33,88	2,12±0,18	18,34	2,70±0,16	17,67	2,81±0,16	14,34
<i>Prunella modularis</i>	–	–	–	–	–	–	0,01±0,00	95,00	0,03±0,03	69,33	0,03±0,03	56,67
<i>Locustella fluviatilis</i>	0,03±0,00	67,50	0,07±0,01	49,12	0,12±0,01	30,18	0,03±0,00	68,33	–	–	–	–
<i>Luscinia luscinia</i>	–	–	–	–	0,49±0,01	33,14	0,55±0,05	31,38	0,56±0,05	29,12	0,83±0,13	20,27
<i>Luscinia svecica</i>	–	–	0,04±0,00	61,82	0,04±0,01	59,30	0,02±0,00	69,17	–	–	–	–
<i>Turdus merula</i>	–	–	0,10±0,02	63,00	2,16±0,18	21,91	2,08±0,05	22,31	3,53±0,21	18,56	3,78±0,23	16,66
<i>Turdus pilaris</i>	–	–	–	–	–	–	0,20±0,04	71,00	0,30±0,05	52,00	0,25±0,04	62,40
<i>Sylvia communis</i>	0,17±0,01	25,67	0,20±0,04	27,42	0,05±0,01	48,43	0,10±0,01	34,61	0,55±0,14	18,68	0,57±0,14	19,04
<i>Sylvia nisoria</i>	–	–	0,04±0,01	54,44	0,05±0,01	75,00	0,06±0,01	61,67	0,05±0,01	70,50	0,06±0,01	57,08
<i>Sylvia atricapilla</i>	–	–	0,02±0,01	67,50	0,10±0,02	39,40	0,51±0,05	17,61	0,63±0,07	16,93	0,67±0,09	20,28
<i>Sylvia borin</i>	–	–	0,08±0,01	34,57	0,09±0,03	32,80	0,04±0,01	67,00	0,06±0,01	50,80	0,06±0,01	52,18
<i>Certhia familiaris</i>	–	–	–	–	–	–	0,03±0,01	42,81	0,04±0,00	35,03	0,05±0,01	38,57
<i>Sitta europaea</i>	–	–	–	–	–	–	0,08±0,01	46,25	0,16±0,06	42,56	0,29±0,03	30,95
<i>Sturnus vulgaris</i>	–	–	–	–	–	–	0,75±0,08	35,82	1,23±0,12	30,18	2,10±0,18	26,00
<i>Fringilla coelebs</i>	–	–	–	–	1,20±0,16	23,23	2,83±0,10	10,16	3,53±0,11	9,69	3,75±0,14	10,14
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	–	–	–	–	–	–	0,39±0,03	46,02	0,63±0,04	34,60	0,74±0,05	31,37

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	-	-	-	-	-	-	0,24±0,03	45,58	0,36±0,04	36,02	0,46±0,05	32,15
<i>Carpodacus erythrinus</i>	0,06±0,01	45,36	0,08±0,04	43,14	0,03±0,01	69,17	-	-	-	-	-	-
<i>Parus major</i>	-	-	-	-	0,10±0,02	37,85	0,40±0,03	22,09	0,77±0,05	17,53	0,84±0,06	17,76
<i>Lophophanes cristatus</i>	-	-	-	-	-	-	0,28±0,02	24,78	0,24±0,01	28,60	0,27±0,02	25,98
<i>Poecile montanus</i>	-	-	-	-	-	-	0,15±0,02	25,45	0,19±0,02	27,72	0,21±0,02	23,71
<i>Parus cyanus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01±0,00	95,00	0,01±0,00	91,70
<i>Parus caeruleus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02±0,00	55,33	0,03±0,00	56,67
<i>Poecile palustris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20±0,02	15,35	0,18±0,02	18,92
<i>Aegithalos caudatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03±0,00	44,69	0,05±0,00	38,20
<i>Phylloscopus trochilus</i>	-	-	-	-	0,16±0,03	28,36	0,54±0,03	19,83	0,63±0,09	16,76	0,63±0,05	14,59
<i>Phylloscopus collybita</i>	-	-	-	-	0,02±0,04	61,36	0,64±0,04	13,29	0,72±0,40	12,46	0,79±0,05	12,62
<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	-	-	-	-	0,02±0,00	58,36	0,50±0,03	23,06	0,63±0,04	16,77	0,62±0,03	15,77
<i>Muscicapa striata</i>	-	-	-	-	-	-	0,58±0,01	20,66	0,61±0,04	19,92	0,65±0,01	19,15
<i>Ficedula albicollis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01±0,00	98,00	0,01±0,00	76,00
<i>Ficedula hypoleuca</i>	-	-	-	-	-	-	0,32±0,02	22,91	0,40±0,03	21,05	0,43±0,04	20,20
<i>Ficedula parva</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02±0,01	56,67	0,02±0,01	70,00
<i>Oriolus oriolus</i>	-	-	-	-	-	-	0,15±0,03	74,50	0,47±0,05	36,72	0,48±0,07	43,63
<i>Remiz pendulinus</i>	-	-	-	-	-	-	0,06±0,01	34,48	0,06±0,01	38,98	0,08±0,01	36,40
<i>Troglodytes troglodytes</i>	-	-	-	-	0,15±0,01	36,80	0,23±0,01	27,43	0,34±0,03	22,20	0,39±0,03	19,15
<i>Hippolais icterina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01±0,00	93,33	0,01±0,00	92,00
<i>Corvus corone</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,32±0,07	95,00	0,70±0,08	63,33
<i>Corvus corax</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70±0,14	81,43	1,00±0,20	89,00
<i>Pica pica</i>	-	-	-	-	-	-	0,14±0,01	93,33	0,27±0,03	59,17	0,45±0,05	57,50
<i>Garrulus glandarius</i>	-	-	-	-	-	-	0,10±0,02	98,33	0,22±0,03	54,29	0,40±0,08	53,20
<i>Columba oenas</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,14±0,04	110,00	0,36±0,05	57,69
<i>Streptopelia turtur</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13±0,02	86,00	0,18±0,03	50,71
<i>Columba palumbus</i>	-	-	-	-	-	-	2,03±0,34	51,84	2,41±0,27	34,67	3,32±0,38	37,05
<i>Apus apus</i>	-	-	-	-	-	-	0,38±0,07	35,87	0,41±0,04	28,50	0,84±0,07	25,07
<i>Picus canus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02±0,00	126,67	0,04±0,01	108,00
<i>Picus viridis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06±0,02	110,00	0,08±0,02	105,00
<i>Dendrocopos major</i>	-	-	-	-	-	-	0,23±0,04	64,81	0,51±0,07	38,67	0,68±0,10	43,50
<i>Dendrocopos medius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04±0,01	86,75	0,06±0,01	56,67
<i>Dendrocopos leucotos</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05±0,01	116,00	0,10±0,01	78,60
<i>Dryobates minor</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06±0,01	58,46	0,06±0,01	49,64

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Dryocopus martius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,92±0,16	58,21	1,06±0,17	48,12
<i>Jynx torquilla</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15±0,03	47,00	0,16±0,03	46,43
<i>Scolopax rusticola</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,35±0,06	70,00	0,58±0,07	72,00
<i>Tringa ochropus</i>	-	-	0,14±0,03	73,00	0,09±0,02	71,67	0,36±0,07	34,20	0,35±0,04	35,00	0,38±0,05	34,34
<i>Bonasa bonasia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2,22±0,22	37,07	2,10±0,15	33,45
<i>Cuculus canorus</i>	-	-	-	-	-	-	0,32±0,06	59,67	0,51±0,09	36,67	0,60±0,08	28,41
<i>Crex crex</i>	0,19±0,03	70,00	0,08±0,02	98,00	0,06±0,02	102,50	-	-	-	-	-	-
<i>Grus grus</i>	2,19±0,59	105,00	6,57±1,09	67,50	8,21±1,20	68,00	10,95±2,03	61,50	6,57±1,16	68,30	7,12±0,89	63,00
<i>Ciconia nigra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1,80±0,36	78,37	2,40±0,40	75,00
<i>Buteo buteo</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1,11±0,33	62,00	1,70±0,25	44,35
<i>Accipiter gentilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1,13±0,17	64,17	1,41±0,40	62,67
<i>Accipiter nisus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,24±0,04	65,50	0,28±0,07	59,29
<i>Cianga pomarina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,39±0,08	126,67	0,39±0,12	113,33
<i>Falco subbuteo</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04±0,01	110,00	0,07±0,02	96,73
<i>Milvus migrans</i>	-	-	-	-	-	-	0,26±0,06	16,67	0,34±0,07	85,00	0,68±0,15	83,75
<i>Haliaeetus albicilla</i>	-	-	-	-	-	-	1,62±0,31	85,00	2,03±0,42	82,00	2,43±0,46	80,00
<i>Bubo bubo</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,85±0,21	93,33	1,41±0,22	72,00
<i>Asio otus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06±0,04	120,00	0,14±0,02	74,00
<i>Asio flammeus</i>	-	-	0,19±0,03	72,00	0,15±0,03	80,00	0,12±0,04	72,00	0,19±0,04	76,00	0,12±0,03	116,67
<i>Strix aluco</i>	-	-	-	-	-	-	0,28±0,05	70,00	0,39±0,07	68,57	0,56±0,08	56,00
Количество видов	15	15	26	26	31	31	48	48	73	73	73	73
Суммарная биомасса	6,75±0,80	6,75±0,80	15,52±0,60	15,52±0,60	19,57±0,30	19,57±0,30	36,15±0,41	36,15±0,41	48,92±0,50	48,92±0,50	58,49±0,30	58,49±0,30

На долю этих трех видов приходится 72,6% суммарной биомассы (19,57 кг/км<sup>2</sup>). Наиболее высокие значения коэффициента вариации (74,5–102,5 %) отмечены у видов, обилие которых менее 1 ос./км<sup>2</sup> (коростель, болотная сова, чирок-трескунок).

На стадии жердняков (30–40 лет) зарегистрировано 48 видов птиц. Орнитокомплекс пополняют 28 видов. Суммарная биомасса на этой стадии увеличивается в 1,8 раза и составляет 36,15 кг/км<sup>2</sup>. Начиная с четвертой стадии в орнитокомплексе по биомассе доминирует один вид – серый журавль. Наиболее стабильной (CV менее 20 %) является биомасса одиннадцати видов птиц, обилие которых более 30 ос./км<sup>2</sup> (зяблика, зарянки, певчего и черного дроздов, серой славки, большой синицы, пеночек и др.). Дальнейшее увеличение количества видов (73) и суммарной биомассы (до 58,49 кг/км<sup>2</sup>) отмечено в спелых черноольховых лесах. Доля доминирующего вида (серого журавля) снижается до 12,2 %. У 17 видов биомасса составляет менее 0,1 кг/км<sup>2</sup>. Наиболее стабильной является биомасса у зяблика (CV = 9,69 %) и пеночки-теньковки (12,46 %), высокие показатели коэффициента вариации биомассы (40,0–126,7 %) характерны для 60,2 % видов.

Таким образом, в ходе восстановительной сукцессии черноольховых лесов количество видов птиц в орнитокомплексе возрастает от 15 на первой стадии до 73 видов на шестой, а суммарная биомасса, соответственно, от 6,75 до 58,49 кг/км<sup>2</sup>. По биомассе доминируют серый журавль (на всех шести стадиях сукцессии), кряква (на первой – четвертой стадиях) и черный дрозд (на третьей стадии). Доля доминирующих видов в суммарной биомассе на первых трех стадиях превышает 70 %, начиная с четвертой стадии последовательно снижается до 12,2 % в спелом лесу. Высокая или очень высокая изменчивость биомассы характерна для видов, обилие которых, как правило, не превышает 1,0 ос./км<sup>2</sup> (CV от 56,67 % у среднего дятла до 126,67 % у малого подорлика).

#### Список использованных источников

1. Преображенская, Е. С. Экология воробьиных птиц Приветлужья / Е. С. Преображенская. – М. : КМК Scientific Press Ltd, 1998. – 200 с.
2. Гриднева, В. В. Динамика населения птиц в ходе сукцессионных изменений после рубок различного типа в Восточном Верхневолжье / В. В. Гриднева, В. Н. Мельников // Вестн. ТГУ. – 2013. – Т. 18. – Вып. 6. – С. 3227–3230.
3. Абрамова, И. В. Сукцессия населения птиц в ходе восстановительной смены черноольховых лесов в юго-западной Беларуси / И. В. Абрамова // Известия ГГУ имени Ф. Скорины : Естественные науки, 2018. – № 3 (108). – С. 5–11.
4. Равкин, Ю. С. К методике учета птиц лесных ландшафтов / Ю. С. Равкин // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. – Новосибирск, 1967. – С. 66–75.
5. Järvinen, O. Finnish line transect censuses / O. Järvinen, R. Väisänen // Ornis fenn. – Vol. 53. – № 4, 1976. – P. 115–118.
6. The Bird / Clements checklist of birds of the world: v2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.birds.cornell.edu/clementschecklist/>. – Дата доступа : 15.05.2024.

#### DYNAMICS OF BIRD SPECIES BIOMASS DURING THE SUCCESSIONS AFTER CLEARCUTTING OF BLACK-ALDER FORESTS IN THE SOUTH-WESTERN BELARUS

I. V. Abramova

The article tracks the changes the bird biomass during the secondary succession of cleared black-alder forests in southwestern Belarus. Were applied generally accepted methods of bird counting. The biomass of species (kg /km<sup>2</sup>) and inter-annual variability during 10 seasons were established. The coefficient of variation (CV) is highest (56,0–126,7%) for species whose abundance does not exceed 1.0 birds/km<sup>2</sup>.



## ЗООПЛАНКТОН РЕКИ МУХАВЕЦ В ПРЕДЕЛАХ ГОРОДА БРЕСТА

**В. В. Вежновец**

Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, г. Минск, Беларусь

*Изучен таксономический состав зоопланктона реки Мухавец в пределах г. Бреста в основном русле и придаточных водоемах. Всего зарегистрировано 82 вида: из них 50 коловраток, 7 веслоногих и 25 ветвистоусых ракообразных. Указано 3 новых для Беларуси вида коловраток. Выявлен чужеродный вид веслоногих ракообразных *Eurytemora velox* (Lilljeborg, 1863).*

*Ключевые слова: зоопланктон, коловратки, веслоногие, ветвистоусые ракообразные.*

**Введение.** Река Мухавец входит в единую водную систему, соединяющую реки водосборов Балтийского и Черного морей. Она служит экологическим коридором распространения и обмена водной фауной. В водной фауне реки встречаются как аборигенные, так и чужеродные виды. Из чужеродных видов, которые проникли сюда из Понто-Каспийского бассейна, большинство относится к донной фауне, поэтому зообентосу реки было уделено большее внимание и он наиболее изучен [1]. Зоопланктонное сообщество р. Мухавец, несмотря на регистрацию в нем чужеродной фауны, фактически не исследовано [2]. Кроме того, биологическое загрязнение чаще проявляется на урбанизированных территориях, здесь же наблюдается и снижение видового богатства.

Цель работы: установить таксономическое разнообразие зоопланктона реки Мухавец в пределах г. Бреста, выявить редкие и чужеродные виды для фауны Беларуси.

**Материал и методы.** Зоопланктон р. Мухавец в пределах г. Бреста был исследован в августе 2012–2013 гг. на 7 станциях (таблица). Полевые сборы проведены процеживанием 50 литров воды через качественную планктонную сеть с диаметром пор фильтрующего конуса 45 мкм. Пробы консервированы 4 % формалином. Лабораторная обработка и подсчет организмов планктона проведена в счетной камере Богорова под бинокулярным микроскопом МБС с увеличением х56. Детали морфологии уточняли при увеличении до х500 с помощью микроскопа Jnaval.

**Результаты.** В планктоне зарегистрированы все три основные группы зоопланктона коловратки, веслоногие и ветвистоусые ракообразные. Видовое богатство относительно высокое и составило 82 вида и разновидности. Большинство зарегистрированных видов относятся к коловраткам – 50 видов. Из ракообразных по количеству видов преобладали ветвистоусые – найдено 25 таксонов, что составляет около четверти этой группы в фауне Беларуси [4]. Самым малым составом представлены веслоногие ракообразные – только 7 видов (таблица). Общее число видов на станциях основного русла и в придаточном водоеме гребного канала было выше, чем в стоячих водоемах окрестностей порта. В прибрежье основного русла на течении эта разница создавалась за счет ветвистоусых ракообразных.

В целом видовой состав представлен широко распространенными видами, которые ранее регистрировались в водоемах Беларуси. Однако надо указать на находки новых видов коловраток, которые ранее не были встречены, не указаны в каталоге [1] и последующих публикациях [5, 6] для белорусских водоемов. Это *Serphalodella gobio* Wulfert, 1937, которая, согласно Л. А. Кутиковой [4], встречена в июне на илистом дне канавы в Германии и Австрии. Подвид *Colurella obtusa aperta* Hauer, 1936 по этому же автору регистрировался ранее в болотах Европы. *Itura saugua* Haring & Myers, 1928 регистрировалась ранее в небольших водоемах Германии и США [4].

Из коловраток встречены и индикаторы загрязненных вод – *Anuraeopsis fissa fissa* (Gosse, 1851) и *Brachionus angularis angularis* Gosse, 1851, что свидетельствует о поступлении загрязняющих веществ на некоторых створах. Есть и представитель чистых и закисленных вод – *Hexarthra mira* (Hudson, 1871) [1], встречающаяся в широком диапазоне условий от болотных до минерализованных вод [7]. К мало распространенным в водоемах Беларуси коловраткам можно отнести *Postclausa hyptopus* (Ehrenberg, 1838) и *Taphrocampa selenura* Gosse, 1851 [3].

Таблица – Таксономический состав зоопланктона р. Мухавец

Створы	1	2	3	4	5	6	7
<b>Коловратки (Rotifera)</b>							
<i>Anuraeopsis fissa fissa</i> (Gosse, 1851)	+	+	-	+	+	+	
<i>Asplanchna priodonta</i>	+	-	-	-	-	-	-
Bdelloidea sp.	-	+	-	+	+	+	+
<i>Brachionus angularis angularis</i> Gosse, 1851	+	-	-	-	-	-	+
<i>Cephalodella catellina</i> (Müller, 1786)	-	-	-	-	-	-	+
<i>Cephalodella gibba gibba</i> (Ehrenberg, 1832)	-	-	-	-	-	+	-
<i>Cephalodella gobio</i> Wulfert, 1937*	-	+	-	-	-	-	-
<i>Cephalodella intuta</i> Myers, 1924	-	+	-	-	-	-	-
<i>Cephalodella sterea sterea</i> (Gosse, 1887)	-	-	+	+	-	-	-
<i>Cephalodella ventripes</i> (Dixon–Nuttall, 1901)	-	-	-	-	+	-	+
<i>Collotheca</i> sp.	-	-	-	-	+	+	+
<i>Colurella colurus colurus</i> (Ehrenberg, 1830)	-	+	-	-	-	-	+
<i>Colurella obtusa aperta</i> Hauer, 1936*	-	+	-	-	-	-	-
<i>Colurella uncinata bicuspidata</i> (Ehrenberg, 1832)	-	-	-	-	+	-	+
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	-	-	-	-	+	+	-
<i>Euchlanis dilatata dilatata</i> Ehrenberg, 1832	-	-	-	-	-	-	+
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	+	-	-	-	-	-	-
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson, 1871)	+	-	-	-	-	-	-
<i>Itura cayuga</i> Haring & Myers, 1928*	+	-	-	-	-	-	-
<i>Keratella cochlearis cochlearis</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Keratella cochlearis tecta</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Keratella irregularis irregularis</i> (Lauterborn, 1898)	-	-	-	-	+	-	-
<i>Keratella irregularis wartmanni</i> (Asper et Heuscher, 1889)	-	-	+	-	-	-	-
<i>Keratella quadrata quadrata</i> (Müller, 1786)	+	+	-	-	-	-	+
<i>Lecane bulla bulla</i> (Gosse, 1832)	-	-	+	-	-	-	-
<i>Lecane closterocerca</i> (Schmarda, 1859)	-	-	+	+	+	-	-
<i>Lecane luna luna</i> (Müller, 1776)	+	+	-	-	-	-	+
<i>Lecane pyriformis</i> (Daday, 1905)	-	+	-	-	-	-	-
<i>Lecane scutata</i> (Haring & Myers, 1926)*	-	+	-	-	-	-	-
<i>Lecane stenroosi</i> (Meissner, 1908)	+	-	-	-	-	-	-
<i>Lepadella patella patella</i> (Müller, 1776)	-	+	-	-	+	+	+
<i>Monommata</i> sp.	-	-	-	-	+	-	-

<i>Mytilina ventralis ventralis</i> (Ehrenberg, 1832)	-	-	-	+	+	-	-	
<i>Polyarthra euryptera</i> Wierzejski, 1891	-	-	-	-	-	-	+	
<i>Polyarthra major</i> Burckhard, 1900	+	+	+	+	+	+	-	
<i>Polyarthra remata</i> Skorikov, 1896	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Pompholyx sulcata</i> Hudson, 1885	+	+	+	-	+	+	+	
<i>Postclausa hyptopus</i> (Ehrenberg, 1838)	-	-	+	-	+	+	-	
<i>Synchaeta kitina</i> Rousselet, 1902	-	+	+	-	+	+	+	
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	+	-	-	-	+	+	-	
<i>Synchaeta tremula</i> (Müller, 1786)	-	-	+	+	+	+	+	
<i>Taphrocampa selenura</i> Gosse, 1851	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Testudinella patina patina</i> (Hermann, 1783)	+	+	-	-	-	-	-	
<i>Trichocerca porcellus</i> (Gosse, 1886)	-	-	-	-	-	-	+	
<i>Trichocerca pusilla</i> (Lauterborn, 1898)	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Trichocerca rattus carinata</i> (Ehrenberg, 1830)	-	+	-	-	-	-	-	
<i>Trichocerca rousseleti</i> (Voigt, 1902)	-	-	+	-	+	+	+	
<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893)	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Trichocerca taurocephala</i> (Hauer, 1931)	-	-	+	+	-	-	-	
<i>Trichocerca weberi</i> (Jennings, 1903)	+	+	-	-	-	-	-	
	<b>50</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>23</b>	<b>18</b>	<b>23</b>
<b>Веслоногие ракообразные (Copepoda)</b>								
<i>Acanthocyclops americanus</i> (Marsh, 1893)	+	-	-	+	-	+	+	
Cyclops copepodit	+	+	+	+	+	+	+	
Cyclops nauplii	+	+	+	+	+	+	+	
Diaptomidae copepodit	-	+	+	-	+	+	-	
Diaptomidae nauplii	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Eucyclops speratus</i> (Lilljeborg, 1901)	-	+	-	-	-	-	-	
<i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars, 1863)	-	-	-	-	+	+	+	
<i>Eurytemora velox</i> (Lilljeborg, 1863) copepodit	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Eurytemora velox</i> (Lilljeborg, 1863) nauplii	+	+	+	+	+	+	+	
Harpacticoida nauplii	+	+	-	-	+	-	+	
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	+	+	-	+	+	-		
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer, 1853)	+	+	+	+	+	+	+	
	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Ветвистоусые ракообразные (Cladocera)</b>								
<i>Acroporus harpae</i> (Baird, 1837)	+	+	+	+	-	-	+	

Окончание таблицы

<i>Alona rectangulara rectangulara</i> Sars, 1962	+	+	-	-	-	+	+	
<i>Biapertura affinis</i> (Leydig, 1860)	+	+	-	+	-	-	-	
<i>Bosmina coregoni coregoni</i> Baird, 1857	+	-	-	-	-	-	+	
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Muller, 1785)	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Bunops serricaudata</i> (Daday, 1888)	-	+	-	-	-	-	-	
<i>Camptocercus rectirostris</i> Schoedler, 1862	-	+	-	-	-	-	-	
<i>Ceriodaphnia pulchella</i> Sars, 1862	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine, 1820)	-	-	-	-	-	+	-	
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Muller, 1785)	+	+	+	-	-	+		
<i>Daphnia cucullata</i> Sars, 1862	+	+	+	-	+	+	+	
<i>Diaphanosoma brachiurum</i> (Lievin, 1848)	+	+	+	+	+	-	+	
<i>Disparalona (Rhynchotalona) rostrata</i> (Koch, 1841)	-	+	+	-	-	+	-	
<i>Eurycercus lamellatus</i> (O.F. Muller, 1785)	-	+	-	-	-	-	-	
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)	-	+	+	-	-	-	+	
<i>Ilyocryptus sordidus</i> (Lievin, 1848)	+	-	-	-	-	-	-	
<i>Oxyurella tenuicaudis</i> (Sars, 1862)	-	+	-	-	-	-	-	
<i>Picripleuroxus laevis</i> (Sars, 1862)	-	+	-	-	-	-	-	
<i>Pleuroxus aduncus</i> (Jurine, 1820)	-	+	-	+	-	-	-	
<i>Pleuroxus truncatus</i> (O.F. Muller, 1785)	+	+	-	+	+	+	+	
<i>Polyphemus pediculus</i> (Linne, 1778)	+	+	+	+		+	+	
<i>Rhynchotalona falcata</i> Sars, 1862	-	-	-	-	-	-	+	
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O.F. Muller, 1785)	+	+	+	+	-	-	-	
<i>Sida crystallina</i> (O.F. Muller, 1776)	+	+	+	+	-	+	+	
<i>Simocephalus vetulus</i> (O.F. Muller, 1776)	+	+	-	-	-	-	-	
	<b>25</b>	<b>15</b>	<b>21</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>12</b>
<b>Всего:</b>	<b>82</b>	<b>40</b>	<b>49</b>	<b>31</b>	<b>29</b>	<b>33</b>	<b>32</b>	<b>40</b>

Примечания: перечень створов: 1 – 12.08.2012 г., городской сад, основное русло, не заросшее побережье; 2 – 12.08.2012 г., городской сад, основное русло, побережье в кубышке; 3 – 22.08.2013 г., порт, основное русло, не заросшее побережье; 4 – 22.08.2013 г. порт, основное русло, берег, заросли высшей водной растительности; 5 – 22.08.2013 г., порт, затон, не заросшее побережье; 6 – 22.08.2013 г., порт, затон, берег, заросли высшей водной растительности; 7 – 22.08.2013 г. водохранилище у Гребного канала, побережье, заросли элодеи. Звездочкой отмечены новые виды для водоемов Беларуси.

В группе ветвистоусых ракообразных, кроме *Bunops serricaudata* (Daday, 1888), *Camptocercus rectirostris* Schoedler, 1862 и *Oxyurella tenuicaudis* (Sars, 1862), все виды широко встречаются во всех типах водоемов [4].

Из веслоногих ракообразных к числу редких можно отнести *Acanthocyclops americanus* (Marsh, 1893) и *Eucyclops speratus* (Lilljeborg, 1901). Первый вид имеет не совсем ясное систематическое положение и найден в реках Припять, Виляя и Волма [2]. Второй нами зарегистрирован в реках Сож и Березина [4].

Отдельно надо остановиться на чужеродном виде *Eurytemora velox* (Lilljeborg, 1863), который повсеместно встречается в водоемах и водотоках Центрального европейского инвазионного коридора [2]. Вид зафиксирован на всех исследованных створах.

**Заключение.** Таким образом, зоопланктон реки Мухавец и ее придаточных водоемов в пределах города Бреста таксономически богат и включает 82 вида и разновидности планктонных организмов. На фоне обычных и широко распространенных видов в его составе найдены новые, редкие и чужеродные виды.

Работа выполнена при частичной поддержке БРФФИ, договор №\_Б23МС-001.

#### Список использованных источников

1. Lipinskaya, T. 10-year monitoring of alien amphipods in Belarus: state of the art / T. Lipinskaya, A. Makarenko, V. Semenchenko, V. Vezhnovets // Biodiversity Journal. – 2017. – № 8 (2). – P. 649–651.
2. Вежновец, В. В. Виды рода *Eurytemora* в водных экосистемах Беларуси / В. В. Вежновец, А. Г. Литвинова. – Минск : Беларуская наука, 2021. – 200 с.
3. Коловратки (Rotifera) в водных экосистемах Беларуси / Г. А. Галковская, [и др.]. – Минск : БГУ, 2001. – 184 с.
4. Вежновец, В. В. Ракообразные (*Cladocera*, *Copepoda*) в водных экосистемах Беларуси. Каталог. Определительные таблицы / В. В. Вежновец. – Минск : Бел. наука. – 2005. – 150 с.
5. Вежновец, В. В. Новые виды коловраток (*Rotifera*) для водоемов Беларуси / В. В. Вежновец, Г. А. Галковская, Н. Н. Воскабович // Динамика биологического разнообразия фауны, проблемы и перспективы устойчивого использования и охраны животного мира Беларуси. Тезисы докладов IX зоологической научной конференции. – Мн, 2004. – С. 187–189.
6. Вежновец, В. В. Новые виды водных беспозвоночных Беларуси // «Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов»: Материалы Международной научно-практической конференции и X зоологической конференции. Часть 1. Сб. науч. работ / Под общей ред. М. Е. Никифорова. – Минск : ООО «Меджик», ИП Вараксин, 2009. – С. 58–61.
7. Кутикова, Л. А. Коловратки фауны СССР / Л. А. Кутикова. – Ленинград : Наука, Ленингр. отд-ние, 1970. – 744 с.

#### ZOOPLANKTON OF THE MUKHAVETS RIVER WITHIN THE CITY OF BREST

##### V. V. Vezhnovets

The taxonomic composition of zooplankton of the Mukhavets River within the city of Brest in the main channel and subordinate reservoirs has been studied. A total of 82 species have been recorded: 50 rotifers, 7 copepods and 25 cladocerans. There are 3 species of rotifers new to Belarus. An alien species of copepod crustaceans, *Eurytemora velox* (Lilljeborg, 1863), has been identified.

УДК 630\*30:539.163

## **ВАЛИДАЦИЯ «РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДРЕВЕСИНЫ С ДОПУСТИМЫМ СОДЕРЖАНИЕМ $^{137}\text{Cs}$ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПОЛЕССКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ» НА ПРИМЕРЕ НАСАЖДЕНИЙ ДУБА И ОЛЬХИ ЧЕРНОЙ**

Д. К. Гарбарук, А. В. Углянец, С. В. Шумак

Полесский государственный радиационно-экологический заповедник, г. Хойники, Беларусь

*Результаты тестирования «Рекомендаций по определению древесины с допустимым содержанием  $^{137}\text{Cs}$  при планировании лесохозяйственной деятельности в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике» показали полную их непригодность для оценки соответствия загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  древесины ольхи черной санитарно-гигиеническим нормативам и весьма высокое соответствие нормативам его содержания в древесине дуба. Несоответствия обусловлены отклонениями фактических и расчетных темпов очищения почвы, древесины и коры деревьев от  $^{137}\text{Cs}$ .*

*Ключевые слова:* дуб, ольха черная, древесина,  $^{137}\text{Cs}$ , норматив, валидация.

**Введение.** Эксплуатация лесов, произрастающих на загрязненных радионуклидами территориях, возможна только при строгом радиационном контроле заготавливаемой древесной продукции, что и делается в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике (заповедник) [1], расположенном в границах зоны отчуждения (ЗО) Чернобыльской АЭС (ЧАЭС). При этом для подбора насаждений в рубку необходима проверка древесины на соответствие установленным санитарно-гигиеническим нормативам [2, 3], а это требует значительных затрат. В целях их сокращения и ускорения подбора насаждений для заготовки древесины с допустимыми уровнями загрязнения были проведены исследования по поиску связей содержания радионуклидов в древесине с параметрами радиационной обстановки в лесных экосистемах. Для ЗО ЧАЭС были установлены прямые линейные зависимости удельной активности ( $A_y$ )  $^{137}\text{Cs}$  в древесине основных лесообразующих пород от плотности поверхностного загрязнения почвы (ПЗ)  $^{137}\text{Cs}$ . На основе выявленных закономерностей сотрудниками РНИУП «Институт радиологии» в 2007 г. были разработаны «Рекомендации по определению древесины с допустимым содержанием  $^{137}\text{Cs}$  при планировании лесохозяйственной деятельности в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике» (Рекомендации) [4]. Они определяют допустимые ПЗ  $^{137}\text{Cs}$  для различных типов лесорастительных условий (ТЛУ), при не превышении которых содержание данного радионуклида в древесине основных лесообразующих пород будет соответствовать санитарно-гигиеническим нормативам [2].

В 2020 и 2021 гг. при проведении исследований по «Программе совместной деятельности России и Беларуси в рамках Союзного государства по защите населения и реабилитации территорий, пострадавших в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС в части ответственности белорусской стороны» были получены сведения по ПЗ и  $A_y$   $^{137}\text{Cs}$  в древесине и коре в насаждениях ольхи черной и дуба в заповедной зоне заповедника, расположенной выше изолинии ПЗ  $^{137}\text{Cs}$  40 Ки/км<sup>2</sup> (по состоянию на 2009 г. согласно [5]), то есть в условиях наиболее высокого радиоактивного загрязнения почв. Наличие этих данных позволяет оценить степень соответствия загрязнения древесины указанных пород  $^{137}\text{Cs}$ , определенных по Рекомендациям, фактическому содержанию радионуклида через 13 лет для ольхи черной и 14 – для дуба после их разработки. Отметим, что в это время заготовка древесины дуба и ольхи черной в хозяйственных целях в заповеднике не проводилась, а с момента аварии на ЧАЭС содержание  $^{137}\text{Cs}$  в соответствующих биогеоценозах из-за радиоактивного распада сократилось на 26 и 28 %.

**Материалы и методы.** Исходным материалом являлись данные  $A_y$   $^{137}\text{Cs}$  в древесине и коре ольхи черной и дуба (по 25 насаждений) в 4-х наиболее распространенных типах леса каждой породы и ПЗ  $^{137}\text{Cs}$  в каждом из этих насаждений. Дальнейшую их подготовку выполняли следующим образом:

– для каждого насаждения рассчитывали загрязнение  $^{137}\text{Cs}$  неокоренных стволов дуба и ольхи черной путем произведения средних удельных вкладов древесины и коры каждой породы в общую их массу [6] на  $A_y$   $^{137}\text{Cs}$  в этих компонентах деревьев с последующим их суммированием;

– так как оценку соответствия содержания  $^{137}\text{Cs}$  в их древесине производили для вероятной ошибки второго рода не более 5 %, то для каждого насаждения определяли расчетную  $A_y$   $^{137}\text{Cs}$  в древесине путем суммирования значений содержания  $^{137}\text{Cs}$  в ней с погрешностями измерений. Для неокоренных стволов рассчитывали взвешенные погрешности содержания  $^{137}\text{Cs}$  в древесине и коре с учетом удельного их вклада в массу стволов и добавляли ее к рассчитанной в них  $A_y$  радионуклида;

– определяли  $A_{\gamma}^{137}\text{Cs}$  в окоренной и неокоренной древесине каждой породы по Рекомендациям на основе ТЛУ и ПЗ  $^{137}\text{Cs}$ .

Соответствие фактических (экспериментальных) значений содержания  $^{137}\text{Cs}$  в окоренной и неокоренной древесине и полученных (расчетных) данных согласно Рекомендациям [4] допустимым уровням содержания радионуклида устанавливали путем их сравнения с действовавшими в стране нормативами [2].

**Результаты исследования и их обсуждение.** В отдельных насаждениях дуба ПЗ  $^{137}\text{Cs}$  находилась в диапазоне 184–1872 кБк/м<sup>2</sup> (5,0–50,6 Ки/км<sup>2</sup>), а средняя по типам леса – от 237 до 1084 кБк/м<sup>2</sup> или от 6,4 до 29,3 Ки/км<sup>2</sup> (таблица 1). Столь сильное варьирование индивидуальных величин ПЗ обусловлено высокой мозаичностью пространственного распределения радионуклида [6].

**Таблица 1** – Статистические показатели плотности загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$ , кБк/м<sup>2</sup>

Дубрава	прируслово–пойменная	кисличная	снытевая	злаково–пойменная
<i>Min–max</i>	198–316	265–590	270–649	184–1872
<i>M</i>	237	453	406	1084
Черноольшаник	снытевый	крапивный	папоротниковый	осоковый
<i>Min–max</i>	250–3293	333–1033	174–5556	232–5617
<i>M</i>	1200	596	1056	1314

Примечание: *Min–max* – минимальное и максимальное значения, *M* – среднеарифметическое.

Исходя из данных ПЗ  $^{137}\text{Cs}$  установлено, что окоренная древесина дуба в обследованных насаждениях по содержанию данного радионуклида согласно Рекомендациям должна была соответствовать нормативу 1480 Бк/кг в 88 % древостоев, неокоренная – в 20 %, окоренная – нормативу 740 Бк/кг в 60 %, неокоренная – ни в одном. Фактически его окоренная древесина по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  соответствовала нормативу 1480 Бк/кг в 84 % древостоев, неокоренная – 72 %, а нормативу 740 Бк/кг – окоренная и неокоренная древесина в 32 % древостоев (таблица 2).

**Таблица 2** – Фактическое и рассчитанное по значениям плотности загрязнения почвы соответствие загрязнения древесины дуба и ольхи черной  $^{137}\text{Cs}$  гигиеническим нормативам

Древесина	*Норматив, Бк/кг	Дубравы			Черноольшаники (ольсы)		
		тип леса, ТЛУ / количество насаждений	насаждения соответствующие нормативу (количество / %)		тип леса, ТЛУ / количество насаждений	насаждения соответствующие нормативу (количество / %)	
			фактически	согласно рекомендациям		фактически	согласно рекомендациям
Окоренная	1480	дубрава прируслово–пойменная, В <sub>2</sub> / 5	5 / 100,0	5 / 100,0	ольс снытевый, D <sub>3</sub> / 7	2 / 28,6	0
	740		4 / 80,0	4 / 80,0		1 / 14,3	0
Неокоренная	1480	дубрава кисличная, D <sub>2</sub> / 8	5 / 100,0	0	ольс крапивный, D <sub>4</sub> / 3	2 / 28,6	0
	740		4 / 80,0	0		0 / 0,0	0
Окоренная	1480	дубрава снытевая, D <sub>3</sub> / 7	8 / 100,0	8 / 100,0	ольс папоротниковый, C <sub>4</sub> / 8	3 / 100,0	0
	740		1 / 12,5	4 / 50,0		2 / 66,7	0
Неокоренная	1480	дубрава злаково–пойменная, C <sub>2</sub> / 5	6 / 75,0	2 / 25,0	ольс осоковый, C <sub>5</sub> / 7	2 / 66,7	0
	740		1 / 12,5	0		2 / 66,7	0
Окоренная	1480	Все насаждения / 25	7 / 100,0	7 / 100,0	Все насаждения / 25	4 / 44,4	0
	740		3 / 42,8	6 / 85,7		1 / 11,1	0
Неокоренная	1480		6 / 85,7	2 / 28,6		3 / 33,3	0
	740		3 / 42,8	0		0 / 0,0	0
Окоренная	1480		1 / 20,0	2 / 40,0		0 / 0,0	0
	740		0	1 / 20,0		0 / 0,0	0
Неокоренная	1480		1 / 20,0	1 / 20,0		0 / 0,0	0
	740		0	0		0 / 0,0	0
Окоренная	1480		21 / 84,0	22 / 88,0		9 / 34,6	0
	740		8 / 32,0	15 / 60,0		4 / 15,4	0
Неокоренная	1480		18 / 72,0	5 / 20,0		7 / 26,9	0
	740		8 / 32,0	0		2 / 7,7	0

Примечание: допустимые санитарно-гигиенические уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  по РДУ/ЛХ-2001 [2]: лесоматериалы круглые для строительства стен жилых зданий, топливо древесное – 740 Бк/кг; лесоматериалы круглые прочие – 1480 Бк/кг.

Количество насаждений, соответствующих нормативу 1480 Бк/кг по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  в окоренной древесине дуба, определенному по Рекомендациям, в большинстве типов леса совпадает с фактическим, кроме дубравы злаково-пойменной, в которой наблюдается превышение количества насаждений, определенных по Рекомендациям. Число древостоев, соответствующих нормативу 740 Бк/кг по содержанию радионуклида в той же древесине установленному расчетным путем, в большинстве типов леса и в целом по формации выше реального в 1,9 раза, кроме дубравы прируслово-пойменной, где наблюдается полное их совпадение.

Количество насаждений, фактически соответствующих нормативу 1480 Бк/кг по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  в неокоренной древесине, значительно превосходит их число, определенное по Рекомендациям. В то же время нормативу 740 Бк/кг не соответствует ни одно насаждение по Рекомендациям при фактическом соответствии – третьей части исследованных древостоев дуба. Это количество снижается от дубравы прируслово-пойменной (100 %) до дубрав снытевой (43 %) и кисличной (12 %) и до полного несоответствия в злаково-пойменном типе леса. Это объясняется значительным уменьшением доли вклада коры в  $A_y$   $^{137}\text{Cs}$  стволов дуба со временем [7], повлекшее за собой снижение загрязнения самих стволов.

Частные значения ПЗ  $^{137}\text{Cs}$  в исследованных насаждениях ольхи черной изменялись в интервале от 174 до 5617 кБк/м<sup>2</sup>, или от 4,7 до 151,8 Ки/км<sup>2</sup>, средние значения по типам леса – от 596 до 1314 кБк/м<sup>2</sup>, или от 16,1 до 35,5 Ки/км<sup>2</sup> (таблица 1).

В черноольховых насаждениях 30 ЧАЭС окоренная и неокоренная древесина, определенная по Рекомендациям, не соответствует контрольным значениям нормативов ни в одном древостое, в то время как фактически нормативу 740 Бк/кг РДУ/ЛХ-2001 соответствует окоренная древесина в 15,4 % насаждений, неокоренная – в 7,7 %, а нормативу 1480 Бк/кг – окоренная древесина в 34,6 % насаждений, неокоренная – в 26,9 % (таблица 2).

Приведенные выше несоответствия реальных величин содержания  $^{137}\text{Cs}$  в древесине и стволах ольхи черной с определенными по Рекомендациям величинами говорит о том, что очищение ее древесины и коры от данного радионуклида во всех насаждениях шло быстрее расчетного. У дуба в неокоренной древесине оно протекало быстрее (по 6 позициям из 16), в окоренной древесине – медленнее (по 4 позициям), а по 6 позициям наблюдалось соответствие расчетных и фактических данных (по 4 позициям для окоренной древесины и по 2 – для неокоренной). Очевидно, что изменение содержания радионуклида в почве и очищение от него компонентов стволов деревьев достаточно сложно прогнозировать из-за комплекса влияющих на эти процессы факторов.

Рекомендации были построены с использованием данных динамики содержания радионуклида в почве, древесине и коре древесных пород до 2006 г. Позже на примере сосняков мшистых было установлено, что в более длинном временном ряду происходит более быстрое снижение ПЗ  $^{137}\text{Cs}$  и очищение от него древесины сосны в сравнении с прогнозом [8].

На отклонении реальных уровней загрязнения неокоренной древесины от прогнозных сказалось уменьшение со временем удельного вклада коры в загрязнение стволов дуба  $^{137}\text{Cs}$  [7]. На скорость очищения верхних 20-см слоев почвы и компонентов стволов обеих пород от  $^{137}\text{Cs}$  вполне могло оказать влияние потепление климата и локальная засуха 2015–2021 гг., обеспечившие снижение уровней грунтовых вод и влагообеспеченность корнеобитаемых слоев почв, что отразилось на вертикальной миграции радионуклида и поступлении его в деревья.

**Заключение.** Валидация «Рекомендаций по определению древесины с допустимым содержанием  $^{137}\text{Cs}$  при планировании лесохозяйственной деятельности в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике» на современном этапе последствий аварии на ЧАЭС показала полное несоответствие фактического и определенного по Рекомендациям загрязнения древесины ольхи черной  $^{137}\text{Cs}$ , и довольно высокое их соответствие по отдельным позициям для древесины дуба, степень которого зависит от уровня ПЗ этим радионуклидом, наличия коры на стволах, применяемого норматива (740 или 1480 Бк/кг), типа леса, ТЛУ. Отклонения между экспериментальными и расчетными данными обусловлены, главным образом, ускорением, а в некоторых случаях – замедлением, темпов фактического снижения ПЗ  $^{137}\text{Cs}$  и содержания его в древесине и стволах древесных пород в сравнении с разработанными прогнозами. Полагаем, что для практического применения Рекомендаций необходима их периодическая корректировка с учетом реальной динамики очищения почвы и компонентов стволов деревьев от  $^{137}\text{Cs}$ .

#### Список использованных источников

1. Влияние типа леса и типа лесорастительных условий на переход  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в древесину сосны в зоне отчуждения ЧАЭС по данным радиационного обследования лесосек / В. Н. Забродский [и др.] // Современные проблемы радиобиологии – 2021 : сб. материалов междунар. науч. конф., Гомель, 23–24 сент. 2021 г. / Ин-т радиобиологии НАН Беларуси ; редкол.: И. А. Чешик (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2021. – С. 68–72.

2. Об утверждении гигиенических нормативов «Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 в древесине, продукции из древесины и древесных материалов и прочей пищевой продукции



лесного хозяйства (РДУ/ЛХ-2001)» : постановление Министерства здравоохранения Респ. Беларусь, 11 янв. 2001 г., № 4 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2001. – № 20. – 8/4937.

3. Об утверждении Правил ведения лесного хозяйства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС, и признании утратившими силу некоторых постановлений Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь : постановление Министерства лесного хозяйства Респ. Беларусь, 27 дек. 2016 г., № 86 // Национальный правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21731754&p1=1>. – Дата доступа : 15.05.2024.

4. Рекомендации по определению древесины с допустимым содержанием  $^{137}\text{Cs}$  при планировании лесохозяйственной деятельности в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике» / И. М. Булавик [и др.]. – Гомель : Институт радиологии, 2007. – 17 с.

5. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия – Беларусь) ; под ред. Ю. А. Израэля, И. М. Богдевича. – Москва : Фонд «Инфосфера» – НИА – Природа; Минск : Белкартография, 2009. – 140 с.

6. Переволоцкий, А. Н. Распределение  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в лесных биогеоценозах / А. Н. Переволоцкий. – Гомель : Институт радиологии, 2006. – 255 с.

7. Углянец, А. В. Оценка загрязнения древесины и коры дуба  $^{137}\text{Cs}$  в зоне отчуждения Чернобыльской атомной электростанции / А. В. Углянец, Д. К. Гарбарук // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2022. – № 4. – С. 33–45. – <https://doi.org/10.46646/2521-683X/2022-4-33-45>

8. Гарбарук, Д. К. Изменение радиационной обстановки в сосняках мшистых в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС / Д. К. Гарбарук, А. В. Углянец, М. В. Кудин // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2021. – Т. 61, № 5. – С. 524–535. – <https://doi: 10.31857/S0869803121050064>.

#### **VALIDATION OF «RECOMMENDATIONS FOR DETERMINING WOOD WITH AN ACCEPTABLE CONTENT OF $^{137}\text{CS}$ IN THE PLANNING OF FORESTRY ACTIVITIES IN THE POLESYE STATE RADIATION AND ENVIRONMENTAL RESERVE» ON THE EXAMPLE OF OAK AND BLACK ALDER STANDS**

**D. K. Garbaruk, A. V. Uhljanets, S. V. Shumak**

The results of testing of «Recommendations for determining wood with an acceptable content of  $^{137}\text{Cs}$  in the planning of forestry activities in the Polesye State Radiation and Environmental Reserve» showed their complete unsuitability for assessment of compliance of  $^{137}\text{Cs}$  contamination of black alder wood with sanitary and hygienic standards and very high compliance with standards of its content in oak wood. The discrepancies are due to deviations in the actual and calculated rates of purification of soil, wood and tree bark from  $^{137}\text{Cs}$ .

УДК 581.1

## ИЗМЕНЕНИЕ МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО И ДУБА КРАСНОГО ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

С. В. Горелова<sup>1</sup>, П. А. Земенкова<sup>2</sup>, А. П. Колбас<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, г. Тула, Россия

<sup>2</sup> Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

<sup>3</sup> Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

<sup>4</sup> Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

*Впервые изучены особенности морфологии и физиологии адвентивного и синантропного видов дуба (*Quercus rubra* L. и *Quercus robur* L.) в урбозкосистеме Нечерноземной полосы России (г. Тула) с геохимическими аномалиями техноземов и в музеях-заповедниках региона. Установлено, что в условиях техногенного загрязнения страдает фотосинтетический аппарат дубов: снижается содержание хлорофиллов и каротиноидов. При этом в качестве компенсации недостатка пигментов увеличивается площадь листовой поверхности. Адаптивной реакцией дубов на стресс, вызванный загрязнением среды токсикантами, является выработка низкомолекулярных антиоксидантов – аскорбиновой кислоты и глутатиона. Данные показатели могут быть применены как маркерные признаки при проведении биоиндикации и биомониторинга с использованием дуба черешчатого.*

*Ключевые слова: аскорбиновая кислота, глутатион, дуб красный, дуб черешчатый, урбозкосистемы, фоновые территории, фотосинтетические пигменты.*

**Введение.** В условиях современного промышленного производства, развития автотранспорта и топливно-энергетического комплекса растет нагрузка на естественные и урбанизированные ландшафты, которая приводит к изменению биогеохимических процессов и нарушению циклов ряда токсичных соединений, в частности, тяжелых металлов (ТМ). В городских экосистемах меняется состав и структура почв, их физико-химические характеристики, что приводит к формированию хемоземов и угнетению растущих на них растений, изменению их физиолого-биохимических процессов и развитию окислительного стресса [1–8]. Как следствие, снижается жизнеспособность особей, что проявляется в развитии некротических и хлоротических изменений листа, раннем отмирании листьев, нарушении фотосинтетических процессов, а в целом – в снижении продуктивности растений урбозкосистем [1]. Кроме того, ухудшается эстетичность зеленых насаждений. В большинстве городов Нечерноземной полосы России и Беларуси для расширения ассортимента видов и создания устойчивых и продуктивных сообществ в зеленом строительстве используются виды-интродуценты, которые нередко составляют более половины зеленых насаждений города [9]. Выращивание растений вне зоны их естественного обитания, в том числе и в городских насаждениях, является одной из форм сохранения их биоразнообразия *ex situ*, что составляет часть общей стратегии по сохранению разнообразия мировой флоры. Одним из перспективных видов-интродуцентов, который в некоторых регионах проявляет себя как инвазивный вид, является дуб красный *Quercus rubra* L. В условиях умеренно-континентального климата Нечерноземной полосы России он проходит все фенофазы, формируя плоды, которые способны к быстрому прорастанию при попадании в почву. Вид можно использовать для формирования аллейных посадок, в ландшафтных группах, при формировании санитарно-защитных зон (СЗЗ) автомагистралей. Физиолого-биохимические характеристики вида в условиях техногенно-загрязненных экосистем являются слабо изученными. В связи с этим актуальным является изучение физиолого-биохимических характеристик основной лесообразующей породы широколиственных лесов умеренного пояса России дуба черешчатого и интродуцента – дуба красного в условиях различной степени техногенного загрязнения.

**Материалы и методы.** В качестве модельной урбозкосистемы выбран г. Тула, являющийся центром области, расположенной в центральной части Среднерусской возвышенности и граничащей с Московской, Рязанской, Орловской, Липецкой, Калужской областями. Город характеризуется мощной транспортной и промышленной инфраструктурой. На его территории расположены предприятия машиностроительной, химической, топливно-энергетической, оборонной и металлургической промышленности. Районы города характеризуются интенсивной транспортной нагрузкой и высоким количеством азротехногенных выбросов с превышением ПДК по пыли в 1,5 раза. Хемоземы города характеризуются загрязнением такими элементами, как Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Pb. Аномально высокие значения относительно средних по РФ и миру выявлены для Fe. За последние 10 лет концентрация токсичных элементов в почве г. Тула увеличилась более чем в 2 раза: средний показатель суммарного загрязнения почв города  $Z_c = 39,4$ . Возросло содержание в почве таких ТМ как V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Hg, Pb и Th. При этом 27 % почв города характеризуются умеренно-опасным, 19 % – опасным и чрезвычайно опасным уровнями загрязнения. Полиэлементным загрязнением характеризуются около 40 % изученных городских почв [10].

Листья дуба черешчатого были собраны на ул. Максима Горького г. Тулы (превышение ПДК в почвах по Co, Cu, Pb, Zn), Пролетарского парка и Щегловской засеки (превышение ПДК по Co, Cu, Zn), Центрального парка (ЦПКиО), природного парка «Малиновая засека»; листья дуба красного – в ЦПКиО г. Тулы и в фоновой зоне. В качестве фоновых зон для изучения дуба черешчатого и красного были выбраны территория государственного музея-заповедника имени Л. Н. Толстого «Ясная Поляна» (Ясная Поляна) и территория ФГБУ культуры «Государственного военно-исторического и природно-исторического музея-заповедника «Куликово поле»» (Куликово поле), расположенного в лесостепной и степной зоне области.

Пробоотбор листьев производили с 5–10 взрослых деревьев по периметру нижней части кроны (5–10 листьев с каждого экземпляра). Биохимические исследования проводили на свежем растительном материале, предварительно промытом дистиллированной водой. Морфометрические параметры листьев определяли весовым методом; содержание сухого вещества и влаги в листьях – гравиметрическим методом; количественное содержание пигментов – спектрофотометрическим методом в спиртовых вытяжках при длинах волн 470, 649, 665 нм с последующим расчетом по формулам, приведенным в [11]; содержание аскорбиновой кислоты (АК) и глутатиона (GSH) – титриметрическим методом с титрованием 2,6-дихлорфенолиндофенолом (2,6-ДХФИФ) и йодометрией соответственно [12].

**Результаты и обсуждение.** Изучение морфологических параметров листьев дуба показало, что площадь листа дуба черешчатого варьирует от 0,45 до 0,62 дм<sup>2</sup> и увеличивается в районах с наиболее сильным антропогенным загрязнением (М. Горького, Пролетарский парк, Щегловская засека) до 44 % по сравнению с фоновой зоной музеев-заповедников. Увеличение площади листа является компенсаторной реакцией дуба черешчатого на аэрозольные выбросы промышленных предприятий и автотранспорта, оседающие на листовую поверхность и уменьшающие проницаемость эпидермиса для квантов света, а также потерю части площади листа вследствие хлоротических и некротических изменений. Площадь листа дуба красного превышает площадь листьев дуба черешчатого от 1,5 до 2 раз и максимальна в городской черте (0,99 дм<sup>2</sup>).

Изменения растений в ходе онтогенеза, старение, а также действие на растение стресс-факторов среды (токсические вещества, загрязнители атмосферы, заболевания) сопровождаются изменениями не только содержания, но и соотношения пигментов. При уменьшении содержания хлорофилла а в зеленых листьях растений происходит увеличение доли вспомогательных пигментов – хлорофилла b или каротиноидов, выполняющих функции защитных пигментов – компонентов антиоксидантной системы (АОС) (каротиноиды), что рассматривается как адаптивная реакция ассимиляционного аппарата растений на стресс.

Результаты изучения количественного содержания и соотношения фотосинтетических пигментов в листьях *Quercus robur* и *Q. rubra* представлены в таблице 1. Большая часть проб листьев дуба черешчатого характеризовалась оптимальным содержанием и соотношением основных групп фотосинтетических пигментов (таблица 1). Исключение составляли листья дуба черешчатого с ул. М. Горького, находящегося в состоянии стресса, где соотношение пигментов уменьшалось до 1,8 из-за снижения уровня хлорофилла а по отношению к возрастающему количеству хлорофилла b. В целом, содержание хлорофиллов а и b в листьях дуба черешчатого было ниже в районах с высоким уровнем антропогенного загрязнения на 12–18 % для хлорофилла а и 8–27% для хлорофилла b. Содержание хлорофиллов в листьях дуба красного было ниже, чем дуба черешчатого и составляло 0,85–1,06 мг/г сырой массы для хлорофилла а и 0,37–0,4 мг/ – для хлорофилла b. При этом в городской черте количество хлорофиллов а и b было ниже на 20–23 % по сравнению с фоновой зоной (таблица).

Содержание низкомолекулярных антиоксидантов и компонентов пигментных систем – каротиноидов в листьях дуба черешчатого было ниже в районах с высоким уровнем техногенного загрязнения на 4–30 % по сравнению с фоновыми зонами музеев-заповедников. Содержание каротиноидов в листьях дуба красного центрального парка города было в 3,5 раза ниже, чем в листьях дуба красного Куликова поля. Таким образом, каротиноиды не являются активным компонентом антиоксидантной системы дуба при стрессе.

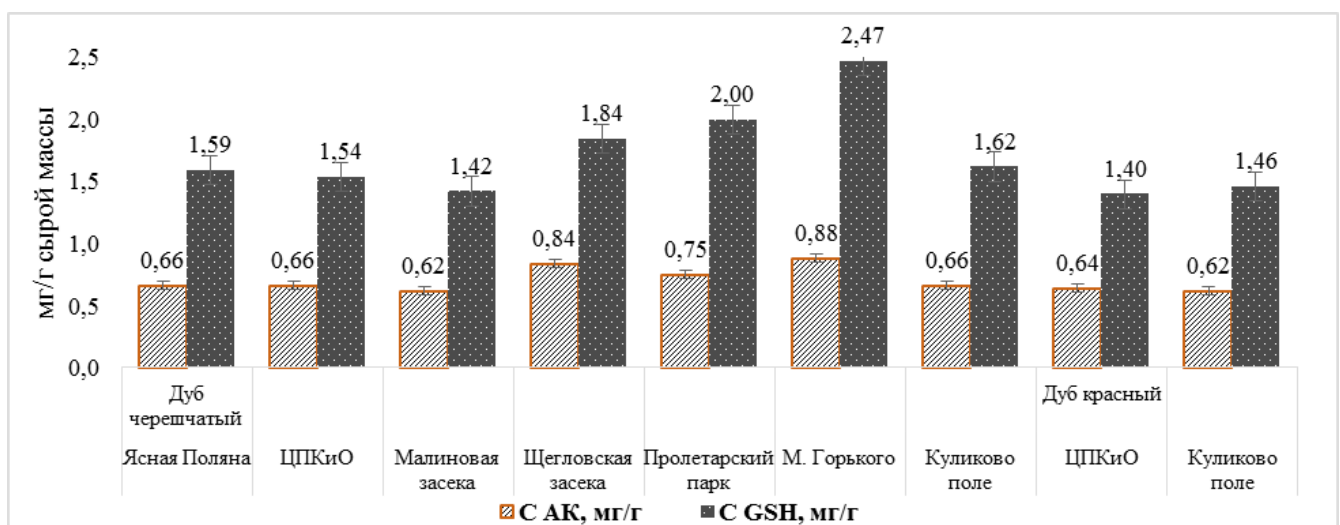
**Таблица** – Содержание и соотношение фотосинтетических пигментов в листьях дуба черешчатого и красного в районах с разным уровнем техногенного загрязнения

№ п/п	Место пробоотбора	Вид	Фхл.а, мг/г	Фхл.б, мг/г	Σхл-в, мг/г	Фхл а/Фхл. В	Фкар., мг/г
1.	Ясная Поляна	Дуб черешчатый	1,664	0,727	2,391	2,2	0,626
2.	ЦПКиО		1,704	0,776	2,481	2,1	0,608
3.	Малиновая засека		1,352	0,529	1,881	2,5	0,429
4.	Щегловская засека		1,366	0,670	2,036	2,0	0,452
5.	Пролетарский парк		1,553	0,663	2,217	2,3	0,603
6.	Ул. М. Горького		1,465	0,790	2,255	1,8	0,574
7.	Куликово поле		1,623	0,654	2,277	2,4	0,643
8.	ЦПКиО	Дуб красный	0,853	0,369	1,222	2,3	0,081
9.	Куликово поле		1,063	0,482	1,545	2,2	0,290

Аскорбиновая кислота (АК) и глутатион (GSH) – компоненты антиоксидантной системы растения. АК является полифункциональным соединением и играет важную роль в растении, активируя многие физиологические процессы растений. Одной из основных функций АК является восстановление свободных радикалов и минимизация разрушительных воздействий окислительного стресса [13]. Глутатион защищает тиольные группы белков, инактивирует радикалы, разрушает перекисные соединения, реагирует с активными формами кислорода и может быть восстановлен АК (аскорбат-глутатионовый цикл) [13, 14].

Нами изучено содержание АК и GSH в листьях дуба черешчатого и красного в районах с разной степенью техногенного загрязнения (рисунок). В листьях дуба черешчатого содержание АК варьировало от 0,62 мг/г до 0,88 мг/г, глутатиона – от 1,42 мг/г до 2,47 мг/г. Наименьшее содержание АК и GSH было обнаружено в листьях дуба, собранных в фоновых зонах и природном парке «Малиновая засека». В зонах с интенсивной техногенной нагрузкой содержание АК было выше на 13–27 %. Содержание глутатиона в техногенно-загрязненных районах города было выше, чем в фоновой зоне на 15–55 %. Максимальным увеличением уровня глутатиона характеризовалась наиболее загрязненная точка – ул. М. Горького.

Листья дуба красного, собранные в центральном парке Тулы и на территории музея-заповедника «Куликово поле», не имели существенных различий в АК и GSH. Повышенное содержание данных антиоксидантов в листьях дуба техногенно загрязненных зон свидетельствует о том, что растение находится в состоянии окислительного стресса, которое может быть вызвано различными факторами: техногенным загрязнением воздуха и почв ТМ, физиологической засухой, недостатком компонентов минерального питания. При этом низкомолекулярные антиоксиданты (АК и GSH) выполняют защитную функцию от окислительного стресса у изученных видов дуба.



**Рисунок** – Содержание АК и GSH в листьях дуба черешчатого и красного при разной степени техногенной нагрузки

В целом полученные впервые для дуба красного и черешчатого в ходе настоящего исследования данные не противоречат полученным ранее для деревьев и кустарников фоновой и санитарно-защитной зон с высоким техногенным загрязнением: содержание АК 0,05–1,62 мг/г, содержание GSH 0,31–3,76 мг/г [4–9].

**Выводы.** Впервые изучены морфо-физиологические параметры основной лесообразующей породы – дуба черешчатого и интродуцента – дуба красного в районах с высоким уровнем техногенного загрязнения. Выявлено увеличение площади листовой поверхности листьев дуба черешчатого, произрастающего на почвах с превышением ПДК по ряду ТМ и высоким уровнем аэрозольных выпадений до 44 % к фоновой зоне. Антропогенное воздействие на атмосферу и почвы, формирование хемоземов с полиэлементными аномалиями вызывает снижение количества хлорофиллов а и b и каротиноидов от 8 до 27 % у дуба черешчатого и до 20–25 % у дуба красного. В условиях техногенного загрязнения у дуба черешчатого развиваются активные адаптационные механизмы, связанные с синтезом большого количества низкомолекулярных антиоксидантов – АК и GSH и работой аскорбат-глутатионового цикла. Так, уровень АК у дуба черешчатого в условиях техногенного загрязнения возрастает на 13–27 %, уровень глутатиона – на 15–55 % по сравнению с фоновой зоной. Дуб черешчатый является индикатором состояния окружающей среды и может использоваться для биоиндикации и биомониторинга уровня техногенного воздействия; при этом маркерными признаками могут являться: снижение содержания хлорофиллов а и b, повышение содержания компонентов АОС: аскорбиновой кислоты и глутатиона.

#### Список использованных источников

1. Бухарина, И. Л. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде / И. Л. Бухарина, Т. М. Поварничина, К. Е. Ведерников // Монография. – Ижевск : ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. – 216 с.
2. Черненкова, Т. В. Реакция лесной растительности на промышленные загрязнения / Т. В. Черненкова, – М. : Наука, 2002. – 191 с.
3. Горелова, С. В. Низкомолекулярные антиоксиданты: аскорбиновая кислота и глутатион в листьях кустарников в условиях полиметаллического загрязнения / С. В. Горелова, А. Ю. Харихонов, Е. В. Меньшикова // Биология-наука XXI века, Пушино (21–26 апреля 2013): Сборник тезисов. – С. 520–521.
4. Гарифзянов, А. Р. Сравнительный анализ активности компонентов антиоксидантной системы древесных растений в условиях техногенного стресса / А. Р. Гарифзянов, С. В. Горелова, В. В. Иванищев, Е. Н. Музафаров // Известия ТулГУ. Естественные науки. Вып. 1. – Тула : изд-во ТулГУ, 2009. – С. 166–179.
5. Гарифзянов, А. Р. Роль низкомолекулярных антиоксидантов в устойчивости древесных растений в техногенно загрязненной среде / А. Р. Гарифзянов, С. В. Горелова, В. В. Иванищев // Аграрная Россия. Спец. вып.: материалы междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы дендрологии и адаптации растений». – М. : Лесная промышленность, 2009. – С. 116–118.
6. Горелова, С. В. Компоненты аскорбат-глутатионового цикла древесных интродуцентов в условиях техногенного стресса / С. В. Горелова, Е. В. Меньшикова, А. Ю. Харихонов // Материалы Всероссийской науч. конф. «Факторы устойчивости растений в экстремальных природных условиях и техногенной среде» (г. Иркутск, 10–13 июня 2013 г.). – Иркутск : СИФИБР СО РАН, 2013. – С. 60–63.
7. Майдебура, И. С. Уровень аскорбиновой кислоты древесных растений как тест на загрязнение воздушной среды / Г. Н. Чупахина, И. С. Майдебура // Наука и образование 2005: Материалы междунар. науч. практ. конф. (Мурманск, 6–4 апреля 2005 г.). – Мурманск : МГТУ, 2005. – Ч. 5. – С. 277–280.
8. Майдебура, И. С. Влияние загрязнения воздушного бассейна города Калининграда на анатомо-морфологические и биохимические показатели древесных растений : автореферат дис. ... канд. биол. наук. – Калининград : Изд-во Российского государственного ун-та им. Иммануила Канта, 2006. – 23 с.
9. Дубовицкая, О. Ю. Перспективы расширения устойчивого ассортимента древесных растений для ландшафтного строительства с использованием североамериканских интродуцентов / О. Ю. Дубовицкая, Л. И. Масалова // Современное садоводство. Электронный журнал. – 2013. – № 4.
10. Горбунов, А. В. Мониторинг аккумуляции и распределения токсичных элементов в почвах г. Тулы 2013–2019 годы / А. В. Горбунов, С. В. Горелова, С. М. Ляпунов // Известия Тульского государственного ун-та. Науки о Земле. – 2020. – № 2. – С. 3–13.
11. Горелова, С. В. Лабораторные работы по дисциплине «Физиология растений»: учеб.-метод. пособие / С. В. Горелова, Е. М. Волкова. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2021. – 117 с.
12. Физиологические и биохимические методы анализа растений: практикум / Калининград. ун-т., авт.-сост. Г. Н. Чупахина. – Калининград, 2009. – С. 22–23.
13. Кения, М. В. Роль низкомолекулярных антиоксидантов при окислительном стрессе / М. В. Кения, А. И. Лукш, Е. П. Гуськов // Успехи современной биологии, 1993. – Т. 113. – № 4. С. 456–470.
14. Чупахина, Г. Н. Система аскорбиновой кислоты растений / Г. Н. Чупахина. – Калининград, 1997.

---

**CHANGES IN MORPHO-PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF QUERCUS ROBUR AND QUERCUS RUBRA AT DIFFERENT LEVELS OF TECHNOGENIC POLLUTION****S. V. Gorelova, P. A. Zemenkova, A. P. Kolbas**

The features of the morphology and physiology of adventitic and synanthropic oak species (*Quercus rubra* L. and *Quercus robur* L) in the urban ecosystem of the Non-Chernozem region of Russia (Tula) with geochemical anomalies of soils and museum-reserves of the region were studied. It has been established that under conditions of technogenic pollution, the photosynthetic apparatus of oaks suffers the content of chlorophylls and carotenoids decreases. At the same time, to compensate for the lack of pigments, the leaf surface area increases. The adaptive response of oak trees to stress caused by environmental pollution is the production of low molecular weight antioxidants - ascorbic acid (AA) and glutathione (GSH). These indicators can be used as markers when conducting bioindication and biomonitoring using *Quercus robur*.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ВОВЛЕЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ ГОРОДСКИХ ШКОЛ В ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ ПРИРОДНОГО НАСЛЕДИЯ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Г. З. Гуцева<sup>1</sup>, Н. В. Телицына<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Гомель, Беларусь

<sup>2</sup>Средняя школа № 194 г. Минска имени В. С. Гризодубовой, г. Минск, Беларусь

*В статье обсуждаются современные приоритеты и достижения в сохранении природного наследия Белорусского Полесья, значимые в международном экологическом праве. Рассматриваются результаты сотрудничества академического института (ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси») и средней школы (ГУО «СШ № 194» г. Минска) в сфере экологического образования. Приводятся виды и алгоритм выполнения возможных исследовательских работ школьников по изучению и сохранению природного наследия Полесья в условиях школ, удаленных от изучаемого региона.*

*Ключевые слова: изучение, средняя школа, природное наследие, Белорусское Полесье, Гомель, Минск.*

**Введение.** Стремясь к улучшению условий своей жизни, человек постоянно наращивает темпы материального производства, не всегда задумываясь о побочных последствиях. В результате антропогенное воздействие на биосферу достигает проблемных масштабов, где большая часть взятых от природы ресурсов возвращается ей в виде отходов, часто ядовитых или крайне дорогостоящих для утилизации. Это создает угрозу существования биосферы и самого человека. Вместе с тем в условиях интенсивного загрязнения окружающей среды растительность обладает способностью к самообновлению и самоочищению, нейтрализации техногенного загрязнения и оптимизации климатических условий. В этом плане особенным является потенциал Полесского региона.

Рациональное использование природных ресурсов, сохранение природного и культурного наследия немислимо без воспитания экологической культуры поведения, которую необходимо прививать со школьной скамьи. В настоящее время возрастает социальная значимость научно-исследовательских работ школьников в области экологии, при этом термин «экология» тесно ассоциируется с такими понятиями, как «общество», «семья», «культура». Условным эталоном сохранности и оптимальным полигоном изучения как достоинств, так и проблем природной среды в Беларуси может считаться Полесье.

**Цель.** На основе краткого обзора международных приоритетов природного наследия Белорусского Полесья рассмотреть современные подходы организации научно-исследовательской экологической деятельности школьников в условиях школ больших городов.

**Методы.** Обобщаются результаты межведомственного сотрудничества государственного учреждения образования «Средняя школа № 194 г. Минска имени В. С. Гризодубовой» и государственного научного учреждения «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси» (г. Гомель).

Выделены виды и алгоритм выполнения научно-исследовательских работ школьников по изучению и сохранению природного наследия Белорусского Полесья в современных условиях большого города Беларуси (г. Минск). Методические подходы, обсуждаемые в статье, нацелены на возможности непосредственного и дистанционного исследования природы Белорусского Полесья.

**Результаты.** Белорусское Полесье – удивительный край, который раскинулся на сотни километров вдоль южной границы Беларуси. Главная водная артерия Полесья – р. Припять. Всемирную известность Полесью принесла его первозданная природа: нетронутые поймы рек, уникальные заливные леса и дубравы, последние в Европе открытые низинные болота, где нашли свое пристанище редкие и исчезающие виды растений и животных [1; 2].

По территории Белорусского Полесья проходит один из важнейших континентальных путей весенней миграции водоплавающих и околоводных птиц: в пойме Припяти останавливаются на кормежку и отдых 30–35 тыс. особей различных видов гусей *Anser* sp., 25–30 тыс. особей свиязи (*Mareca penelope*), 50–100 тыс. особей турухтанов (*Philomachus pugnax*). Территория Белорусского Полесья имеет особое значение для целого ряда исчезающих птиц: вертлявой камышевки (*Acrocephalus paludicola*), дупеля (*Gallinago media*), большого подорлика (*Clanga clanga*). В пойме Припяти также сосредоточены ключевые места обитания ряда водно-болотных и околоводных видов животных, имеющих неблагоприятный охранный статус: болотная черепаха (*Emys orbicularis*), большой веретенник (*Limosa limosa*), мородунка (*Xenus cinereus*), травник (*Tringa totanus*), дупель (*G. media*), чибис (*Vanellus vanellus*), малая крачка (*Sternula albifrons*), погоныш (*Porzana porzana*), выдра (*Lutra lutra*) и др. [3].

Очень высоко биологическое разнообразие флоры и фауны, имеющее переходные черты от зоны северных лесов к европейским лесам.

Кроме того, в Полесской низменности находится самый большой болотный массив Европы, эти огромные заболоченные пространства обладают важным свойством: они как губка впитывают в себя углекислый газ и как генератор выделяют в атмосферу кислород. Экологи справедливо называют эту местность «легкими Европы» [1].

Наиболее ценные природные комплексы Полесья получили статус особо охраняемых природных территорий. Здесь расположены крупнейшие в Беларуси заказники «Средняя Припять», «Званец» и «Ольманские болота» [4].

Частью полесской природы с незапамятных времен стали и сами жители Полесья – полешуки, «люди на болоте», воплотившие в своих обрядах и песнях трепетное почитание ее величественной и неповторимой красоты. До недавнего времени на территории Беларуси нигде, кроме Полесья, не встретишь таких архаичных деревень на небольших островках среди болот, где почти все осталось так, как сотню и более лет назад: тростниковые крыши хат, колодезные журавли и замшелые кресты-обереги, на которых висят ручки с языческими орнаментами. По берегам рек возвышаются полесские города, каждый со своей тайной и легендой, своей древней летописной строкой и храмом-святыней.

Таким образом, пожалуй, не найти на карте Республики Беларусь места, сравнимого по уникальности и экологической ценности с Белорусским Полесьем.

Однако современный мир с развитием научно-технического прогресса предоставляет людям новые средства для оптимизации производственных процессов и удовлетворения различных потребностей в повседневной жизни. В настоящее время в полесском регионе, как и во всей республике, происходит большой отток населения из сельской местности в города. Меняются условия жизни и, как следствие, психология и поведенческие практики людей. Приходится только искренне сожалеть о наличии нерешенных проблем в сохранности как природных ландшафтов и материальных объектов историко-архитектурного наследия, так и о частичной утрате традиций народных промыслов, ремесел, обрядов, многие элементы которых в настоящее время требуют исторической реконструкции. В этих условиях необходимо найти подходы для изменения менталитета в отношении экологии и природопользования, постоянно развивать экологическую культуру населения и начинать следует со «школьной скамьи».

Учитывая вышесказанное, можно утверждать, что сегодня всемерно возрастает социально-экологическая значимость организации научно-исследовательских работ школьников в области экологии. Поэтому одной из главных задач школы является обеспечение ученика необходимыми знаниями и умениями, на основе которых формируются экологическое мышление и экологическая культура. В свою очередь, знания учащихся находятся в прямой зависимости от объема и систематичности их самостоятельной познавательной деятельности. Для того, чтобы знания были результатом собственных поисков учащихся, учителю необходимо организовать эти поиски и управлять ими.

Все это можно осуществить через организацию научно-исследовательской деятельности учащихся по экологической тематике, в т. ч. применительно и к удаленным регионам. Продуктом научно-исследовательской деятельности школьников является творческая научно-исследовательская работа.

Выделяют пять видов творческих исследовательских работ: Реферативные. Экспериментальные. Проектные. Описательные. Исследовательские.

Все работы выполняются с использованием литературных источников, но при выполнении реферативных работ анализ литературы является основным содержанием работы, а при выполнении проектных, экспериментальных, описательных, исследовательских работ анализ литературных и интернет-источников выступает в качестве литературного обзора данных об исследуемом явлении. Первые 4 вида работ вполне доступны для выполнения школьниками, удаленными от региона Белорусского Полесья.

Отличительной особенностью исследовательских работ от других видов творческих работ является: практическая методика исследования выбранного явления; собственный экспериментальный материал; анализ собственных данных и формулирование выводов.

Существует определенный алгоритм выполнения научно-исследовательской работы – технологическая цепочка, которая включает четыре этапа:

1. Диагностический этап. Целью диагностического этапа является «найти» ученика, у которого было бы желание, интерес, способности к выполнению исследовательской работы по экологии через наблюдение, диагностику на уроках, внеклассных мероприятиях, собеседования, психологопедагогическую диагностику.

2. Теоретический этап (этап планирования). Важнейшими задачами данного этапа являются анализ экологической проблемы, определение источников информации, постановка задач, составление плана работы по теме исследования.

3. Определение области исследования – нужно четко определить границы предметной области, в рамках которой выполняется научно-исследовательская работа.



4. Практический этап (этап выполнения). На данном этапе школьники выполняют согласно плану исследования (обрабатывают информацию, выполняют эксперимент) и оформляют научно-исследовательскую работу. Учитель на данном этапе выступает в роли консультанта и помощника.

5. Рефлексивный этап (этап оценки результатов и защиты исследовательских работ). На данном этапе учащиеся под руководством педагогов готовят доклады по теме исследования, презентации для защиты научно-исследовательской работы. Презентации можно сделать на бумажных носителях в виде диаграммы, схемы, таблицы, фотографии и на электронных носителях в форме компьютерной презентации.

В рамках соглашения в апреле 2024 г. для развития самостоятельной познавательной деятельности учеников на базе государственного учреждения образования «Средняя школа № 194 г. Минска имени В. С. Гризодубовой» был проведен семинар-практикум с участием ведущего научного сотрудника, кандидата сельскохозяйственных наук Института радиобиологии НАН Беларуси. На семинаре обсуждались вопросы экологии и сохранения культурного наследия Белорусского Полесья. Ребята с интересом узнали о всех этапах организации научного исследования – от гипотезы до научного вывода. С большим интересом они провели собственный эксперимент в стенах школы. Планируется проводить поэтапную подготовку школьников к научно-исследовательской деятельности по экологии Полесья с последующей защитой своих работ на конференциях.

Философ, просветитель Софокл говорил: «Великие дела не делаются вдруг». Чтобы достичь высоких результатов, повысить качество обучения, научить ребенка основам познания мира, нужна долгая кропотливая совместная работа ученых, учителя, ученика и родителей. Главная задача – не просто передать знания ученику, а научить его обучаться. И этому во многом содействует умелая организация и осуществление научно-исследовательской деятельности школьников.

В ходе работы формируется ответственное авторское отношение учащихся к процессу и результату познания. Вовлеченные в процесс исследования школьники получают опыт продуктивного участия в решении задач, реализация которых требует не только детской любознательности и интеллектуальной спонтанности, но и достаточной компетентности. В результате ожидается, что по окончании школы молодые люди будут достаточно уверены в выборе способов приложения своего образования для решения стоящих перед ними жизненных задач, включая и достижение гармоничного взаимодействия с окружающими их миром живой природы.

**Заключение.** Таким образом, обсуждены современные приоритеты и достижения в сохранении природного наследия Белорусского Полесья посредством реализации научно-исследовательской деятельности школьников в области экологии. Рассмотрены результаты сотрудничества академического института (ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси») и средней школы (ГУО «СШ № 194» г. Минска) в сфере экологического образования. Приведены 5 видов и 4 этапа выполнения возможных исследовательских работ школьников по изучению и сохранению природного наследия Полесья в условиях школ (г. Минска), удаленных от изучаемого региона (Белорусское Полесье).

#### Список использованных источников

1. Скарбы прыроды Беларусі – Treasures of Belarusian Nature: Тэрыторыі, якія маюць міжнароднае значэнне для захавання біялагічнай разнастайнасці / А. В. Казулін [і інш.]. – 2-е выд., перапрац., дап. – Мінск : Беларусь, 2005. – 215 с.
2. Памятники природы и туристические маршруты Припятского Полесья на Брестчине : путеводитель / В. Т. Демянчик [и др.]. – Брест : Альтернатива, 2012. – 288 с.
3. Званец [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://web.archive.org/web/20100402060620/http://www.polesie-wetlands.by/pages/reserve-zvanets.aspx>. – Дата доступа : 09.05.2024.
4. Сохранение ландшафтного и биологического разнообразия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://minpriroda.gov.by/uploads/files/000491\\_237917\\_9.pdf](https://minpriroda.gov.by/uploads/files/000491_237917_9.pdf). – Дата доступа : 10.05.2024.

#### METHODOLOGICAL APPROACHES TO INVOLVE CITY SCHOOL STUDENTS IN THE STUDY AND CONSERVATION OF NATURAL HERITAGE BELARUSIAN POLESIE

G. Z. Gutseva, N. V. Tsialitsyna

The article discusses modern priorities and achievements in preserving the natural heritage of Belarusian Polesie, significant in international environmental law. The results of cooperation between an academic institute (Institute of Radiobiology of the NAS of Belarus) and a secondary school (Secondary School No. 194 in Minsk) in the field of environmental education are considered. The types and algorithm for performing possible research work of schoolchildren on the study and preservation of the natural heritage of Polesie in the conditions of schools remote from the studied region are given.

УДК 574+93:913

## ЛАНДШАФТНЫЕ ЛОКАЦИИ СОБЫТИЙ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ НА ВЫГОНОЩАНСКОМ ЛЕСОБОЛОТНОМ МАССИВЕ

В. Т. Демянчик, В. В. Демянчик, Д. А. Кунаховец, В. П. Рабчук  
Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, Брест, Беларусь

*Рассматриваются результаты инвентаризации мест, где проходили трагические и героические события в годы Великой Отечественной войны в центральной части Выгонощанского лесоболотного массива на площади 200 км<sup>2</sup> на стыке Ивацевичского, Ляховичского и Ганцевичского районов Брестской области. Выделено 60 основных локаций, предложены мероприятия по их мемориализации и сохранению.*

*Ключевые слова:* Выгонощи, ландшафтное разнообразие, Великая Отечественная война, ресурсы фауны и флоры в экстремальных условиях выживания.

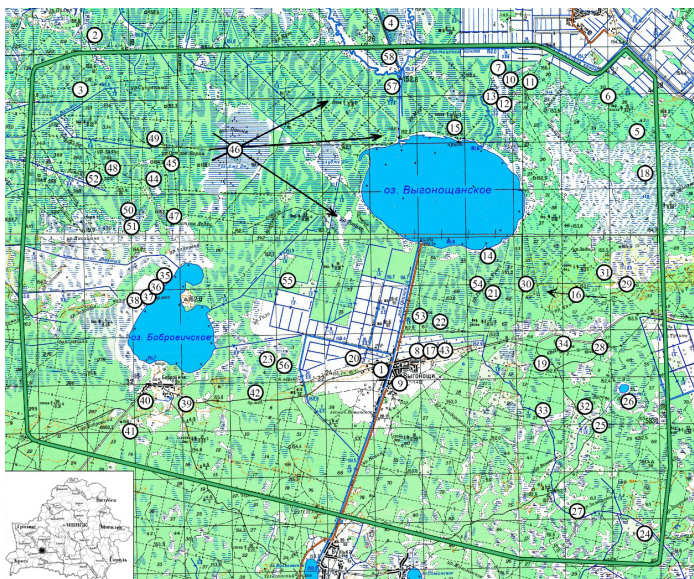
**Введение.** Выгонощанский лесоболотный массив представляет собой относительно малонарушенный природный комплекс открытых и лесных болот, мелколиственных смешанных и сосновых лесов, суходольных островов. Здесь же находятся крупнейшие в Брестской области озера. Расположен на северо-западе Белорусского Полесья на площади более 600 км<sup>2</sup>. По природным причинам этот комплекс считается самой большой исторически незаселенной территорией (одной из трех) Беларуси [1–4].

По окраинам центральной части массива (200 км<sup>2</sup>) расположены немногочисленные деревни, а до 1939 г. – и хутора. В годы Великой Отечественной войны боестолкновений регулярных войск здесь не было [4; 5]. Кадровые войска вермахта вместе с полицией принимали участие в карательной операции против партизан сентября 1942 г. «Болотная лихорадка «Юго-запад»», где жертвами стали более 1,6 тыс. человек мирного населения, а также около 16 партизан [6–8]. С первых и до последних дней оккупации здесь проявлялось активное сопротивление фашистам со стороны местных жителей, воинов Красной армии (окруженцев и спецотрядов), бывших узников гетто городов Коссово и Барановичи [6].

**Цель.** Рассмотреть некоторые результаты по инвентаризации ландшафтных локаций событий времен Великой Отечественной войны в центральной части Выгонощанского лесоболотного массива на площади 200 км<sup>2</sup>. Предлагаются мероприятия по сохранению и (или) мемориализации наиболее значимых событий непосредственно на местности.

**Методы.** Исследования проведены в контуре территории 200 км<sup>2</sup>, соответствующей ареалу Выгоновского Полесья и Стратегии устойчивого развития Выгонощанского сельсовета [2]. Выделены 60 основных локаций, на уровне ландшафтных урочищ и фаций, в большинстве которых еще сохраняются пейзажные и (или) материальные (антропогенные) следы событий Великой Отечественной войны (рисунок 1).

Использованы материалы устных опросов 30 бывших партизан и более 100 других людей-свидетелей военных и послевоенных событий. Натурные обследования проведены на всех локациях в 2000–2024 гг. В июне 2024 г. некоторые объекты апробированы в ходе экотуристической патриотической акции «Партизанские улицы Бреста» сотрудниками Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси.



— условная граница М 1 : 200 000

**Рисунок 1** – Основные локации объектов и рекомендуемых мероприятий по сохранению и мемориализации знаковых событий Великой Отечественной войны в центральной части Выгонощанского лесоболотного массива

Экспликация к рисунку 1 – Локации объектов и рекомендуемых мероприятий по сохранению и мемориализации знаковых событий Великой Отечественной войны в центральной части Выгонощанского лесоболотного массива.

- 1 – Благоустройство мемориальных объектов
- 2 – Место дислокации 112-го партизанского отряда
- 3 – Место дислокации партизанского отряда им. Щорса в ур. Самычин
- 4 – Место дислокации партизанского госпиталя
- 5 – Места дислокации разведывательно-диверсионных групп
- 6 – Место высадки и первой дислокации разведывательно-диверсионной группы К. П. Орловского от Белорусского штаба партизанского движения
- 7 – Место дислокации партизанского отряда им. Щорса в ур. Гряды
- 8 – Место дислокации рейда партизанского соединения С. А. Ковпака
- 9 – Место организации Выгонощанской подпольной группы комсомольцев
- 10 – Место организации Брестского партизанского соединения
- 11 – Место возобновления выпуска газеты «Заря»
- 12 – Место регулярного воздушного моста в ур. Клетичная
- 13 – Место дислокации еврейского партизанского отряда на острове Клетичный
- 14 – Место дислокации спасительного пристанища местных жителей в ур. Соболевка
- 15 – Место дислокации спасительного пристанища местных жителей в ур. Мох
- 16 – Участок трассы авиаполетов дальней бомбардировочной авиации
- 17 – Место бомбардировки полицейского участка
- 18 – Место дислокации отряда специального назначения ГРУ
- 19 – Место дислокации еврейского отряда самообороны в ур. Крэм'е
- 20 – Место дислокации спасительного пристанища местных жителей в ур. Острэвки
- 21 – Место дислокации спасительного пристанища местных жителей в ур. Лазоревик
- 22 – Место дислокации спасительного пристанища местных жителей в ур. Зелены
- 23 – Место дислокации спасительного пристанища местных жителей в ур. Надливо
- 24 – Место дислокации спасительного пристанища местных жителей и временной дислокации партизанских групп в ур. Красное и в ур. Доброрацкая
- 25 – Место дислокации спасительного пристанища местных жителей и временной дислокации партизанских групп в ур. Ветрила
- 26 – Место дислокации 112-го партизанского отряда в ур. Лунево
- 27 – Место одной из первых дислокаций Отдельного Телеханского партизанского отряда в ур. Гнездище
- 28 – Место дислокации спасительного пристанища местных жителей и временной дислокации партизанских групп ур. Песчаница
- 29 – Место дислокации спасительного пристанища местных жителей и временной дислокации партизанских групп в ур. Солодки лес
- 30 – Место дислокации спасительного пристанища и временной дислокации партизанских групп и отрядов в ур. Дубовая грядка (ур. Дубе)
- 31 – Место дислокации спасительного пристанища, организации комитета самообороны и временной дислокации партизанских групп и отрядов в ур. Сучок
- 32 – Место дислокации спасительного пристанища местных жителей и временной дислокации партизанских групп в ур. Вязовня
- 33 – Место дислокации спасительного пристанища местных жителей и временной дислокации партизанских групп в ур. Скоромное и в ур. Лужковая пасека
- 34 – Место бывшей лесничевки и хутора в ур. Стрелово
- 35 – Место бывшей д. Тупичицы в ур. Вядо
- 36 – Место и необходимость сохранения бывшего кладбища д. Тупичицы
- 37 – Место и необходимость сохранения уцелевшей куртины декоративных насаждений д. Вядо

- 38 – Место и необходимость сохранения бывшего кладбища д. Вядо
- 39 – Необходимость уточнения и сохранения места массового погребения жителей д. Бобровичи
- 40 – Место разгрома партизанами группы фашистов под д. Бобровичи
- 41 – Место сброса спецгрузов и боевых действий десантной группы Западного фронта в окрестностях деревень Великая Гать, Бобровичи
- 42 – Место и необходимость сохранения уцелевшей куртины плодовых насаждений д. Красница
- 43 – Место захоронений жителей д. Выгонощи
- 44 – Место дислокации партизанских отрядов и групп в ур. Боринец
- 45 – Место дислокации партизанских отрядов и групп в ур. Борин и в ур. Скорне
- 46 – Трассы выхода из сентябрьской блокады партизанских отрядов им. Щорса, 113-го, 112-го
- 47 – Место дислокации партизанских отрядов и групп в ур. Довги
- 48 – Место дислокации партизанских отрядов и групп в ур. Крапивны
- 49 – Место дислокации партизанских отрядов и групп в ур. Набирачин
- 50 – Место дислокации партизанских отрядов и групп в ур. Синево
- 51 – Место дислокации партизанских отрядов и групп в ур. Лисицын
- 52 – Место дислокации партизанских отрядов и групп в ур. Дубитов
- 53 – Место гибели бомбардировщика в ур. Путище
- 54 – Место гибели бомбардировщика в ур. Лазоревик
- 55 – Место гибели бомбардировщика в ур. Медведево
- 56 – Место гибели бомбардировщика в ур. Надливо
- 57 – Локальные объекты на месте боя 13.09.1942 на 10-м шлюзу
- 58 – Планируемый памятник природы

**Результаты.** К настоящему времени в населенных пунктах, прилегающих к природному Выгонощанскому массиву, проведены необходимые мероприятия по сохранению исторической памяти. В деревнях Выгонощи и Бобровичи, в зоне бывших деревень Вядо, Красница и на 10-м шлюзе установлены еще в 1950–1970 гг. памятники, посвященные событиям Великой Отечественной войны. Одной из первых публикаций о событиях в этой местности является книга «Я з вогненнай вескі ...» [7].

В 2023–2024 гг. местными энтузиастами проведены дополнительные поисковые работы по вскрытию злодеяний оккупантов в годы Великой Отечественной войны.

В 2016–2022 гг. группой «Авиапоиск» проведены работы по раскопкам фрагментов двух боевых самолетов Красной армии, перезахоронению останков, увековечению памяти погибших летчиков [9; 10]. В 2021–2023 гг. по инициативе Генеральной прокуратуры Республики Беларусь здесь проведены дополнительные работы по вскрытию преступлений против человечности в годы Второй мировой войны. Некоторые результаты представлены в экспозиции Историко-краеведческого музея в г. Ивацевичи.

Особенности природы и исторического развития Выгонощанского массива рассмотрены в ряде наших работ [11–17].

