

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ  
И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Гомель  
2025

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ  
И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Международная научно-практическая конференция  
(Гомель, 2–3 октября 2025 года)

Сборник материалов

Научное электронное издание

Гомель  
ГГУ им. Ф. Скорины  
2025

**ISBN 978-985-32-0111-6**

© Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины», 2025

УДК 502.131.1