Природные факторы (эрозия, закустаривание и т. п.) с каждым годом неумолимо нивелируют партизанские землянки и окопы, колодцы и т. д. Прослеживаются факты неосознанного антропогенного стирания материальных, ландшафтных следов войны: облесение последних участков бывших сожженных деревень и хуторов, уничтожение северной ветки Огинского канала с местом бывшего партизанского госпиталя, мини-карьеры на месте землянок, раскопы чернокопателей и др. Исконные народные названия урочищ, даже упоминаемые в исторических документах Великого княжества Литовского, постепенно забываются и не отражаются в современных топографических материалах.

Поэтому во имя уважения к исторической памяти подвига и жертвенности белорусского народа в годы последней войны, наряду с инвентаризацией ландшафтных локаций, необходимо провести ряд мероприятий, несложных и посильных местным органам управления и землепользователям. Мероприятия сформулированы в ходе наших натурных исследований, а также опросов и предложений местных жителей в 1970–2023 гг.

1. Благоустройство мемориальных объектов фронтовикам, партизанам и летчикам, погибшим в годы Великой Отечественной войны в д. Выгонощи Ивацевичского района (рисунки 1, 2).



**Рисунок 2** – Локация 1. По ходу экотуристической патриотической акции «Партизанские улицы Бреста», июнь 2024 г.

1.1 Улучшить визуальную доступность второго памятника в центре деревни (на фасаде здания бывшего сельсовета) путем обрезки деревьев и кустарников.

1.2 Демонтировать первый памятник возле моста через Огинский канал по причине ветхости и некоторого исторического диссонанса (по мнению многих местных жителей): памятник поставлен над немецким ДЗОТом.

В ближайшие годы к числу первоочередных мероприятий следует отнести несложные мероприятия по мемориализации и установке на местности указательных знаков: QR-кодов, таблиц, ритуальных христианских элементов, столбиков и т. п. следующих мест дислокации.

2. Место дислокации 112-го партизанского отряда (командир А. П. Чертков) между д. Волька Ивацевичского района и бывшими Самычинскими хуторами на островах среди лесных болот в 1941–1942 гг. к северу от оз. Бобровицкое Ивацевичского района (здесь и далее локация мест – на рисунке 1).

3. Место дислокации партизанского отряда им. Щорса (командир В. П. Пронягин) на бывших Самычинских хуторах в августе – сентябре 1942 г. к северу от оз. Бобровицкое.

4. Место дислокации партизанского госпиталя в сентябре 1942 г. в 5 км от д. Туховичи на изгибе Туховичского канала (Огинского канала).

5. Места дислокации разведывательно-диверсионных групп кадровых разведчиков Красной армии на островах среди болот в урочищах Клетична и Заканалье в 1942–1944 гг.

6. Место высадки (26.10.1942) и первой дислокации за линией фронта разведывательно-диверсионной группы от Белорусского штаба партизанского движения (командир Герой Советского Союза и будущий Герой Социалистического труда К. П. Орловский) в ур. Дубы Ляховичского района в 1942/1943 гг.

7. Место дислокации самого крупного (700 человек, апрель 1943 г.) партизанского отряда на современной территории Брестской области – отряда им. Щорса (командир В. П. Пронягин) в ур. Гряды Ляховичского района в 1942–1944 гг.

8. Место дислокации одного из участков большого рейда самого крупного партизанского соединения в Великой Отечественной войне – соединения С. А. Ковпака в д. Выгонощи и окр. Ивацевичского район в январе 1943 г.

9. Место организации (август – сентябрь 1941 г.) Выгонощанской подпольной группы комсомольцев (секретарь В. И. Филютич) в д. Выгонощи.
10. Место организации Брестского партизанского соединения (командир С. И. Сикорский, начальник штаба В. П. Пронягин) в ур. Гряды Ляховичского района 28 апреля 1943 г. Место проведения оргмероприятий по созданию Брестского подпольного обкома партии (секретарь С. И. Сикорский) с 26.04.1943 по 05.05.1943 в ур. Гряды.
11. Место возобновления выпуска в годы войны Брестской областной газеты «Заря» в ур. Гряды Ляховичского района в партизанском лагере отряда им. Щорса весной 1943 г.
12. Место регулярного воздушного моста (прием грузов с Большой земли) в ур. Клетичная Ляховичского района с 05.05.1943 г.
13. Место дислокации еврейского партизанского отряда «Советская Белоруссия» в составе бывших узников Барановичского гетто на острове Клетичный Ляховичского района осенью 1942 г. (командир отряда капитан Пугачев).
14. Место дислокации спасительного пристанища<sup>1</sup> местных жителей в березняке ур. Соболевка осенью 1942 – зимой 1943 г. возле оз. Выгонощанское.
15. Место дислокации спасительного пристанища местных жителей в болотном сосняке ур. Мох осенью 1942 – зимой 1943 г. возле оз. Выгонощанское.
16. Участок трассы авиаполетов дальней бомбардировочной авиации (июнь 1941) и фронтовой бомбардировочной авиации Красной армии в ходе операции «Багратион» (июнь – июль 1944) через лесоболотный массив к югу от оз. Выгонощанское.
17. Место бомбардировки дальней бомбардировочной авиацией Красной армии штаба полицейского участка в д. Выгонощи летом 1943 г.
18. Место дислокации отряда специального назначения ГРУ (командир Герой Советского Союза А. П. Бринский) осенью 1942 г. среди болот на островах северо-восточнее оз. Выгонощанское в Ляховичском районе.
19. Место дислокации еврейского отряда самообороны в 1941 г. в болотистых сосняках ур. Крэм'е в 7 км восточнее д. Выгонощи.
20. Место дислокации спасительного пристанища местных жителей на болотных островах среди черноольхового леса в периоды карательных операций в ур. Острэвки в 1942–1943 гг. на северо-западной окраине в д. Выгонощи.
21. Место дислокации спасительного пристанища местных жителей на грудовом возвышении среди болот и болотных березняков в ур. Лазоревик в 1941–1944 гг., в 5 км севернее д. Выгонощи.
22. Место дислокации спасительного пристанища местных жителей среди заболоченных сосняков в ур. Зелены в 1942–1943 гг., в 2 км севернее д. Выгонощи.
23. Место дислокации спасительного пристанища местных жителей на дюнных сосняках среди открытых болот и заболоченных лесов в ур. Надливо в 1942–1944 гг., в 6 км юго-западнее д. Выгонощи.
24. Место дислокации спасительного пристанища местных жителей и временной дислокации партизанских групп на острове среди заболоченных лесов в ур. Красное в 1941–1944 гг., в 9 км юго-восточнее д. Выгонощи и в ур. Доброрацкая Ивацевичского района.
25. Место дислокации спасительного пристанища местных жителей и временной дислокации партизанских групп на острове среди заболоченных лесов в ур. Ветрила в 1941–1944 гг., в 9 км восточнее д. Выгонощи.
26. Место дислокации 112-го партизанского отряда осенью 1942 г. в ур. Лунево Ивацевичского района (командир основного отряда А. П. Чертков).
27. Место одной из первых дислокаций в августе 1941 г. Отдельного Телеханского партизанского отряда в ур. Гнездище (командиры В. И. Квинто, А. А. Хацкевич).
28. Место дислокации спасительного пристанища местных жителей и временной дислокации партизанских групп на острове среди заболоченных лесов в ур. Песчаница в 1941–1944 гг., в 9 км северо-восточнее д. Выгонощи.
29. Место дислокации спасительного пристанища местных жителей и временной дислокации партизанских групп на острове среди заболоченных лесов в ур. Солодки лес в 1941–1944 гг., в 8 км северо-восточнее д. Выгонощи.
30. Место дислокации спасительного пристанища (семейных лагерей), организации комитета самообороны д. Выгонощи в октябре 1942 г. и временной дислокации партизанских групп и отрядов в ур. Дубовая грядка (ур. Дубе) в 1942–1944 гг., в 10 км восточнее д. Выгонощи.
31. Место дислокации спасительного пристанища (семейных лагерей), организации комитета самообороны д. Выгонощи в октябре 1942 г. и временной дислокации партизанских групп и отрядов в ур. Сучок в 1942–1943 гг., в 12 км восточнее д. Выгонощи.

<sup>1</sup>Большинство спасительных пристанищ были семейными лагерями воюющих партизан.

32. Место дислокации спасительного пристанища местных жителей и временной дислокации партизанских групп на острове среди заболоченных лесов в ур. Вязовня в 1941–1944 гг., в 6 км юго-восточнее д. Выгонощи.

33. Место дислокации спасительного пристанища местных жителей и временной дислокации партизанских групп в ур. Скоромное и в ур. Лужковая паска.

34. Место бывшей лесничевки и хутора, уничтоженного оккупантами вместе с 12 жителями д. Выгонощи в ур. Стрелово в 1942 г., в 8 км восточнее д. Выгонощи.

35. Место бывшей д. Тупичицы, уничтоженной оккупантами вместе с жителями в ур. Вядо в сентябре 1942 г., в 0,1 км северо-западнее оз. Бобровицкое.

36. Место и необходимость сохранения бывшего кладбища д. Тупичицы, уничтоженной вместе с жителями в сентябре 1942 г., в 0,2 км северо-западнее Бобровицкого озера.

37. Место и необходимость сохранения уцелевшей куртины декоративных насаждений (*Rosa* sp.) на месте уничтоженной вместе с жителями д. Вядо в сентябре 1942 г., в 0,2 км западнее Бобровицкого озера.

38. Место и необходимость сохранения бывшего кладбища д. Вядо, уничтоженной вместе с жителями в сентябре 1942 г., в 0,8 км западнее Бобровицкого озера.

39. Необходимость уточнения и сохранения места массового погребения жителей д. Бобровичи, уничтоженной вместе с жителями в сентябре 1942 г. в деревне (?), окрестностях (??) Бобровичи.

40. Место разгрома партизанами группы фашистов из 40 человек под д. Бобровичи Ивацевичского района в августе 1942 г. (командир отряда Н. Т. Шиш).

41. Место сброса спецгрузов и боевых действий десантной группы Западного фронта в сентябре 1942 г. в окрестностях деревень Великая Гать, Бобровичи (командир капитан И. Ф. Топкин).

42. Место и необходимость сохранения уцелевшей прогалины и куртины плодовых насаждений (*Malus* sp., *Prunus* sp.) на месте уничтоженной вместе с жителями д. Красница в сентябре 1942 г., в 5 км западнее д. Выгонощи.

43. Место захоронений жителей д. Выгонощи, погибших в ходе карательных операций и 2-х бомбежек в 1942–1943 гг., в т. ч. более 100 человек, сожженных заживо или расстрелянных 20 сентября 1942 г., на восточной окраине (первое сельское кладбище под липой) д. Выгонощи.

44. Место дислокации более 10 партизанских отрядов и групп на островах среди болот в ур. Боринец в 1941–1944 гг. и героического выхода партизан из блокады сентября 1942 г., в 5 км к северу от оз. Бобровицкое.

45. Место дислокации более 10 партизанских отрядов и групп на островах среди болот в ур. Борин, ур. Скорне, ур. Меховни 1941–1944 гг. и героического выхода партизан из блокады сентября 1942 г., в 6 км к северу от оз. Бобровицкое.

46. Трассы выхода (под обстрелом) из блокады 12.09.1942 («сентябрьской облавы» – местное название) по открытому 10-километровому болоту Нога (Погоня) крупнейшего (500 человек) партизанского отряда им. Щорса (командир П. В. Пронягин); отряда 113-го (130 человек, командир М. Г. Артеменко); отряда 112-го (150 человек, командир лейтенант А. П. Чертков).

47. Место дислокации более 10 партизанских отрядов и групп на островах среди болот в ур. Довги (1941–1944 гг.) и героического выхода партизан из блокады сентября 1942 г., в 2 км к северу от оз. Бобровицкое.

48. Место дислокации более 10 партизанских отрядов и групп на островах среди болот в ур. Крапивны (1941–1944 гг.) и героического выхода партизан из блокады сентября 1942 г., в 8 км к северу от оз. Бобровицкое.

49. Место дислокации более 10 партизанских отрядов и групп на островах среди болот в ур. Набирачин (1941–1944 гг.) и героического выхода партизан из блокады сентября 1942 г., в 9 км к северу от оз. Бобровицкое.

50. Место дислокации более 10 партизанских отрядов и групп на островах среди болот в ур. Синево (1941–1944 гг.) и героического выхода партизан из блокады сентября 1942 г., в 5 км северо-западнее от оз. Бобровицкое.

51. Место дислокации более 10 партизанских отрядов и групп на островах среди болот в ур. Лисицын (1941–1944 гг.) и героического выхода партизан из блокады сентября 1942 г., 4 км северо-западнее от оз. Бобровицкое.

52. Место дислокации более 10 партизанских отрядов и групп на островах среди болот в ур. Дубитов (1941–1944 гг.) и героического выхода партизан из блокады сентября 1942 г., 7 км северо-западнее от оз. Бобровицкое.

53. Место гибели советского бомбардировщика «СБ» в ур. Путище в июне 1941 г., в 2 км севернее д. Выгонощи.

54. Место гибели экипажа советского бомбардировщика «СБ» в ур. Лазоревик в июне 1941 г., в 5 км севернее д. Выгонощи. Аналогом может служить ухоженное захоронение погибшего в июне 1941 г. летчика в лесу возле д. Литвины Брестского района.

55. Место гибели советского бомбардировщика «СБ» в ур. Медведево в июне 1941 г., в 7 км северо-западнее д. Выгонощи.

56. Место гибели советского бомбардировщика в ур. Надливо в июне 1941 г., в 6 км северо-западнее д. Выгонощи.

57. Локальные объекты, не обозначенные в натуре на месте боя на 10-м шлюзу (Агінскі бой, 13.09.1942).

57.1 Составить и обозначить на местности список участников Огинского боя 13.09.1942 г., уцелевших и 4-х погибших человек из числа гражданских лиц д. Выгонощи.

57.2 Место уничтожения пулеметной огневой точки оккупантов жителем д. Выгонощи.

57.3 Установить конкретное место захоронения погибших партизан в ходе Огинского боя.

57.4 Крайне желательно сохранить от зарастания сорным высокотравьем случайно уцелевших «живых свидетелей» событий Огинского боя – куртины декоративных цветов, высаженных в 1920-х гг.: рудбекии рассеченной (*Rudbeckia laciniata*) и мыльнянки лекарственной (*Saponaria officinalis*).

57.5 В перспективе воссоздать (построить) шлюзовой дом с аутентично-приближенной архитектурой с последующим использованием по экотуристическому назначению.

57.6 Обозначить указательным знаком пулевые отметины на металлоконструкциях шандоров и шлюза (рисунок 3).



**Рисунок 3** – Следы партизанских пуль на месте Огинского боя.  
Локация 57.6, июнь 2024 г.

57.7 Обозначить указательным знаком волок (ручная лодочная переправа) из Огинского канала в р. Щара.

58. Провести мероприятия по сохранению северной части Огинского (Туховичского) канала в статусе памятника природы с учетом военно-исторической значимости по событиям Великой Отечественной войны (партизанский госпиталь).

59. Провести мероприятия по сохранению (предотвращению от естественного или искусственного зарастания) хотя бы минимальных по площади прогалин на местах уничтоженных вместе с жителями деревень и хуторов Красница, Стрелово, Песчаница и др.

60. Усилить контроль территории по недопущению лиц, проводящих несанкционированные раскопы и поиски исторических артефактов посредством шанцевых инструментов и металлоискателей.

Необходимо отметить, что мирных жителей на вынужденных лесных пристанищах подстерегали и самые разные природные опасности. К примеру, в сентябре 1942 г. в урочище Острэвки дикий кабан вынес из землянки грудного малыша; зверя заметили случайно и отбили младенца (теперь спасенный мужчина проживает в г. Ганцевичи). Утрачивали типичную антропофобию волки; расплодились гадюки. Активизировались природно-очаговые заболевания: малярия («шэкля»), туляремия и др.

Максимально использовались естественные ресурсы флоры и фауны. В продовольственный оборот интенсивно вовлекались не только озерные рыбы, съедобные грибы и ягоды. Люди всех возрастов от малышей до престарелых бабушек «топтали и копали» выюнов (*Misgurnus fossilis*) и карасей золотых (*Carassius carassius*). Спасительным витаминным подспорьем (цинги не было) стали лесные делянки «чэромхи» лука медвежьего (*Allium ursinum*) в ур. Солодки лес и в других местах. Ставились силки на зайцев (*Lepus europaeus*, *L. timidus*), тетеревов (*Lyrurus tetrix*). Собирали яйца кряквы (*Anas platyrhynchos*), трескунка (*Anas querquedula*), чибиса (*Vanellus vanellus*), травника (*Tringa totanus*), пастушковых Rallidae. Поэтому такие природные урочища (фации) – продуктивные источники экстремальной еды – должны оставаться в памяти народа, стать предметом специальных исследований и критерием в системе охраны ландшафтов и биотопов [19].



На уровне фаций особенно продуктивными и общедоступными в отношении ресурсов болотных рыб, птиц и зайцев были старые копани, луга-выгоны, опушечные черноольшаники, распространенные в урочищах на большей части периметра застройки всех деревень и хуторов. В деревне Выгонощи реликтом таких фаций остается «болэтцэ» на южной окраине ул. Луговая.

Представляется несколько парадоксальным, что в двух редакциях нормативных документов по выделению и охране типичных и редких биотопов нет исторических ландшафтных фаций [19]. Хотя в этих документах антропогенные объекты присутствуют.

**Заключение.** Таким образом, в ходе инвентаризации знаковых трагических и героических мест Великой Отечественной войны в центральной части Выгонощанского лесоболотного массива площадью 200 км<sup>2</sup> на уровне ландшафтных урочищ и фаций установлено 60 основных локаций. Для снижения антропогенных и природных рисков исчезновения материальных ландшафтных следов войны целесообразно провести специальные мероприятия. Предлагается включение в систему критериев охраны ландшафтов и биотопов – реликтовые фации-источники природного продовольствия в экстремальных социальных условиях, а также антропогенно-материальных следов знаковых исторических событий на уровне ландшафтных фаций.

#### Список использованных источников

1. Нацыянальны атлас Беларусі / Камітэт па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савеце Міністраў Рэспублікі Беларусь; рэдкал.: У. М. Шымаў (гал. рэд.) [і інш.]. – Минск : Белкартографія, 2002. – 292 с.
2. Демянчик, В. Т. Стратегия устойчивого развития Выгонощанского сельского совета на период 2011–2015 гг. / В. Т. Демянчик, М. Г. Демянчик, А. И. Лысюк. – Минск : ПроPILEI, 2011. – 70 с.
3. Живописная Россия : Отечество наше в его земельном, историческом, племенном, экономическом и бытовом значении : в 19 т. / под общ. ред. П.П. Семенова. – СПб. ; М. : М.О. Вольф, 1881–1901. – Т. 3, ч. 2 : Белорусское полесье. – 1882. – С. 312.
4. Энциклапедыя гісторыі Беларусі: у 6 т. / рэдкал.: М.В. Біч [і інш.]. – Минск : БелЭн, 1993–2003. – Т. 1 : А – Беліца. – 1993. – 494 с.
5. Беларуская энцыклапедыя : у 18 т. / рэдкал.: М. А. Ткачоў (гал. рэд.) [і інш.]. – Минск : БелЭн, 1996–2004. – Т. 1 : А – Аршын. – 1996. – С. 75–76.
6. Лукашевич, Г. К. Пока мы живы ... : мемуары / Г. К. Лукашевич, Т. Г. Цыркунова ; под ред. В. М. Цыркунова. – Минск : Мон литера, 2010. – 544 с.
7. Адамович, А. Я з вогненнай вескі ... / А. Адамович, Я. Брыль, У. Калесник. – Минск : Мастацкая літаратура, 1975. – 448 с.
8. Гарады і вескі Беларусі : энцыклапедыя : у 8 т. / рэдкал. Г. П. Пашкоў (гал. рэд.) [і інш.]. – Минск : БелЭн, 2004–2013. – Т. 3 : Брэсцкая вобласць, кн. 1. – 2006. – 528 с.
9. Козлович, В. Последний бой Ивана Голикова : [о стрелке-радисте 125-го бомбардировочного авиаполка И. Т. Голикове] / В. Козлович // СБ Беларусь Сегодня. – 2019. – 30 июля. – С. 13.
10. Митюков, А. «Авиапоиск» идет на подъем : [о стрелке-радисте 125-го бомбардировочного авиаполка И. Т. Голикове] / А. Митюков // СБ Беларусь Сегодня. – 2020. – 18 февр. – С. 5.
11. Демянчик, В. Т. Выгонощанское – природно-историческая уникальность Брестчины / В. Т. Демянчик // Брестчина. От прошлого к будущему: Наука. Политика. Бизнес. Образование : материалы науч.-практ. конф., Брест, 1995 г. : в 2 ч. / БАПН ; редкол.: В. В. Коклюхин, В. М. Крюков, С. Д. Шаш. – Брест, 1995. – Ч. 2. – С. 22–24.
12. Демянчик, В. Т. Современный статус и проблемы сохранения природных комплексов Выгонощанского болотного массива / В. Т. Демянчик // Современные проблемы изучения, использования и охраны природных комплексов Полесья : междунар. науч.-практ. конф., Минск, 22–25 сент. 1998 г. : тез. докл. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 1998. – С. 232.
13. Демянчик, В. Т. Природа Брестчины на рубежах столетий / В. Т. Демянчик, Н. В. Михальчук, В. П. Самусевич. – Брест : С. Б. Лавров, 2001. – 170 с.
14. Демянчик, В. Т. Полесская робинзоада : экспедиционная полевая практика по экологическому краеведению : пособие для студен. биол. и геогр. специальностей высш. учеб. заведений / В. Т. Демянчик, М. Г. Демянчик. – Брест : Альтернатива, 2007. – 49 с.
15. Демянчик, В. Т. Природный потенциал Брестчины и перспективы его использования в целях развития агроэкотуризма / В. Т. Демянчик, М. Г. Демянчик // Системная трансформация общества: исторический опыт, современность и перспективы : сб. науч. трудов кафедр социально-гуманит. наук / науч. ред. Л. Г. Титаренко. – Брест : БрГТУ, 2008. – Вып. V. – С. 201–209.
16. Демянчик, В. Т. Ландшафтно-биологическое разнообразие и экотуристический потенциал заказника «Выгонощанское» / В. Т. Демянчик, Ю. А. Демчук, М. Г. Демянчик // Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця : матэрыялы IV міжнар. навук. канф., Брэст 10–12 верас. 2008 г. : тез. дакл. / Палес. аграр.-экалагіч. ін-т НАН Беларусі ; рэдкал. : М. В. Міхальчук (адк. рэд.), А. А. Волчак, Н. М. Шпендзік. – Брэст, 2008. – С. 286.

---

17. Демянчик, В. Т. Заказник «Выгонощанское» / В. Т. Демянчик, М. Г. Демянчик. – Брест : Альтернатива, 2008. – 24 с.

18. Охрана окружающей среды и природопользование. Территории. Растительный мир. Правила выявления типичных и (или) редких биотопов, типичных и (или) редких природных ландшафтов, оформления их паспортов и охранных обязательств = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Тэрыторыі. Раслінны свет. Правілы вылучэння тыповых і (або) рэдкіх біятопаў, тыповых і (або) рэдкіх прыродных ландшафтаў, афармлення іх паспартоў і ахоўных абавязацельстваў : ТКП 17.12-06-2021 (33140). – Введ. 01.08.14. – Минск : Минприроды, 2021. – 100 с.

#### **LANDSCAPE LOCATIONS OF THE EVENTS OF THE GREAT PATRIOTIC WAR IN THE VYGONOSHCHANSKY FOREST SWAMPY MASSIF**

**V. T. Dziamianchyk, V. V. Dziamianchyk, D. A. Kunakhavets, V. P. Rabchuk**

The results of an inventory of places where tragic and heroic events took place during the Great Patriotic War in the central part of the Vygonoshchansky forest swamp massif on an area of 200 km<sup>2</sup> at the junction of the Ivatsevichi, Lyakhovichy and Gantsevichi districts of the Brest region are considered. Highlighted 60 main locations, measures for their memorialization and preservation are proposed.

## СВОЕОБРАЗИЕ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭКОТУРИСТИЧЕСКОМУ РАЗВИТИЮ ОБЪЕКТА ИСТОРИЧЕСКОЙ И ПРИРОДНОЙ ЗНАЧИМОСТИ НА ОГИНСКОМ КАНАЛЕ

В. Т. Демянчик, В. В. Демянчик, Д. А. Кунаховец, В. П. Рабчук

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, Брест, Беларусь

*Рассматривается своеобразие крупного фрагмента бетонированной огневой позиции, сохранившейся на месте фронтового противостояния Первой мировой войны на Огинском канале в д. Выгонощи Брестской области. На этом же месте расположен и примечательный (водораздельный) створ Огинского канала с относительно богатым в видовом отношении локалитетом ландшафтно-биологического разнообразия (потенциальная наблюдательная площадка). Для вовлечения в экотуристическую сферу предложены некоторые мероприятия данной локации.*

*Ключевые слова:* ландшафтно-биологическое разнообразие, фортификации Первой мировой войны, экотуризм, Огинский канал.

**Введение.** Первая мировая война на территории нынешнего Белорусского Полесья – по-видимому, единственная война, где воюющие стороны придерживались цивилизованных норм тогдашнего международного права. Но это положение могло быть вполне справедливым для начала той войны – для 1914–1916 гг. В последующем, как и за любой европейской войной последних столетий, следовали голод, эпидемии, беженство, реваншизм, фанатизм, оставляющие моральную и физическую боль и страдания почти каждого нормального человека. И не в одном поколении. Наглядные раритеты дорогостоящих фортификационных построек на линии боевого столкновения времен Первой мировой войны, что сохранились на Огинском канале, на наш взгляд, должны стать мемориальным напоминанием, что любые войны – это не только безвозвратные потери живой силы, но и огромное экономическое напряжение и социальные потрясения даже для сильных держав. Аутентичные фортификационные объекты могут служить памятниками осознания трагической, разрушительной сущности милитаризма. А в качестве жизнеутверждающей гуманистической альтернативы может выступать непосредственное природное окружение в своей непреходящей красе и неповторимости. Именно на такой подход и нацелено экотуристическое развитие небольшого участка на берегу Огинского канала в д. Выгонощи Ивацевичского района.

**Цель.** Обсуждение своеобразия и планируемых мероприятий по экотуристическому развитию объекта исторической и природной значимости на Огинском канале.

**Методы.** Исследования по структуре и динамике ландшафтно-биологического разнообразия, особенностям природопользования и природно-исторического наследия на Огинском канале проведены в 1978–2024 гг.; отдельно использованы наблюдения за более ранний период. В 2022–2024 гг. выполняются: задание 2.01 НИР № 4 по ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» и задание 6.5 «Разработать техническую документацию и создать музейные экспозиции для экотуристического комплекса «Музей болотной природы Полесья»» на базе лесохозяйственного хозяйства «Выгоновское» государственного природоохранного учреждения «Национальный парк «Беловежская пуща»» по ГНТП «Зеленые технологии ресурсопользования и экобезопасности» на 2021–2025 гг., где предусмотрены мероприятия по сохранению и развитию наблюдательных площадок, объектов ландшафтно-биологического разнообразия и исторического наследия. Используются методы ландшафтных, эколого-фаунистических, геоботанических исследований, анализ картографических, архивных, литературных источников. Общая площадь бетонированной позиции и наблюдательной площадки 0,1 га.

**Результаты.** В ходе позиционной фазы Первой мировой войны с сентября 1915 г. на Огинском канале активно обустраивались разрозненные опорные пункты полевых позиций, представляющие простейшие земляные сооружения, защищенные проволочными и древесными (засеки) заграждениями [1–3]. Такие заграждения оставались на русских позициях до конца войны и были выстроены согласно фортификационным наставлениям [1].

На немецкой полосе обороны фортификационная ситуация существенно поменялась с конца 1915 г. После прокладки в мае 1916 г. узкоколейной железной дороги от магистральной железнодорожной станции Ивацевичи до д. Выгонощи фортификационная технология немецкой обороны стала принципиально отличаться от русских аналогов. С этого месяца на западном берегу Огинского канала в д. Выгонощи почти до конца войны (декабрьское перемирие 1917 г.) непрерывно обустраивалась первая линия обороны, представляющая собой уникальную фортификационную систему, представляющую в сохранившихся объектах существенную историческую значимость [2–7]. Одним из таких объектов и является бетонированная позиция, сохранившаяся на крайнем севере жилищной застройки д. Выгонощи [2].

Своеобразие этого объекта заключается в следующих основных особенностях.

1. Долговечность сооружения. Объект, выстроенный в 1916 г. на фронтовом участке 35-й дивизии Ландштурма полностью сохранялся под открытым воздействием атмосферных осадков и прочих метеорологических факторов в течение 108 лет. Отметим, что, например, выстроенные в 1970-х гг. аналогичные объекты в Албании к настоящему времени в значительной степени или полностью разрушились.

2. Объект выстроен на неустойчивых болотных грунтах в условиях подземного активного стока (болотный берег крупного канала). Вместе с тем смещения строго вертикальной конструкции не наблюдается до сих пор.

3. Объект выстраивался в условиях обстрела фронтовой артиллерией и последующего прицельного воздействия пушечного (фугасного) и гаубичного огня в течение 1–1,2 года [2–11].

4. В послевоенные годы объект служил опорным пунктом долговременных укреплений первого на современной территории Беларуси укрепрайона («Polesje», 1920–1939 гг.). В числе иных объектов находился под профилактическим надзором польского военного ведомства в 1920–1939 гг.

5. Один из немногих объектов такого типа, не разрушенный на нужды местного строительства в ходе массового демонтажа (взрывания) таких сооружений в 1940–1980 гг.

6. Объект служил элементом хозяйственной инфраструктуры в 1940–1990 гг. и в начале 2000-х гг. (коновязь рыбохозяйственной артели, филиала ГЗОХ «Беловежская пуца» («заповедник») и других лесо- и природоохранных учреждений.

7. Объект расположен в редкой ситуации длительного фронтового разделения одного (небольшого) населенного пункта (д. Выгонощи) на две части.

8. Объект является элементом единственного на Восточноевропейском театре Первой мировой войны участка фронта, непосредственно проходящего среди болот по каналу (Огинскому) [3; 12]. Сложности (природно-геологические и климатические) в ракурсе «гнили в Пинских болотах», «тонули в болотных трясинах» и т. п. широко освещались в тогдашней мировой прессе, касаемой военных событий, и всегда акцентировались в военных мемуарах [3; 8–15].

Отметим, что в стратегических планах наступательных операций, разрабатываемых перед Второй мировой войной, эта зона исключалась, как непреодолимая для мобильных средств (технических и кавалерийских) [2; 15].

9. Объект олицетворяет и расточительность производительных сил и всевозможных материальных ресурсов, которые рано или поздно приводят к сильнейшим экономическим и социальным потрясениям воюющих сторон – победителей или побежденных в любой европейской войне последних столетий [2; 15].

10. Бетонированная позиция представляет собой в фортификационном отношении опорный пункт в «единой системе» полевых и долговременных укреплений – сомкнутых полевых укреплений 35-й дивизии Ландштурма [1–4]. Устроена не по классической схеме согласно тогдашним немецким наставлениям [4; 16], а представляет собой творчески воплощенную, универсальную позицию для артиллерийско-минометного, пулеметного и ружейного огня.

11. Объект интересен для изучения прочности железобетонных конструкций.

Объект представляет в своей основе бетонированную позицию минометной батареи на левом фланге Выгонощанского плацдарма. Железобетонное сооружение из монолитного армированного бетона состоит из двух боевых и одной наблюдательной секций прямоугольной формы, размером 17,0×2,5 м и высотой наземной части – 1,0 м, общей площадью – 42,5 м<sup>2</sup>. Построена в 1916–1917 гг. Состояние на 2024 г. – хорошее. Располагается в д. Выгонощи, на стыке северной части усадьбы Страпко И. С. и бывшего конюшенного двора ЛОХ «Выгоновское» по ул. Заречная в 7 м к западу от Огинского канала. Находится в землепользовании у Телеханского сельисполкома.

Бетонированный артиллерийско-стрелковый опорный пункт устроен на первой линии обороны между двумя железобетонными пулеметными ДОТаами-убежищами блиндажного типа на расстоянии 0,05 км и 0,1 км (от северного ДОТа) и 0,1 км (от южного ДОТа). Доты-убежища функционально выполняли роль блокгаузов [1].

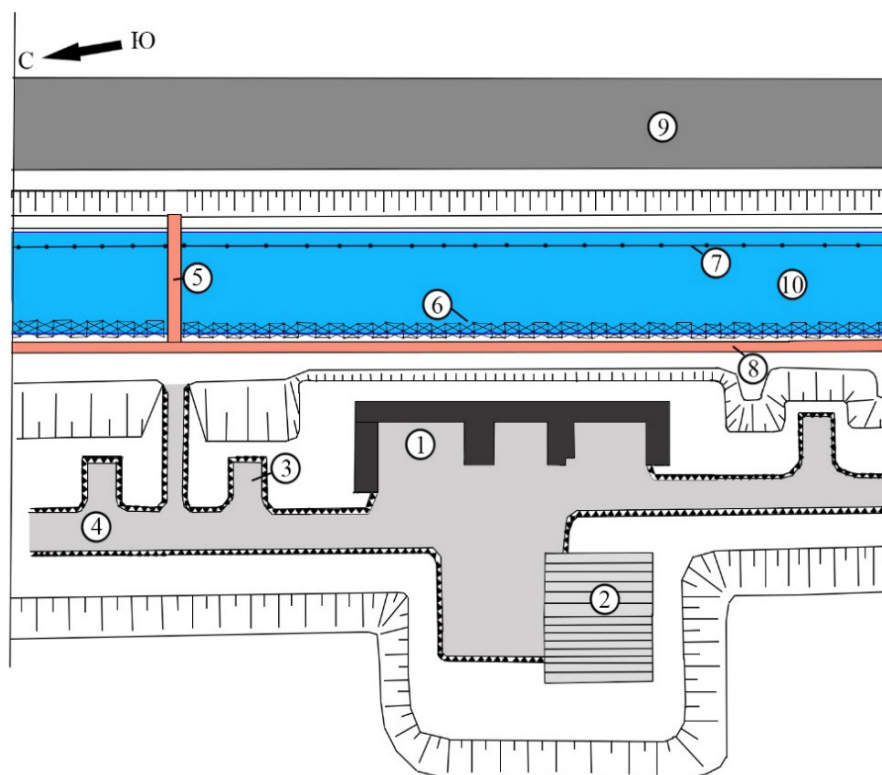
Использовался: для караульной службы, размещения траншейной артиллерии (пушек малого калибра, бомбометов и минометов), пулеметных расчетов, стрелков-гренадеров; отражения неприятельских атак [3; 16].

Аналогичный опорный пункт для стрелково-пулеметного огня размещался в 1916–1918 гг. на северном участке Огинского канала, в 0,1 км к северу от Выгонощанского озера на старом 10-м шлюзу [13]. Опорный пункт размещался на западном берегу Огинского канала. Разобран в 1930-х гг., материалы использованы для строительства бетонных конструкций гидроузла в устье Огинского канала при впадении в р. Щару (новый 10-й шлюз). На местности сохранились рельефные следы к западу от дамбы, а также два широколиственных дерева, которые остались еще с первой половины XIX в. от практиковавшейся тогда обсадки канала дубами и липами.

Третий аналогичный опорный пункт в виде небольшого фрагмента сохранился на восточной обочине шоссе вдоль Огинского канала в 2,5 км от северной окраины деревни Вулька-Телеханская.

Необходимо отметить, что многие элементы бетонированного артиллерийско-стрелкового опорного пункта (бетонированной позиции) сразу после окончания Первой мировой войны были использованы жителями д. Выгонощи для хозяйственных нужд. В числе таких элементов были листовое железо (сохранилось на некоторых хозпостройках), гофрированные стальные арки (сохранились) и т. п.

Наша реконструкция первоначального (фронтального) состояния бетонированной позиции показана на рисунке 1 и при определенных условиях может быть восстановлена.



М 1 : 1000

**Рисунок 1** – Фронтальное состояние бетонированной позиции в немецкой линии обороны (реконструкция) :  
 1 – бетонированная позиция (сохранилась); 2 – бревенчатый блиндаж; 3 – стрелковая ячейка;  
 4 – стрелковая линия; 5 – перекидной мостик; 6 – три ряда колючей проволоки; 7 – ряд из гладкой проволочной сетки; 8 – бревенчатое ограждение канала; 9 – дорога; 10 – Огинский канал

Бетонированная позиция содержит базовые элементы стрелкового окопа для стрельбы стоя, для стрельбы с колена, т. е. являлась ложементом [1]. Имеет тыльные траверсы. Блиндажное непосредственное укрытие вероятно представляло собой навес из плоской толстой жести (сохранилась в д. Выгонощи) или гофрированной плоской жести (сохранялась до недавнего времени в Телеханах). Такие навесы здесь использовались для защиты от шрапнельных пуль и легких осколков.

На бруствер в случае атаки неприятеля выставлялись стрелковые защитные щиты, напоминающие «трансформеры». По сообщениям старожилов, такие щиты выменивались у немецких полуголодных стрелков Ландштурма местными жителями за продовольствие [2; 22]. В последующем они перековывались на лемеха плугов.

Против возможного нападения с применением ручных гранат на противоположном берегу канала крепились рамы с гладкой проволочной сетью.

Пулеметы, бомбометы и минометы использовались (планировались к использованию) в блиндированных убежищах.

По причине заболоченности этот объект, расположенный непосредственно на первой линии огня, не имел хода сообщения с тыловыми позициями. Ход сообщения заменяла «коленипреклонная тропа» [3] – тропа с деревянным настилом, уходящая в тыл на юго-запад среди кустарников ивы пепельной (*Salix cinerea*) и березы пушистой (*Betula pubescens*). Но при внезапных обстрелах артиллерией крупных калибров предусматривался быстрый отход в ДОТы-убежища. В отличие от рассредоточенной полосы обороны за пределами деревни убежища типа «лисьи норы» здесь не строились [2; 3]. На фронтальной линии объекта, как и в других местах, с первых дней была устроена полоса стандартных проволочных заграждений [17–23].

Бетонированная позиция, которая сохранилась в северной части д. Выгонощи, являлась одним из ключевых фортификационных элементов опорного пункта немецкой линии обороны и представляла аналог русского насыпного окопа в болотистой местности вдоль Огинского канала.

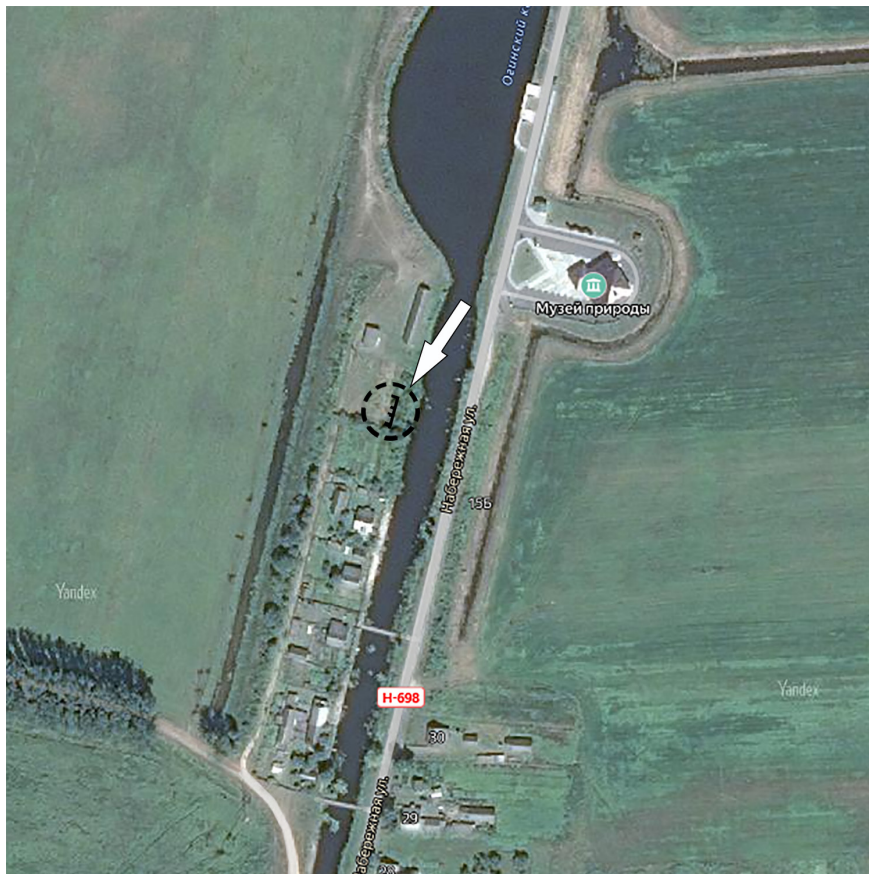
Отметим, что данная бетонированная позиция являлась совершенствованием более примитивных опорных пунктов, выстроенных на линии Огинского канала. Непосредственно к бетонной позиции и наблюдательной площадке № 3 примыкает нехарактерная для деревни, уплотненная жилищная застройка из четырех домов, в местной топонимике в 1950–1970 гг. называлась «заповедник». Эта застройка и архитектурный стиль («финские домики») появились в конце 1950-х гг. для проживания сотрудников и размещения администрации тогдашнего Выгоновского филиала Государственного заповедно-охотничьего хозяйства «Беловежская пуща». Такой тип застройки и архитектуры домов широко практиковался на заповедных территориях бывшего СССР и олицетворяет своеобразный «заповедный» архитектурный стиль. В статусе культурно-исторических ценностей подобные объекты пока не акцентированы [32; 33].

#### *Наблюдательная площадка № 3.*

Планируется с целью обеспечения доступности и оптимальной информативности наблюдений за гидробиологическими явлениями, фауной, флорой и особенностями локального природопользования на русле и берегу Огинского канала в водораздельном створе. Следует отметить, что немецкими орнитологами за годы Первой мировой войны проведены подробные исследования фауны этой местности [24–31]. Некоторые сведения по ландшафтно-биологическому разнообразию и историческому наследию опубликованы позднее, в т. ч. и в наших работах [32–39].

Площадка занимает часть русла и прибрежной полосы Огинского канала в северной части застройки д. Выгоноци на стыке с бетонированной позицией и составляет общую площадь 0,1 га.

Наблюдательная площадка № 3 организуется вместе с акцентированием исторических достопримечательностей (бетонированная позиция) в едином визуальном поле (рисунок 2).



М 1 : 10 000

**Рисунок 2** – Схема размещения наблюдательной площадки № 3, бетонированной позиции (показаны стрелкой) и прилегающей местности [40]

Информативная значимость наблюдательной площадки № 3 заключается в особом геоморфологическом и гидрогеологическом положении данного створа Огинского канала, русло которого проходит здесь по торфяно-сапропелевым, глеевым и минерально-песчаным грунтам. Соответственно здесь представлен и один из богатейших гидробиологических локальных комплексов флоры и фауны, включающий или включавших речных раков, сообщество речных и озерных видов рыб, почти все видовое многообразие амфибий и рептилий данной местности [2; 3; 22; авторские данные].

Столь же продуктивными здесь до недавнего времени были и угодья разнообразных местных рыболовных промыслов: ловля ставными и подвижными орудиями лова, ловля на зимнюю «принуду», ловля руками и т. д. [22].

До 1980-х гг. здесь был единственный во всей округе традиционный «детский пляж», а также основная лодочная пристань в черте д. Выгонощи. Однако после реконструкции (очистки от высшей растительности и дноуглубления) после 2015 г. здесь пошли активные сукцессии по вектору заболачивания (рисунок 3), что само по себе представляет информативную значимость, но до определенного времени. Без проведения некоторых мероприятий этот створ Огинского канала деградирует в болотное сообщество по сценарию заброшенных торфоразработок.

Современная визуальная ситуация с акваторией канала в данном створе вызывает у туристов неоднозначные представления (запущенность и т.д.) о культуре землепользования и резко контрастирует с аттрактивным пейзажем к северу от бетонированной позиции.



**Рисунок 3** – Вид Огинского канала в мае 2024 г. Бетонированная позиция и наблюдательная площадка № 3 показаны стрелкой

В таблице показаны некоторые экологические явления различной экологической тематики, информативности, эмоциональности, которые можно в полной или частичной мере наблюдать в разные сезоны года в пределах наблюдательной площадки № 3.

**Таблица** – Наглядные экологические явления и объекты в пределах наблюдательной площадки № 3 на Огинском канале в д. Выгонощи

№ п/п	Группы экологических явлений и объектов	Периодичность наблюдений, наиболее «информативные» месяцы года
1	Местное видовое многообразие биоты и фенологические явления лотической экосистемы	постоянно I–XII
2	Синантропизация фауны и флоры	постоянно I–XII
3	Циклические стагнационные сукцессии высшей водной растительности и донных отложений	постоянно III– XII
4	Конкуренция аборигенных и инвазивных видов водных и околоводных растений	постоянно IV–XI
5	Экспансии отдельных видов растений и животных: телореза ( <i>Stratiotes aloides</i> ), рогозов узколистного ( <i>Typha angustifolia</i> ) и широколистного ( <i>Typha latifolia</i> ), череды олиственной ( <i>Bidens frondosa</i> ), цапли белой большой ( <i>Egretta alba</i> ) и др.	постоянно IV–XI

6	Объекты и методы традиционного и современного рыболовства в безледный период	постоянно III–XI
7	Появление ночницы прудовой ( <i>Myotis dasycneme</i> ), орлана-белохвоста ( <i>Haliaeetus albicilla</i> ), подорлика малого ( <i>Aquila pomarina</i> ), журавля серого ( <i>Grus grus</i> ) и других видов животных, включенных в Красную книгу Республики Беларусь	регулярно – редко IV–XII
8	Зимние и осенние скопления чижа ( <i>Carduelis spinus</i> ), свиристели ( <i>Bombycilla garrulus</i> ), скворца ( <i>Sturnus vulgaris</i> ), рябинника ( <i>Turdus pilaris</i> ); весенние и летние скопления ласточки городской ( <i>Delichon urbica</i> ), деревенской ( <i>Hirundo rustica</i> ), береговой ( <i>Riparia riparia</i> )	регулярно I–III, IX–XII; постоянно V–IX
9	Миграционное и кормовое поведение птиц: цаплевых Ardeidae, аистовых Ciconiidae, утиных Anatidae, пастушковых Rallidae, воробьинообразных Passeriformes	регулярно II–XI
10	Выходы на сушу скрытных околводных видов амфибий Amphibia, рептилий Reptilia, членистоногих Arthropoda	нередко – редко, III–XI
11	Пролеты особей аттрактивных видов стрекоз Odonata, чешуекрылых Lepidoptera, жесткокрылых Coleoptera, перепончатокрылых Hymenoptera	регулярно III–X
12	Охота ястреба-перепелятника ( <i>Accipiter nisus</i> ), канюка ( <i>Buteo buteo</i> ), сокопута серого ( <i>Lanius excubitor</i> ), гладконосых Vespertilionidae, канюка мохноногого ( <i>Buteo lagopus</i> ), орлана-белохвоста ( <i>Haliaeetus albicilla</i> ) и других видов	нередко I–XII (нечасто I–III, XI, XII)
13	Брачные голоса и поведение 30 видов насекомых Insecta, Amphibia, птиц Aves, млекопитающих Mammalia	постоянно – редко IV–IX
14	Подходы на зимовку, нерест, «свежую воду» леща ( <i>Abramis brama</i> ), карася серебряного ( <i>Carassius gibelio</i> ), толстолобика белого ( <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> ) и других видов рыб	регулярно I–VI, XI–XII
15	Подледные явления в жизни рыб и лов «на принуду»	регулярно – редко I–III, XII
16	Весенние заморы карповых Cyprinidae	регулярно II–IV
17	«Цветение воды», «закипание» воды (CH <sub>4</sub> и др.), «масляные пятна», бактериальное брожение и другие гидрохимические и гидробиологические явления	постоянно – редко I–XII
18	Сапропеле-, ило-, торфонакопление, ожелезивание грунта и другие гидрогеологические явления	постоянно I–XII
19	Микроклиматические явления (ледяные узоры, болотный туман, конденсация росы и др.)	регулярно I–XII
20	Воздействие гноса и водных животных-кровососов	постоянно – редко III–X

Мероприятия 1-й очереди по сохранению экологических и культурно-исторических достоинств бетонированной позиции и наблюдательной площадки № 3.

1. Удаление сорной (для данных объектов) древесно-кустарниковой растительности из ивы пепельной (*Salix cinerea*), ивы ломкой (*S. fragilis*), ивы чернеющей (*S. myrsinifolia*), поросли березы бородавчатой (*Betula pendula*), березы пушистой (*B. pubescens*), ольхи черной (*Alnus glutinosa*).

2. Проведение (экскаваторным методом) удаления (частичного или полного) зарослей рогоза широколистного (*Typha latifolia*), рогоза узколистного (*T. angustifolia*), телореза алоевидного (*Stratiotes aloides*), тростника обыкновенного (*Phragmites australis*) в створе Огинского канала от моста автодороги Н-703 на д. Бобровичи до бетонированной позиции на протяжении 0,6 км. Данное мероприятие следует повторять один раз в 5 лет.

3. Обустройство надежного мостика через Огинский канал возле бетонированной позиции на основе архитектурных мотивов времен Первой мировой войны (рисунок 1) [2–6; 8–20].



4. Обустройство блиндированного убежища с использованием аутентичной жести с использованием в качестве навеса для временного размещения экскурсионной группы (рисунок 1).

5. Обустройство тропы с твердым покрытием, муляжей фронтальной инфраструктуры времен Первой мировой войны (рисунок 1).

6. Сохранение (восстановление) облика фасадов и аутентичности придомовых территорий четырех жилых домов на северной окраине ул. Заречной д. Выгонощи – как объектов, отражающих своеобразный архитектурный стиль и план жилищной застройки («заповедный») середины XX ст. на территории бывшего СССР.

7. Целесообразна установка стенда с фотографией 1960-х гг.

#### **Выводы.**

1. Бетонированная позиция, которая сохранилась в северной части д. Выгонощи, являлась одним из ключевых фортификационных элементов опорного пункта немецкой линии обороны и представляла аналог русского насыпного окопа в болотистой местности вдоль Огинского канала. Перспективна для полного восстановления фронтальной аутентичности Первой мировой войны.

2. На территориально совмещенной наблюдательной площадке № 3 можно наблюдать в течение круглого года и в отдельные сезоны не менее 20 групп различных биологических, гидрологических, метеорологических, геологических, общезекологических явлений.

3. Наиболее информативный период для наблюдений живой природы на наблюдательной площадке № 3 апрель–сентябрь.

4. Предложено целесообразным провести шесть основных мероприятий по развитию экотуристического потенциала в зоне старинного фортификационного сооружения (бетонированной позиции), его природного окружения, а также в прилегающей застройке, олицетворяющей своеобразный архитектурный стиль – «заповедный».

#### **Список использованных источников**

1. Наставление для борьбы за укрепленные полосы / сост. В. Замбржицкий ; под ред. Гурко. – 6-е изд. – Санкт-Петербург : Типо-лит., 1917. – 120 с.

2. Демянчик, В. Т. Выгонощи в Великой войне / В. Т. Демянчик. – Брест : Альтернатива, 2014. – 200 с.

3. Die württembergischen Regimenter im Weltkrieg 1914–1918 : in 53 bd. / Stuttgart : Beker, 1920–1936. – Bd. 3 : Das 1. Württ. Landsturm-Infanterie-Regiment Nr. 13 im Weltkrieg 1915–1918 / bearb.: F. Groß. – 1920. – 96 s.

4. Vorschriften für den Stellungskrieg aller Waffen : in 14 teil. / hrsg.: chef des Generalstabs des Feldheeres. – Berlin : Reichsdruckerei, 1916–1918. – Teil. 1. : Stellungsbau. – 1916. – 90 s.

5. Оборона в позиционной войне [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://warspot.ru/1044-oborona-v-pozitsionnoy-voyne>. – Дата доступа : 21.05.2024.

6. Тадра, В. Н. Немецкое фортификационное строительство на территории Брестской области в период Первой мировой войны (1915–1917) / В. Н. Тадра // Великая европейская война на Беларуси : сб. докл. I междунар. науч.-практ. конф., Брест, 15 дек. 2012 г. / Мин. культ. Респ. Беларусь ; отв. за вып. А. И. Кароза. – Брест, 2013. – С. 60–69.

7. Беларусь в годы Первой мировой войны! [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://vk.com/club170933355>. – Дата доступа : 23.05.2024.

8. In den Rokitnosümpfen pp. I. Bat. Ldst.-I.-R. 13 1915/16 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [file:///C:/Users/OES-3/Downloads/23268\\_1916\\_In\\_den\\_Rokitno-Sumpfen\\_pp\\_I\\_Bat\\_Ldst\\_Inf\\_Re.pdf](file:///C:/Users/OES-3/Downloads/23268_1916_In_den_Rokitno-Sumpfen_pp_I_Bat_Ldst_Inf_Re.pdf). – Дата доступа : 23.05.2024.

9. Der Krieg ... in Wort und Bild [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://digi.landesbibliothek.at/viewer/metadata/AC09345259/1/36248757X.html>. – Дата доступа : 27.07.2024.

10. Ziegler, H. Landsturm vor! Der mobile württembergische Landsturm in Weltkrieg 1914–1918 / H. Ziegler, A. Schaal. – Stuttgart : Chr. Belser, AG für Verlagsgeschäfte & Co.KG, 1919. – 32 s.

11. Выгонощанская фортеция / В. В. Демянчик [и др.]. – Брест : Альтернатива, 2014. – 16 с.

12. Histories of two hundred and fifty-one divisions of the German army which participated in the war (1914–1918) / United States Army. – Washington : G.P.O., 1920. – 748 p.

13. Müller, J. In den Rokitnosümpfen pp 1916–17, I. Bat. Ldst.-I.-R. 13 / J. Müller. – München, 1918. – 46 s.

14. Müller, J. In den Rokitno-Sümpfen pp. I. Bat. Ldst.-I.-R. 13 1915/16 / J. Müller. – München, 1916. – 50 s.

15. Pruski, Z. Bastion Polesie. Polskie fortyfikacje na Polesiu w latach 1920–1939 / Z. Pruski. – Przasnysz : Forteca, 2000. – 212 s.

16. Vorschriften für den Stellungskrieg aller Waffen : in 14 teil. / hrsg.: chef des Generalstabs des Feldheeres. – Berlin : Reichsdruckerei, 1916–1918. – Teil. 2. : Minenkrieg. – 1916. – 50 s.

17. 35. Reserve-Division (Deutsches Kaiserreich) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://de.wikipedia.org/wiki/35.\\_Reserve-Division\\_\(Deutsches\\_Kaiserreich\)](https://de.wikipedia.org/wiki/35._Reserve-Division_(Deutsches_Kaiserreich)). – Дата доступа : 27.06.2024.

18. Württembergisches Landsturm-Infanterie-Regiment Nr. 13 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%BCrtembergisches\\_Landsturm-Infanterie-Regiment\\_Nr.\\_13](https://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%BCrtembergisches_Landsturm-Infanterie-Regiment_Nr._13). – Дата доступа : 27.06.2024.

19. Керсновский, А. А. История Русской Армии : в 4 т. / А. А. Керсновский. – М. : Голос, 1992–1994. – Т. 3 : 1881–1915 гг. – 1994. – 352 с. ; Т. 4 : 1915–1917 гг. – 1994. – 368 с.
20. Стратегический очерк войны 1914–1918 гг. : в 7 ч. / Комис. по исслед. и использованию опыта мировой и гражданской войны ; под ред. А. А. Свечина [и др.]. – М. : Госуд. Типография, 1920–1923. – Ч. 5 : Период с октября 1915 г. по сентябрь 1916 г. Позиционная война и прорыв австрийцев Юго-Западным фронтом / сост. В. Н. Клембовский. – 1920. – 123 с.
21. Уткин, А. И. Забытая трагедия. Россия в Первой мировой войне / А. И. Уткин. – Смоленск : Русич, 2000. – 640 с.
22. Лукашевич, Г. К. Пока мы живы ... : мемуары / Г. К. Лукашевич, Т. Г. Цыркунова ; под ред. В. М. Цыркунова. – Минск : Мон литера, 2010. – 544 с.
23. Советская военная энциклопедия : в 8 т. / редкол.: А. А. Гречко (пред.) [и др.]. – М. : Воениздат, 1976–1980. – 8 т.
24. Grassman, W. Der Frujahrszug 1916 in den Rokitno-Sumpfen / W. Grassman // Ornithol. Monatsschr. – 1916. – Bd. 41. – S. 230–234.
25. Reichenow, A. Zur Vogelfauna Westruslands / A. Reichenow // Ornithol. Monatsschr. – 1916. – Jg. 24, № 9. – S. 129–134.
26. Zedlitz, O. Die Vogelfauna des Sumpfbereichs der Schara / O. Zedlitz // Ornithol. Monatsberichte. – 1916. – Jg. 24. – S. 164–168, 178–180.
27. Dennler, D. Einige Feststellen über die Avifauna der Pripjet-Sumpfe / D. Dennler // Falko. – 1917. – Jg. 13, № 1. – S. 2–4.
28. Grassman, W. Beitrag zum Studium der Vogelstimmen in den Rokitno-Sumpfen / W. Grassman // Ornithol. Monatsschr. – 1917. – Bd. 42. – S. 78–82.
29. Grassman, W. Einiges über den Herbstzug, nordisch Durchzügler und Wintergäste in den Rokitno-Sumpfen / W. Grassman // Ornithol. Monatsschr. – 1919. – Bd. 44, H. 3. – S. 49–52.
30. Grassman, W. Vogelleben in den Pripjet-Sumpfen im Frühling / W. Grassman // Ornithol. Monatsschr. – 1919. – Bd. 44, H. 3. – S. 72–74.
31. Zedlitz, O. Die Avifauna des Westlichen Pripjet-Sumpfes im Lichte der Forschung Deutscher Ornithologen in dem Jahren 1915–1918 / O. Zedlitz // Journ. für Ornithol. – 1920. – Jg. 68. – H. 2. – S. 177–235, H. 3/4. – S. 350–388. – 1921. – Jg. 69. – H. 2. – S. 50–90, H. 3. – S. 269–406.
32. Свод памятников истории и культуры Белоруссии. Брестская область / АН БССР [и др.] ; редкол.: С. В. Марцелев (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БелСЭ, 1990. – 424 с.
33. Несцярчук, Л. М. Замкі, палацы, паркі Берасцейшчыны Х–XX стагоддзяў (гісторыя, стан, перспектывы) / Л. М. Несцярчук. – Минск : БЕЛТА, 2002. – 336 с.
34. Демянчик, В. Т. Природа Брестчины на рубежах столетий / В. Т. Демянчик, Н. В. Михальчук, В. П. Самуевич. – Брест : С. Б. Лавров, 2001. – 170 с.
35. Демянчик, В. Т. Стратегия устойчивого развития Выгонощанского сельского совета на период 2011–2015 гг. / В. Т. Демянчик, М. Г. Демянчик, А. И. Лысюк. – Минск : Пропилеи, 2011. – 70 с.
36. Демянчик, В. Т. Выгонощанское – природно-историческая уникальность Брестчины / В. Т. Демянчик // Брестчина. От прошлого к будущему: Наука. Политика. Бизнес. Образование : материалы науч.-практ. конф., Брест, 1995 г. : в 2 ч. / БАПН ; редкол.: В. В. Коклюхин, В. М. Крюков, С. Д. Шаш. – Брест, 1995. – Ч. 2. – С. 22–24.
37. Охраняемые природные территории и памятники природы Белорусского Полесья / Ю. М. Обуховский [и др.]. – Минск : Клеменс Групп, 2002. – 19 с.
38. Демянчик, В. Т. Современное состояние и проблемы сохранения экосистем болотно-водно-лесного комплекса «Выгонощанский» / В. Т. Демянчик, М. Г. Демянчик // Прыроднае асяроддзе Палесся: сучасны стан і яго змены : матэрыялы міжнар. навук. канф., Брэст, 20–21 чэрв. 2002 г. : у 2 ч. / НАН Беларусі ; адк. за вып. М. П. Ярчак. – Брэст, 2002. – Ч. 2. – С. 324–325.
39. Демянчик, В. В. Выгонощанский плацдарм / В. В. Демянчик, В. П. Рабчук, В. Т. Демянчик. – Брест : Альтернатива, 2015. – 20 с.
40. Яндекс Карты [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://yandex.by/maps/?l=sat%2Cskl&ll=25.920949%2C52.623392&z=16>. – Дата доступа : 27.06.2024.

## ORIGINALITY AND EVENTS FOR ECOTOURIST DEVELOPMENT OF AN OBJECT OF HISTORICAL AND NATURAL SIGNIFICANCE ON THE OGINSKY CANAL

**V. T. Dziamianchyk, V. V. Dziamianchyk, D. A. Kunakhavets, V. P. Rabchuk**

Summary. The originality of a large fragment of a concrete firing position, preserved at the site of the front-line confrontation of the First World War on the Oginsky Canal in the village of Vygonoshchi, Brest Region, is considered. At the same place there is also a remarkable (watershed) section of the Oginsky Canal with a relatively rich locality of landscape and biological diversity in terms of species (potential observation site). To get involved in the ecotourism sector, some events in this location are proposed.

## ВЛИЯНИЕ ТОРРЕФИКАЦИИ И ВИДА ИНЕРТНОГО МАТЕРИАЛА НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА СЖИГАНИЯ ЛУЗГИ ПОДСОЛНЕЧНИКА В КИПАЮЩЕМ СЛОЕ

Д. В. Климов<sup>1</sup>, С. Н. Кузьмин<sup>1</sup>, О. Ю. Милованов<sup>1</sup>, С. В. Григорьев<sup>1</sup>, С. В. Максимов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Акционерное общество «Экоойл», Тамбовская область, с. Большая Липовица, Россия

*Лузга подсолнечника является наиболее доступным и одним из самых дешевых видов биотоплива. Исследовано влияние сухой торрефикации на процессы сжигания лузги в кипящем слое инертного материала (кварцевого и оливинового песка). Показано, что торрефикация лузги позволяет вдвое снизить содержание окиси углерода в дымовых газах, а замена кварцевого песка на оливинный – исключить образование агломератов при сжигании лузги в кипящем слое.*

*Ключевые слова: лузга подсолнечника (ЛП), кипящий слой, торрефикация, сжигание, инертный материал, агломерация.*

**Введение.** При сжигании биомассы в топках с кипящим слоем часто наблюдается агломерация частиц инертного материала и золы биомассы, приводящая к дефлюидизации и остановке котлов [1]. Особенно большие проблемы возникали при сжигании отходов растениеводства, т.к. эта биомасса обычно содержит повышенное содержание щелочи в золе [2]. К таким видам биомассы относится лузга подсолнечника (ЛП), которая имеет влажность ниже 10 %, зольность 1,98–2,22 %, теплоту сгорания около 18 МДж/кг [3]. Объемы перерабатываемого подсолнечника делают ЛП одним из самых дешевых источников тепловой энергии [3]. Зола ЛП содержит щелочные (K, Na) и щелочно-земельные (Ca, Mg) металлы, а также Si, S, Al, P and Cl, что вызывает быстрый рост отложений золы и коррозию конвективных поверхностей нагрева котлов, а также агломерация частиц инертного материала при сжигании лузги в кипящем слое [4].

Агломерация часто наблюдается при сжигании в псевдоожиженном слое и газификации биомассы с использованием кварцевого песка инертного материала слоя [5] из-за образования легкоплавких соединений в результате взаимодействия золы биомассы и  $\text{SiO}_2$ . Замена материала слоя на основе  $\text{SiO}_2$  альтернативными материалами, содержащими алюминий, кальций, магний и железо, может замедлить процесс агломерации. К таким альтернативным материалам относится оливин ( $(\text{MgFe})_2\text{SiO}_4$ ) [6].

Торрефикация биомассы позволяет повысить теплоту сгорания биомассы, снизить затраты на ее измельчение для совместного сжигания с углем и придать биомассе гидрофобные свойства, что упрощает транспортировку и хранение биомассы [7, 8]. Однако процессы сжигания таким образом подготовленной ЛП в кипящем слое не исследованы.

**Целью** данной работы являлись сравнительные исследования процесса сжигания в кипящем слое кварцевого песка и оливина сырой ЛП и торрефицированной ЛП.

**Материалы, установка и методика эксперимента.** В качестве наполнителя слоя использовался кварцевый песок и оливин. Кварцевый песок имел размер частиц 0,6–0,8 мм и насыпную плотность 1416 кг/м<sup>3</sup>. Химический состав кварцевого песка был следующим:  $\text{Na}_2\text{O}$  – 1,4 %,  $\text{K}_2\text{O}$  – 2,8 %,  $\text{CaO}$  – 0,6 %,  $\text{MgO}$  – 0,5 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 7,0 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 2,2 %,  $\text{SiO}_2$  – 84,9 %,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,1 %,  $\text{TiO}_2$  – 0,3 %. Средний размер частиц оливина был 0,34 мм. Плотность оливина была 3300 кг/м<sup>3</sup>, насыпная плотность – 2000 кг/м<sup>3</sup>. Использование кварцевого песка и оливина позволяло сжигать SSH в одном и том же котле без замены дутьевого вентилятора при числе псевдоожижения 3,5–4,0. Оливин имел следующий химический состав:  $\text{MgO}$  – 50 %,  $\text{SiO}_2$  – 42 %,  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$  – 7 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,5 %,  $\text{CaO}$  – 0,2 %, свободный кварц < 0,1, включения – 0,3 %.

В топке сжигалась ЛП, которая имела следующие характеристики: влажность – 8,24 %, зольность – 2,06 %, S – 0,02 %, C – 48,2 %,  $\text{H}_2$  – 5,71 %,  $\text{N}_2$  – 0,7 %,  $\text{O}_2$  – 35,07 %, выход летучих веществ – 70,48 %, низшая теплота сгорания – 17,88 МДж/кг. Химический состав золы лузги подсолнечника был следующим:  $\text{SiO}_2$  – 1,24 %,  $\text{TiO}_2$  – 0,02 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,36 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,43 %,  $\text{CaO}$  – 6,39 %,  $\text{MgO}$  – 12,05 %,  $\text{K}_2\text{O}$  – 38,99 %,  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,93 %,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 11,72 %,  $\text{SO}_3$  – 6,1 %, Cl – 1,77 %. Состав исходной и торрефицированной ЛП анализировался с помощью анализатора Leco TruSpec®, теплота сгорания исходной и торрефицированной ЛП определялась с помощью калориметра бомбового АБК – 1.

Процесс торрефикации ЛП подсолнечника осуществлялся в реакторе «сердечного типа», схема которого представлена на рисунке 1.

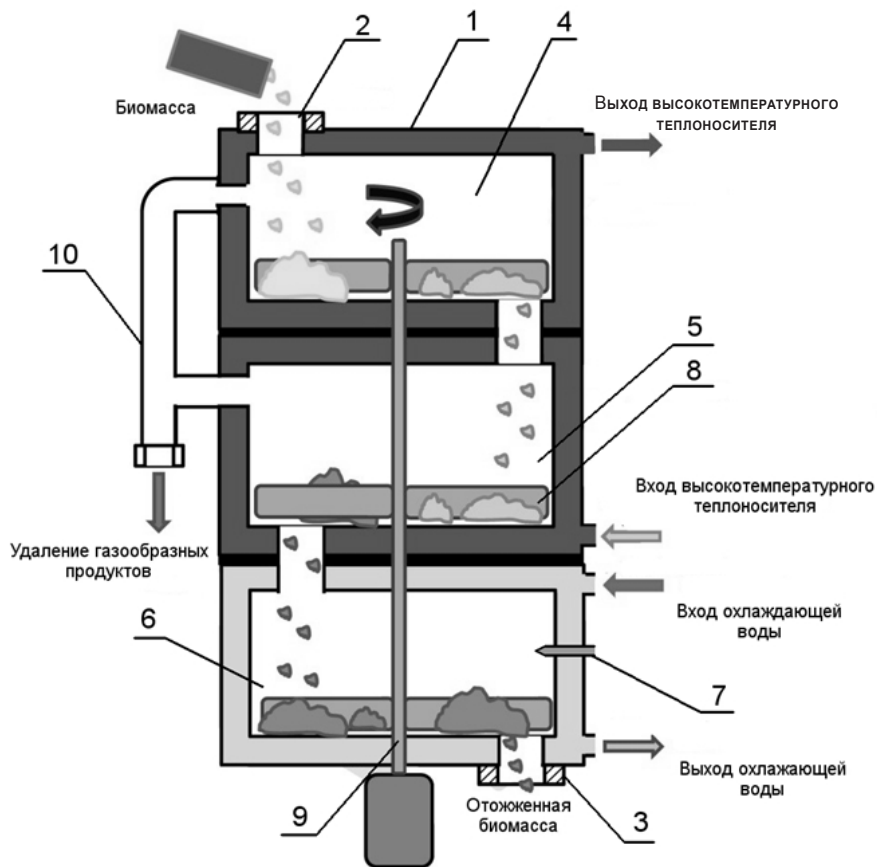


Рисунок 1 – Схема реактора для торрефикации ЛП

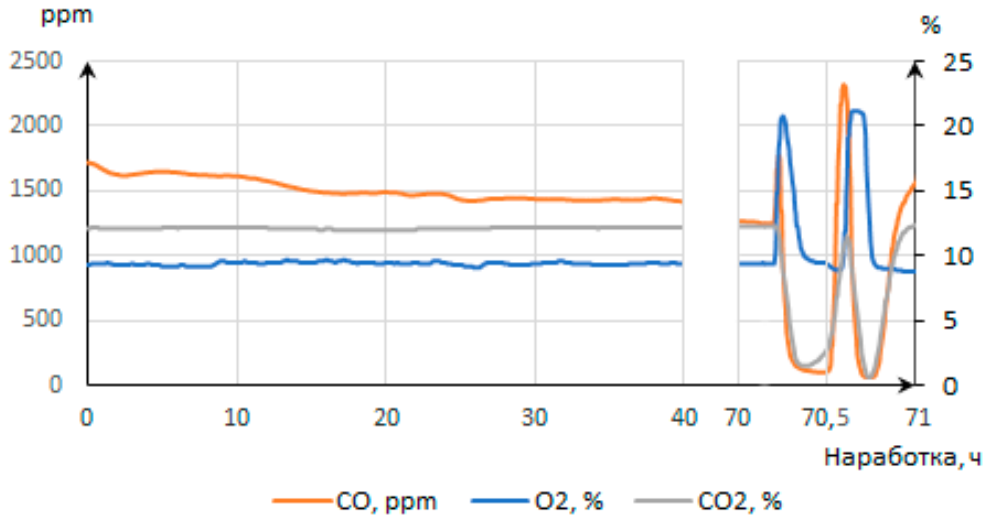
Жидкий высокотемпературный теплоноситель с температурой 300 °С подается в рубашку реактора 1. В реактор 1 загружается порция исходной ЛП через узел 2, которая с помощью мешалки 9 перемещается по тарелкам 4, 5 и 6. На тарелке 6 торрефицированная SSH охлаждается тонко распыленной водой, подаваемой через форсунки 7. На тарелке 6 ЛП охлаждается до 80 °С. При этом вода испаряется и водяной пар по трубопроводу 10 выводится из реактора.

Исследование процесса сжигания лузги подсолнечника осуществлялось в промышленном котле мощностью 2 МВт, оборудованном топкой кипящего слоя, изготовленном на ОАО «ГСКБ», г. Брест, Беларусь.

Торрефикация ЛП осуществлялась при температуре 250 °С в течении 1 часа. Сжигание SSH осуществлялось при температуре слоя 750–800 °С при числе псевдооживления 3,5–4,0 (минимальная скорость псевдооживления 0,8 м/с). Через дверцу топки примерно через каждые 4 часа отбирались образцы материала слоя (кварцевого песка или оливина), фракционный состав которых анализировался. В газоходе котла размещался зонд газоанализатора «Vario Plus Industrial», с помощью которого определялись температура дымовых газов и содержание в них  $O_2$ ,  $CO$  и  $CO_2$ .

**Результаты и обсуждение.** *Результаты анализа торрефицированной ЛП.* Полученная при торрефикации ЛП имела следующие характеристики и состав: влажность – 3,11 %, зольность – 3,83 %, S – 0,01 %, C – 51,7 %,  $H_2$  – 5,85 %,  $N_2$  – 0,74 %,  $O_2$  – 34,76 %, выход летучих веществ – 65,08 %, низшая теплота сгорания – 20,85 МДж/кг. Химический состав золы торрефицированной SSH был следующим:  $SiO_2$  – 2,42 %,  $TiO_2$  – 0,03 %,  $Al_2O_3$  – 0,8 %,  $Fe_2O_3$  – 1,37 %, CaO – 11,88 %, MgO – 6,35 %,  $K_2O$  – 39,16 %,  $Na_2O$  – 0,35 %,  $P_2O_5$  – 4,13 %,  $SO_3$  – 8,9 %, Cl – 1,16 %, потери при прокаливании образца золы – 23,45 %.

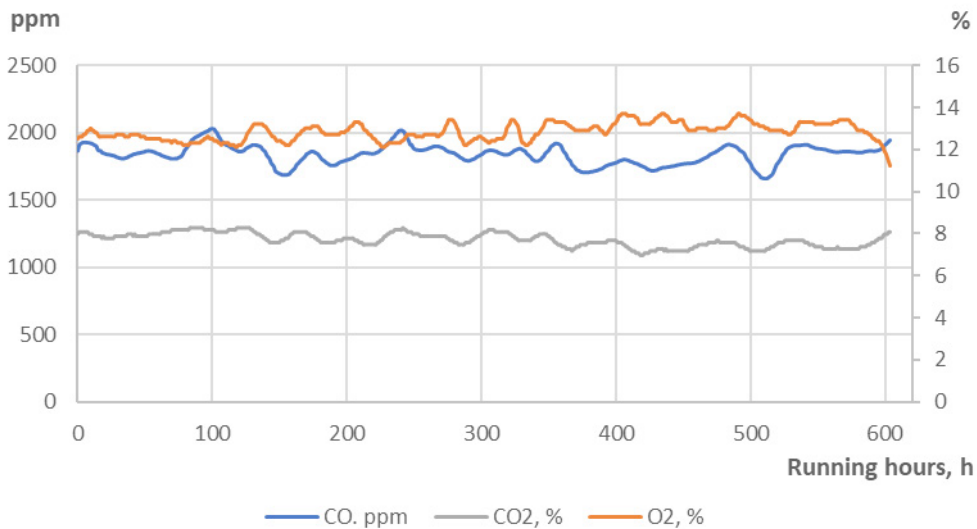
*Результаты исследования сжигания ЛП в кипящем слое кварцевого песка.* Примерно через 70 часов после начала работы котла при сжигании исходной и торрефицированной ЛП отмечаются значительные колебания концентрации  $O_2$ ,  $CO$  и  $CO_2$  в дымовых газах (рисунок 2), что означало процесса дефлюидизации.



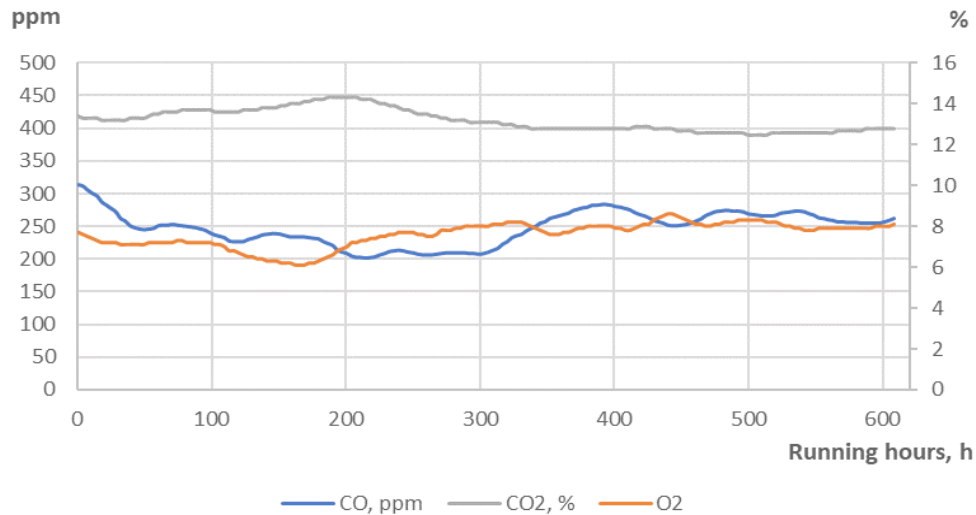
**Рисунок 2** – Изменение концентрации CO, CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> в дымовых газах при сжигании ЛП в кипящем слое кварцевого песка

Действительно, при анализе образцов инертного материала, взятого из топки, были обнаружены агломераты в виде шариков разного диаметра от 2–3 мм до 6–7 мм. Доля агломератов, образовавшихся в кипящем слое через 72 часа непрерывной работы котла, составила примерно 30 %, что делало невозможным дальнейшую работу котла. Агломераты были очень прочными, они содержали ядро и оболочку. Замена сырой ЛП на торрефицированную ЛП не влияла на процесс образования агломератов.

*Результаты исследования сжигания ЛП в кипящем слое оливина.* При сжигании исходной и торрефицированной ЛП в кипящем слое оливина резких колебаний концентрации CO, CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> не наблюдалось (рисунок 3) при продолжительной (в течении 600 часов) непрерывной работе котла. Необходимо отметить, что концентрация CO в дымовых газах при сжигании торрефицированной SSH не превышала 400 ppm (рисунок 3 б), а при сжигании исходной ЛП концентрация CO достигала 1700 ppm (рисунок 3 а). Т.е. торрефикация ЛП позволяет сжигать это топливо с большей эффективностью и меньшими выбросами окиси углерода.



a)



б)

**Рисунок 3** – Изменение концентрации CO, CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> в дымовых газах при сжигании исходной (а) и торрефицированной (б) ЛП в кипящем слое оливинового песка

Фракционный состав кипящего слоя оливина при сжигании SSH меняется первые 58 часов работы котла. Очевидно, что в первые несколько десятков часов работы топки с кипящим слоем из слоя выносятся очень мелкие фракции оливина.

В нашем случае при сжигании ЛП в кипящем слое кварцевого песка в отложениях золы в трубах конвективного теплообменника содержание соединений калия составило 181,85 г/кг, а при сжигании в слое оливина – 324,16 г/кг. Т.е. в кипящем слое оливина соединения калия не накапливаются, а выносятся из топки и оседают в трубах конвективного теплообменника. Однако эти отложения были сыпучими и они не препятствовали стабильной работе котла.

**Заключение.** Сжигание ЛП в кипящем слое кварцевого песка приводит к образованию агломератов золы и инертного материала примерно через 72 часа после пуска котла. Замена исходной SSH на торрефицированную ЛП на процесс дефлюидизации не влияет.

При длительном (600 часов) сжигании в кипящем слое оливина образования агломератов не происходит, как при сжигании ЛП в любом виде. Соединения калия в слое оливина не накапливаются, а выносятся из топки и оседают в трубах конвективного теплообменника в виде сыпучих отложений золы. Эти отложения золы не препятствуют нормальной работе котла.

При сжигании торрефицированной ЛП выбросы CO в атмосферу примерно в 4,25 раза ниже, чем при сжигании ЛП в исходном виде. Содержание хлора в торрефицированной ЛП в 1,5 раза ниже, чем в исходной ЛП. Это позволяет предположить менее интенсивную коррозию конвективных поверхностей нагрева котла при сжигании торрефицированной ЛП.

Таким образом, замена кварцевого песка на оливин и торрефикация ЛП позволяют значительно повысить надежность и экологичность процесса сжигания этого вида топлива в кипящем слое.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России (Соглашение с Минобрнауки от 08 апреля 2022 г. № 075-11-2022-034 на выполнение комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства по теме «Разработка технологии и создание многотоннажного производства биогранул из лузги подсолнечника с улучшенными характеристиками за счет их высокоэффективной торрефикации», ИГК 000000S407522QOZ0002; Головной исполнитель «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»).

#### Список использованных источников

1. Anicic B., Lin W., Kim Dam-Johansen K. – D., Wu H. Agglomeration mechanism in biomass fluidized bed combustion – Reaction between potassium carbonate and silica sand, *Fuel Processing Technology* 173 (2018) 182–190
2. Scala, F. Particle agglomeration during fluidized bed combustion: Mechanisms, early detection and possible countermeasures, *Fuel Processing Technology* 171 (2018) 31–38.
3. Perea-Moreno M.-A., Francisco Manzano-Agugliaro F., Perea-Moreno A.-J. Sustainable Energy Based on Sunflower Seed Husk Boiler for Residential Buildings, *Sustainability* 2018, 10, 3407.

4. Raclavska H., Juchelkova D., Roubicek V., Matysek D. Energy utilisation of biowaste – Sunflower-seed hulls for co-firing with coal, *Fuel Processing Technology* 92 (2011) 13–20.
5. Visser, H. J. M.; Hofmans, H.; Huijnen, H.; Kastelein, R.; Kiel, J. H. A. Biomass Ash – Bed Material Interactions Leading to Agglomeration in Fluidised Bed Combustion and Gasification. *Prog. Thermochem. Biomass Convers.* 2008, 272–286.
6. Almark M., Hiltunen M. Alternative bed materials for high alkali fuels, *Proceedings of FBC2005 18th International Conference on Fluidized Bed Combustion May 22–25, 2005, Toronto, Ontario, Canada.*
7. Abelha P., Vilela C. M., Nanou P., Carbo M., Janssen A., Leiser S. Combustion improvements of upgraded biomass by washing and torrefaction, *Fuel* 253 (2019) 1018–1033.
8. Nebyvaev, A.; Klimov, D.; Ryzhenkov, A.; Brulé, M. Preliminary Results of Innovative Two-Stage Torrefaction Technology Applied for Thermochemical Treatment of Sunflower Husk. *Processes* 2023, 11, 2486.
9. Vamvuka D., Zografos D. Predicting the behaviour of ash from agricultural wastes during combustion, *Fuel*, 2004, 83, 2051–2057.

#### **THE EFFECT OF TORREFACTION AND THE TYPE OF INERT MATERIAL ON THE ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS OF THE SUNFLOWER HUSK FLUIDIZED BED COMBUSTION**

**D. V. Klimov, S. N. Kuzmin, O. Yu. Milovanov, S. V. Grigoriev, S. V. Maksimov**

Sunflower husk is the most affordable and one of the cheapest types of biofuels. The effect of dry torrefaction on the processes of husk combustion in a fluidized bed of inert material (quartz and olivine sand) has been studied. It is shown that the charging of husks makes it possible to halve the carbon monoxide content in flue gases, and the replacement of quartz sand with olivine sand eliminates the formation of agglomerates when burning husks in a fluidized bed.

УДК 665.772:662.813

## УТИЛИЗАЦИЯ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПИРОЛИЗОМ ИХ КОМПОЗИЦИЙ С ТОРФОМ

**В. М. Крайко, В. М. Дударчик, Е. В. Ануфриева**

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

*Предложен способ утилизации углеводородсодержащих отходов переработки нефтепродуктов пиролизом их композиций с торфом в стационарном слое с получением жидких и газообразных продуктов и снижением экологоопасных выбросов загрязняющих веществ.*

*Ключевые слова: торф, нефтесодержащие отходы, пиролиз, смесевые композиции, смола, пиролизный газ, теплота сгорания.*

**Введение.** Загрязнение окружающей среды нефтесодержащими отходами в настоящее время является одной из наиболее экологоопасных и быстрорастущих проблем, особенно для нефтедобывающих стран. Не менее актуальной эта проблема также стоит и перед странами активно перерабатывающими нефть, что характерно для Беларуси, в результате чего также накапливаются большие объемы специфических отходов, требующих утилизации.

Нефтяной шлам – это жидкие, пастообразные или твердые отходы, представляющие собой смесь нефти (нефтепродуктов), твердой фазы (частицы грунта и почвы) и воды. Источники образования шламов – процессы добычи углеводородного сырья (образуются буровые шламы, которые размещаются в шламовых амбарах), объекты хранения и переработки нефти и нефтепродуктов (шлам или сточные воды хранятся в отстойниках), а также аварийные разливы (образуются «замазученные» грунты). В любом случае такие шламы рассматривают как отходы и источник проблем, вынуждающих заниматься их утилизацией.

Согласно мониторинговым исследованиям Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, только поверхностных загрязнений нефтешламами (в основном, это кислые гудроны, смеси вязких обводненных нефтепродуктов, нефтешламовые отложения и продукты попутной переработки нефти) имеется в объеме более 3,5 млн. т.

В качестве основных методов обезвреживания и утилизации нефтеотходов практически используются физические, химические, биохимические, физико-химические, термические, комбинированные методы (основанные на сочетании ранее перечисленных методов) [1, 2].

Термические методы переработки нефтешламов по сравнению с физическими, химическими, физико-химическими и биологическими методами обладают рядом преимуществ. Это отсутствие дорогостоящих стадий разделения; возможность переработки сырья с высокой зольностью; отказ от использования растворителей и микроорганизмов; отсутствие отходов и продуктов, требующих утилизации (фильтрующие элементы, гидрофобные капсулированные продукты и т.п.). Каталитический пиролиз нефтешламов [3] является одним из наиболее перспективных термических методов, так как позволяет получать ценные газообразные и жидкие продукты для химической и энергетической промышленности. Использование катализаторов в процессе пиролиза позволяет снизить температуру процесса, увеличить степень конверсии нефтешламов, а также выход газообразных и жидких продуктов. Кроме того, катализаторы могут существенно повлиять на химический состав жидких продуктов пиролиза, повышая выход ароматических и алкилароматических углеводородов, что особенно ценно при переработке тяжелой нефти.

**Цель работы** – провести оценку возможности утилизации углеводородсодержащих отходов в смеси с торфом методом пиролиза в стационарном слое с получением жидких и газообразных продуктов и снижением экологоопасных выбросов загрязняющих веществ.

**Объекты и методы исследований.** В состав компонентов смесевых композиций входили: торф низинный ( $W = 8,9\%$ ;  $A^{\circ} = 2,0\%$ ); твердые отходы переработки нефтепродуктов (парафин, парафиновый гач) ОАО «Завод горного воска» (ОЗГВ), а также нефтешламовые отходы ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод» (Мозырский НПЗ). Основными компонентами ОЗГВ являются n-парафины и их изомеры с числом «С» от 20 до 44; температура плавления  $53\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; содержание воды – следы. Нефтешламы (НШ) Мозырского НПЗ представляют собой твердые отложения на внутренних стенках нефтеловушек, в состав которых входят в основном асфальтены, карбоиды, парафины.

Термическое разложение проводили на установке стационарного пиролиза при различных температурах и разном соотношении компонентов. Качество получающихся продуктов пиролиза (смола, твердый остаток и пиролизный газ) оценивали по их составу, балансу и энергетическим характеристикам (теплота сгорания газа). Методика приготовления образцов для исследования заключалась в следующем: торф, пропущенный через шнековый аппарат во влажном состоянии, просушенный до воздушно-сухого, в виде небольших гранул



подвергался в дальнейшем термическому разложению до необходимой температуры при средней скорости нагрева примерно 8 °С/мин. (исходный образец). Образцы смесевых композиций готовились путем механического смешивания подготовленного торфа с измельченными образцами (до 2–4 мм) нефтешламов до однородного состава.

Пиролиз проводили при температурах 600 °С, 700 °С и 800 °С. Для каждой температуры соотношение компонентов составляло 10, 20 и 30 весовых частей нефтешлама и соответственно 90, 80 и 70 весовых частей торфа соответственно.

**Результаты и их обсуждение.** Выход и состав продуктов пиролиза смесевых композиций ОЗГВ с торфом при температуре 700 °С представлены в таблице 1.

**Таблица 1** – Выход и состав продуктов пиролиза в стационарном слое смесей парафинсодержащих отходов с торфом, T = 700 °С

Состав пиролизной смеси	Выход продуктов пиролиза, %			Состав газа, об. %					Q ккал/м <sup>2</sup>
	смолы	кокса	пиролизного газа	CO <sub>2</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	
Торф исх.	33,1	39,4	27,5	49,4	0,8	17,1	15,6	17,1	2493
Торф + 10 в. ч. ОЗГВ	39,0	37,3	23,7	35,9	0,9	19,4	24,2	19,6	3005
Торф + 20 в. ч. ОЗГВ	44,6	31,9	23,5	33,0	1,2	18,8	27,6	19,4	3104
Торф + 30 в. ч. ОЗГВ	55,2	29,2	14,9	47,4	1,4	18,8	14,1	18,3	2949

По выходу продуктов пиролиза отмечается четкая тенденция увеличения жидкой фракции (смолы) в зависимости от количества нефтешлама в исходной смеси. Из данных таблицы 1 видно, что добавка нефтешлама к торфу в количестве 10, 20 и 30 весовых частей увеличивает выход смолы на 18, 35 и 67 % соответственно. В то же время выход коксозольной части с ростом количества добавки нефтешлама уменьшается на 5, 19 и 24 % соответственно.

С целью более детального изучения продуктов термодеструкции двухкомпонентных смесевых композиций был определен качественный и количественный состав исследованных образцов пиролизного газа, рассчитаны их теплоты сгорания.

Как было показано выше (таблица 1), увеличение добавки ОЗГВ к торфу при пиролизе в стационарном слое приводит к значительному росту жидкой фракции (до 67 % от исходного торфа). Что касается пиролизного газа, то определенной зависимости его выхода от количества добавки не обнаружено. В то же время, как видно из данных таблицы 1, пиролиз в стационарном слое смеси торфа и углеводородсодержащих отходов приводит к изменению качественного состава пиролизного газа. Так, происходит рост содержания непредельных углеводородов и метана, что приводит к увеличению теплоты сгорания пиролизного газа по сравнению с исходным торфом.

Результаты экспериментов пиролиза в стационарном слое различных смесевых соотношений торфа и нефтешламов Мозырского НПЗ при температурах 600 °С, 700 °С и 800 °С представлены в таблице 2.

По выходу продуктов пиролиза смесей торфа и нефтешламов наблюдается незначительный рост жидких и газообразных продуктов с ростом температуры пиролиза и количества добавки нефтешлама.

При сравнении выходов продуктов пиролиза двух исследованных типов шламов отмечается более низкое содержание жидкой фракции у нефтешлама Мозырского НПЗ, чем у нефтешлама ОЗГВ, что в общем предсказуемо.

При анализе результатов пиролиза в стационарном слое при 600–800 °С двухкомпонентных смесей торфа и нефтешламов Мозырского НПЗ важное значение имеет выход, состав и теплота сгорания газа (таблица 2).

**Таблица 2** – Выход и состав продуктов пиролиза в стационарном слое смесей нефтешламов с торфом

Состав пиролизной смеси	T °С	Выход продуктов пиролиза, %			Состав газа, об. %					Q ккал/м <sup>2</sup>
		смолы	кокса	пиролизного газа	CO <sub>2</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	
Торф исх.	700	33,1	39,4	27,5	56,6	1,3	13,7	10,6	17,8	2384
Торф + 10 вес. ч. НШ	600	32,0	51,5	16,5	61,8	1,6	14,4	10,2	12,0	1948
Торф + 20 вес. ч. НШ	600	32,8	45,4	21,8	53,2	1,3	13,9	13,2	18,4	2511

Продолжение таблицы

Торф + 30 вес. ч. НШ	600	35,4	46,7	17,9	46,7	1,8	16,1	20,0	15,4	2566
Торф + 10 вес. ч. НШ	700	34,0	38,6	27,4	32,7	1,1	17,8	28,2	20,2	3140
Торф + 20 вес. ч. НШ	700	29,2	43,6	27,2	38,4	1,6	14,9	25,2	19,9	3018
Торф + 30 вес. ч. НШ	700	35,4	43,1	21,5	23,0	0,9	32,6	30,3	13,2	3017
Торф + 10 вес. ч. НШ	800	33,8	39,5	26,7	23,0	0,9	32,6	30,3	13,2	3017
Торф + 20 вес. ч. НШ	800	32,9	39,9	27,2	24,6	1,1	28,8	31,1	14,3	3051
Торф + 30 вес. ч. НШ	800	36,8	41,0	22,2	16,3	1,3	54,2	19,5	8,7	3073

Установлено, что с повышением температуры от 600 °С до 800 °С в составе газа пиролиза смесей снижается содержание диоксида углерода и непредельных углеводородов, растет доля метана и водорода, теплота сгорания газа достигает 3140 ккал/нм<sup>3</sup>. Сумма монооксида углерода и водорода (синтез-газ) при этом растет от 24 % при 600 °С до 73 % при 800 °С и добавке 30 вес. ч. нефтешлама. Как известно, синтез-газ можно использовать после удаления диоксида углерода для каталитического синтеза углеводородов и спиртов.

**Заключение.** Предложен способ утилизации углеводородсодержащих отходов переработки нефтепродуктов пиролизом их смесей с торфом в стационарном слое с получением жидких и газообразных продуктов и снижением экологоопасных выбросов загрязняющих веществ. В качестве смесевых компонентов предлагается использовать торф и нефтешламы на примере отходов ОАО «Завод горного воска» и ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод».

На основе данных по пиролизу указанных смесей, выходу и анализу получаемых продуктов установлено:

1. Увеличение добавки парафинсодержащих отходов к торфу при пиролизе в стационарном слое приводит к значительному росту жидкой фракции (до 67 % от исходного торфа). Также изменяется качественный состав пиролизного газа, происходит рост содержания непредельных углеводородов и метана, что приводит к увеличению теплоты сгорания пиролизного газа по сравнению с исходным торфом.

2. С повышением температуры от 600 °С до 800 °С в составе газа пиролиза смесей торфа и нефтешламов Мозырского НПЗ снижается содержание диоксида углерода и непредельных углеводородов, растет доля метана и водорода, теплота сгорания газа достигает 3140 ккал/нм<sup>3</sup>.

3. Сумма монооксида углерода и водорода (синтез-газ) при этом растет от 24 % при 600 °С до 73 % при 800 °С и добавке 30 вес. ч. нефтешлама.

5. Полученные результаты по пиролизу смесевых композиций на основе нефтешламов (два вида) и торфа показали, что указанный способ утилизации экологоопасных канцерогенных отходов можно оценить как приемлемый в плане получения жидких и газообразных энергоносителей, однако в плане баланса затрат, экономических показателей и других факторов еще требует серьезного дополнительного изучения.

#### Список использованных источников

1. Экологические аспекты получения изомасляной кислоты / Э. Н. Абдрахманова и [др.] // Экология и промышленность России. – 2013. – № 3. – С. 18–21.
2. Использование нефтешламов – рациональный способ их утилизации / А. С. Аминова и [др.] // Безопасность жизнедеятельности. – 2015. – № 2. – С. 124–126.
3. Чалов, К. В. Пиролиз торфа и нефтесодержащих отходов в присутствии металлосодержащих катализаторов / К. В. Чалов, Ю. В. Луговой // Вестник ТвГУ. Сер. Химия. – 2011. – № 12. – С. 159–163.

#### UTILIZATION OF OILY WASTE BY PYROLYSIS OF THEIR COMPOSITIONS WITH PEAT

V. M. Kraiko, V. M. Dudarchik, E. V. Anufrieva

A method is proposed for the utilization of hydrocarbon-containing waste from the processing of petroleum products by pyrolysis of their mixed compositions by storf in a stationary layer to produce liquid and gaseous products and reduce environmentally hazardous emissions of pollutants

## МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАКОВИН *HELIX ASPERSA* В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ СОДЕРЖАНИЯ

Д. А. Кунаховец, В. П. Рабчук

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, Брест, Беларусь

*Проведена оценка лабораторной группировки, содержащейся в 2021–2024 гг. в условиях вольерного и свободного содержания. Проводимая работа была направлена на изучение восьми морфометрических параметров раковин *Helix aspersa* в разных условиях содержания.*

*Ключевые слова: моллюск, улитка серая, *Helix aspersa*, морфометрия.*

**Введение.** Улитку серую *Cornu aspersum* часто называют *Helix aspersa* или *Cryptomphalus aspersa*. Относится к классу Брюхоногие (*Gastropoda*) подклассу легочные моллюски (*Pulmonata*), принадлежит к семейству Настоящие улитки (*Helicidae*). Первоначально ареал улитки занимал средиземноморские страны, сейчас в связи с гастрономическим интересом людей он расширился от северо-западной части Африки до Британских островов, от Португалии до Малой Азии и юго-западных окраин Польши. Типичный антропохорный вид. Данный вид способен осваивать широкий спектр биотопов – от песчаных дюн до кустарниковых зарослей и лесов. Часто встречается в антропогенных условиях: в парках, садах, скверах и т. п. В основном улитка – травоядное животное с широким спектром кормовых растений. Она питается многочисленными видами плодов, ягод, опада фруктовых деревьев, овощными культурами, злаками, может повреждать культурные растения. В некоторых районах Европы этот вид известен как сельскохозяйственный и садовый вредитель. Иногда является всеядным падальщиком, который питается гниющим растительным материалом, собирает отходы животного происхождения (такие как раздавленные улитки, черви и т. д.). При массовом скоплении, а также в молодом возрасте широко распространен каннибализм [1, 2].

*H. aspersa* может быть полезен в качестве индикатора загрязнения окружающей среды, поскольку в его известковой раковине накапливаются тяжелые металлы, например, свинец.

В последнее десятилетие улитка серая стала выращиваться в немногих фермерских хозяйствах Беларуси для товарного производства на мясо, в качестве гастрономической экзотики, отработки зоотехнических приемов. Представляется актуальным оценить некоторые морфометрические показатели улитки серой в разных условиях содержания на юго-западе Беларуси.

**Цель.** Охарактеризовать отдельные морфометрические параметры особей *Helix aspersa* из лабораторной группировки, содержащейся в 2021–2024 гг. в Полесском аграрно-экологическом институте и фермерской группировки 2021 г.

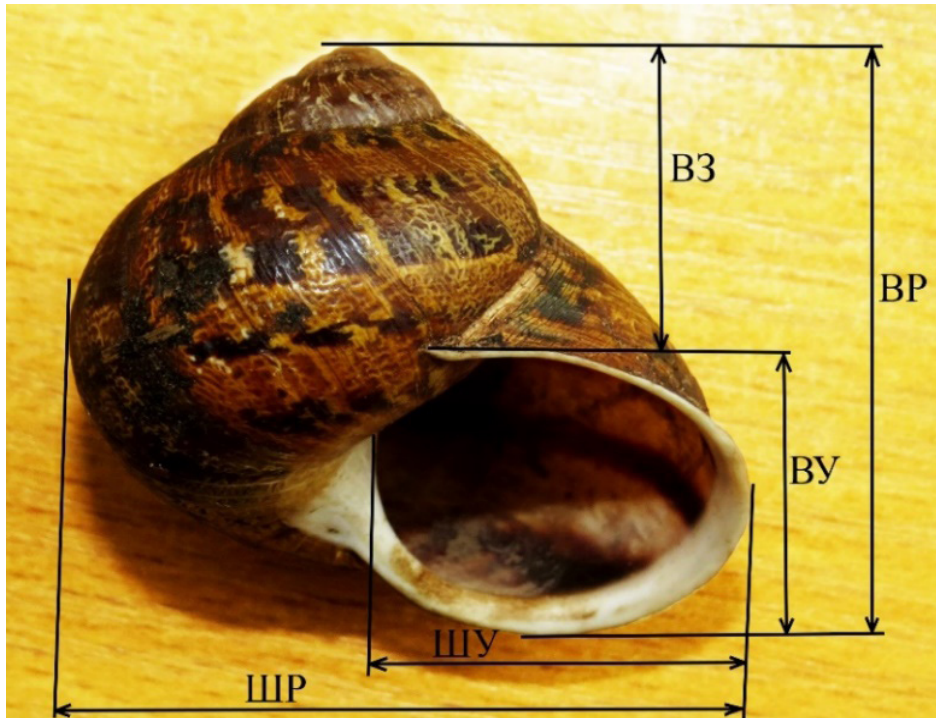
**Методы.** В ходе исследования применялся метод камеральной обработки раковин. Во всех исследованиях для морфометрического анализа использовались как пустые раковины, так и живые половозрелые особи. Для анализа использовались только раковины, закончившие рост и образовавшие отворот на устье.

Для оценки морфометрических показателей использовались типичные экземпляры, которые содержались в условиях вольеров (крупномерный уличный аквариум 0,8 м<sup>3</sup> летом, зимовальный террариум в отапливаемом помещении с  $t$  воздуха +14...+18 °С – зимой).

Лабораторная (вольерная) группировка в летние сезоны содержалась в условиях, близких к экстремальным природным: минимальная подкормка, произвольный режим влажности и температуры.

Для наших исследований были выбраны наиболее часто используемые в малакологии промеры раковин, такие как высота раковины (ВР), ширина раковины перпендикулярно к основной оси (ШР), высота завитка (ВЗ), высота устья (ВУ), ширина устья (ШУ). Кроме того, нами рассчитывалось отношение ширины раковины к ее высоте (ШР/ВР), а также вычислялся индекс отношения высоты завитка к высоте раковины (ВЗ/ВР) ШУ/ВУ. Схема промеров раковин представлена на рисунке 1.

Для сравнения использованы также экземпляры из группировки культуры улитки серой, выращиваемой в условиях высокой зоотехнической культуры (специализированное фермерское хозяйство на юго-западе Беларуси).



**Рисунок 1** – Схема основных промеров раковины (по Е. М. Хейсину [3]) на изображении вольерного экземпляра улитки серой: ВР – высота раковины; ШР – ширина раковины перпендикулярно к основной оси; ВЗ – высота завитка; ВУ – высота устья; ШУ – ширина устья

**Результаты.** В последние десятилетия предпринимаются попытки любительского и производственного разведения улитки серой за северными пределами ареала обитания [4, 5].

В летний период и до ухода в диапаузу в сентябре-октябре особи улитки серой содержались в герметичном стеклянном аквариуме. Аквариум располагался на инсолированной стороне здания и был хорошо защищен от господствующих ветров (рисунки 2–4). Сверху аквариум прикрывался деревянной крышкой. Кормовой субстрат составляли ветки с молодыми листьями лиственных пород, вегетативные части около 20 видов травянистых растений, разные фрукты и овощи (рисунок 4).



**Рисунок 2** – Взрослая особь *Helix aspersa* из лабораторной группировки. В интересах предотвращения случайных уходов взрослых особей вольер был постоянно закрыт, принимая во внимание биологию улитки, условия содержания особей *H. aspersa* следует признать близкими к экстремальным

У взрослых особей высота раковины колебалась в диапазоне от 20 до 40 мм (чаще 25–35 мм), ширина раковины – от 25 до 40 мм (реже – до 45 мм) [1]. Имеет около 4–4,5 оборотов. Форма раковины шаровидно-кубареvidная [6]. Последний оборот сильно раздутый. Устье раковины улитки серой скошено вниз и вправо. Пупок закрытый, а у молодых особей частично прикрытый отвернутым колумеллярным краем устья. На поверхности раковины *H. aspersa* имеется характерная вермикулятная скульптура, состоящая из хаотически расположенных светлых морщин, изгибающихся и переплетающихся между собой [7]. Эта скульптура хорошо заметна иногда даже невооруженным глазом. Фоновая окраска раковины улиток лабораторной группировки: роговая, желтовато-коричневая или буро-коричневая. Часто встречаются раковины с пятью темными спиральными полосами, которые представлены сплошными или разбиты на ряды пятен. Вторая и третья полосы часто сливаются друг с другом, первая проходит под самым швом. Реже встречаются раковины без полос (рисунок 2) [1].



Рисунок 3 – Летний вольер содержания лабораторной группировки *Helix aspersa*



Рисунок 4 – Кормовой субстрат *Helix aspersa* в летнем вольере содержания

Раковины взрослых особей улитки серой измеряли по стандартной методике штангенциркулем с точностью до 0,1 мм (таблица 1). Полученные результаты сравнивали с литературными данными по высоте и ширине раковин *H. aspersum* (таблица 2).

**Таблица 1** – Морфометрические параметры раковины улитки серой *Helix aspersa* из вольерной и фермерской группировок на юго-западе Беларуси

№ п/п	ВР	ШР	ВУ	ШУ	ВЗ	ШР/ВР	ВУ/ШУ	ВЗ/ВР
1	39,6	44,3	30,9	29,7	14,9	1,119	1,040	0,376
2	41,0	42,1	30,6	29,0	16,3	1,027	1,055	0,398
3	33,3	36,1	25,8	26,1	13,5	1,084	0,989	0,405
4	30,2	32,5	21,8	23,2	11,8	1,076	0,940	0,391
5	35,9	36,8	26,8	24,9	15,6	1,025	1,076	0,435
6	33,1	35,9	24,7	23,5	14,7	1,085	1,051	0,444
7	33,3	36,0	25,0	24,9	12,8	1,081	1,004	0,384
8	31,6	33,9	26,1	22,2	14,3	1,073	1,176	0,453
9	39,5	40,5	26,2	28,3	15,9	1,025	0,926	0,403
10	41,5	36,7	28,9	24,1	21,3	0,884	1,199	0,513
<b>Среднее</b>	<b>35,9</b>	<b>37,5</b>	<b>26,7</b>	<b>25,6</b>	<b>15,1</b>			

Примечание: ВР – высота раковины; ШР – ширина раковины перпендикулярно к основной оси; ВЗ – высота завитка; ВУ – высота устья; ШУ – ширина устья. Полу жирным шрифтом выделены особи фермерской группировки улитки серой.

**Таблица 2** – Размеры раковин *Helix aspersa*, содержащихся в вольерных и фермерских условиях, Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси, разных регионах Украины и других стран

Местонахождение	n	Высота раковины, мм			Ширина раковины, мм		
		mean	min	max	mean	min	max
Брест (авторские данные)	10	35,9±5,6	30,2	41,5	37,5±5,9	32,5	44,3
Литературные данные (запад Украины)							
Львов [1]	7	32,3±0,36	30,6	34,4	36,5±0,56	34,0	40,0
Солонка [1]	3	30,1±0,05	30,0	30,3	33,8±0,20	31,8	35,3
*Жолква [1]	25	34,6±0,32	31,2	37,7	39,2±0,41	35,7	42,6
Литературные данные (европейские страны)							
[6]	–	–	20	40	–	25	45
[8]	–	–	27	35	–	27	38
[9]	–	–	30	35	–	32	40

Примечание: n – количество измеренных взрослых экземпляров, \* – раковины улиток, выращенных на ферме и выброшенных возле города.

Как показано в таблице 1, размеры раковин улитки серой колебались в относительно широком диапазоне. Высота раковины от 30,2 до 41,5 мм, ширина раковины от 32,5 до 44,3 мм (таблица 1). В столь же значительном диапазоне варьировали и другие показатели. Экземпляры улитки № 1, 2 и 10 представляли фермерскую группировку, где эти животные выращивались на открытом воздухе, использовались комбикорма, зеленый корм, минеральная подкормка. Соответственно и морфометрические величины особей фермерской группировки были значительно выше (таблица 1).

В результате проведенных исследований было также установлено, что измеренные нами раковины вполне укладываются в диапазоны изменчивости высоты и ширины раковины этого вида, указанные в литературных источниках (таблица 2). Максимальные величины морфометрических показателей раковин улиток: ВР (высота раковины) – 41,5 мм; ШР (ширина раковины перпендикулярно к основной оси) – 44,3 мм; ВЗ (высота завитка) – 21,3 мм; ВУ (высота устья) – 30,9 мм; ШУ (ширина устья) – 29,7 мм. Минимальные величины морфометрических показателей раковин: ВР – 30,2 мм; ШР – 32,5 мм; ВЗ – 11,8 мм; ВУ – 21,8 мм; ШУ – 22,2 мм.

**Заключение.** Установлено, что в условиях содержания близких к экстремальным (лабораторная группировка) у половозрелых особей улитки серой наблюдалось снижение высоты и ширины раковины по сравнению с особями из группировки, выращенной в условиях высокой зоотехнической культуры (фермерская группировка) на одной и той же территории юго-запада Беларуси.

Установлено, что высота и ширина раковины фермерской группировки была на 10,0 % и 2,8 % выше по сравнению с лабораторной группировкой улитки серой.

Одной из версий снижения основных размеров улитки может служить затяжка диапауза лабораторной группировки и соответственно – более короткий период годовой активности.

**Благодарности.** Выражаем благодарность В. Т. Демянчику за помощь в проведении исследований и подготовке рукописи статьи.

#### Список использованных источников

1. Просветительская интернет-программа «Моллюски» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.pip-mollusca.org/ru/page/phg/land/sp/Cornu\\_aspersum.php](http://www.pip-mollusca.org/ru/page/phg/land/sp/Cornu_aspersum.php). – Дата доступа : 15.05.2024.
2. Cornu aspersum [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Cornu\\_aspersum](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Cornu_aspersum). – Дата доступа : 27.05.2024.
3. Хейсин, Е. М. Краткий определитель пресноводной фауны / Е. М. Хейсин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Учпедгиз, 1962. – 148 с.
4. Актуальность оптимизации ресурсов теплолюбивой фауны путем зоокультуры и транслокации *Helix aspersa müller*, *Helix aspersa maxima*, *Coronella austriaca*, *Bufo calamita* в условиях аридизации климата юго-запада Беларуси / В. Т. Демянчик [и др.] // Трансграничные регионы в условиях глобальных изменений: современные вызовы и перспективы развития : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Горно-Алтайск, 26 нояб. 2021 г. / Горно-Алтайский гос. ун-т ; отв. ред. А. В. Шитов, О. И. Банникова, Е. В. Мердешева. – Горно-Алтайск, 2021. – С. 16–20.
5. Инвазивные виды фауны и флоры в экосистемах Бреста / В. Т. Демянчик [и др.] // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця : зб. навук. прац / Палес. аграр.-экал. ін-т НАН Беларусі ; рэдкал.: М. В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. – Мінск, 2022. – Вып. 13. – С. 98–102.
6. Фауна СССР : в 31 т. / Зоол. ин-т. – Ленинград : Наука, 1935–2007. – Т. 3, Вып. 3 : Моллюски / А. А. Шилейко. – 1984. – 399 с.
7. Леонов, С. В. Инвазивный вид *Cornu aspersum* (Mollusca; Pulmonata) в Крыму: первая находка после 1909 года и некоторые соображения по поводу этого события / С. В. Леонов // Экосистемы. – 2017. – Вып. 10. – С. 42–51.
8. Kerney, M. P. Die Landschnecken Nord- und Mitteleuropas / M. P. Kerney, R. A. D. Cameron, J. H. Jungbluth. – Hamburg : Paul Parey, 1983. – 384 s.
9. Welter-Schultes, F. European non-marine molluscs, a guide for species identification / F. Welter-Schultes. – Göttingen : Planet Poster Editions, 2012. – 697 p.

#### MORPHOMETRIC PARAMETERS OF *HELIX ASPERSA* SHELLS IN DIFFERENT CONDITIONS

**D. A. Kunakhavets, V. P. Rabchuk**

An assessment of the population group kept in aviary and free-range conditions in 2021–2024 was carried out. The work carried out was aimed at studying eight morphometric parameters of *Helix aspersa* shells under different conditions.

УДК 574.24

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ *IN VITRO* СИЛЬФИИ ПРОНЗЕННОЛИСТНОЙ (*SILPHIUM PERFOLIATUM L.*) СОРТА ПЕРВЫЙ БЕЛОРУССКИЙ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНО ЭФФЕКТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ-РЕМЕДИАНТА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

А. В. Левый, М. А. Пастухова

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

В статье представлена разработанная технология микроклонального размножения сильфии пронзеннолистной сорта Первый Белорусский. Для введения в культуру *in vitro* и микроразмножения эффективной является среда МС с добавлением БАП – 1 мг/л и НУК – 0,1 мг/л. Стимулирование процесса ризогенеза осуществляется путем пересадки растений-регенерантов на питательную среду МС без добавления фитогормонов.

**Ключевые слова:** сильфия пронзеннолистная, микроклональное размножение, культура *in vitro*.

**Введение.** Фиторемедиация – современный метод очистки загрязненных почв, грунтовых и поверхностных вод, воздуха, основанный на способности растений в процессе роста поглощать загрязняющие вещества. Поиск растений, способных участвовать в фиторемедиации земель – одно из перспективных направлений современных исследований в экологии.

Представители рода *Silphium*, в том числе сильфия пронзеннолистная (*Silphium perfoliatum L.*), являются диплоидами ( $2n=14$ ) [1]. Изменение пloidности у растений часто сопровождается значительным увеличением вегетативной части, что может положительно сказываться на урожайности культуры. Большой практический интерес представляет получение тетраплоидных клонов сильфии [2].

Митотическое удвоение хромосом в условиях *in vitro* – один из наиболее эффективных способов увеличения пloidности. Основным преимуществом данного метода является возможность осуществления эксперимента в любое время года в строго контролируемых условиях, независимо от погодных условий. Для реализации данной методики необходимо наличие некоторого количества растений-регенерантов сильфии в условиях *in vitro*.

Единственным внесенным в Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений Республики Беларусь является сорт Первый Белорусский. Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси является производителем оригинальных семян данного сорта. По этой причине использование семян и многолетних корневищ сорта Первый Белорусский в качестве источников эксплантов в экспериментах по введению сильфии пронзеннолистной в культуру *in vitro* является актуальным.

Цель исследования – разработка эффективного метода микроклонального размножения сильфии пронзеннолистной в условиях *in vitro*.

Задачи исследования:

- введение сильфии пронзеннолистной в культуру *in vitro*;
- подбор оптимального состава питательной среды для получения растений-регенерантов;
- изучение особенностей переноса растений-регенерантов в условия *in vivo*.

**Методы.** В эксперименте по введению сильфии пронзеннолистной сорта Первый Белорусский в культуру *in vitro* были использованы экспланты двух типов:

- α) сеянцы, полученные в результате проращивания семян;
- β) побеги, образовавшиеся из почек возобновления многолетних корневищ.

Проращивание семян и корневищ осуществлялось в пластиковых контейнерах на питательном торфяном грунте «ДВИНА» в световой комнате, где поддерживалась температура 20–22 °С, при 16-часовом освещении светодиодными светильниками дневного света «ЭРА» (артикул SPO-532-0-65K-036) и плотностью светового потока 3300 Лм. По истечении 6 недель выполнялась срезка полученных сеянцев и стеблей. Срезанные побеги сильфии разрезались на черенки длиной 3–4 см, содержащие пазушные почки (экспланты β-типа). При этом разрезание сеянцев по этому же принципу было невозможным, так как в силу биологических особенностей данной культуры в первый год вегетации из семян сильфии формируются растения розеточного типа с очень плотным расположением боковых почек. По этой причине экспланты α-типа представляли собой верхнюю часть гипокотыля с семядольными листьями и расположенной между ними точкой роста. Стерилизация эксплантов осуществлялась 5%-ным раствором гипохлорита натрия в течение 20 минут при постоянном помешивании. Далее выполнялась трехкратная отмывка эксплантов стерильной дистиллированной водой и обновление срезов. Экспланты высаживались в пробирки диаметром 14 мм с питательной средой Мурасиге – Скуга (МС) с добавлением 6-бензиламинопурина (БАП) – 5 мг/л и 1-нафталинуксусная кислота (НУК) – 1 мг/л [3] и МС с уменьшенным содержанием БАП – 1 мг/л и увеличенной концентрацией НУК – 0,1 мг/л [4, 5].



Культивирование эксплантов осуществлялось в течение 6 недель в световой комнате, где поддерживалась температура 20–22 °С, при 16-часовом освещении светодиодными светильниками дневного света «ЭРА» (артикул SPO-532-0-65K-036) и плотностью светового потока 3300 Лм. Этап, собственно, микроразмножения выполнялся с использованием аналогичных условий и питательных сред. Процесс ризогенеза стимулировался путем пересадки сформировавшихся растений-регенерантов в пробирки большего диаметра (18 мм) на питательную среду МС без добавления гормонов. Для адаптации растений-регенерантов к условиям *in vivo* за 24 часа до высадки в грунт выполнялось открывание пробирок (снятие ватно-марлевых пробок). В течение первых двух суток поддерживалась повышенная влажность в области листового аппарата путем ежедневного опрыскивания водой из пульверизатора и накрывания растений прозрачными изоляторами. По истечении семи суток изоляторы были сняты.

**Результаты.** Было установлено, что при введении сильфии пронзеннолистной сорта Первый Белорусский в культуру *in vitro* использование эксплантов  $\alpha$ -типа (сеянцев) проблематично из-за 100%-ной контаминации при выбранном методе их стерилизации. Вероятной причиной этого является близкое расположение точки роста сеянцев сильфии пронзеннолистной к поверхности грунта на начальных этапах развития, что повышает вероятность микроповреждений и загрязнения поверхностных тканей гипокотыла частицами грунта и, следовательно, микроорганизмами.

Применение эксплантов  $\beta$ -типа (побеги) оказалось более эффективным по параметру контаминации (13%), что вероятно обусловлено дальним расположением пазушных почек на побегах относительно поверхности грунта. Однако по истечению периода культивирования на среде МС + БАП – 5 мг/л и НУК – 1 мг/л не наблюдалось развитие как новых побегов из пазушных почек эксплантов, так и корней. При этом ткани черенков сохраняли тургор, некроз не отмечался. Таким образом, был сделан вывод о том, что для введения в культуру *in vitro* сильфии пронзеннолистной сорта Первый Белорусский питательная среда МС + БАП – 5 мг/л и НУК – 1 мг/л является не эффективной, требуется коррекция ее гормонального состава.

Далее, на основании анализа литературных источников (Taha et al., 2007; Neama et al., 2020) о микрклональном размножении топинамбура, другого представителя семейства астровые, было сделано предположение о том, что для успешного введения в культуру *in vitro* и последующего микрклонального размножения сильфии пронзеннолистной сорта Первый Белорусский более эффективной будет питательная среда МС с уменьшенным содержанием БАП – 1 мг/л и увеличенной концентрацией НУК – 0,1 мг/л [4, 5].

Эксперимент по введению в культуру *in vitro* был повторен с той лишь разницей, что использовались экспланты только  $\beta$ -типа, культивирование которых осуществлялось на питательной среде МС + БАП – 1 мг/л и НУК – 0,1 мг/л. По истечении 6 недель эксперимента были получены растения-регенеранты (рисунок 1).



**Рисунок 1** – Первичные растения-регенеранты сильфии пронзеннолистной

Растения-регенеранты характеризовались розеточным типом строения, наличием 3–6 листьев и отсутствием корней. У 23% клонов отмечено наличие боковых побегов.

С целью собственно микроразмножения полученные растения-регенеранты разрезались на микрочеренки, которые культивировались на питательной среде МС + БАП – 1 мг/л и НУК – 0,1 мг/л. Коэффициент размножения при этом составил 4 (рисунок 2).



**Рисунок 2** – Вторичные растения-регенеранты сильфии пронзеннолистной

При этом формирование корней не происходило. В результате пересадки в пробирки большего диаметра (18 мм) на питательную среду МС без добавления гормонов по истечении четырех недель культивирования отмечено формирование корней у 97% растений-регенерантов (рисунок 3). Среднее значение количества образовавшихся корней на один клон составило 1,2 шт.



**Рисунок 3** – Растения-регенеранты сельфийи пронзеннолистной с образовавшимися корнями

В результате высадки растений-регенерантов в стаканчики с питательным торфяным грунте «ДВИНА» и последующей адаптации к условиям *in vivo* был получен полноценный посадочный материал сельфийи (рисунок 4).



**Рисунок 4** – Растение-регенерант сельфийи пронзеннолистной, адаптированное к условиям *in vivo*

При этом приживаемость растений-регенерантов составила 95%.

**Выводы.** Таким образом, в результате выполнения научно-исследовательской работы была разработана технология (методика) микрклонального размножения сельфийи пронзеннолистной сорта Первый Белорусский, которая включает следующие этапы:

1. Введение в культуру *in vitro*. Предпочтительным типом экспланта для введения в культуру *in vitro* являются побеги, сформировавшиеся из почек возобновления многолетних корневищ. Стерилизацию эксплантов следует выполнять 5%-ным раствором гипохлорита натрия. Для введения в культуру *in vitro* эффективной является среда МС с добавлением БАП – 1 мг/л и НУК – 0,1 мг/л.

2. Собственно микроразмножение. Микрочеренки следует культивировать на среде МС с добавлением БАП – 1 мг/л и НУК – 0,1 мг/л в течение 6 недель при фотопериоде 16 ч и температурном режиме 20–22 °С.

3. Ризогенез. Стимулирование процесса ризогенеза осуществляется путем пересадки сформировавшихся клонов в пробирки большего диаметра на питательную среду МС без добавления фитогормонов в течение 4-х недель при фотопериоде 16 ч и температурном режиме 20–22 °С.

4. Перенос клонов в условия *in vivo*. За 24 ч до извлечения растений-регенерантов из пробирок необходимо их открыть (снять ватно-марлевые пробки). Далее осуществляется высадка клонов в стаканчики с питательным торфяным грунтом «ДВИНА» и поддержание условий повышенной влажности в области листового аппарата в течение первой недели адаптации.

## Список использованных источников

1. Zykova, E. Yu. Chromosome numbers in some alien plant species of the Novosibirsk Region: post V / E. Yu. Zykova, T. V. Pankova, M. N. Lomonosova // *Turczaninowia*. – 2023. – Vol. 26, No. 3. – P. 148–154. – DOI 10.14258/turczaninowia.26.3.12. – EDN QQNHRY.
2. Стадничук, Н. А. Биоморфологические особенности *Silphium perfoliatum* L. в связи с интродукцией в условиях Лесостепи Украины : специальность 03.00.05 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Стадничук Нина Александровна. – Киев, 1992. – 18 с. – EDN ZLMZXN.
3. Jamiołkowska, Agnieszka & Kowalski, Radosław. (2012). In vitro estimate of influence of *Silphium perfoliatum* L. Leaves extract on some fungi colonizing the pepper plants. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*. 11. 43-55.
4. Taha, Hussein & A.M, El-Sawy & Bekheet, Shawky. (2007). In Vitro Studies on Jerusalem Artichoke (*Helianthus Tuberosus*) and Enhancement of Inulin Production. *Journal of Applied Sciences Research*. 3. 853-858.
5. Abdalla, Neama & Ragab, Mohamed Emam & El-Miniawy, Salah & Arafa, Nermeen & Taha, Hussein. (2020). A New Aspect for In vitro Propagation of Jerusalem Artichoke and Molecular Assessment Using RAPD, ISSR and SCoT Marker Techniques. *Egyptian Journal of Botany*. 60. 10.21608/ejbo.2020.40297.1541.

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR MICROCLONAL REPRODUCTION IN VITRO CONDITIONS OF *SILPHIUM PERFOLIATUM* L. VARIETIES FIRST BELARUSIAN AS A POTENTIALLY EFFECTIVE CULTURE-REMIANT OF CONTAMINATED TERRITORIES**

**A. V. Levy, M. A. Pastukhova**

The article presents the developed technology for microclonal propagation of *Silphium perfoliatum* L. variety First Belorussky. For introduction into *in vitro* culture and micropropagation, the MS medium with the addition of BAP – 1 mg/l and NAA – 0.1 mg/l is effective. The process of rhizogenesis is stimulated by transplanting clones onto MS nutrient medium without adding phytohormones.

УДК 628.381.1

## ХАРАКТЕРИСТИКА ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. Н. Лицкевич, О. Е. Чезлова, М. В. Гришко, Л. А. Кутаева, Л. И. Чирук  
Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

*Рассмотрены основные элементы технологии получения и проведена агрохимическая оценка продуктов переработки производственных отходов молоко- и мусороперерабатывающих предприятий, а также продукта переработки отхода производства ацетилена.*

*Ключевые слова: осадок сточных вод, продукты переработки, удобрения органические, мелиоранты.*

**Введение.** Производство основного продукта зачастую связано с образованием большого количества отходов. Выход основного продукта иногда составляет всего 15–30% от массы исходного сырья. Остальная часть, содержащая значительное количество ценных веществ, в данном производственном процессе не используется, переходит в так называемые отходы производства, которые часто являются вторичным сырьем для производства дополнительной продукции. Внедрение прогрессивных технологических процессов, новых видов сырья и изменение спроса на вырабатываемую продукцию позволит отходам производства приобрести общественную полезность и стать исходным материалом для получения других конечных и промежуточных продуктов, приобрести качество товара [1, 2].

В работе представлены основные элементы технологии получения и агрохимическая характеристика органического удобрения – продукта переработки осадков сточных вод (ОСВ) мусороперерабатывающего завода (ОАО «Брестский мусороперерабатывающий завод»), молокоперерабатывающего производства (ОАО «Пружанский молочный комбинат» и ОАО «Молочный мир»), а также продукта переработки отхода производства ацетилена ООО «ДельтаГаз».

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований явились технологии получения и продукты переработки осадков производственных сточных вод локальных очистных сооружений ОАО «Пружанский молочный комбинат» – удобрение органическое «Эко-Дар»; Щучинского филиала ОАО «Молочный Мир» – удобрение органическое «Щучинское»; КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод» – удобрение органическое на основе обезвоженного сброженного осадка сточных вод (СОПСВ). Также объектом исследований явился мелиорант на основе карбидной извести, полученный из производственных отходов ООО «ДельтаГаз».

Агрохимический анализ удобрений органических и мелиоранта осуществлялся в соответствии с: рН – ГОСТ 27979-88; органическое вещество – ГОСТ 26714-85; азот общий – ГОСТ 26715-85; фосфор общий – ГОСТ 26717-85; калий общий – ГОСТ 26718-85.

**Результаты исследования.** В основе технологического процесса получения удобрения органического «Эко-Дар» лежит процесс обезвоживания СОПСВ на локальных очистных сооружениях ОАО «Пружанский молочный комбинат» и предусматривает следующие технологические этапы: сбор и усреднение СОПСВ; приготовление и дозирование полиэлектролитов; обезвоживание СОПСВ; отгрузка удобрения органического «Эко-Дар».

Качество готового удобрения определяется качеством работы биогазового комплекса, постоянством характеристик ОСВ и соблюдением режимов технологических процедур, выполняемых на производственном участке. После очистки ОСВ ОАО «Пружанский молочный комбинат» имеют 4-й класс опасности (малоопасные).

На другом молокоперерабатывающем предприятии – Щучинском филиале ОАО «Молочный Мир» – органическое удобрение получают в процессе полной биологической очистки производственных сточных вод, минуя стадию сбраживания осадка. Для производства удобрения органического «Щучинское» используется шлам (осадок) производства молочных продуктов очистных сооружений с последующим обезвоживанием.

На КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод» предусмотрено две технологические линии:

1) обезвоживание и обработка активного ила и сырого ОСВ с последующей выработкой из биогаза электрической и тепловой энергии.

Участок по сбраживанию сырого осадка и избыточного активного ила, образующихся на очистных сооружениях г. Бреста, с последующей транспортировкой смеси обезвоженного сброженного осадка и избыточного активного ила на площадку для вылеживания материала, с целью формирования органического удобрения, и (или) на полигон ТКО для использования в качестве изоляционного материала.

2) сортировка и биологическая обработка твердых коммунальных отходов, извлечение вторичного сырья (макулатура, пластмассы и др.) и направление их в хозяйственный оборот; выработка биогаза (результат сбраживания органики) электрической и тепловой энергии.

Результатом переработки активного ила и сырого осадка является обезвоженный сброженный осадок, который представляет собой черный пластичный (условно рассыпчатый) остаток. В зависимости от соотношения сырого осадка и активного ила в смеси влажность обезвоженной смеси варьируется в диапазоне от 70% до 87% (при увеличении доли активного ила влажность обезвоженной сброженной смеси растёт). Обезвоженный сброженный осадок имеет 4-й класс опасности и далее может быть использован как изоляционный материал на полигоне ТКО и (или) как органическое удобрение. На прилегающей территории полигона ТКО имеется площадка для вылеживания материала, с целью получения органического удобрения.

Во всех технологических схемах рассматриваемых предприятий при производстве органических удобрений имеется стадия принудительного обезвоживания ОСВ. Основным способом стабилизации и обеззараживания ОСВ IV класса опасности при производстве органических удобрений является анаэробное сбраживание.

Для производства мелиоранта на основе карбидной извести ООО «ДельтаГаз» используется карбидная известь ТУ 206-9290-08-90 (вторичный продукт, образующийся при производстве ацетилена газообразного технического). Мелиорант получают путем отстаивания карбидной извести до состояния известкового молока, гашеной извести (гидроксида кальция), находящейся частично в растворенном и взвешенном состоянии. Мелиорант на основе карбидной извести относится к IV классу опасности (малоопасное вещество).

При производстве всех видов удобрений токсикологические и санитарно-гигиенические характеристики контролируются с использованием нормативов для почв, что резко ограничивает применение некоторых видов отходов с целью производства удобрений.

Агрохимические характеристики полученных продуктов переработки отходов отражены в таблице.

**Таблица** – Агрохимическая характеристика продуктов переработки отходов, предназначенных для применения в сельском хозяйстве

Наименование показателей	Удобрение органическое «Эко-Дар»	Удобрение органическое «Щучинское»	Удобрение органическое на основе обезвоженного сброженного ОСВ	Мелиорант на основе карбидной извести
Органическое вещество, %	71,86	71,13	66,5	25,05
Массовая доля азота общего, %	4,5	4,92	6,50	1,35
Массовая доля общего фосфора, %	9,88	6,96	6,45	–
Массовая доля общего калия, %	0,63	0,63	0,52	0,35
pH солевой вытяжки, ед. pH	6,43	6,0	6,8	12,6
Оксид кальция, %	–	–	–	44,8

Химический анализ полученных продуктов переработки отходов свидетельствует о пригодности их применения в сельском хозяйстве по обеспеченности питательными веществами. Все органические удобрения характеризуются высоким содержанием соединений органического вещества (66,5–71,9 %), азота (4,5–6,5 %) и фосфора (6,5–9,9 %). Исключение составил мелиорант на основе карбидной извести (содержание органического вещества – 25,1 %). Однако данный продукт при влажности 8,0 % отличался высоким содержанием CaO – 45,0 % и значением pH=12,6, что позволяет его использовать как раскисляющий компонент для почвы. Все полученные продукты характеризовались низким содержанием соединений калия (K<sub>2</sub>O до 0,35–0,63 %).

Полевые эксперименты с применением полученных удобрительных компонентов подтверждают их питательную ценность для растений. Так, применение удобрения «Эко-Дар» увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур на 14,1–52,4%. Удобрение легко вносить в почву с помощью оборудования для внесения органических удобрений, оно имеет низкую дозу внесения, облагораживает структуру почвы и повышает ее плодородие на длительный срок (последствие в течение 2 лет).

Удобрение органическое «Щучинское» увеличивает урожайность растительной продукции на 15–30%. Оно также обладает последствием в течение 2 лет, обеспечивает сбалансированное питание сельскохозяйственных культур и создает условия для получения экологически чистой продукции.

Удобрение органическое на основе обезвоженного сброженного ОСВ увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур и качество газонов, способствует разуплотнению почвы и увеличению ее влагоудерживающей способности, снижению кислотности, повышению содержания гумуса.

Мелиорант на основе карбидной извести имеет небольшую дозу внесения. Его рекомендуется вносить в дозе 4–6 т/га (на сухое вещество) или 30–45 т/га (при влажности 75 %) при выращивании сельскохозяйственных культур.

Полесским аграрно-экологическим институтом НАН Беларуси для всех полученных продуктов переработки отходов были созданы технические условия, позволяющие предприятиям безопасно утилизировать отходы и получать дополнительный доход.

**Заключение.** Побочные продукты переработки производственных отходов молокоперерабатывающих и мусороперерабатывающих предприятий отличаются высоким содержанием соединений органического вещества, азота и фосфора и могут быть применены в сельском хозяйстве в качестве органических удобрений.

Продукт переработки отхода производства ацетилена, содержащий значительное количество оксида кальция, может использоваться как мелиорант с раскисляющим эффектом.

Полученные продукты переработки отходов молокоперерабатывающих, мусороперерабатывающего заводов, а также мелиорант на основе карбидной извести, полученный из производственных отходов производства ацетилена, характеризовались низким содержанием соединений калия ( $K_2O$  до 0,35–0,63 %).

Для вовлечения в хозяйственное использование новых видов сырья требуется разработка дифференцированных подходов для нормирования токсикологических и санитарно-гигиенических характеристик удобрительных компонентов и рекультивантов.

#### Список использованных источников

1. Рециклинг отходов в АПК: справочник / И. Г. Голубев [и др.] – М. : ФГБНУ «Росинформагротех». – 2011. – 296 с.
2. Бороздина, А. В. Использование вторичного сырья при производстве хлебобулочных, мучных кондитерских и макаронных изделий: Краткий курс лекций / А. В. Бороздина // ФГБОУ ВПО Саратовский ГАУ. – Саратов, 2015. – 79 с.

#### CHARACTERISTICS OF THE BY PRODUCTS OF AGRICULTURAL PURPOSES OBTAINED FROM SECONDARY RAW MATERIALS OF ENTERPRISES

**A. Lytskevich, O. Chezlova, M. Grishko, L. Kutaeva, L. Chiruk**

The basic elements of the production technology are considered and an agrochemical assessment of the processing products of production waste and garbage processing enterprises was carried out, and the same product of the processing of the production of acetylene production.

## УТИЛИЗАЦИЯ БЕЛОГО ФОСФОРА БИОЛОГИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

А. З. Миндубаев<sup>1</sup>, Э. В. Бабынин<sup>2</sup>, С. Т. Минзанова<sup>3</sup>, Л. Г. Миронова<sup>3</sup>, Е. К. Бадеева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

<sup>2</sup>КазНЦ РАН, г. Казань, Россия

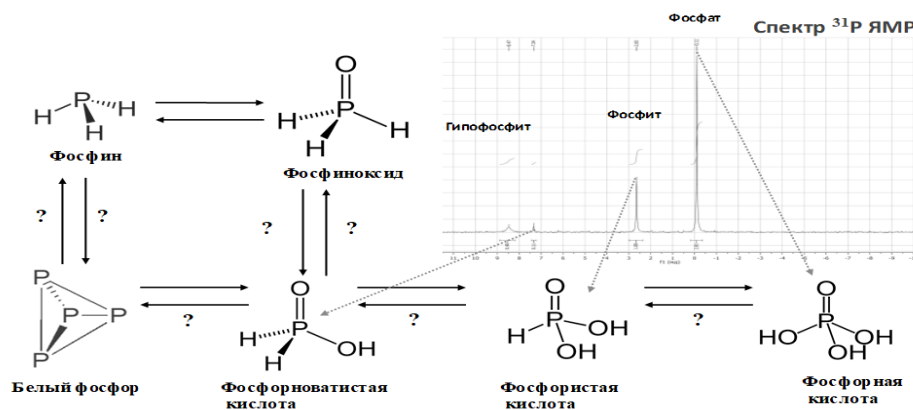
<sup>3</sup>Институт органической и физической химии имени А. Е. Арбузова КазНЦ РАН, Казань, Россия

Впервые в мире осуществлена биологическая детоксикация элементарного – белого и красного – фосфора. Получены культуры плесневых грибов, превращающие вещество первого класса опасности белый фосфор в безвредный фосфат. В перспективе результаты исследований могут стать основой эффективных методов предотвращения и ликвидации загрязнений токсичными соединениями фосфора.

**Ключевые слова:** биодegradация, токсичные соединения фосфора, *Aspergillus niger*.

**Введение.** С 2009 года нашим коллективом ведется работа по исследованию биодegradации – в первую очередь, фосфорсодержащих соединений. Впервые в мире осуществлена биологическая детоксикация элементарного – белого и красного – фосфора. Получены культуры плесневых грибов, превращающие вещество первого класса опасности белый фосфор в безвредный фосфат. Это первый пример включения белого фосфора в биосферный круговорот элемента фосфора. В перспективе результаты исследований могут стать основой эффективных методов предотвращения и ликвидации загрязнений токсичными соединениями фосфора.

Более восьми лет назад, в октябре 2014 года, нами выделена экстремотолерантная культура гриба черного аспергилла, превращающая токсичные соединения фосфора в фосфат, который может служить подкормкой для растений [1]. Мы впервые в мире наблюдали биодegradацию аллотропных модификаций элементарного фосфора, белого и красного (рисунок).



**Рисунок** – Предполагаемый метаболический путь белого фосфора (знаком вопроса обозначены еще не обнаруженные превращения)

**Результаты и обсуждение.** При воздействии белого фосфора наблюдается резкое изменение морфологии и протеома исследуемых грибов, позволяющее им более эффективно защищаться от токсического воздействия, существовать в загрязненной среде и превращать токсичные загрязнители в компоненты фосфорных удобрений.

Происхождение штамма *Aspergillus niger*, выделенного из емкости с кусковым белым фосфором, воспроизведено с построением филогенетического дерева по базе National Center for Biotechnology Information (NCBI). Роль контролей выполняют внешние группы – штаммы других видов: аспергилл атласный *A. bombycis* и аспергилл дымящийся *A. fumigatus*. Штаммы из одного кластера, состоящие в близком родстве друг с другом, должны быть сходны по характеристикам. Филогенетический анализ позволяет приблизительно оценивать потенциальную токсичность, патогенность и аллергенность штаммов, а также ряд параметров, интересных для биотехнологов. В наибольшем родстве со штаммом AM1 состоят штаммы черного аспергилла FP1 и NJDL-12 из Китая, способные к переводу нерастворимых в воде фосфатных минералов в биологически доступную форму.

Таким образом, AM1 относится к кластеру штаммов, распространенному в Южной Азии и адаптированному к существованию в условиях нехватки биодоступного фосфора. Китай производит свыше 70 % белого фосфора в мире, поэтому вещество (а с ним и споры микроорганизмов) могли быть импортированы в Россию из этой страны.

Для того, чтобы подтвердить родство с известными солюбилизаторами фосфатов, мы исследовали способность *Aspergillus niger* AM1 метаболизировать ортофосфат кальция Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> – наиболее распространенную форму фосфора в природе, но при этом малодоступную для живых организмов из-за практической нерастворимости в воде. Оказалось, что штамм потребляет нерастворимый фосфат так же легко, как растворимые фосфаты, входящие в состав культуральных сред. То есть действительно является

солюбилизатором фосфата, как следует из теоретических результатов анализа базы NCBI, представленных в работе [1].

Интересно, что в декабре 2016 года мы получили дочерний штамм гриба *A. niger* AM2, еще более адаптированный к росту в среде с белым фосфором. Утолщенная клеточная стенка и увеличенные митохондрии у него наблюдаются и в контроле, в отсутствие этого токсичного вещества [2].

Мы впервые в мире обнаружили у белого фосфора генотоксическое, ДНК повреждающее свойство. Причем на нескольких объектах: прокариотическом организме – бактерии *Salmonella typhimurium* и эукариотическом – растении *Allium cepa*. Наши исследования показали, что белый фосфор является сильным мутагеном и даже в очень низкой концентрации (0,008 %) вызывает резкое увеличение частоты генных и геномных перестроек. То есть является еще более опасным для окружающей среды и людей, чем считалось до сих пор [3].

Для фосфорных соединений велики перспективы биodeградации по причине того, что опасность фосфатов для окружающей среды существенно ниже, чем восстановленных соединений фосфора. Элемент фосфор в виде простых веществ и восстановленных соединений является опаснейшим загрязнителем окружающей среды, поскольку эти вещества сильно ядовиты, а некоторые к тому же огнеопасны. Однако живые клетки всегда накапливают окисленную форму фосфора – фосфат, в составе самых разнообразных органических и неорганических молекул. Если доля фосфора в земной коре составляет 0,12 %, то в биомассе живых организмов концентрация этого элемента составляет уже 3 %, т.е. в 25 раз выше! Для фосфорорганических соединений биodeградация уже применяется [4]. Но для элементного (белого и красного) фосфора она стала известна только из наших работ.

Начаты исследования активности лектинов *A. niger* AM1 и AM2. Показано, что у обоих штаммов, несмотря на их близкое родство, активность лектинов заметно различается. Исследована гемагглютинирующая активность лектинов, их влияние на клетки одноклеточной водоросли хлореллы. Планируется исследование влияния лектинов на бактерии, грибы, а в более отдаленной перспективе – на культуры раковых клеток.

В настоящее время продолжается исследование биodeградации при помощи исследуемых штаммов грибов пестицидов, содержащих фосфор, а также другие элементы, например, бор. Также показана биodeградация лигнинсульфоната – отхода целлюлозно-бумажной промышленности.

В январе 2023 года наше ООО ИнТехТокс отметило круглую дату – пятилетний юбилей. В нем ведутся прикладные научные исследования по созданию биопрепаратов, способных очищать почвы и сточные воды от фосфорсодержащих загрязнителей. В настоящее время мы исследуем биodeградацию при помощи AM1 и AM2 веществ, не содержащих фосфор – нефти и нефтепродуктов [4], древесины и продуктов ее переработки. Также планируем изучать переработку полимерных материалов данными штаммами, извлечение редких элементов из минералов.

Впоследствии мы предполагаем внедрить технологию на шламонакопителях ПАО Новочебоксарский Химпром, ВОАО Волгоградский Химпром, Камтэкс Химпром г. Пермь, ООО Химпром Технология (г. Дзержинск), Леонидовском химическом арсенале (Пензенская область).

Нашей разработкой уже заинтересовались партнеры из Самарского политехнического университета (СамГТУ), планирующие ликвидацию очагов загрязнения желтым фосфором территории бывшего ОАО «Фосфор» в рамках Стратегии социально-экономического развития Самарской области до 2030 года.

#### Список использованных источников

1. Biological Degradation of Yellow (White) Phosphorus, a Compound of First Class Hazard / A. Z. Mindubaev, E. V. Babynin, E. K. Badeeva, S. T. Minzanova, L. G. Mironova, Y. A. Akosah // Russian Journal of Inorganic Chemistry. – 2021. – Volume 66. – № 8. – P. 1239–1244. DOI: 10.1134/S0036023621080155
2. Effect of White Phosphorus on the Survival, Cellular Morphology, and Proteome of *Aspergillus niger* / A. Z. Mindubaev, S. V. Kuznetsova, V. G. Evtyugin, A. G. Daminova, T. V. Grigoryeva, Y. D. Romanova, V. A. Romanova, V. M. Babbaev, D. N. Buzyurova, E. V. Babynin, E. K. Badeeva, S. T. Minzanova, L. G. Mironova // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2020. – Vol. 56. – No. 2. – P. 194–201. DOI: 10.1134/S0003683820020118
3. Mindubaev, A. White phosphorus genotoxicity / A. Mindubaev, E. Babynin, S. Minzanova, E. Badeeva, Y. Akosah // Bio web of conference. – 2021. – Vol. 31. – No. 00018. – P. 1–3. DOI: 10.1051/bioconf/20213100018
4. Способ детоксикации нефти с применением штамма *Aspergillus niger* AM1BKM F-4815D / A. З. Миндубаев, Э. В. Бабынин, С. Т. Минзанова, Л. Г. Миронова // Патент РФ № 2791735 от 13.03.2023. – Бюлл. изобр. – № 8.

#### WHITE PHOSPHORUS RECYCLING BY BIOLOGICAL METHOD

**A. Z. Mindubaev, E. V. Babynin, S. T. Minzanova, L. G. Mironova, E. K. Badeeva**

For the first time in the world, biological detoxification of elemental – white and red – phosphorus was realized. Cultures of mold fungi were obtained that transform the substance of the first class of hazard white phosphorus into harmless phosphate. In the future, the results of research may become the basis for effective methods of prevention and elimination of pollution by toxic phosphorus compounds.



## ЗАХАВАННЕ РЭДКІХ ВІДАЎ РАСЛІН ПАЛЕСКАЙ ФЛОРЫ ВА ЎМОВАХ *EX SITU* ЦЭНТРАЛЬНАГА БАТАНІЧНАГА САДА НАН БЕЛАРУСІ

А. М. Мялік, Т. Г. Кулагіна, Н. У. Гудная, К. М. Кулінка  
Цэнтральны батанічны сад НАН Беларусі, г. Мінск, Беларусь

*У артыкуле прадстаўлены вопыт захавання генетычных рэсурсаў рэдкіх відаў раслін флоры Беларускага Палесся ва ўмовах калекцыйных пасадак Цэнтральнага батанічнага сада НАН Беларусі. Тут вырошчваецца 25 відаў палескай флоры, што складае 12,1 % ад агульнай колькасці ахоўваемых раслін Беларускага Палесся.*

*Ключавыя словы: захаванне біязнастайнасці, батанічныя калекцыі, флора Палесся.*

**Уводзіны.** Працэсы трансфармацыі і страты натуральнай біязнастайнасці ў цяперашні час становяцца ўсё больш актуальнымі для большасці рэгіёнаў Зямлі. Нарастальны антрапагенны прэсінг і кліматычная змены робяць дадзеную экалагічную праблему глабальнай, што патрабуе кансалідацыі і ўзаемадзеяння шырокага кола спецыялістаў. Не апошняя роля ў прадухіленні і мінімізацыі наступстваў зніжэння разнастайнасці расліннага свету належыць батанічным садам, адной з найважнейшых задач функцыянавання якіх з'яўляецца вывучэнне і захаванне ва ўмовах *ex situ* (за межамі натуральных экасістэм) знікаючых відаў раслін. З гэтай мэтай у батанічных садах утрымліваюцца калекцыі, у якіх прадстаўлены рэдкія расліны, што знаходзяцца пад пагрозай знікнення. Такія калекцыі з'яўляюцца асновай рэзервовага генафонду і могуць быць выкарыстаны як у навуковай рабоце па вывучэнні знікаючых відаў раслін, так і для аднаўлення або рэканструкцыі крытычных прыродных папуляцый [1]. Дадзеная праца асабліва актуальнай стала ў апошнія дзесяцігоддзі, паколькі згодна глабальнай стратэгіі захавання рэдкіх і знікаючых раслін не менш за 75 % такіх відаў неабходна ўтрымліваць у батанічных калекцыях, а 20 % з іх, пры неабходнасці, павінны быць даступныя для праграм аднаўленчых мерапрыемстваў [2]. Гэтым самым вызначаецца найважнейшая роля батанічных садоў у захаванні рэзервовага генафонду знікаючых відаў раслін.

У Беларусі вядучая роля ў дадзеным накірунку належыць Цэнтральному батанічнаму саду НАН Беларусі, дзе ўтрымліваецца калекцыя рэдкіх і ахоўваемых відаў раслін абарыгеннай флоры. Яе асноўная задача – параўнальнае вывучэнне знікаючых відаў ва ўмовах *in situ* і *ex situ*, а таксама распрацоўка прыёмаў рэпрадукцыі дадзеных раслін з мэтай вяртання ў прыроднае асяроддзе. З улікам высокай гаспадарчай каштоўнасці і прыродаахоўнай значнасці флоры Беларускага Палесся, а таксама праблемнага экалагічнага стану дадзенага рэгіёна не апошняе месца ў калекцыі рэдкіх і ахоўваемых відаў належыць прадстаўнікам палескай флоры.

З улікам вышэйсказанага вызначаецца актуальнасць і мэта дадзенай працы – даць ацэнку сучаснаму стану і перспектывам захавання рэдкіх відаў раслін флоры Беларускага Палесся ва ўмовах *ex situ*.

**Матэрыялы і метадыка даследаванняў.** У аснову работы пакладзены шматгадовы вопыт Цэнтральнага батанічнага сада НАН Беларусі па стварэнні, утрыманні і захаванні калекцыі рэдкіх і ахоўваемых відаў раслін Беларусі, а таксама матэрыялы экспедыцый па вывучэнні флоры палескага рэгіёна. Пошук папуляцый рэдкіх раслін, перспектыўных для папаўнення калекцыі, праводзіўся з дапамогай стандартных у фларыстычных даследаваннях маршрутных метадаў. Ацэнка прыродаахоўнай каштоўнасці рэдкіх відаў прыведзена згодна апошняму выданню Чырвонай кнігі Рэспублікі Беларусь [3]. Перанос часткі раслін у калекцыйнае пасадкі праводзіўся згодна спецыяльным дазвалам Мінпрыроды. Характарыстыка папуляцый рэдкіх відаў палескай флоры, раслінны матэрыял з якіх захоўваецца ва ўмовах *ex situ*, прыводзіцца згодна наступнаму плану: таксанамічнае становішча, лацінская, беларуская і руская назва расліны; прыродаахоўны статус, сустракаемасць віда на тэрыторыі Беларускага Палесся; месцазнаходжанне прыроднай папуляцыі; час паступлення раслін у калекцыю, інтрадукцыйны № (пры наяўнасці) і ўстойлівасць у калекцыйных пасадаках.

**Вынікі і іх абмеркаванне.** Па стане на 2024 г. у калекцыі рэдкіх і ахоўваемых раслін Цэнтральнага батанічнага сада НАН Беларусі ўтрымліваецца 120 відаў, якія маюць афіцыйны ахоўны статус у Рэспубліцы Беларусь. Усе яны адносяцца да 49 сямействаў, найбуйнейшымі з якіх па колькасці відаў з'яўляюцца: Казяльцовыя (*Ranunculaceae*) – 12 відаў, Складанакветкавыя (*Asteraceae*) і Архідныя (*Orchidaceae*) – па 9, Парасонікавыя (*Apiaceae*) – 7, а таксама Званочкавыя (*Campanulaceae*), Асаковыя (*Cyperaceae*) і Злакавыя (*Poaceae*) – па 5 відаў. Утрыманне жывых раслін арганізавана на спецыяльна падрыхтаваным участку ў выглядзе экспазіцыі, сфармаванай па фітацэнатычным прынцыпу. Ніжэй прыводзіцца сістэматычны пералік прадстаўнікоў палескай флоры, якія ўтрымліваюцца ў калекцыі ў выглядзе жывых раслін.

**Сямейства *Osmundaceae* – Чыставуставыя – Чистоустовыя**  
***Osmunda regalis* L. – Чыставуст каралеўскі – Чистоуст величавы**

- I катэгорыя аховы, від на мяжы знікнення, адзінае месцазнаходжанне ў Беларусі;
- Брэсцкая вобл., Брэсцкі р-н, ваколіцы в. Селяхі (заказнік “Прыбужскае Палессе”);
- 2008 г., № інтрадукцыйны 262672, высокая ўстойлівасць, рэгулярнае споранашэнне.

**Сямейства *Aspleniaceae* – Касцянецовыя – Костенцовыя**  
***Asplenium trichomanes* L. – Касцянец воласападобны – Костенец волосовідны**

- прафілактычная ахова, адзінкавыя месцазнаходжанні на Палессі;
- Брэсцкая вобл., Бярозаўскі р-н, ваколіцы в. Бронная Гара;
- 2020 г., № інтрадукцыйны 278716, сярэдняя ўстойлівасць.

**Сямейства *Polypodiaceae* – Мнаганожкавыя – Многаножковыя**  
***Polypodium vulgare* L. – Мнаганожка звычайная – Многаножка обыкновенная**

- IV катэгорыя аховы, патэнцыйна ўразлівы від, зрэдку на захадзе Палесся і на Мазырскай градзе;
- Брэсцкая вобл., Брэсцкі р-н, ваколіцы в. Орхава (заказнік “Прыбужскае Палессе”);
- 2012 г., № інтрадукцыйны 268307, высокая ўстойлівасць, рэгулярнае споранашэнне.

**Сямейства *Salviniaceae* – Сальвіневыя – Сальвініевыя**  
***Salvinia natans* (L.) All. – Сальвінія пływучая – Сальвінія плаваючая**

- IV катэгорыя аховы, патэнцыйна ўразлівы від, нярэдка ў даліне Прыпяці, Дняпра і Сожа;
- Брэсцкая вобл., Жабінкаўскі р-н, ваколіцы в. Ракітніца (заказнік “Непакойчыцы”);
- 2024 г., № інтрадукцыйны б/н, сярэдняя ўстойлівасць.

**Сямейства *Urticaceae* – Крапіўныя – Крапівныя**  
***Urtica kioviensis* Rogow. – Крапіва кіеўская – Крапіва киевская**

- II катэгорыя аховы, знікаючы від, адзінкавыя месцазнаходжанні ў даліне Прыпяці і Дняпра;
- Брэсцкая вобл., Пінскі р-н, ваколіцы в. Тырвовічы (заказнік “Тырвовічы”);
- 2008 г., № інтрадукцыйны б/н, нізкая ўстойлівасць.

**Сямейства *Betulaceae* – Бярозавыя – Берэзовыя**  
***Betula humilis* Schrank – Бяроза нізкая – Берэза низкая**

- III катэгорыя аховы, уразлівы від, зрэдку па ўсёй тэрыторыі;
- Брэсцкая вобл., Івацэвіцкі р-н, ваколіцы в. Выганашчы, воз. Лунёва;
- 2023 г., № інтрадукцыйны б/н, сярэдняя ўстойлівасць.

**Сямейства *Caryophyllaceae* – Гваздзікавыя – Гвоздичныя**  
***Dianthus superbus* L. – Гваздзік пышны – Гвоздика пышная**

- прафілактычная ахова, зрэдку па ўсёй тэрыторыі;
- Гомельская вобл., Жыткавіцкі р-н, ваколіцы в. Лагвошчы (заказнік “Сярэдняя Прыпяць”);
- 2024 г., № інтрадукцыйны б/н, сярэдняя ўстойлівасць.

**Сямейства *Salicaceae* – Вярбовыя – Івовыя**  
***Salix myrtilloides* L. – Вярба чарніцавая – Ива черничная**

- III катэгорыя аховы, уразлівы від, рэдка па ўсёй тэрыторыі;
- Брэсцкая вобл., Івацэвіцкі р-н, ваколіцы в. Выганашчы, воз. Лунёва;
- 2023 г., № інтрадукцыйны б/н, сярэдняя ўстойлівасць.

**Сямейства *Ericaceae* – Верасовыя – Вересковыя**  
***Rhododendron luteum* Sweet – Рададэндран жоўты – Рододендрон жёлтый**

- III катэгорыя аховы, уразлівы від, рэдка па ўсёй тэрыторыі;
- Гомельская вобл., Жыткавіцкі р-н (Нацыянальны парк “Прыпяці”);
- 2011 г., № інтрадукцыйны 266532, высокая ўстойлівасць.

**Сямейства *Crassulaceae* – Таўсцянкавыя – Толстянковыя**  
***Sempervivum ruthenicum* Schnittsp. et C.V.Lehm. – Скочкі рускія – Молодило руское**

- I катэгорыя аховы, від на мяжы знікнення, адзінкавае месцазнаходжанне ў Беларусі;
- Гомельская вобл., Хойніцкі р-н (Палескі радыяцыйна-экалагічны запаведнік);
- 2010 г., № інтрадукцыйны 266524, высокая ўстойлівасць.

**Сямейства *Trapaceae* – Рагульнікавыя – Рогульніковыя**  
***Trapa natans* L.s.l. – Вадзяны арэх пльвучы – Водяной орех плаваючы**

- III катэгорыя аховы, уразлівы від, рэдка на паўднёвым усходзе;
- Гомельская вобл., Лоеўскі р-н, ваколіцы в. Мохаў;
- 2021 г., № інтрадукцыйны б/н, высокая ўстойлівасць, рэгулярнае пладанашэнне.

**Сямейства *Araliaceae* – Араліевыя – Аралиевыя**  
***Hedera helix* L. – Плюшч звычайны – Плюшч обыкновенный**

- II катэгорыя аховы, знікаючы від, адзінкавыя месцазнаходжанні ў заходняй частцы;
- Брэсцкая вобл., Івацэвіцкі р-н, ваколіцы г.п. Целяханы;
- 2023 г., № інтрадукцыйны б/н, сярэдняя ўстойлівасць.

**Сямейства *Lamiaceae* – Ясноткавыя – Яснотковыя**  
***Stachys recta* L. – Чысцік прамы – Чистец прямой**

- прафілактычная ахова, зрэдку ў паўднёвай частцы;
- Брэсцкая вобл., Івацэвіцкі р-н, ваколіцы в. Бабровічы (заказнік “Выганашчанскае”);
- 2020 г., № інтрадукцыйны б/н, высокая ўстойлівасць і самаўзнаўленне.

**Сямейства *Asteraceae* – Складанакветкавыя – Сложноцветные**  
***Jurinea cyanoides* (L.) Rchb. – Нагалаватка васільковая – Наголоватка васильковая**

- прафілактычная ахова, зрэдку ў паўднёвай частцы;
- Брэсцкая вобл., Пінскі р-н, ваколіцы в. Тырвовічы (заказнік “Тырвовічы”);
- 2023 г., № інтрадукцыйны б/н, высокая ўстойлівасць, рэгулярнае пладанашэнне.

**Сямейства *Najadaceae* – Наядавыя – Наядовыя**  
***Najas major* L. – Наяда вялікая – Наяда большая**

- III катэгорыя аховы, уразлівы від, рэдка па ўсёй тэрыторыі;
- Гомельская вобл., Лоеўскі р-н, ваколіцы в. Мохаў;
- 2023 г., № інтрадукцыйны б/н, сярэдняя ўстойлівасць.

**Сямейства *Liliaceae* – Лілейныя – Лилейные**  
***Gagea spathacea* (Hayne) Salisb. – Гусіная цыбуля пакрывальцавая – Гусиный лук покрывальцевый**

- I катэгорыя аховы, від на мяжы знікнення, адзінкавыя месцазнаходжанні на паўднёвым усходзе Палесся;
- Гомельская вобл., Буда-Кашалёўскі р-н, ваколіцы в. Куляшова;
- 2023 г., № інтрадукцыйны б/н, нізкая ўстойлівасць.

**Сямейства *Alliaceae* – Цыбулевыя – Луковые**  
***Veratrum lobelianum* Bernh. – Чамярыца Лобеля – Чемерица Лобеля**

- III катэгорыя аховы, уразлівы від, рэдка па ўсёй тэрыторыі;
- Брэсцкая вобл., Івацэвіцкі р-н, ваколіцы в. Выганашчы (заказнік “Выганашчанскае”);
- 2012 г., № інтрадукцыйны 268406, высокая ўстойлівасць.

**Сямейства *Iridaceae* – Касачовыя – Касатиковые**  
***Gladiolus imbricatus* L. – Шпажнік чарапіцавы – Шпажник черепитчатый**

- IV катэгорыя аховы, патэнцыйна ўразлівы від, зрэдку па ўсёй тэрыторыі;
- Брэсцкая вобл., Пінскі р-н, ваколіцы в. Тырвовічы (заказнік “Тырвовічы”);
- 2023 г., № інтрадукцыйны б/н, сярэдняя ўстойлівасць.

***Iris aphylla* L. – Касач бязлісты – Касатик безлистный**

- I катэгорыя аховы, від на мяжы знікнення, адзінае месцазнаходжанне ў Беларусі;
- Гомельская вобл., Жыткавіцкі р-н (Нацыянальны парк “Прыпяцкі”);
- 2011 г., № інтрадукцыйны 267455, высокая ўстойлівасць.

***Iris sibirica* L. – Касач сібірскі – Касатик сибирский**

- IV катэгорыя аховы, патэнцыйна ўразлівы від, зрэдку па ўсёй тэрыторыі;
- Брэсцкая вобл., Івацэвіцкі р-н, ваколіцы в. Вулька-Целяханская;
- 2022 г., № інтрадукцыйны б/н, сярэдняя ўстойлівасць.

**Сямейства *Orchidaceae* – Архідныя – Орхидныя**

***Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch – Пылкагалоўнік доўгалісты – Пыльцеголовнік длиннолістны**

- III катэгорыя аховы, уразлівы від, адзінкавыя месцазнаходжанні ў заходняй і ўсходняй частках;
- Брэсцкая вобл., Брэсцкі р-н, ваколіцы в. Медна (заказнік “Прыбужскае Палессе”);
- 2023 г., № інтрадукцыйны б/н, сярэдняя ўстойлівасць.

***Cypripedium calceolus* L. – Венерын чаравічак сапраўдны – Венерин башмачок настаячы**

- III катэгорыя аховы, уразлівы від, рэдка па ўсёй тэрыторыі, часцей на захадзе;
- Брэсцкая вобл., Кобрынскі р-н, ваколіцы пас. Арэхаўскі;
- 2020 г., № інтрадукцыйны 278687, сярэдняя ўстойлівасць.

***Goodyera repens* (L.) R.Br. – Гудайера паўзучая – Гудайера ползучая**

- прафілактычная ахова, зрэдку ў паўночнай частцы і паўднёвым захадзе;
- Брэсцкая вобл., Івацэвіцкі р-н, ваколіцы в. Вулька-Целяханская;
- 2023 г., № інтрадукцыйны б/н, нізкая ўстойлівасць.

***Platanthera chlorantha* (Custer) Rchb. – Чараўнік зеленакветкавы – Любка зеленоцветковая**

- IV катэгорыя аховы, патэнцыйна ўразлівы від, зрэдку па ўсёй тэрыторыі;
- Гомельская вобл., Жыткавіцкі р-н, ваколіцы в. Лагвошчы (заказнік “Сярэдняя Прыпяць”);
- 2023 г., № інтрадукцыйны б/н, сярэдняя ўстойлівасць.

**Сямейства *Cyperaceae* – Асаковыя – Осоковыя**

***Carex umbrosa* Host – Асака ценявая – Осока тенева**

- IV катэгорыя аховы, патэнцыйна ўразлівы від, зрэдку па ўсёй тэрыторыі;
- Брэсцкая вобл., Драгічынскі р-н, ваколіцы в. Радастава (заказнік “Радастаўскі”);
- 2016 г., № інтрадукцыйны 275786, сярэдняя ўстойлівасць.

Усяго па стану на 2024 г. у калекцыі рэдкіх і ахоўваемых раслін прыроднай флоры Беларусі Цэнтральнага батанічнага сада НАН Беларусі ўтрымліваецца 25 відаў, перанесеных з прыродных папуляцый Беларускага Палесся. Дадзены паказчык складае 12,1% ад агульнай колькасці прадстаўнікоў флоры Беларускага Палесся, занесеных у Чырнову кнігу Рэспублікі Беларусь [3]. Пры гэтым прадстаўленаць відаў I ахоўнай катэгорыі складае 17,4 %, III ахоўнай катэгорыі – 22,9, а IV – 21,4 %. Больш нізкая прадстаўленаць характэрна для відаў II ахоўнай катэгорыі (толькі 6,4 %), а таксама для раслін са спісу прафілактычнай аховы – 5,6 % (табліца). Такім чынам, для дасягнення мэт глабальнай стратэгіі захавання рэдкіх і знікаючых раслін [2], згодна якім не менш 20 % такіх відаў павінна быць даступна для аднаўленчых прыродаахоўных мерапрыемстваў, неабходна далейшая праца па матэнакіраваным папаўненні калекцыі і прадстаўленнасці ў ёй расліннага матэрыялу з прыродных папуляцый розных фізіка-геаграфічных рэгіёнаў Беларусі, у тым ліку і Беларускага Палесся.

**Табліца – Прыродаахоўная каштоўнасць калекцыі рэдкіх і ахоўваемых відаў**

Ахоўны статус	Флора Беларусі, колькасць відаў	Флора Беларускага Палесся, колькасць відаў, %	Калекцыя рэдкіх і ахоўваемых раслін, колькасць відаў, %
I	62	23 (37,1)	4 (6,4/17,4)
II	52	31 (59,6)	2 (3,8/6,4)
III	46	35 (76,1)	8 (17,9/22,9)
IV	29	28 (96,5)	6 (20,7/21,4)
Прафілактычная ахова	115	90 (78,3)	5 (4,4/5,6)
Усяго:	304	207 (68,1)	25 (8,2/12,1)

Для павышэння прыродаахоўнай каштоўнасці і ролі дадзенай калекцыі і ў захаванні генетычных рэсурсаў прадстаўнікоў палескай флоры рэгулярна арганізуюцца экспедыцыйныя выезды па пошуку і вывучэнні папуляцый рэдкіх і ахоўваемых раслін. Выбар мадэльных папуляцый для пераносу расліннага матэрыялу праводзіцца на аснове ацэнкі іх генетычнай разнастайнасці з дапамогай малекулярных маркераў, што дазваляе прыцягнуць у калекцыю найбольш гетэрагенныя і каштоўныя з іх з прыродаахоўнага пункту гледжання [4]. З улікам дадзенага падыходу ў калекцыю прыцягнуты матэрыял *Goodyera repens* (L.) R.Br., вывучаюцца папуляцыі *Cypripedium calceolus* L., *Salvinia natans* (L.) All., *Isopyrum thalictroides* L., *Berula erecta* (Huds.) Cov. і некаторых іншых відаў, што дазволіць утрымліваць ва ўмовах *ex situ* матэрыял, прыдатны для магчымых прыродаахоўных мерапрыемстваў у будучым.

Такім чынам, Цэнтральны батанічны сад НАН Беларусі, як вядучая ўстанова па вывучэнні і захаванні біразнастаснасці расліннага свету, дзякуючы ўтрыманню калекцый жывых раслін выконвае адну з галоўных экалагічных місій па захаванні ва ўмовах *ex situ* генетычных рэсурсаў уразлівых відаў раслін, у тым ліку і Беларускага Палесся.

#### Спіс выкарыстаных крыніц

1. Мялик, А. Н. Экспозиция редких и охраняемых видов природной флоры Беларуси / А. Н. Мялик, Т. Г. Кулагина, А. Л. Гулис, В. В. Титок; Центральный ботанический сад НАН Беларуси. – Минск : Колорград, 2023. – 51 с.
2. Global Strategy for Plant Conservation. – Mode of access : <https://www.cbd.int/notifications/2023-071>. – Date of access : 21.07.2024.
3. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / М-во природ. ресурс. и охран. окруж. среды Респ. Беларусь. – Минск : Беларус. энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 445 с.
4. Гудная, Н. В. Формирование резервного генофонда исчезающих видов растений на основе оценки генетического разнообразия популяций / Н. В. Гудная, А. Н. Мялик, Т. Г. Шлапакова, В. В. Титок // Hortus bot. – 2023. – Т. 18, URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=8905>. DOI: 10.15393/j4.art.2023.8905

#### CONSERVATION OF RARE PLANT SPECIES OF THE POLESIE FLORA IN *EX SITU* CONDITIONS OF THE CENTRAL BOTANICAL GARDEN OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

**A. M. Mialik, T. G. Kulahina, N. U. Hudnaya, K. M. Kulinka**

The article presents the experience of preserving the genetic resources of rare plant species of the flora of the Belarusian Polesie in the minds of the collection plantings of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus. 25 species are grown here, which is 12,1% of the total number of protected plants of the Belarusian Polesie.

УДК 597:574.58(476)

## СТРУКТУРА РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ НИЗОВЬЕВ РЕКИ БЯЛА (СМОРГОНСКИЙ РАЙОН)

А. С. Полетаев, Д. Ф. Куницкий

НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, г. Минск, Беларусь

*Исследованы состав и структура рыбного населения низовьев р. Бяла (Сморгонский р-н Гродненской обл., Беларусь). Установлено обитание в р. Бяла 8 видов рыб, приведена их экологическая характеристика, описана пространственно-биотопическая структура ихтиоценоза исследованного участка.*

*Ключевые слова: рыбы, ихтиофауна, водотоки, биотопы, биоразнообразие.*

**Введение.** Река Бяла (Белая) протекает по территории Сморгонского района Гродненской области, в пределах Ошмянской возвышенности. Является левым притоком первого порядка р. Виляя (бассейн р. Неман), берет начало на южной окраине д. Селец, впадает в карьер Белое, связанный протоками с р. Виляя, в 110 м к юго-востоку от восточной окраины д. Белая. Длина реки составляет 20 км, на всем своем протяжении течет в естественном русле. Входит в Перечень поверхностных водных объектов, используемых для размножения, нагула, зимовки, миграции видов рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных, утвержденный постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 30.03.2015 № 12 [1].

В двух местах, вблизи деревень Байбы (10 км до устья) и Белая (0,9 км до устья), зарегулирована гидротехническими сооружениями, формирующими пруды площадью 4,85 и 0,61 га соответственно. Данные плотины не оснащены рыбопропускными сооружениями, вследствие чего они являются непреодолимыми препятствиями для мигрирующих рыб. В связи с этим наибольший интерес представляет участок р. Бяла протяженностью 900 м, лежащий ниже гидротехнических сооружений у д. Белая, поскольку данный участок водотока доступен для захода производителей проходных лососевых рыб, включенных в Красную книгу Республики Беларусь.

**Цель работы:** определить состав рыбного населения низовий р. Бяла и установить особенности распределения рыб, в том числе включенных в Красную книгу Республики Беларусь, в пределах исследованного участка водотока.

**Материалы и методы.** Материал для данной работы собран в октябре 2021 г. Контрольные обловы проводили, двигаясь вверх по течению, на всем протяжении нижнего участка р. Бяла – от устья до выводного оголовка плотины пруда у д. Белая. В качестве орудия лова использовали электроловильную установку «Samus-725 MP», лов проводили по разрешению Минприроды. Обработка первичного материала проводилась с помощью стандартных методов ихтиологических исследований [2]. После определения видового состава улова все отловленные экземпляры рыб выпускали в месте вылова в живом виде.

**Результаты и их обсуждение.** Обследованный участок реки протекает по холмистой местности и изобилует глубокими оврагами. Русло слабо извилистое, шириной до 10 м; глубина колеблется от 0,5 до 1,5 м, составляя в среднем, как правило, не менее 0,5 м; встречаются отдельные глубокие ямы. Скорость течения (в зависимости от уклона местности) колеблется от 0,5 до 1,5 м/с. Дно сложено крупным песком, галькой и камнями, имеются отдельные валуны различных размеров. Во многих местах имеются завалы из упавших деревьев. Берега ярко выраженные, высокие, повсеместно поросшие деревьями и кустарником. Распределение микробиотопов в пределах участка водотока неравномерное, верхняя часть участка наиболее пригодна для обитания лососевых рыб вследствие большей плотности русловых ям и укрытий (древесные завалы, валуны, подмытые корни деревьев), а также преимущественно каменисто-галечных грунтов.

В ходе контрольного облова было установлено обитание в низовьях р. Бяла восьми видов рыб, все из которых являются аборигенными (таблица). Наиболее многочисленным видом является елец (48,93 %), обильно встречающийся на всем протяжении контрольного участка. Два выраженных субдоминантных вида – голавль (22,54 %) и ручьевая форель (22,13 %), причем по мере продвижения от устья реки вверх по течению плотность голавля снижается, а форели – увеличивается. Реже встречается плотва, единично отмечаются девятиглая колюшка, обыкновенная щиповка, обыкновенный пескарь и речной окунь.

В структуре рыбного населения низовий р. Бяла абсолютное большинство составляют особи реофильных литофильных видов рыб – ельца, голавля и ручьевой форели. В общей сложности данные виды по численности составляют 93,60 % улова, что свидетельствует об оптимальных для этой экологической группы рыб условиях обитания, сложившихся на данном отрезке водотока. Оставшиеся 6,40 % составляют немногочисленные особи общепресноводных фито- и псаммофильных видов рыб. Сравнительно небольшая количественная доля особей общепресноводных рыб, на наш взгляд, связана с близостью карьера Белое, значительно лучше подходящего

для их нагула, размножения и зимовки. Следует отметить, что и реофильные рыбы, населяющие низовья р. Бяла, в первую очередь форель ручьевая, с высокой степенью вероятности используют для нагула кормовую базу карьера Белое, значительно превышающую кормовую базу самой реки.

**Таблица** – Структура и экологическая характеристика рыбного населения низовьев р. Бяла

№ п/п	Вид	Экологические группы		Количество в улове, экз.	Доля в улове, %
		Т	НС		
1	<b>Форель ручьевая</b> <i>Salmo trutta trutta morpha fario</i> L., 1758	Р	ЛГ	52	22,13
2	Колюшка девятииглая <i>Pungitius pungitius</i> (L., 1758)	О	ФГ	1	0,43
3	Пескарь обыкновенный <i>Gobio gobio</i> (Linnaeus, 1758)	О	ПС	1	0,43
4	Елец обыкновенный <i>Leuciscus leuciscus</i> (Linnaeus, 1758)	Р	Л	115	48,93
5	Плотва обыкновенная <i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)	О	Ф	9	3,83
6	Голавль <i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	Р	Л	53	22,54
7	Щиповка обыкновенная <i>Cobitis taenia</i> L., 1758 sensu lato	О	Ф	1	0,43
8	Окунь речной <i>Perca fluviatilis</i> L., 1758	О	Ф	3	1,28
<b>Итого:</b>				<b>235</b>	<b>100,00</b>

Примечание: Т – экологические группы по отношению к течению: Р – реофильные виды, О – общепресноводные; НС – экологические группы по отношению к нерестовому субстрату: ПС – псаммофилы, откладывающие икру на песок, Л – литофилы, откладывающие икру на каменисто-галечниковый грунт; ЛГ – гнездовые литофилы, закапывающие икру в гнездо из гальки и камней; Ф – фитофилы, откладывающие икру на растительность; ФГ – гнездовые фитофилы, строящие гнездо из растительных остатков на грунте; полужирным шрифтом выделены виды, включенные в Красную книгу Республики Беларусь.

К видам рыб, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, среди отмеченных в улове, относится 1 вид – ручьевая форель. Распределение форели в пределах обследованного участка водотока крайне неравномерно, преимущественно она приурочена к русловым ямам и древесным завалам. Плотность популяции форели в разных участках русла варьирует от полного ее отсутствия на прямых участках с песчаным дном до 10–15 экз. на 100 м русла на извилистых закоряженных участках с каменистым дном. В связи с выявлением на данном участке жизнеспособной популяции ручьевой форели принято решение об его передаче под охрану пользователям земельных участков.

Наши многолетние исследования показывают, что в малых водотоках белорусской части бассейна р. Вилия икру проходной кумжи (*Salmo trutta trutta morpha trutta*), как правило, осеменяют преимущественно самцы ручьевой форели – резидентной (оседлой) формы кумжи. Поскольку низовья р. Бяла доступны для захода производителей кумжи и населены ручьевой форелью, данный участок водотока потенциально может являться местом нереста кумжи. В связи с этим на данном участке реки в декабре 2021 г., после окончания нереста лососевых, были проведены учеты нерестовых бугров.

В ходе учета было обнаружено 20 нерестовых бугров лососевых рыб, из которых 19 располагались в пределах участка протяженностью 240 м, начинающегося в 125 м ниже выпускного оголовка плотины. Из них только 4 нерестовых бугра по своим морфологическим параметрам потенциально могут принадлежать проходной кумже. Остальные 16 бугров невелики по площади и сложены из мелкой гальки, что свидетельствует об их принадлежности к ручьевой форели. Нерестилища лососевых рыб обнаружены на участках водотока с быстрым течением и каменисто-галечными грунтами с примесью крупного песка. Заиленность нерестилищ практически не наблюдается. Большинство нерестовых бугров находятся в излучинах водотока на мелководных участках глубиной до 0,5 м. Грунты на доступном для захода производителей участке русла преимущественно песчаные, и практически все имеющиеся галечники уже используются для нереста кумжи и ручьевой форели. В настоящее время потенциал данного водотока для воспроизводства кумжи невелик. Путем его увеличения представляется демонтаж либо обустройство рыбопропускным сооружением плотины, расположенной у д. Белая.

**Заключение.** В низовьях р. Бяла отмечаются 8 видов рыб, среди которых наиболее многочисленны реофильные литофильные виды рыб – елец, голавль и ручьевая форель. Чужеродных видов рыб не выявлено. Состояние популяции форели – вида, включенного в Красную книгу Республики Беларусь, – стабильное,

---

плотность популяции в разных участках русла варьирует от 0 до 10–15 экз. на 100 м русла в зависимости от распределения пригодных для ее обитания микробиотопов. В настоящее время потенциал низовий р. Бяла для воспроизводства кумжи невелик вследствие малой площади нерестилищ.

#### Список использованных источников

1. Об установлении перечня поверхностных водных объектов, используемых для размножения, нагула, зимовки, миграции видов рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных : постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 30.03.2015, № 12 // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Режим доступа : <http://www.mshp.gov.by/ru/fishing-ru/view/perechen-poverxnostnyx-vodnyx-objektov-ispolzuemyx-dlja-razmnozhenija-nagula-zimovki-migratsii-vidov-ryb-o-3066/>. – Дата доступа : 16.08.2023.

2. Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И. Ф. Правдин. – Изд. 4-е издание, переработанное и дополненное. – Москва : Пищевая промышленность, 1966. – 267 с.

#### THE FISH COMMUNITY STRUCTURE OF THE BYALA RIVER LOWER REACHES

**A. S. Poletaev, D. F. Kunitsky**

The composition and structure of the Byala river (Smorgon district, Belarus) lower reaches fish community was studied. It was shown that the Byala river lower reaches are inhabited by 8 fish species, their ecological traits are given. The spatial and biotopical structure of the explored river part ichthyocenosis is described.



## ОСОБЕННОСТИ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ПЕРИОД МАССОВОГО УСЫХАНИЯ ДРЕВОСТОЕВ СОСНЫ В БЕЛОРУССКОМ ПОЛЕСЬЕ В 2016–2022 гг.

А. В. Пугачевский, А. В. Тимашкова, Я. К. Игнатьев

Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

Выполнен сопряженный анализ динамики гибели сосняков в регионе Белорусского Полесья с результатами феромонного мониторинга численности вершинного и шестизубчатого короедов и динамики погодно-климатической обстановки в 2016–2022 гг. Показана зависимость процесса усыхания от особенностей динамики засушливых явлений.

**Ключевые слова:** Белорусское Полесье, сосняки, климат, короеды, усыхание.

**Введение.** Второе десятилетие нового века в лесах Белорусского Полесья было отмечено весьма драматическими событиями [1]. В лесхозах Гомельской и Брестской областей, примыкающих к ним Старобинском и Любанском лесхозах имело место беспрецедентное по масштабам усыхание древостоев сосны, вызванное массовым размножением насекомых – вредителей леса, среди которых ключевую роль играли вершинный короед (*Ips acuminatus* Gyll.) и шестизубчатый короед (*Ips sexdentatus* Boern.).

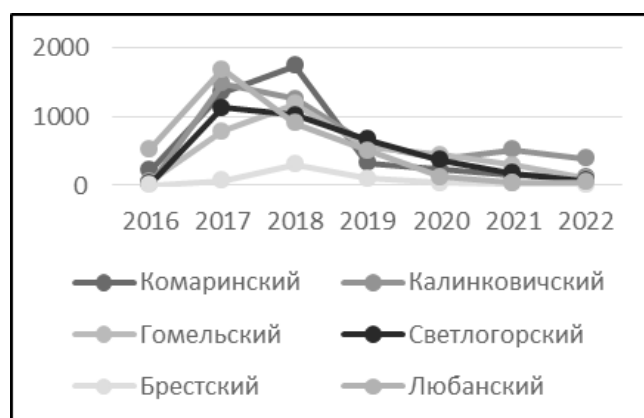
**Цель.** Выявить особенности погодно-климатической ситуации, способствовавшие развитию массового размножения вредителей леса, приведшего к гибели сосновых лесов на весьма значительных площадях в Белорусском Полесье.

**Методы.** Достижение цели исследования основано на сопряженном анализе динамики состояния сосновых лесов региона, численности основных вредителей сосны, вызывающих ее усыхание, и материалов гидрометеорологической службы (суточной, декадной, месячной динамики температуры и осадков в 2010–2022 гг.).

**Результаты.** За период с 2016 по 2022 г. в лесхозах региона сплошными санитарными рубками было вырублено более 92,5 тыс. га усыхающих сосновых насаждений с общим запасом около 23,2 млн. м<sup>3</sup>. В совокупности это составило 5,65 % всех сосновых лесов. На максимуме в 2018 году масштабы сплошных санитарных рубок в сосняках Полесья приблизились к 40 тыс. га (рисунок 1).



**Рисунок 1** – Динамика общих объемов сплошных санитарных рубок с 2016 по 2022 г. в сосновых лесах Брестского и Гомельского Полесья, тыс. м<sup>3</sup> в год

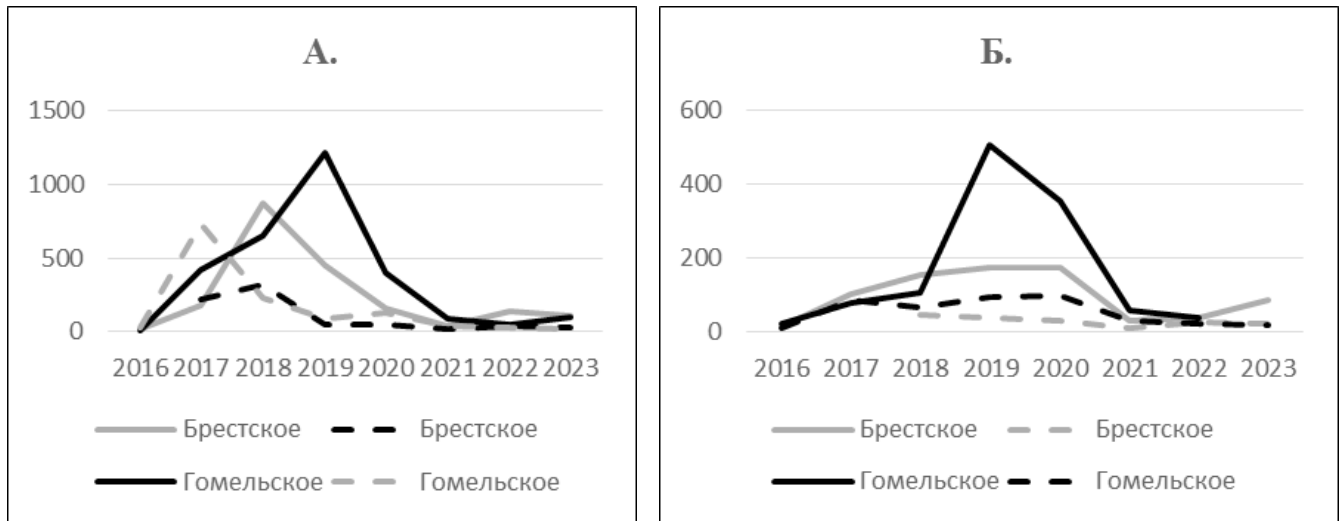


**Рисунок 2** – Динамика годичных площадей сплошных санитарных рубок усыхающих сосняков в отдельных лесхозах Полесья с 2016 по 2022 г., га

При этом на юго-востоке региона (Речицкий, Хойникский, Лоевский, Комаринский, Василевичский лесхозы) доля вырубленных за 7 лет сосняков превысила 10 % их общей площади (от 11,8 до 17,1 %). Меньшие масштабы (до 3 %) усыхания сосны имело на западе (Брестский, Пружанский, Малоритский, Барановичский, Ганцевичский лесхозы) (рисунки 1, 2) и в наиболее заболоченной части региона – в Полесском лесхозе (всего 1,5 %).

Численность короедов по данным феромонного мониторинга нарастала с 2017 по 2019 г. (рисунок 3). При этом в 2017 году численность второго поколения вершинного короеда в Брестской области значительно превысила численность первого (обычно – основного), что привело к резкому росту вредоносности вредителя в 2018 году (рисунки 3А, 1, 2).

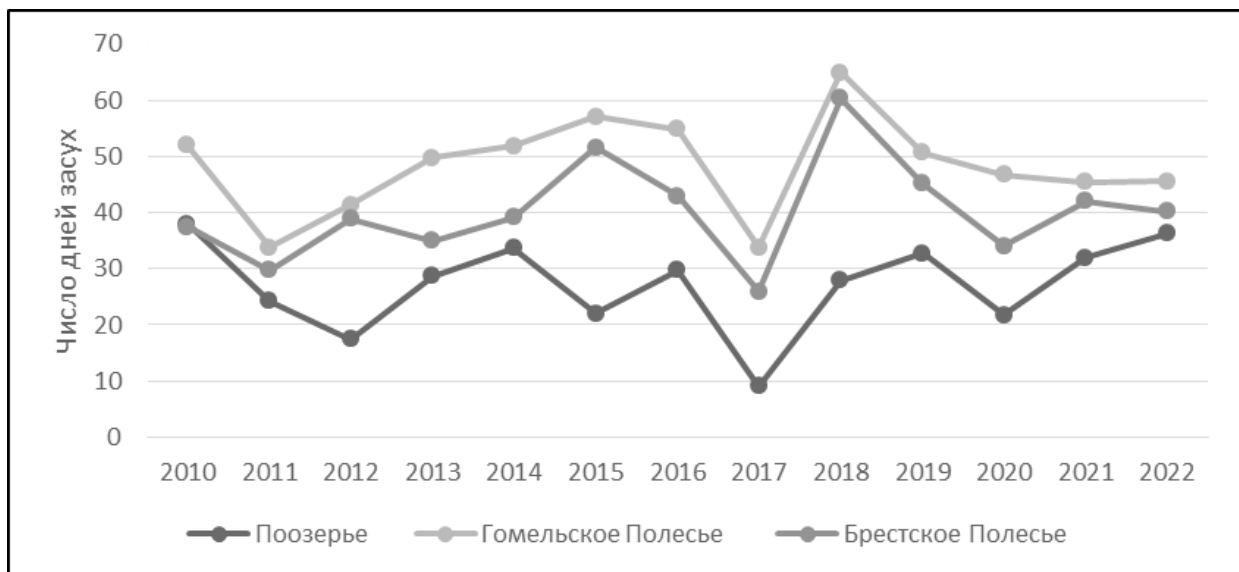
Анализ динамики развития вспышки массового размножения короедов (рисунок 3) и объемов сплошных санитарных рубок в лесхозах региона (рисунок 1) показал, что пик усыхания сосны пришелся на 2017 и 2018 гг. В 2019 году вспышка, хотя и имела все еще значительные масштабы, пошла на спад. В отдельных лесхозах масштабы гибели сосняков сохранялись на высоком уровне вплоть до 2021 года (рисунок 2). При этом к 2020 году главенствующая роль в усыхании сосны перешла от вершинного короеда к шестизубчатому.



**Рисунок 3** – Динамика средней численности 1 и 2 поколений вершинного (А) и шестизубчатого (Б) короедов по Брестскому и Гомельскому ГПЛХО в 2016–2023 гг. (штук на 1 феромонную ловушку) (по материалам ГУ «Беллесозащита»)

Хотя усыхание сосняков Гомельской области имело место с 2014 года [1], вспышка численности короедов достоверно зафиксирована здесь с 2016 года, в Брестской – с задержкой на 1 год – в 2017 году (рисунок 3). Таким образом погодно-климатические условия, предшествовавшие вспышке массового размножения вредителей леса 2013–2017 гг., а также в период ее максимума в 2017–2019 гг., следует считать решающими для ее формирования и развития.

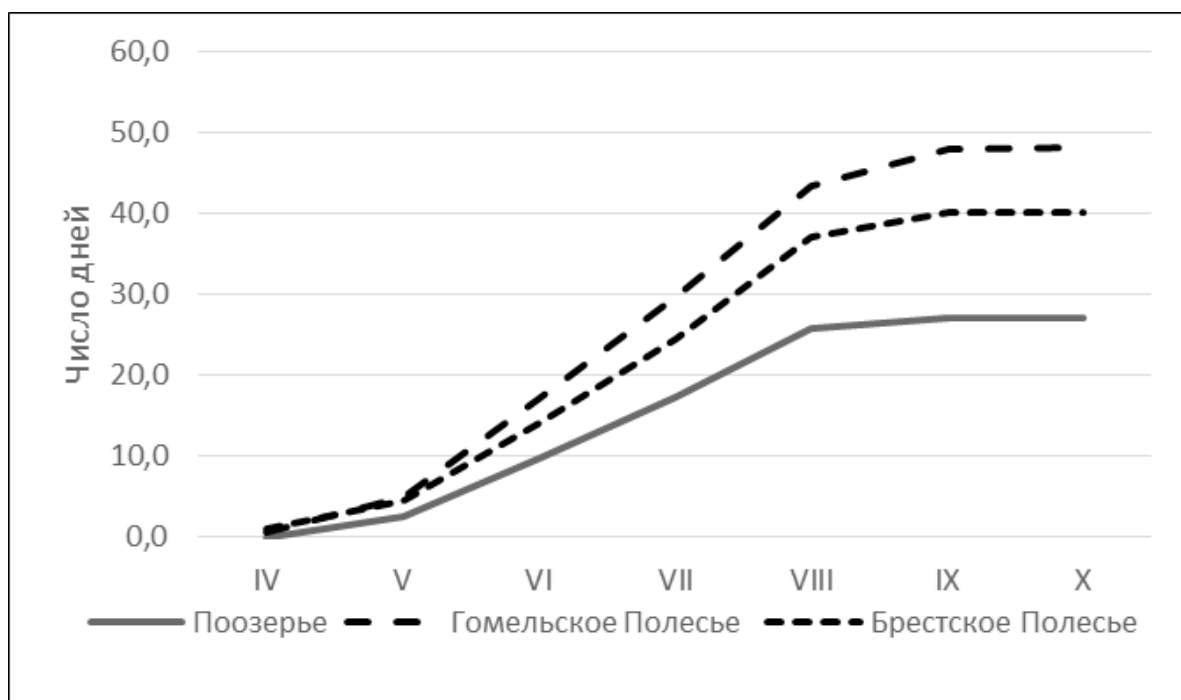
Погодичная и сезонная динамика продолжительности засушливых периодов (эпизодов сильной жары) оценивалась для Гомельского Полесья (средняя по метеостанциям Брагин, Василевичи, Гомель, Житковичи, Мозырь, Октябрь), Брестского Полесья (метеостанции Брест, Высокое, Ганцевичи, Ивацевичи, Пинск, Полесская, Пружаны) и для контраста – Белорусского Поозерья (метеостанции Витебск, Верхнедвинск и Шарковщина) (рисунки 4–7).



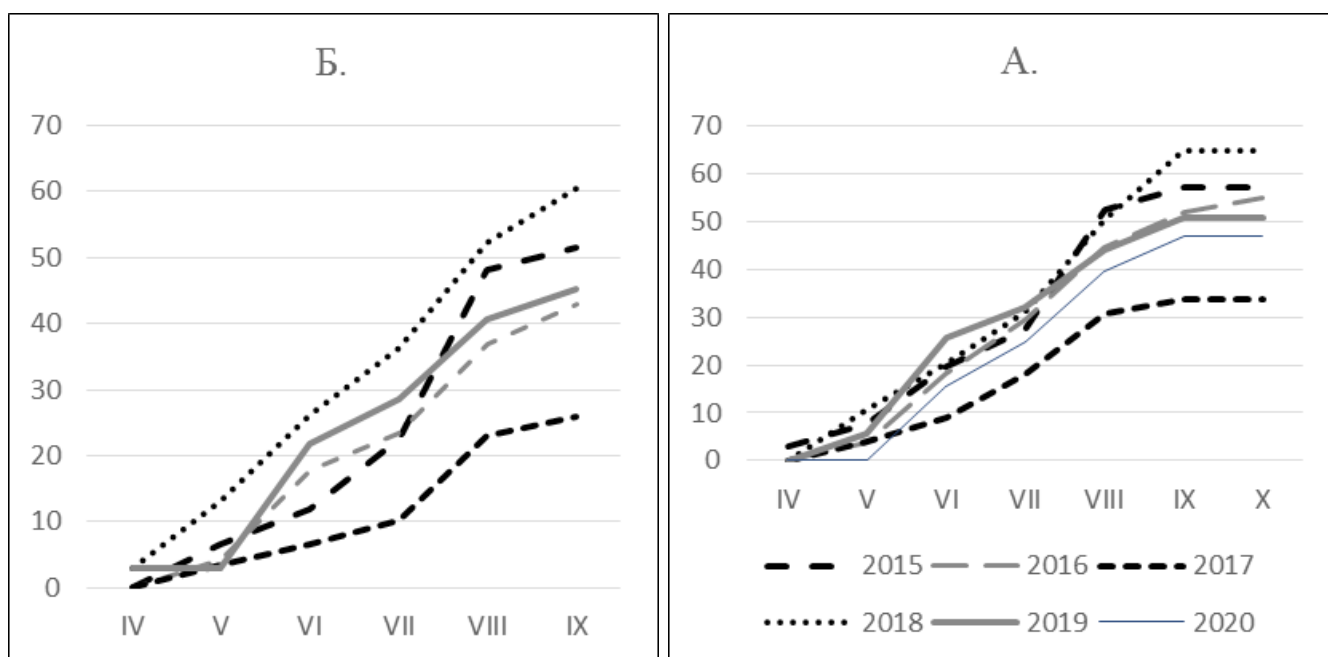
**Рисунок 4** – Погодичная динамика общей продолжительности засушливых периодов в 2010–2022 гг. по регионам Белорусского Поозерья, Гомельского и Брестского Полесья

Следуя за белорусскими климатологами [2], к засухам (эпизодам сильной жары) относились временные периоды без осадков продолжительностью от 3 и более дней при максимальной суточной температуре выше 25 °С.

Предшествовавшие вспышкам массового размножения годы характеризовались, во-первых, устойчивым ростом (с 2012 до 2015–2016 гг.) общей продолжительности засушливых явлений, особенно на Гомельщине (рисунок 4) и, во-вторых, значительным увеличением весенних (майских) и раннелетних засушливых явлений (рисунки 5–7).



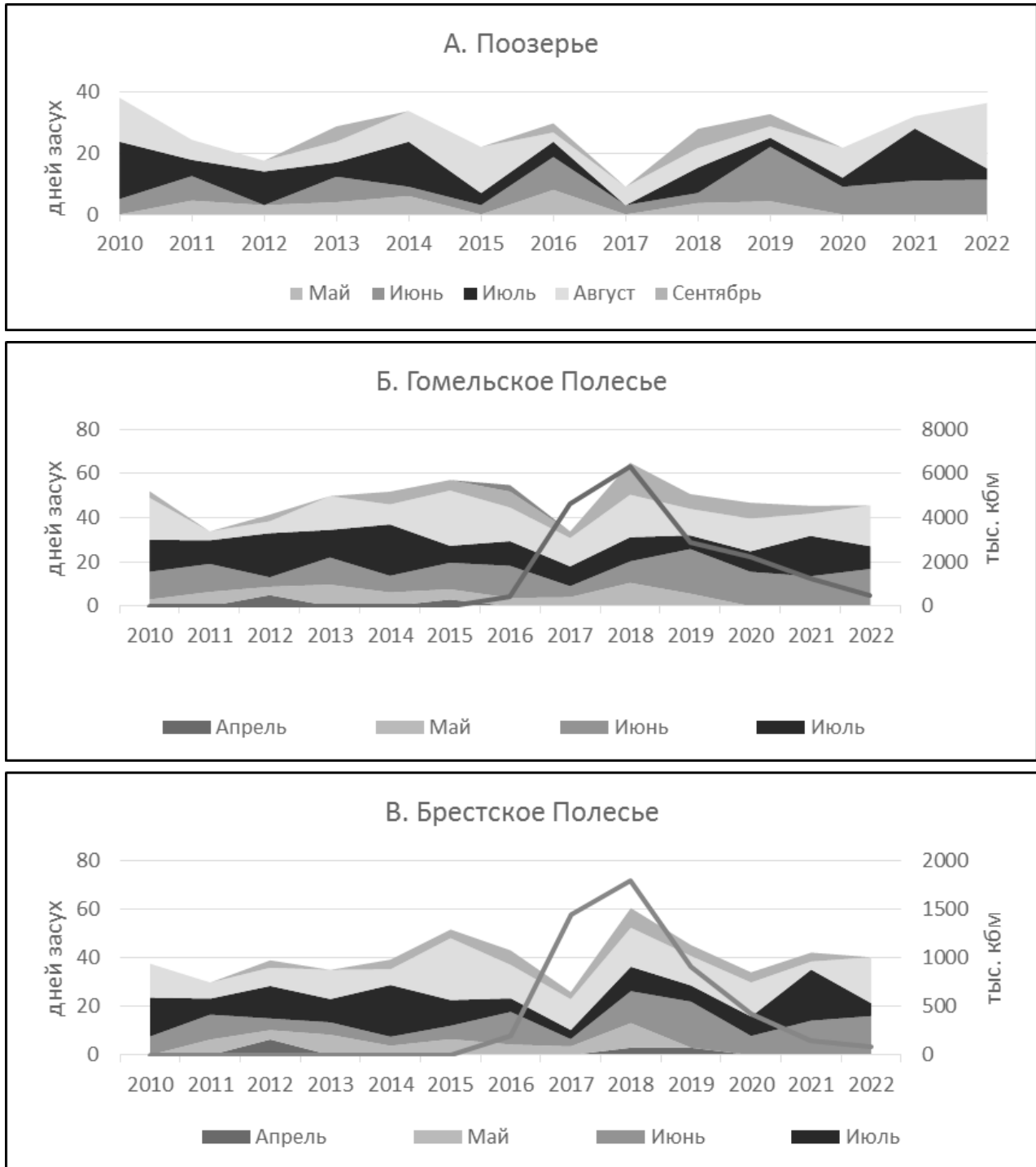
**Рисунок 5** – Среднемноголетняя (за 2010–2022 гг.) сезонная динамика общей продолжительности засушливых явлений в Белорусском Поозерье, Гомельском и Брестском Полесье



**Рисунок 6** – Погодичная (за 2015–2020 гг.) сезонная динамика общей продолжительности засушливых явлений в Гомельском (А) и Брестском (Б) Полесье

И несмотря на то, что 2017 год по погодно-климатическим условиям был довольно благоприятным для состояния сосны и не способствовал развитию вспышки массового размножения короедов, накопленная их численность при ослаблении сосновых древостоев в предыдущие годы в сочетании с резким увеличением засушливых явлений по всему Полесью в 2018 году привели к катастрофически высокому увеличению гибели сосновых лесов в регионе, в особенности в его восточной части.

В 2021–2022 гг. ситуация почти нормализовалась в Брестском Полесье, но в Гомельской части региона масштабы усыхания сосны сохранялись на уровне более 500 тыс. м<sup>3</sup> в год (рисунок 7). Больше того, по данным ГУ «Беллесозащита», и в 2023 году намечился рост усыхания сосны в Брестской области и сохранение его масштабов – в Гомельской.



**Рисунок 7** – Сезонное распределение продолжительности засушливых явлений в динамике за 2010–2022 гг. в Белорусском Поозерье (А), Гомельском (Б) и Брестском Полесье (В) и динамика сплошных санитарных рубок в сосняках Гомельской и Брестской областей (тыс. м<sup>3</sup>)

**Заключение.** К масштабной гибели древостоев сосновых лесов в Белорусском Полесье в 2016–2021 гг. привело массовое размножение стволовых вредителей леса, вершинного и шестизубчатого короедов, обусловленное устойчивым увеличением засушливых явлений в регионе на протяжении шести лет: весенних и раннелетних (с 2011 по 2014 гг.), а в 2015 и 2016 гг. – еще и позднелетних и раннеосенних.

#### Список использованных источников

1. Усеня, В. В. Анализ динамики усыхания хвойных насаждений на территории Беларуси / В. В. Усеня, Н. В. Гордей, Е. Н. Каткова, Е. А. Тегленков // Сб. науч. тр. / НАН Беларуси, институт леса. – Гомель, 2019. – Вып. 79: Проблемы лесоведения и лесоводства. – С. 166–182.
2. Логинов, В. Ф. Экстремальные климатические явления: пространственно-временные закономерности их изменений и предпосылки прогнозирования / В. Ф. Логинов, Ю. А. Бровка. – Минск : РУП «Бел НИЦ «Экология», 2012. – 132 с.

#### FEATURES OF THE WEATHER AND CLIMATIC SITUATION DURING THE PERIOD OF MASS DESICCATION OF PINE STANDS IN THE BELARUSIAN POLESIE IN 2016-2022

**A. V. Pugachevsky, A. V. Tsimashkova, Ya. K. Ignatiev**

Conjugate analysis of the dynamics of pine forests death in the Belarusian Polesie region with the results of pheromone monitoring of bark beetle (*Ips acuminatus* Gyll.; *Ips sexdentatus* Boern.) abundance and the dynamics of weather and climate conditions in 2016–2022 was performed. The dependence of the desiccation process on the peculiarities of the dynamics of drought events is shown.

УДК 691.544

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ БЕТОНОВ

Н. С. Ступень

Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Беларусь

*В статье приведены результаты исследований по утилизации бетонного лома в качестве наполнителя в модифицированный микрокремнезем магнезиальный цемент на основе каустического доломита. Установлено, что мелкозернистый модифицированный магнезиальный бетон с содержанием 10 % микрокремнезема и 48,5 % бетонного лома может быть рекомендован для изготовления изделий, эксплуатируемых в помещениях с влажностью более 60 %.*

*Ключевые слова: строительные отходы, магнезиальные цементы, микрокремнезем, мелкозернистые магнезиальные бетоны, вторичные ресурсы.*

**Введение.** В настоящее время с каждым годом увеличивается количество отходов промышленных производств. Промышленные отходы активно воздействуют на атмосферу, гидросферу, почву. Под влиянием промышленных отходов, сосредоточенных в отвалах, шлаконакопителях, хвостохранилищах, в конечном счете, происходит загрязнение вод Мирового океана, которое приводит к резкому снижению его биологической продуктивности и отрицательно влияет на климат планеты. В почве накапливаются избыточные количества губительно действующих на живые организмы соединений, в том числе канцерогенные вещества. В загрязненной «больной» почве идут процессы деградации, нарушается жизнедеятельность почвенных организмов.

Рациональное решение проблемы промышленных отходов зависит от их химического состава, агрегатного состояния, количества, технологических особенностей и т.д. Наиболее эффективным решением проблемы промышленных отходов является внедрение безотходной технологии. Создание безотходных производств осуществляется за счет принципиального изменения технологических процессов, разработке систем с замкнутым циклом, обеспечивающих многократное использование сырья. При комплексном использовании сырьевых материалов промышленные отходы одних производств являются исходными сырьевыми материалами других.

Из отраслей-потребителей промышленных отходов наиболее емкой является промышленность строительных материалов. Установлено, что использование промышленных отходов позволяет покрыть до 40 % потребности строительства в сырьевых ресурсах. Применение промышленных отходов позволяет на 10–30 % снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья, экономия капитальных вложений достигает 35–50 % [1]. Но строительная индустрия, с одной стороны, утилизирует многие промышленные отходы, а с другой стороны, является источником отходов.

Строительные отходы можно разделить на несколько категорий. К первой категории относятся отходы, которые появляются сразу же после начала строительства или ремонтных работ, второй – отходы, возникающие в процессе строительства, а к третьей – отходы, образовавшиеся в оформлении, то есть в последней стадии капитального ремонта или строительства [1].

Обращение с отходами строительной индустрии имеет законодательную базу, которая регулирует мероприятия по сбору и утилизации строительного мусора, основными из которых являются:

- организация сбора строительного мусора: устанавливаются специальные контейнеры и мусорные площадки, где строители могут утилизировать отходы;
- транспортировка мусора: строительные отходы перевозятся на специализированные полигоны и утилизационные заводы с использованием специальных транспортных средств;
- сортировка и переработка: в Республике Беларусь развиваются современные сортировочные линии и заводы по переработке строительных отходов. Здесь материалы сортируются на перерабатываемые и не перерабатываемые. Перерабатываемые материалы, такие как бетон, металл, дерево и пластик, подвергаются переработке и повторному использованию.

В Беларуси уделяется большое внимание вторичному использованию строительных материалов. Переработанные материалы используются в новых строительных проектах, что способствует снижению потребления природных ресурсов и сокращению экологической нагрузки.

**Целью** исследований является получение мелкозернистых модифицированных магнезиальных бетонов с использованием бетонного лома.

**Материалы и методы.** Для проведения исследований использовался каустический доломит, в котором CaO (30,3 %), MgO (20,0 %), SiO<sub>2</sub> (1,1 %), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,4 %), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,5 %) и другие примеси.

В качестве модифицирующей добавки применяли микрокремнезем – высокодисперсную пыль, отход ферросплавного производства. Преобладающее содержание в его составе аморфного диоксида кремния свидетельствует о высокой пуццолановой активности микрокремнезема:  $\text{SiO}_2$  – 90,1 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 2,0 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 1,7 %,  $\text{CaO}$  – 2,3 %,  $\text{MgO}$  – 0,8 %,  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  – 1,9 %,  $\text{SO}_3$  – 0,6 %.

В качестве наполнителя использовали отход строительной индустрии – бетонный лом.

Затворяющим компонентом служил природный бишофит ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ) плотностью 1,28 г/см<sup>3</sup>.

Образцы изготавливали методом прессования под давлением 40 МПа в специальных пресс-формах.

**Результаты исследований.** Результаты предшествующих исследований показали, что в сочетании с прессованием, как способом уплотнения формовочных смесей, добавка микрокремнезема способна значительно повысить водостойкость затвердевшего магнезиального камня за счет появления в его структуре труднорастворимых соединений [3, 4]. Традиционно в качестве наполнителей для магнезиальных цементов на основе каустического магнезита и каустического доломита используют древесные опилки, пески кварцевые, мраморные, гранитные. В наших исследованиях в качестве заполнителя использовали бетонный лом, который был измельчен до размера зерен менее 5 мм.

Зерновой состав бетонного лома представлен в таблице 1.

Размер отверстий сита, мм	5,00	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14
Остатки на ситах, %	0,00	15,7	32,7	12,3	13,7	25,6

**Таблица 1** – Зерновой состав бетонного лома

Для экспериментальных исследований бетонный лом рассеивали на отдельные фракции, которые использовали в определенных соотношениях.

Составы мелкозернистых магнезиальных бетонов приведены в таблицах 2 и 3.

**Таблица 2** – Составы мелкозернистых магнезиальных бетонов

№	Компоненты	Содержание компонентов в смесях, % масс.				
1.	Каустический доломит	48,5	50,0	55,0	57,5	60,0
3	Бишофит (в пересчете на сухое вещество)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
4	Бетонный лом	48,5	47,0	42,0	39,5	37,0

**Таблица 3** – Составы мелкозернистых модифицированных магнезиальных бетонов

№	Компоненты	Содержание компонентов в смесях, % масс.				
1	Каустический доломит	38,5	40,0	45,0	47,5	50,0
2	Микрокремнезем	10	10	10	10	10
3	Бишофит (в пересчете на сухое вещество)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
4	Бетонный лом	48,5	47,0	42,0	39,5	37,0

Анализ экспериментальных данных показал, что наилучшими физико-механическими свойствами обладают мелкозернистые бетоны с содержанием бетонного лома 37 % и каустического доломита 50 %. Образцы из такого бетона обладают достаточной прочностью на сжатие (60 МПа), но водостойкость их недостаточна, чтобы применять изделия в помещениях с повышенной влажностью.

Введение микрокремнезема, обладающего пуццолановой активностью, обеспечивает повышение водостойкости и долговечности изделий из модифицированного магнезиального цемента [4]. При замене 42 % каустического доломита на бетонный лом в присутствии микрокремнезема (10 %) образцы показали высокие показатели прочности при сжатии (70 МПа) и высокую водостойкость (коэффициент размягчения 0,78). Такие мелкозернистые модифицированные магнезиальные бетоны можно использовать для производства изделий, эксплуатируемых в помещениях с влажностью более 60 %.

#### **Выводы.**

1. Изучена возможность утилизации отхода строительной промышленности бетонного лома в качестве наполнителя в мелкозернистые магнезиальные бетоны на основе каустического доломита.

2. Разработаны составы мелкозернистого магнезиального бетона с использованием бетонного лома.

3. Разработанные составы композиционных магнезиальных мелкозернистых бетонов на основе каустического доломита рекомендуются для производства прессованных строительных изделий, эксплуатируемых в

---

помещениях с влажностью более 60 %. Использование в составе формовочных смесей вторичного ресурса снижает себестоимость изделий из каустического доломита.

#### Список использованных источников

1. Алимкулов, С. О. Отходы – глобальная экологическая проблема. Современные методы утилизации отходов / С. О. Аликулов [и др.] // Молодой ученый. – 2014 – № 21. – С. 66–70.
2. ООО «БелРецикл» Раздельный сбор мусора у Вас на объекте, строительной площадке [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://xn--90aiamkdd0b5c.xn--90ais/catalog/vyvoz-pererabotka-i-utilizaciya-othodov-v-vitebske-i-vitebsk>. – Дата доступа : 08.06.2024
3. Kaklyugin, A. Pressed Composites Based on Gypsum and Magnesia Binders Modified with Secondary Resources / A. Kaklyugin, N. Stupen, L. Kastornykh, V. Kovalenko // Materials Science Forum. – 2020. – Vol. 1011. – Pp. 52–58. DOI: 10.4038/www.scientific.net/MSF.1011.52.
4. Ступень, Н. С. Повышение воздухостойкости прессованных композитов на основе магнезиального вяжущего / Н. С. Ступень, А. В. Каклюгин, Л. И. Касторных, В. В. Коваленко // Вестник МГСУ. – 2021. – Т. 16. – № 2. – С. 176–185. DOI 10.22227/1997-0935.2021.2.176-185.

#### UTILIZATION OF CONSTRUCTION WASTE FOR THE PRODUCTION OF FINE-GRAINED MAGNESIA CONCRETE

##### N. S. Stupen

The article presents the results of research on utilization of concrete scrap as a filler in microsilica-modified magnesia cement based on caustic dolomite. It is established that fine-grained modified magnesia concrete with the content of 10 % of microsilica and 48,5 % of concrete scrap can be recommended for manufacturing of products operated in premises with humidity of more than 60 %.



## ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЗОНЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПЛОЩАДОК НАКОПЛЕНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД (ОБЗОР)

О. Е. Чезлова

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

*Выявлена необходимость оценки гидробиологических показателей водных объектов, расположенных в зоне влияния площадок накопления осадков сточных вод. В водотоках наиболее четко характеризует качество вод показатели зообентоса и перифитона, а в водоемах – зоопланктона.*

*Ключевые слова: гидробиологические показатели, поверхностные водные объекты, осадки сточных вод.*

**Введение.** В зоне локализации площадок накопления ОСВ риск загрязнения поверхностных вод очень высок. Многие из загрязняющих веществ отличаются молекулярной устойчивостью, обладают высокой токсичностью и выраженным мутагенным эффектом, и контроль за состоянием водных объектов только по физическим и химическим показателям даже при наличии экологически обоснованных норм содержания загрязняющих веществ в природных средах часто оказывается недостаточным. Кроме того, в водной среде, как правило, сосредоточиваются сложные комплексы различных химических соединений, иначе воздействующих на организмы, чем отдельные составляющие. Также в результате превращения загрязняющих веществ и взаимодействия многих химических ингредиентов в водной среде происходит образование трудно поддающихся анализу химических соединений. Гидробиологические показатели позволяют провести прямую оценку состояния водных экологических систем и определить совокупный эффект комбинированного воздействия загрязняющих веществ [1, 2].

**Основная часть.** В настоящее время нет единого гидробиологического показателя и качество воды определяется совокупностью гидробиологических показателей: зообентосом, перифитоном, зоопланктоном и фитопланктоном. Оценка состояния водных объектов и качества воды проводится по видовому составу, количеству и биомассе гидробионтов, а также по показателям трофности и сапробности водоемов и водотоков и др. [1].

Каждая группа водных организмов в качестве биологического индикатора имеет свои преимущества и недостатки. Водорослям (особенно сине-зеленым) принадлежит ведущая роль в индикации изменения качества воды в результате эвтрофирования (заболачивания) водоема. Зоопланктон также достаточно показателен как индикатор эвтрофирования, органического и нитратного загрязнения вод. Индексы видового разнообразия зоопланктонного сообщества успешно применяются для сравнительной оценки степени антропогенного пресса и трофности пресноводных и морских водоемов. Наиболее информативными из индексов биоразнообразия оказались индекс Шеннона, индекс полидоминантности Симпсона и индекс выравненности Пиелу [3]. Простейшие являются высокочувствительными индикаторами сапробного состояния водоемов. Цилиофауна обладает высокой восприимчивостью к химическому составу вод и вследствие этого используется как индикатор органического загрязнения. Зообентос служит хорошим индикатором загрязнения донных отложений и придонного слоя воды. Наиболее достоверными индикаторами среди них служат легочные моллюски, особенно катушки и речные чашечки [4]. Положительные результаты дает также оценка качества воды по личинкам насекомых. Свободно живущие личинки ручейников, а также поденок являются наиболее чувствительными организмами. Значение макрофитов наиболее существенно при предварительном гидробиологическом осмотре водных объектов. При загрязнении водоемов изменяется видовой состав, биомасса и продукция макрофитов, возникают морфологические аномалии, происходит смена доминантных видов, обуславливающих особенности ценоза. В средней полосе России в водоемах при загрязнении воды разрастаются роголистник, рдест плавающий, ряски, а в чистой воде – водокрас лягушачий и сальвиния [1]. Данные по ихтиофауне важны при оценке состояния водного объекта в целом и особенно при определении допустимых уровней загрязнения водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение [5]. Таким образом, видовой состав живых организмов из загрязняемого водоема служит итоговой характеристикой токсикологических свойств водной среды за некоторый промежуток времени, но не дает ее оценки на момент исследования. В холодное время года системы биологической индикации в гидробиологии вообще не могут быть применены.

Существуют методы биоиндикации, позволяющие получить достаточно точные заключения о качестве воды, хорошо согласующиеся с данными гидрохимических исследований. К ним относятся методы определения биотических индексов Вудивисса и Майера [6, 7, 8, 9]. Биотический индекс Вудивисса рассчитывается только при исследованиях рек (т.е. водотоков) умеренного пояса и дает оценку их состояния по 15-балльной шкале. По методу Вудивисса определяют, какие индикаторные группы имеются в исследуемом водоеме, и далее

оценивают общее состояние бентосных организмов. Более простым в применении является метод, основанный на определении биотического индекса Майера. В основе метода лежит приуроченность различных групп водных беспозвоночных к водоемам с определенным уровнем загрязненности. Он применим для водоемов любых типов. Преимущество при определении индекса Майера состоит также в том, что не нужно определять беспозвоночных с точностью до вида.

Из гидробиологических показателей в России наибольшее применение нашел так называемый индекс сапробности водных объектов, который рассчитывают исходя из индивидуальных характеристик сапробности видов, представленных в различных водных сообществах (фитопланктоне, перифитоне):

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N (S_i \times h_i)}{\sum_{i=1}^N h_i}, \quad (1)$$

где  $S_i$  – значение сапробности гидробионта (специальные таблицы);  $h_i$  – относительная встречаемость индикаторных организмов (в поле зрения микроскопа);  $N$  – число выбранных индикаторных организмов. [1].

Проведение биологических исследований имеет свои особенности в стоячих и текущих водоемах. Для изучения рек и ручьев большое значение имеют перифитонные организмы (т.е. обрастатели), те, которые дают картину общего состояния воды за достаточно длительный промежуток времени, предшествующий исследованию. Также случайные загрязнения местного характера легче всего могут повлиять на характер населения дна в таких водоемах. В стоячих водоемах перспективно также использование организмов планктона. Различие в применении их в биоиндикации связано еще с масштабом изучаемого времени: мелкие организмы планктона вымирают и размножаются быстрее и быстрее реагируют на изменение условий среды (за несколько недель); макробентос изменяется медленнее и отражает усредненное качество среды за последний год или несколько лет [6].

Лучший индикатор опасных загрязнений – прибрежное обрастание, располагающееся на поверхностных предметах у кромки воды. В чистых водоемах эти обрастания ярко-зеленого цвета или имеют буроватый оттенок. Для загрязненных водоемов характерны белые хлопьевидные образования. При избытке в воде органических веществ и повышении общей минерализации обрастания приобретают сине-зеленый цвет, так как состоят в основном из сине-зеленых водорослей. При плохой очистке фекально-бытовых сточных вод обрастания бывают белыми или сероватыми. Как правило, они состоят из прикрепленных инфузорий (сувойки, кархезиум и др.). Стоки с избытками сернистых соединений могут сопровождаться хлопьевидными налетами нитчатых серобактерий-теотриков. Перспективными, но недостаточно широко используемыми тест-объектами являются бентосные диатомовые водоросли в связи с их массовым развитием и приуроченностью к определенным прибрежным биотопам, а также видоспецифичной чувствительностью к загрязняющим веществам водной среды [10].

При добавлении в воду бытовых отходов резко увеличивается количество растворенной и взвешенной органики, усиливается заиление дна, немного повышается температура воды; уменьшается концентрация растворенного кислорода (за счет бактериального гниения органики); при наличии света и стабильной обводненности пышно разрастаются макрофиты. Гибнут, в первую очередь, оксифильные организмы (особенно в стоячих водоемах, куда кислород проникает с трудом); напротив, виды с пониженными потребностями к кислороду пышно расцветают. Это в первую очередь: некоторые виды личинок хирономид, олигохеты, водяной ослик, личинка мухи-пчеловидки, личинки мухи-бабочницы. Кроме того, прекрасно себя чувствуют те, кто дышит воздухом: легочные улитки (особенно мелкие прудовики и катушки), жуки-плавунцы и водолюбы [1].

Загрязнение поверхностных водоемов может приводить к существенным изменениям в видовой структуре как зоопланктона, так и зообентоса. Так, направленность изменений видового разнообразия сообщества метазойного микрозоопланктона в акватории Севастопольской бухты характеризовалась снижением в градиенте открытое взморье – устье бухты – внутренняя часть бухты в соответствии с возрастающей загрязненностью и трофностью вод бухты вследствие повышения антропогенного воздействия на среду обитания. [7]. Прогрессирующее заиление ложа в Саратовском водохранилище способствовало увеличению роли в сообществе самопроизвольных вселенцев-детритофагов – фильтраторов полихет и дрейссенид [11].

При анализе состава сапробных групп фауны инфузорий для малых рек г. Хабаровска установлено, что во всех исследуемых реках доминируют представители  $\alpha$ -мезосапробного комплекса, что свидетельствует о значительной антропогенной нагрузке на изучаемые малые реки [12]. Накопление органических веществ в воде и в донных отложениях реки Июль, малой реки Удмуртии, привело к мозаичному ее загрязнению, где качество воды меняется от очень грязного до чистого. Доля чувствительных к загрязнению видов (*Ephemeroptera*, *Trichoptera* и *Plecoptera*) изменялась на станциях в диапазоне 0–14,4 % от общей численности макрозообентоса. Для оценки сапробности использовали индекс Пантле – Букка. Средняя сапробность реки составила 2,75, что соответствует  $\alpha$ -мезосапробной зоне (грязная вода) [13].

Восстановление ценозов гидробионтов после длительного негативного антропогенного воздействия носит долговременный характер. Так, гидробиологические исследования, проводимые в 2018–2019 гг., выявили низкое качество воды озера Волжско-Камского государственного заповедника после негативного антропогенного воздействия птицефабрики и зверосовхоза в 1970–1980 гг. [14].

В Беларуси в бассейнах рек Западная Двина и Припять количество поверхностных водных объектов с отличным экологическим статусом по гидробиологическим показателям увеличилось в 2020 году по отношению к 2019 году, а в бассейнах рек Днепр и Западный Буг – уменьшилось. На данный момент в республике по-прежнему существует ряд водных объектов, которые находятся под риском не достижения хорошего экологического статуса по гидробиологическим показателям. К ним относятся трансграничный пункт наблюдения р. Западный Буг у н.п. Новоселки. Состояние поверхностных водных объектов в первую очередь зависело от поступления в них загрязняющих веществ в составе сточных вод [15].

В результате анализа методом главных компонент (PCA) данных непрерывного мониторинга системы Нарочанских озер выявлены факторы в наибольшей степени влияющие на многолетнюю динамику состояния озерной экосистемы. Первый главный фактор, соответствующий первой главной компоненте и определявший динамику экосистем озер Баторино, Мясстро и Нарочь в 1978–2015 гг. на 63, 65 и 43 % соответственно, интерпретирован исследователями как устойчивость озерной экосистемы к переменной биогенной нагрузке, находящаяся в обратной зависимости от степени трофности водоема [16].

**Заключение.** В зоне локализации площадок накопления ОСВ необходимо осуществлять наблюдения за качеством поверхностных вод по гидробиологическим показателям, позволяющим провести прямую оценку состояния водных экосистем и определить совокупный эффект комбинированного воздействия загрязняющих веществ. Они имеют важное значение при определении условий, характера и границ воздействия площадок накопления ОСВ, исследовании биотрансформации загрязняющих веществ, а также для получения объективных данных, накопление которых необходимо для выяснения долгосрочных изменений в водных экосистемах. В водотоках наиболее четко характеризует качество вод показатели зообентоса и перифитона, а в водоемах – зоопланктона.

#### Список использованных источников

1. Петин, А. Н. Анализ и оценка качества поверхностных вод / А. Н. Петин, М. Г. Лебедева, О. В. Крымская. – Белгород : Изд-во БелГУ, 2006. – 252 с.
2. Владимиров, С. А. Опыт планирования и реализации инновационного проекта эффективного рисоводства / С. А. Владимиров, И. А. Приходько // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 6. – С. 75–79.
3. Серегин, С. А. Индексы биоразнообразия и показатели структуры сообщества метазойного микрозоопланктона в оценке антропогенного воздействия и трофности прибрежных акваторий / С. А. Серегин, Е. В. Попова // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность : тезисы докладов Международной научной конференции, посвященной 150-летию Севастопольской биологической станции – Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий», г. Севастополь, сентябрь 2021 г. – Севастополь, 2021. – С. 160–161.
4. Безматерных, Д. М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири : аналит. обзор / М. Д. Безматерных // Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, Ин-т вод. и экол. проблем. – Новосибирск, 2007. – 87 с.
5. Гривко, Е. В. Оценка состояния водных экосистем биоиндикационными и физикохимическими методами: методические указания / Е. В. Гривко, О. С. Ишанова. – Оренбург : Оренбургский гос. ун-т, 2013. – 43 с.
6. Прокопов, Г. А. Устойчивый Крым. Водные ресурсы // Методы биоиндикации для оценки качества водной среды. – январь, 2003. – С. 131–133. – [https://www.researchgate.net/publication/312947342\\_Metody\\_bioindikacii\\_dla\\_ocenki\\_kacstva\\_vodnoj\\_sredy](https://www.researchgate.net/publication/312947342_Metody_bioindikacii_dla_ocenki_kacstva_vodnoj_sredy).
7. Данилова, Ю. А. Биоиндикация состояния пресного водоема: иллюстрированная методика / Ю. А. Данилова, А. Р. Ляндзберг, А. Г. Муравьев. – СПб. : Кристмас+, 1999. – 6 с.
8. Методы биоиндикации и биотестирования природных вод / под ред. В. А. Брызгалю, Т. А. Хоружей. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – Вып. 2. – 276 с.
9. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В. А. Абакумова. – СПб. : Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.
10. Оценка воздействия ионов меди на динамику роста клоновых культуры трех видов бентосных диатомовых водорослей (*Bacillariophyta*) Черного моря / А. А. Петров [и др.]. // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность : тезисы докладов Международной научной конференции, посвященной 150-летию Севастопольской биологической станции – Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий», г. Севастополь, сентябрь 2021 г. – Севастополь, 2021. – С. 420–422.
11. Филимонова, Е. И. Вселенцы в макрозообентосе Саратовского водохранилища / Е. И. Филимонова // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность : тезисы докладов Международной научной конференции, посвященной 150-летию Севастопольской биологической станции – Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий», г. Севастополь, сентябрь 2021 г. – Севастополь, 2021. – С. 193–194.

12. Куленко, Е. А. Биоиндикация для определения сапробности малых рек г. Хабаровска и его окрестностей / Е. А. Куленко, Л. И. Никитина // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность : тезисы докладов Международной научной конференции, посвященной 150-летию Севастопольской биологической станции – Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий», г. Севастополь, сентябрь 2021 г. – Севастополь, 2021. – С. 523–524.

13. Холмогорова, Н. В. Биоиндикация загрязнения реки Июль (Удмуртская Республика) по организмам макрозообентоса / Н. В. Холмогорова // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность : тезисы докладов Международной научной конференции, посвященной 150-летию Севастопольской биологической станции – Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий», г. Севастополь, сентябрь 2021 г. – Севастополь, 2021. – С. 562–563.

14. Косова, М. В. Гидробиологические исследования озёр ВКГПБЗ после деятельности хозяйственных объектов / М. В. Косова, О. Ю. Деревенская, Е. Н. Унковская // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность : тезисы докладов Международной научной конференции, посвященной 150-летию Севастопольской биологической станции – Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий», г. Севастополь, сентябрь 2021 г. – Севастополь, 2021. – С. 387– 98.

15. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень / Под общей редакцией С. А. Дубенок. – Минск : РУП «ЦНИИКИВР», 2021. – 150 с.

16. Казанцева, Т. И. Какие факторы сильнее всего влияют на многолетнюю динамику озерной экосистемы (по данным мониторинга Нарочанских озёр за 1978–2015 гг.) / Т. И. Казанцева, Б. В. Адамович // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность : тезисы докладов Международной научной конференции, посвященной 150-летию Севастопольской биологической станции – Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий», г. Севастополь, сентябрь 2021 г. – Севастополь, 2021. – С. 261.

#### **HYDROBIOLOGICAL INDICATORS OF AQUATIC ECOSYSTEMS IN THE LOCALIZATION ZONE OF SEWAGE SLUDGE ACCUMULATION SITES (REVIEW)**

**O. E. Chezlova**

The need to assess the hydrobiological parameters of aquatic ecosystems located in the zone of influence of wastewater sludge accumulation sites has been identified. In watercourses, water quality is most clearly characterized by indicators of zoobenthos and periphyton, and in reservoirs – by zooplankton.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ ЧЕРНОБЫЛЬСКОГО ГЕНЕЗА В ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКЕ СОСНЯКОВ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ПГРЭЗ

Н. В. Шамаль, Р. А. Король, В. Н. Сеглин, Е. В. Копыльцова, Н. И. Тимохина  
Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Гомель, Беларусь

*В работе представлены данные накопления и распределения  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238,239,240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  в различных компонентах лесной подстилки сосняков зоны отчуждения ПГРЭЗ. Минимальным накоплением радионуклидов и запасом активности характеризуется слой опада (AOL), средними значениями – живой напочвенный покров (мхи и лишайники), высокий запас радионуклидов отмечен в слое АОН.*

*Ключевые слова: радионуклиды, лесная подстилка, удельная активность, радиоактивное загрязнение.*

Проблема пожаров на радиоактивно загрязненных территориях определяется возможным выносом и перераспределением радионуклидов за границы пожара, что может привести к дополнительному радиоактивному загрязнению других территорий. При этом процесс может продолжаться после прохождения огня в течение нескольких лет, так как участки, пострадавшие от крупных пожаров, способны поставлять в атмосферу частицы, образующиеся вследствие постепенного разрушения обугленной растительности.

В настоящее время для оценки радиационной опасности территорий используются методы, учитывающие тип, интенсивность пожара и запас радионуклидов в основных компонентах лесных горючих материалах. Одним из этих компонентов является лесная подстилка, так как она подвержена горению при любом типе пожара и является основным депо локализации радионуклидов [1].

Целью представленной работы являлась оценка накопления и распределения радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238,239,240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  в лесной подстилке сосняков, произрастающих на территории зоны отчуждения Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ).

Исследования проводились в 2021–2022 г. Постоянные пробные площадки были заложены в сосняках, расположенных возле бывших населенных пунктов (бнп) Красноселье и Радин (таблица 1). На площадке определялось 5 точек (геометрия «конверта»), на которых отбирались живой напочвенный покров, подстилка и почва. Отбор образцов почвы проводился по стандартной методике, для оценки запасов лесных горючих материалов за основу использовалась методика Н. П. Курбатского [2]. Сбор проводился послойно до минерального почвенного горизонта: живой напочвенный покров, слой АОI (морфологически хорошо сохранившиеся, слабо затронутые разложением остатки опада: хвоя, шишки, ветви, кора и др.), слой АOF (неидентифицируемые растительные остатки разной степени разложения), слой АОН (растительные остатки, не сохранившие анатомического строения). В лабораторных условиях верхний слой АОI разделялся на отдельные фракции: ветки, хвоя, кора и шишки, средний слой АOF разделяли на две фракции: крупную (размер частиц 4–10 мм) и мелкую (размер частиц 2–4 мм).

**Таблица 1** – Характеристика пробных площадок

Тип леса, ТЛУ	Широта долгота	Возраст	Плотность загрязнения, кБк/м <sup>2</sup>			
			$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{238,239,240}\text{Pu}$	$^{241}\text{Am}$
Сосняк вересковый, А2 (бнп Красноселье)	51,5644 29,9076	45	1528	75–200 [3]	6,09	10–20 [3]
Сосняк мшистый, А2 (бнп Радин)	51,5702 30,0829	90	4501	400–750 [3]	6,89	10–20 [3]

Определение запаса напочвенного покрова на единицу поверхности рассчитывали по учету отдельных компонентов подстилки при ее пробоподготовке и площади отбора проб в полевых условиях.

Определение  $^{137}\text{Cs}$  в образцах лесных горючих материалов и грунта проводили в соответствии с методикой выполнения измерений МВИ.МН 4779-2013 [4] с использованием гамма-радиометра спектрометрического типа РКГ-АТ1320А со сцинтилляционным детектором NaI (Тl). Геометрия измерений: сосуд Маринелли (1 л) и плоский сосуд (0,5 и 0,1 л). Относительная ошибка измерения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в пробах составляла от 2 до 10 % в зависимости от активности образца.

Определение  $^{90}\text{Sr}$  в образцах лесных горючих материалов проводилось в соответствии с методикой измерения МВИ.МН 1181-2011 [5] с использованием гамма-бета-спектрометра МКС-АТ1315 с органическим сцинтиллятором на основе полистирола, активированного паратерфинилом. Пробы горючих материалов

предварительно концентрировались путем высушивания и частичного сжигания в муфельной печи при 550–600 °С. Измерения концентрированных проб проводились в геометриях плоских сосудов 0,03 л. Предел допускаемой основной относительной погрешности измерения удельной активности радионуклида при доверительной вероятности 0,95 не превышал  $\pm 20\%$ .

Анализ образцов на содержание в них трансурановых элементов (ТУЭ):  $^{238,239,240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  включал предварительную пробоподготовку, основанную на разложении органического вещества путем сжигания в муфельной печи при контролируемой температуре (600–650 °С), переводение радионуклидов в раствор, радиохимическое выделение, очистка трансурановых элементов на основе ионообменной хроматографии и инструментальное определение [6–7]. Инструментальное определение проводили методом альфа-спектрометрии с использованием  $\alpha$ -спектрометра «Alpha Analyst» производства CANBERRA Packard (США) с минимальной детектируемой активностью по  $^{238,239,240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am} = 10^{-3}$  Бк/пробу и основной относительной погрешностью измерения не более 30 %. Эффективность детектирования составляла в среднем  $(25 \pm 3)\%$ .

Сосновые леса, в которых заложены пробные площадки, расположены на высокоактивной территории ПГРЭЗ. Лесные массивы сформированы в доаварийный период и относятся к средневозрастному (сосняк вересковый) и приспевающему (сосняк мшистый) лесу. Плотность загрязнения по  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  между площадками различается в три раза. Плотность загрязнения по ТУЭ практически одинакова (таблица 1).

Данные о запасе подстилки на площадках представлены в таблице 2. Для площадок характерна высокая масса слоя АОН, составляющая 36–39 % от общего количества. Минимальными значениями фитомассы характеризуется слой мхов и лишайников: в сосняке мшистом – 13,4 %, в сосняке вересковом – 10,8 %. Крупная фракция слоя АОФ (4–10 мм) составляет 7 % от общего количества подстилки на обеих площадках. Масса мелкой фракции (2–4 мм) в слое АОФ в 2–3 раза больше массы крупной фракции.

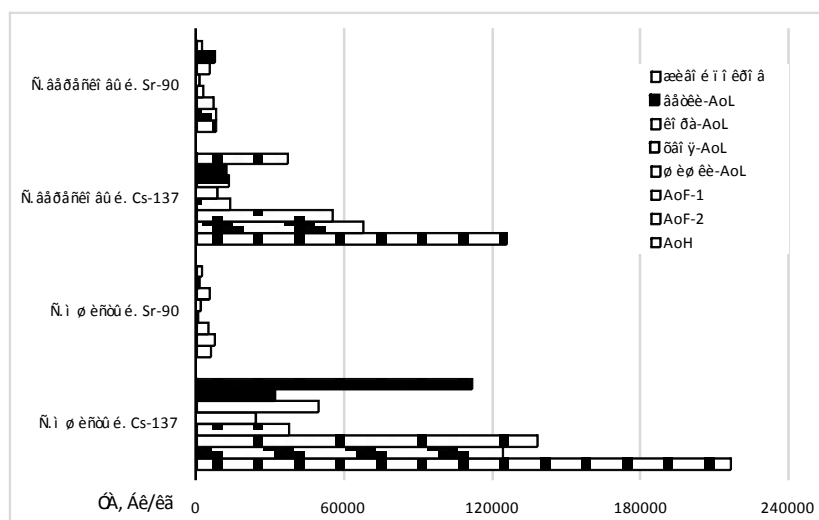
**Таблица 2** – Запас подстилки и живого напочвенного покрова, г/м<sup>2</sup>

Тип леса	Подстилка				Общая
	Мхи, лишайники	АОЛ	АОФ	АОН	
Сосняк вересковый	470 ± 19	789 ± 135	1143 ± 237	1359 ± 190	3761 ± 491
Сосняк мшистый	367 ± 114	1270 ± 412	1075 ± 279	1814 ± 322	4526 ± 624

Слой AOL представлен слабо затронутыми разложением остатками опада: веточки, хвоя, кора и шишки. В средневозрастном сосняке вересковом доля опада в подстилке составляет 26 %, в приспевающем сосняке мшистом – 21 %. В сосняке мшистом доля каждой фракции опада составляет в среднем 5 %, в сосняке вересковом доля в подстилке шишек, коры, веток и хвои была соответственно: 8,7; 6,0; 5,9 и 5,0 %.

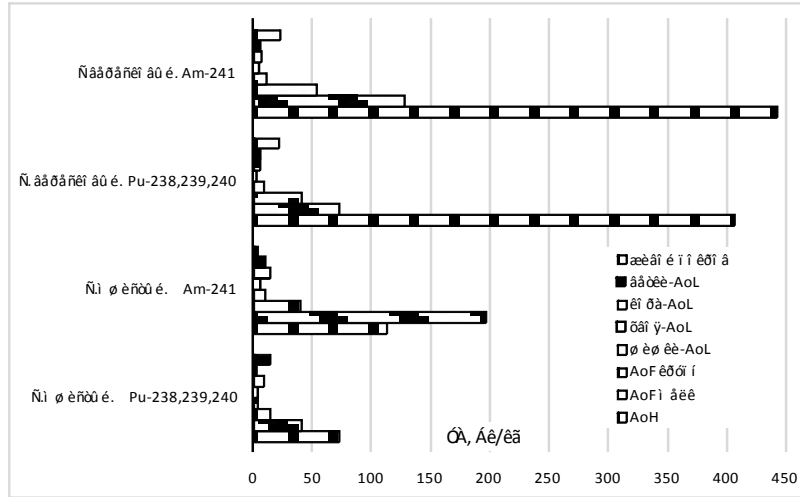
Накопление радионуклидов в подстилке имело сложный характер. Зависимость удельной активности (УА) радионуклида в подстилке от плотности загрязнения почвы установлена только  $^{137}\text{Cs}$ . Среднее значение УА радионуклидов в подстилке в сосняке вересковом составило:  $^{137}\text{Cs}$  – 72,1 кБк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  – 6,4 кБк/кг,  $^{238,239,240}\text{Pu}$  – 180 Бк/кг и  $^{241}\text{Am}$  – 205 Бк/кг. В сосняке мшистом УА радионуклидов в подстилке имела следующие значения:  $^{137}\text{Cs}$  – 138,3 кБк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  – 5,06 кБк/кг,  $^{238,239,240}\text{Pu}$  – 38,9 Бк/кг и  $^{241}\text{Am}$  – 90,8 Бк/кг.

Анализ УА радионуклидов в слоях подстилки показал, что для обеих площадок характерно низкое содержание радионуклидов в верхнем слое AOL и максимально высокое в нижнем слое АОН (рисунки 1 и 2).



**Рисунок 1** – Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в компонентах подстилки сосняка мшистого и верескового

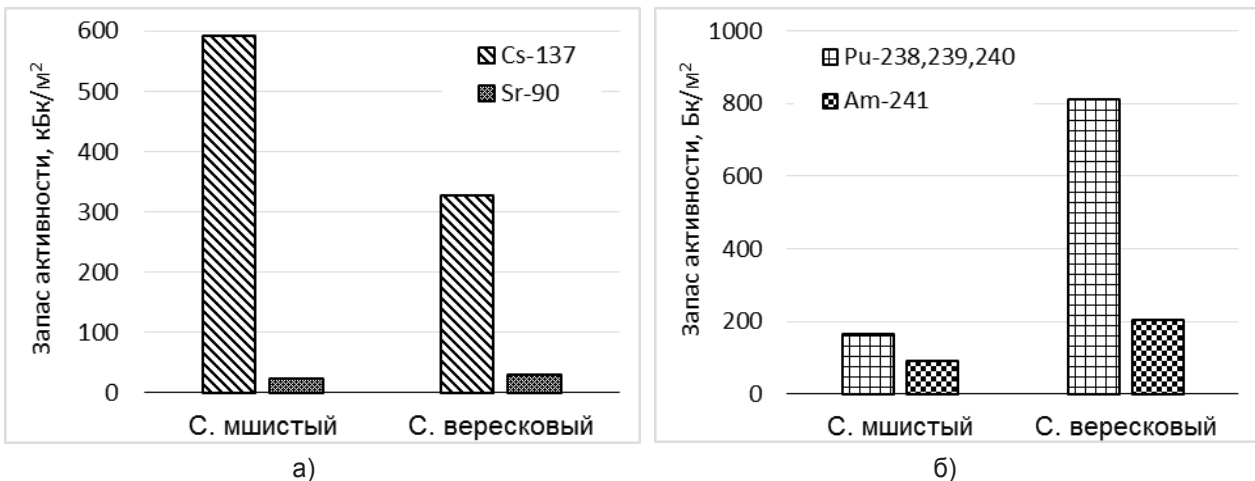
Слой AOL состоит в основном из древесного неразложившегося опада. Процессы разложения опада приводят к высвобождению углерода и минерализации остатков, что соответственно приводит к увеличению УА радионуклидов в более старых нижних слоях подстилки. Этот процесс наглядно можно наблюдать на слое AOF. Слой является промежуточным между верхним и нижним слоями подстилки и формируется из крупной и мелкой фракции полуразложившихся остатков. Для крупной фракции слоя AOF характерно меньшая УА радионуклидов по сравнению с более мелкой фракцией этого слоя.



**Рисунок 2** – Удельная активность <sup>238,239,240</sup>Pu и <sup>241</sup>Am в компонентах подстилки сосняка мшистого и верескового

Необходимо отметить особенности в накоплении радионуклидов живым напочвенным покровом. Для мхов и лишайника установлены высокие показатели накопления <sup>137</sup>Cs (рисунок 1). УА радионуклида в них сопоставима с данными УА этого радионуклида в слое AOF подстилки пробной площадки. В сосняке вересковом УА <sup>137</sup>Cs во мхе и лишайнике составила соответственно – 37,1 и 35,1 кБк/кг сухой массы, в слое AOF – 64 кБк/кг. В сосняке мшистом этот показатель для мха составил 111,8 кБк/кг, для слоя AOF – 127 кБк/кг. Столь высокое накопление связано с особенностями строения этих растений и их системой поглощения минеральных веществ. УА остальных радионуклидов во мхах и лишайнике ниже УА нижних слоев подстилки от нескольких раз до одного порядка.

На основе данных запаса и удельной активности радионуклидов в компонентах подстилки был рассчитан запас их активности. Данные представлены на рисунке 3. Запас активности <sup>137</sup>Cs в подстилке выше в сосняке мшистом, а <sup>90</sup>Sr, <sup>238,239,240</sup>Pu и <sup>241</sup>Am – в сосняке лишайниковом. Важно отметить, что основная часть активности <sup>137</sup>Cs (60–70 %) в подстилке локализована в слое AOH. На опад и живой напочвенный покров приходится от 9 до 16 %. Распределение <sup>90</sup>Sr имеет более сглаженную картину. Локализация в слое AOH составляет 44–50%, в слое AOL и живом напочвенном покрове – от 16 до 22 %. Основное депо локализации изотопов Pu и <sup>241</sup>Am в подстилке является слой AOH. Доля <sup>238,239,240</sup>Pu и <sup>241</sup>Am колеблется в границах 45-66 и 87-91 % соответственно. При этом доля этих изотопов в верхнем слое подстилки составляет от 3 до 7 % для изотопов Pu и около 2 % для <sup>241</sup>Am.



**Рисунок 3** – Запас активности радионуклидов в подстилке сосняков: А) <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr; Б) <sup>238,239,240</sup>Pu и <sup>241</sup>Am

Таким образом, в результате проведенных исследований установлены различия между накоплениями радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238,239,240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  в слоях подстилки сосняков, произрастающих на территории ПГРЭЗ. Минимальным накоплением радионуклидов и запасом активности характеризуется слой опада (AOL), средними значениями – живой напочвенный покров (мхи и лишайники), высокий запас радионуклидов отмечен в слое АОН. Полученные результаты создают практическую основу для моделирования радиационно-экологических последствий при различных видах лесных пожаров и оценки сложности их ликвидации.

#### Список использованных источников

1. Щербов, Б. Л. Роль лесной подстилки в миграции химических элементов и искусственных радионуклидов при лесных пожарах в Сибири / Б. Л. Щербов // Сибирский экологический журнал. – 2012. – № 2. – С. 253–265.
2. Курбатский, Н. П. Исследование количества и состава лесных горючих материалов / Н. П. Курбатский // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск, 1970. – С. 5–58.
3. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия–Беларусь) / под ред. Ю. А. Израэля, И. М. Богдевича. – Москва : Фонд «Инфосфера» – НИИ-Природа; Минск : Белкартография, 2009 г. – 140 с: ил., карт.
4. МВИ объемной и удельной активности I-131, Cs-134, Cs-137 и эффективной удельной активности природных радионуклидов K-40, Ra-226, Th-232 на гаммарадиометрах спектрометрического типа РКГ-АТ1320 : МВИ.МН 4779-2013. – Утв. 20.11.2013 УП «АТОМТЕХ» ОАО «МНИПИ» ; соглас. 20.11.2013 БелГИМ. – Минск, 2013.
5. МВИ.МН 1181-2011 Методика выполнения измерений объемной и удельной активности стронция-90, цезия-137 и калия-40 на гамма-бета-спектрометре МКС-АТ1315, объемной и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов цезия-137 и калия-40 на гамма-спектрометре типа EL 1309 (МКГ-1309) в пищевых продуктах, питьевой воде, почве, сельскохозяйственном сырье и кормах, продукции лесного хозяйства и других объектах окружающей среды. Утверждено 11.11.2011 УП «АТОМТЕХ»; Согласовано 17.11.2011 БелГИМ.
6. МВИ.МН 1892-2003. Методика определения активности стронция-90 и трансурановых элементов в биологических объектах. Утверждено 05.03.2003 ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси»; Согласовано 30.04.2003 Комитет по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров РБ.
7. Радиохимия: Методическое пособие для студентов 3-го курса департамента радиоэкологии / В. П. Миронов, В. П. Кудряшов. – Мн. : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2001. – 29 с.

#### DISTRIBUTION OF RADIONUCLIDES OF CHERNOBYL ORIGIN IN PINE FOREST LITTER IN THE EXCLUSION ZONE OF PSRER

**N. V. Shamal, R. A. Korol, V. M. Seglin, A. V. Kapyltsova, N. I. Tsimokhina**

The work presents new data on the accumulation and distribution of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238,239,240}\text{Pu}$  and  $^{241}\text{Am}$  in various components of pine forest floor litter in the exclusion zone of Polesie State Radiation-Ecological Reserve (PSRER). The study shows that the minimal accumulation values are observed in the upper litterfall layer (AOL horizon), medium values are found in the vegetation cover (mosses and lichens), and the highest values of radionuclide stock are characteristic to the AOH horizon.



## ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ЭКОТИПА НА ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ УКЛАД ЖИЗНИ И ИСТОРИЧЕСКИЕ СЕМЕЙНЫЕ СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ ПИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

О. Н. Шарая

Центр исследований белорусской культуры, языка и литературы НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

*В статье в комплексе рассматриваются особенности социальной и материальной культуры как части историко-культурных изменений жизнедеятельности населения Пинского Полесья. Раскрывается влияние экотипа на хозяйственный уклад жизни и исторические семейные структуры населения.*

*Ключевые слова: экотип, лес, болото, хозяйственный уклад, исторические формы семьи.*

Леса, болота и заливные луга характеризовали природно-географический ландшафт Полесья на протяжении столетий. В средневековые особые условия развития жизнедеятельности населения в этом регионе предопределялись экотипами «лес» и «болото». Экотип «болото» имел особое значение, поскольку проведение мелиоративных мероприятий длительное время оставалось невозможным, что долго сохраняло неизменными уникальные условия жизни, хозяйствования и коммуникации в этом крае.

Уникальные природно-географические условия Западного Полесья, сохранявшиеся на протяжении столетий, влияли на хозяйственный уклад жизни населения, которое осваивало эти территории, а также на исторические формы семейно-родственных структур. В рамках подходов, сложившихся в научной этнологической литературе, данные феномены изучались отдельно. В статье экотип, хозяйственный уклад, исторические семейные структуры рассматриваются в комплексе. В работе использован историко-антропологический подход, методы этнологического исследования, позволяющие комплексно рассмотреть влияние экотипа на особенности хозяйственного уклада жизни населения и исторические семейные структуры.

Леса в настоящее время занимают около 1/3 территории Беларуси; в прошлом пространства, занимаемые лесами и болотами, охватывали более половины ее территории. Еще в конце 50-х гг. XX в. в некоторых районах Полесья, а также на западе Могилевской области более 45 % территории было покрыто лесом. Уникальность Полесья состояла в том, что его природно-географический ландшафт включал не только леса, но и болота. Хозяйственное освоение и разработка лесных пространств для земледелия предполагали использование совместных усилий большого количества мужчин. В лесных районах важной формой освоения территорий было подсечно-огневое земледелие. Первоначально в пределах выбранного участка леса деревья вырубались, затем стаскивались в кучу и сжигались. Распаханный в лесу участок после многолетней эксплуатации оставляли на несколько лет под паром из-за истощения земли. За несколько лет эти участки зарастали кустами и молодыми деревьями. Для повторной расчистки этих участков от зарослей также требовались значительные усилия, хотя и меньшие, чем при первом освоении. При такой технике земледелия, когда используемые ранее участки леса повторно вводились в хозяйственный оборот, потребность в совместном труде значительного количества мужчин оставалась постоянной. Иногда оставленные под паром в лесу участки использовали для пастбищ. Таким образом земля удобрялась как золой сожженных деревьев, так и за счет выпаса скота. Существенной особенностью такой системы хозяйствования было то, что в границах освоенной в лесу территории земледелие и животноводство дополнялось пчеловодством и активным использованием лесных ресурсов – охотой и собирательством. Широко было распространено рыболовство.

Расчистка лесных участков от зарослей, работа на земле, заготовка корма для скота, охота, рыболовство, пчеловодство были традиционно мужскими видами деятельности.

В лесных районах элементы подсечно-огневой экономики в сочетании с повторным использованием ранее разработанных и оставленных участков сохранялись весьма долго. Наиболее лесистые территории в современной Беларуси и сейчас расположены в Припятском Полесье, а также в правобережной части бассейна Днепра. В наиболее лесистых местах Беларуси в XIX в., а в отдельных случаях и в начале XX в., встречались примеры архаических приемов освоения и использования лесных участков для расширения земельных угодий. В Полесье еще в начале XX в. отмечали случаи, когда крестьяне осенью рубили участок леса, на следующий год поваленные деревья стаскивали в кучу и сжигали, удобряя землю золой, затем почву обрабатывали сохой и засеивали рожью. После снятия урожая давали полю отдохнуть на протяжении 4–5 лет [1].

Подсечно-огневое хозяйство встречалось во многих регионах Восточной Европы – в частности, в России, Словакии; оно было также широко распространено в Финляндии [2, 3], на Балканах [4].

Для освоения лесных пространств наиболее приемлемой и эффективной формой была комплексная семья, отличительная черта которой – патрилинейность и мужской правовой порядок. Наследование по мужской линии имело основополагающее значение для устойчивости такой комплексной семьи [5–7]. В Пинском Полесье к единой территории, которой распоряжалась патрилинейно-комплексная семья – дворище – в лесной

местности, относились расположенные на расчищенной от деревьев площади двор с домами и хозяйственными постройками, сад и огород, разбросанные на различном расстоянии от двора участки для зернового земледелия, а также расположенные между обрабатываемыми участками лесные угодья с бортовыми деревьями и участки для выпаса скота, заболоченные пространства или часть реки. Дворища в пределах лесных территорий различались в зависимости от количества членов семьи, в том числе количества лиц мужского пола, размера занимаемых ими территорий, особенностей местных природных условий.

Для комплексной семьи дворищного типа земледелие было основой хозяйственной жизни, но в то же время она имела возможность использовать значительно более разнообразные природные ресурсы, чем семья в условиях развития монокультурного типа хозяйства. Необрабатываемая земля в пределах территории дворища, а также за ее пределами, если она не принадлежала другому собственнику земли, позволяла иметь дичь, рыбу, мед, орехи, ягоды, камыш, дрова, сено, торф, древесину и дикие пастбища.

При значительных размерах земельных наделов и угодий дворищ сохранялся постоянный, не связанный с их размерами государственный налог. Это способствовало развитию домохозяйств, росту численного состава патрилинейно-комплексных семей. Однако стихийный характер заимочного землепользования, разбросанность земельных участков и угодий приводила к нерациональной трате рабочих сил и времени. Повсеместно распространенная чересполосица пахотных земель непрерывно порождала споры относительно границ участков. Земельные ресурсы и угодья использовались не рационально. С точки зрения государственных интересов архаическая финансовая система оставалась неэффективной, что препятствовало росту доходов, в которых государство стало особенно нуждаться к началу XVI в.

Важно отметить, что в ВКЛ для областей с православным населением большое значение имел принцип сохранения старины, что отчасти объясняет, почему аграрная реформа не была проведена ранее XVI в. Принимаемые до этого правительством меры по изменению аграрного порядка носили фрагментарный, недостаточно последовательный характер. Принцип сохранения старины отчасти объясняет и особенности проведения аграрной реформы в областях государства, где проведение волочной померы затянулось до начала XVII в. Сохранение старины означало неизменность, традиционность сложившихся в прошлом обычаев в укладе жизни сельского населения. Жить по старине для населения этой части ВКЛ означало жить так, как жили их предки, сохраняя сложившиеся традиции, нормы обычного права.

В начале XVI в. стало очевидно, что старые формы землепользования и землевладения стали препятствием для развития аграрного сектора, роль которого повышалась в связи с возросшими потребностями государства. Закон сохранения старины потерял свое прежнее значение сначала в западной части ВКЛ, а затем и на востоке государства. О новом порядке, который шел на смену жизни по старине, инициатор аграрных реформ Сигизмунд II Август в середине XVI в. сказал следующее: «Каждый кмет ... потому как он свой хлеб ест, должен и работать и повинности нам отбывать, а не по своим предкам, со своих, как они называют "вотчин"» [8, с. 310].

Аграрная реформа радикально изменила старинный порядок, при ее проведении старые единицы обложения, к которым относились дворища, были заменены определенной единицей измерения земельных наделов – волокой. Аграрная реформа глубоко изменила сложившиеся в прошлом формы землепользования и землевладения крестьян, а также исторически сложившиеся формы сельских поселений. В соответствии с новым порядком сливались воедино имеющиеся крестьянские земли и пущи, годные для пашни, так, чтобы можно было создать три поля, лежащие рядом, которые затем были измерены на волоки.

Создавался новый тип поселения, в котором дворы крестьянских семей располагались вдоль прямой улицы, таким образом получался многодворный тип поселения. При создании нового типа поселения нередко приходилось переселять жителей малодворных и разбросанных на значительном расстоянии друг от друга сел на новое место. Там, где ничто не препятствовало созданию нового типа поселения, старые дворища исчезли. Многочисленный состав родственников бывших дворищ при таких переселениях на новом месте уже не мог сохранять свое прежнее единство. Таким образом нарушалось то единство хозяйственной жизни патрилинейно-комплексной семьи, которое было характерно для дворищ.

Аграрная реформа в ВКЛ столкнулась в некоторых местах с серьезными проблемами. В Полесье, в том числе в Пинском Полесье, введение волочной системы было затруднено в силу сложных природно-географических условий местности, в частности, большой заболоченности территории, сильных весенних паводков и очагового расселения сельского населения на пригодных для жизни участках.

В целом неравномерный ход и успех аграрных реформ в исторической перспективе не мог не сказаться на усиливающейся региональной дифференциации. В регионах, где реформа по разным причинам не имела успеха, была большая вероятность сохранения архаических семейных форм.

При проведении аграрной реформы в XVI в. для создания новых типов поселений и новых площадей для пашенного земледелия часто выделялись территории, занятые лесом, которые предстояло расчистить. На новых местах поселенцы освобождались от уплаты налога на пять-шесть и даже десять лет, если им выделялись волоки в пущах и тяжелых для разработки лесах [9]. Это свидетельствует о том, что в рассматриваемый период времени технические возможности позволяли относительно легко использовать лесные пространства для

введения новой системы землепользования. Но заболоченные местности оставались серьезным препятствием для реализации аграрных нововведений.

По данным информантов, в XIX в. в Пинском Полесье многие семьи должны были держать много коров, чтобы обеспечить надлежащее удобрение земли. Количество скота, приходящегося на одну семью, здесь было значительно больше, чем в других регионах Беларуси и прилегающих к Полесью регионах Украины. В то же время заливные луга здесь занимали большие пространства и обеспечивали с избытком корм для содержания крупного рогатого скота. При этом заготовка сена и перевозка его на лодках были традиционно мужской работой.

Особая необходимость развития животноводства в большой мере предопределялась низким качеством земли. Заготовка кормов и особые условия их транспортировки, характерные для такого типа домашней экономики, предполагали необходимость коллективной мужской работы, что способствовало укреплению и сохранению патрилинейных семейных структур в этом регионе.

Уникальные природно-географические условия Полесья, сохранявшиеся на протяжении веков, оказали большое влияние на формирование исторических семейных структур, хозяйственный уклад жизни населения этого края. Здесь дольше всего сохранялось дворищное землевладение, которое преобладало в лесистой и заболоченной местности. В дворищах сельскохозяйственный уклад жизни был разнообразным, кроме земледелия и животноводства были развиты бортничество, охота, собирательство, рыболовство, что обеспечивало устойчивое развитие семейной экономики на протяжении веков в сложных природно-географических условиях.

#### Список использованных источников

1. Титов, В. С. Земледелие / В. С. Титов // Беларусь. – М. : Наука, 1998. – 503 с.
2. Podolák, J. Alte Rodungsverfahren und Brandwirtschaft in der Slowakei / J. Podolák // Balassa I. (Hg.). Getreidebau in Ost- und Mitteleuropa. – Budapest : Akad. Kiadó, 1972. – S. 143–177.
3. Waris, E. The extended family in the Finnish Karelia. The family system in Ruokolahti 1750–1850 / E. Waris // Scandinavian Journal of History. – Vol. 20. – Issue 2 (1995). – P. 109–128.
4. Filipović, M. Methoden der Urbarmachung in Jugoslawien / M. Filipović // Balassa I. (Hg.). Getreidebau in Ost- und Mitteleuropa. – Budapest : Akad. Kiadó, 1972. – S. 179–204.
5. Шарая, О. Н. Ценностно-нормативная природа почитания предков / О. Н. Шарая. – Мн. : Тэхналогія, 2002. – 249 с.
6. Шарая, В. М. Родаваарыентаваня ўяўленні ў традыцыйнай духоўнай культуры беларусаў / В. М. Шарая // Нарысы гісторыі культуры Беларусі // У 4 т. Т. 3. Культура сяла XIV – пачатку XX ст. Духоўная культура / А. І. Лакотка [і інш.]; навук. рэд. А. І. Лакотка. – Мінск, 2016. – Кн. 2. – С. 458–481.
7. Шарая, В. М. Родаваарыентаваня ўяўленні ў традыцыйнай культуры беларусаў і асаблівасці іх даследавання. Ч. 1 / В. М. Шарая // Наука и инновации. – 2023. – № 5. – С. 66–71.
8. Довнар-Запольский, М. К. Государственное хозяйство Великого княжества Литовского при Ягеллонах / М. К. Довнар-Запольский. – Киев, 1901. – Т. I. – 932 с.
9. Любавский, М. К. Очерк истории Литовско-Русского государства до Люблинской унии включительно / М. К. Любавский. – Москва : Худож. печатня, 1915. – 2-е изд. – 401, 111 с.

#### PECULIARITIES OF ECOTYPE INFLUENCE ON THE ECONOMIC WAY OF LIFE AND HISTORICAL FAMILY STRUCTURES OF THE POPULATION OF PINSK POLESSIE

**O. N. Sharaya**

The article considers the peculiarities of social and material culture as a part of historical and cultural changes in the life activity of the population of Pinsk Polesie. The influence of ecotype on the economic way of life and historical family structures of the population is revealed.

УДК 576.895.1:599.32:599.33:626.861 (476)

## ГЕЛЬМИНТОФАУНА ЗЕМЛЕРОЙКОВЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ И МЕЛКИХ ГРЫЗУНОВ, НАСЕЛЯЮЩИХ БЕРЕГА ОСУШИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ НЕИССЛЕДОВАННЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ В БРЕСТСКОМ ПОЛЕСЬЕ

**В. В. Шималов**

Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Беларусь

*В 2020 году впервые было проведено гельминтологическое исследование землероек и мелких грызунов, населяющих берега каналов на мелиоративной системе, расположенной вблизи д. Высокое Малоритского района Брестской области (Брестское Полесье). Заражено гельминтами 91,7 % землероек (1 вид) и 48,0 % грызунов (4 вида). Обнаружено 18 видов гельминтов. Два вида гельминтов имеют медико-ветеринарное значение.*

*Ключевые слова: землеройки, грызуны, берега каналов, Брестское Полесье.*

**Введение.** Планомерные гельминтологические исследования мелких млекопитающих (землеройковые, грызуны), населяющих берега осушительных каналов на модельных мелиоративных системах в Брестском Полесье (западная часть Белорусского Полесья; юго-западная часть Беларуси; Брестский, Жабинковский и Малоритский районы Брестской области) начаты нами с 1996 года. Проведено три периода работ: первый – в 1996–1999 гг. [1, 2], второй – в 2005–2010 гг. [3, 4] и третий – в 2015–2019 гг. [5]. Установлено обитание 4-х видов землеройковых млекопитающих и 13 видов мелких грызунов. У первых обнаружено 43 вида гельминтов (зараженность по периодам исследований составила 88,8 %, 94,2 %, 94,7 %), а у вторых – 50 (зараженность по периодам исследований составила 64,7 %, 56,0 %, 65,9 %).

**Цель** настоящей работы – изучение гельминтофауны мелких млекопитающих, обитающих на берегах осушительных каналов ранее неисследованных мелиоративных систем в Брестском Полесье. Задачи: провести гельминтологическое исследование, установить видовой состав гельминтов и зараженность ими землеройковых млекопитающих и мелких грызунов, населяющих берега осушительных каналов на мелиоративной системе «Осиповка» в окрестностях д. Высокое (Малоритский район, Брестская область; Брестское Полесье); выявить гельминты, имеющие медико-ветеринарное значение.

**Объекты и методы.** Исследования проводились в 2020 году. Зверьки отлавливались давилками «Геро», выставленными в линию вдоль берегов осушительных каналов через 1,5–2 м друг от друга по 25 штук на 4 дня, что равнялось 100 ловушко-суткам (л-с). Было отработано 400 л-с: по 100 л-с на берегах каналов в смешанном лесу, на пахотных землях, выгонах и у грунтовой дороги. Поймано 37 экземпляров мелких млекопитающих 5 видов. Информация о видовом составе животных, их численности, количестве исследованных и зараженных гельминтами представлена в таблице 1.

Зверьков исследовали методом полных гельминтологических вскрытий, включающем также компрессирование тканей и органов. Литературные источники, использованные для идентификации гельминтов, содержатся в предыдущих наших работах [1–5].

**Результаты и обсуждение.** Установлено, что на берегах каналов доминировала по численности обыкновенная бурозубка (3 особи на 100 л-с) – единственный отловленный нами представитель землеройковых млекопитающих. Ее субдоминанты – обыкновенная полевка (2,5 особей на 100 л-с) и полевая мышь (2 особи на 100 л-с), относящиеся к грызунам.

Зараженность обыкновенных бурозубок гельминтами составила 91,7 %, а грызунов почти в 2 раза меньше (48,0 %). Самки обыкновенной бурозубки оказались интенсивнее заражены, чем самцы (на 100 % и 85,7 % соответственно), а у грызунов наоборот – самцы (57,1 %) больше, чем самки (36,4 %). Если судить по предыдущим нашим исследованиям, то половозрелые особи как землеройковых млекопитающих, так и грызунов инвазируются гельминтами чаще. В данном исследовании среди отловленных обыкновенных бурозубок оказались только неполовозрелые особи (заражено 91,7 %). Половозрелые особи грызунов были заражены на 69,2 %, а неполовозрелые – на 25,0 %.

**Таблица 1** – Видовой состав, численность, количество исследованных и зараженных гельминтами мелких млекопитающих, отловленных на берегах осушительных каналов в окрестностях д. Высокое Малоритского района в 2020 году

Вид животного	Количество											
	исследованных				на 100 л-с	зараженных						
	♂♂	♀♀	П	НП		♂♂	♀♀	П	НП	Т	Ц	Н
<b>Soricidae</b>												
Бурозубка обыкновенная – <i>Sorex araneus</i> Linnaeus, 1758	7	5	–	12	3,0	6	5	–	11	9	11	6
<b>Cricetidae</b>												
Полевка обыкновенная – <i>Microtus arvalis</i> Pallas, 1778	3	7	6	4	2,5	3	4	5	2	–	6	5
Полевка-экономка – <i>M. oeconomus</i> Pallas, 1776	5	1	1	5	1,5	1	–	1	–	–	1	–
<b>Muridae</b>												
Мышь полевая – <i>Apodemus agrarius</i> Pallas, 1771	5	3	6	2	2,0	3	–	3	–	–	–	3
Мышь домовая – <i>Mus musculus</i> Linnaeus, 1758	1	–	–	1	0,25	1	–	–	1	–	–	1

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

Если обыкновенные бурозубки часто поражаются 2–7 видами гельминтов (83,3 % исследованных), то грызуны – одним (32,0 %). Обыкновенные бурозубки чаще заражаются цестодами (все зараженные особи; трематоды выявлены у 75,0 %, нематоды – у 50,0 %), а грызуны – нематодами (36,0 %; цестоды найдены у 28,0 %, трематод не обнаружено). Видовым разнообразием гельминтов выделяется обыкновенная бурозубка – 13 видов: по 5 видов трематод и нематод, 3 вида цестод (таблица 2).

**Таблица 2** – Зараженность гельминтами мелких млекопитающих, отловленных на берегах осушительных каналов в окрестностях д. Высокое Малоритского района в 2020 году

Вид гельминта	Хозяин	Количество	
		зараженных	гельминтов (мин.–макс.; всего)
<b>Трематоды</b>			
<b>Brachylaimidae</b>			
<i>Brachylaima fulvum</i> Dujardin, 1843	Бурозубка обыкновенная	5	1–5; 12
<b>Dicrocoeliidae</b>			
<i>Prosolecithus danubica</i> Tkach et Bray, 1995	Бурозубка обыкновенная	2	5–24; 29
<b>Omphalometridae</b>			
<i>Neoglyphe sobolevi</i> (Schaldybin, 1953)	Бурозубка обыкновенная	3	1–2; 5
<i>Rubinstrema exasperatum</i> (Rudolphi, 1819)	Бурозубка обыкновенная	4	3–12; 24
<i>R. opisthovitellina</i> (Softys, 1954)	Бурозубка обыкновенная	1	2; 2
<b>Цестоды</b>			
<b>Anoplocephalidae</b>			
<i>Paranoplocephala omphalodes</i> (Hermann, 1783)	Полевка обыкновенная	5	1–10; 15
	Полевка-экономка	1	2; 2
<b>Dilepididae</b>			
<i>Monocercus arionis</i> (Siebold, 1850)	Бурозубка обыкновенная	8	1–18; 65
<b>Hymenolepididae</b>			
<i>Neoskrjabinolepis singularis</i> (Cholodkowsky, 1912)	Бурозубка обыкновенная	5	3–12; 32

Продолжение таблицы

<i>Staphylocystis furcata</i> (Stieda, 1862)	Бурозубка обыкновенная	6	1–6; 14
Таениды			
<i>Taenia mustelae</i> Gmelin, 1790, larvae	Полевка обыкновенная	1	1; 1
Нематоды			
Capillariidae			
<i>Aonchotheca kutori</i> (Ruchljadeva, 1946)	Бурозубка обыкновенная	1	7; 7
<i>Eucoleus oesophagicola</i> (Sołtys, 1952)	Бурозубка обыкновенная	1	1; 1
<i>Liniscus incrassatus</i> Diesing, 1851	Бурозубка обыкновенная	4	1–1; 4
Oxyuridae			
<i>Syphacia obvelata</i> (Rudolphi, 1802)	Мышь домовая	1	11; 11
Heligmosomidae			
<i>Heligmosomoides polygyrus</i> (Dujardin, 1845)	Мышь полевая	3	1–2; 4
<i>Heligmosomum costellatum</i> (Dujardin, 1845)	Полевка обыкновенная	5	1–8; 13
Strongyloidea			
<i>Parastrongyloides winchesi</i> Morgan, 1928	Бурозубка обыкновенная	2	1–26; 27
Spirocercidae			
<i>Ascarops strongylina</i> (Rudolphi, 1819), larvae	Бурозубка обыкновенная	3	2–2; 6

Наиболее часто и интенсивно заражается этот зверек цестодой *Monocercus arionis* (Siebold, 1850). Инвазировано 8 животных, численность гельминтов колебалась от 1 до 18 экземпляров, а суммарно составила 65.

У грызунов обнаружено 5 видов гельминтов: 2 вида цестод и 3 вида нематод. Причем цестоды были найдены только у полевок (таблица 2).

Все виды гельминтов, найденные у бурозубок и грызунов, являются характерными паразитами этих животных и были выявлены у них в результате наших предыдущих исследований. Локализуются они преимущественно в кишечнике. В пищевode была найдена нематода *Eucoleus oesophagicola* (Sołtys, 1952); в желудке – трематоды *Brachylaima fulvum* Dujardin, 1843 и *Rubinstrema exasperatum* (Rudolphi, 1819) (нематода и первый вид трематод также были в пищевode, второй вид трематод – в желудке и кишечнике), нематода *Aonchotheca kutori* (Ruchljadeva, 1946); в мочевом пузыре – нематода *Liniscus incrassatus* Diesing, 1851; в слепой кишке – нематода *Syphacia obvelata* (Rudolphi, 1802); в печени – трематода *Prosolecithus danubica* Tkach et Bray, 1995 (обнаружена и в желчном пузыре), личинки цестоды *Taenia mustelae* Gmelin, 1790; в стенке желудка и кишечника, в жировых отложениях на спинной стороне туловища – личинки нематоды *Ascarops strongylina* (Rudolphi, 1819).

Зверьки вовлекаются в жизненные циклы гельминтов, дефинитивными хозяевами которых являются нежвачные парнокопытные (нематода *A. strongylina*; хозяин личиночной стадии – обыкновенная бурозубка) и куны (цестода *T. mustelae*; хозяин личиночной стадии – обыкновенная полевка).

Нематоды *A. strongylina* и *S. obvelata* имеют медико-ветеринарное значение. Первый вид известен в мире как паразит домашних свиней [6], а второй – человека [7–9]. Распространению первого вида способствуют кабаны, посещающие каналы и загрязняющие их берега экскрементами, содержащими яйца этих гельминтов (личинки были найдены у обыкновенных бурозубок, отловленных на берегах каналов у смешанного леса и на пахотных землях), а второго вида – домовая мышь, пойманная на берегу канала на выгоне, недалеко от фермы (вероятно она мигрировала с фермы на берег канала).

#### Выводы.

1. На берегах осушительных каналов мелиоративной системы, расположенной в окрестностях д. Высокое (Малоритский район) в 2020 году установлено обитание 5 видов мелких млекопитающих, из которых один вид (обыкновенная бурозубка) относится к землеройковым и 4 вида к грызунам. Доминирует по численности обыкновенная бурозубка (3 особи на 100 л-с), ее субдоминанты – обыкновенная полевка (2,5 особей на 100 л-с) и полевая мышь (2 особи на 100 л-с).

2. У зверьков обнаружено 18 видов гельминтов (по 5 видов трематод и цестод, 8 видов нематод). Больше всего видов (13) найдено у обыкновенной бурозубки. Обыкновенная полевка является хозяином 3 видов гельминтов, полевка-экономка, полевая и домовая мыши – по одному. Все виды гельминтов – типичные паразиты этих животных.

3. Для двух видов гельминтов, локализующихся на личиночной стадии у обыкновенной бурозубки (нематода *A. strongylina*) и обыкновенной полевки (цестода *T. mustelae*), дефинитивными хозяевами являются нежвачные парнокопытные (первый вид гельминта) и куны (второй вид гельминта). Нематода *A. strongylina* имеет ветеринарное значение, а нематода *S. obvelata* (хозяин: домовая мышь) – медицинское.

---

**Список использованных источников**

1. Шималов, В. В. Гельминтофауна мелких грызунов (Mammalia: Rodentia) берегов каналов на мелиорированных территориях / В. В. Шималов // *Паразитология*. – 2002. – Т. 36. – Вып. 3. – С. 247–252.
2. Шималов, В. В. Гельминтофауна насекомоядных млекопитающих (Mammalia: Insectivora) берегов каналов на мелиорированных территориях / В. В. Шималов // *Паразитология*. – 2007. – Вып. 3. – С. 201–205.
3. Шималов, В. В. Мониторинг гельминтофауны насекомоядных млекопитающих берегов мелиоративных каналов Белорусского Полесья / В. В. Шималов // *Паразитология*. – 2012. – Т. 46. – Вып. 6. – С. 472–478.
4. Шималов, В. В. Мониторинг гельминтофауны мелких грызунов берегов мелиоративных каналов Белорусского Полесья / В. В. Шималов // *Паразитология*. – 2013. – Т. 47. – Вып. 1. – С. 38–46.
5. Shimalov, V. V. Occurrence of helminths in shrews and small rodents on territories transformed by reclamation / V. V. Shimalov // *Annals of Parasitology*. – 2024. – Vol. 70. – Issue 1. – P. 1–13.
6. Kassai, T. *Veterinary helminthology* / T. Kassai. – Oxford : Red Educational and Professional Publishing Ltd, 1999. – 260 pp.
7. Подъяпольская, В. П. Глистные болезни человека / В. П. Подъяпольская, В. Ф. Капустин. – М. : Медгиз, 1958. – 664 с.
8. Семенова, Н. Е. Энтеробиоз и сифачиоз / Н. Е. Семенова // *Многотомное руководство по микробиологии, клинике и эпидемиологии инфекционных болезней* / Ред. проф. П. Г. Сергиев. – М. : Медицина, 1968. – Т. 9. – С. 581–586.
9. Chen, E. R. Current status of food-borne parasitic zoonoses in Taiwan / E. R. Chen // *Emerging problems in food-borne parasitic zoonoses: Impact on Agriculture and Public Health: Proc. 33rd SEAMEO-TROPED Regional Seminar*. – Bangkok : Printed by Thai Watana Panich Press Co. Ltd, 1991. – P. 62–64.

**THE HELMINTH FAUNA OF SORICID MAMMALS AND SMALL RODENTS LIVING ON DRAINAGE CHANNEL BANKS OF UNSTUDIED RECLAMATION SYSTEMS IN BREST POLESIE****V. V. Shimalov**

Helminthological study of shrews and small rodents living on channel banks on the reclamation system located near village of Vysokoye, Malorita district, Brest region (Brest Polesie) was held for the first time in 2020. Infection of shrews (1 species) with helminths was 91.7 %, and rodents (4 species) was 48.0 %. 18 species of helminths were found. Two species of helminths are of medical and veterinary significance.

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**



Навуковае выданне

**ПРЫРОДНАЕ АСЯРОДДЗЕ ПАЛЕССЯ  
І НАВУКОВА-ПРАКТЫЧНЫЯ АСПЕКТЫ  
РАЦЫЯНАЛЬНАГА РЭСURСАКАРЫСТАННЯ**

Зборнік навуковых прац  
XI Міжнароднай навуковай канферэнцыі

11–13 верасня 2024 года  
Брэст, Рэспубліка Беларусь

Адказны за выпуск А. А. Брыль  
Тэхнічны рэдактар Л. А. Церахава

Падпісана да друку 27.08.2024.  
Фармат 60×84<sup>1/8</sup>. Папера афсетная.  
Рызаграфія. Ум. друк арк. 29,34. Ул.-выд. арк. 34,23.  
Тыраж 67 экз. Заказ 4612.

Палескі аграрна-экалагічны інстытут НАН Беларусі.  
Вул. Савецкіх Пагранічнікаў, 41, 224030, г. Брэст.  
Тэл/факс (0162) 25-80-05  
e-mail: info@paei.by

Выдавец і паліграфічнае выкананне:  
прыватнае вытворча-гандлёвае ўнітарнае прадпрыемства  
«Издательство Альтернатива».  
Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы,  
распаўсюджвальніка друкаваных выданняў  
№ 1/193 ад 19.02.2014, № 2/47 ад 20.02.2014.  
Пр. Машэрава, 75/1, к. 312, 224013, Брэст.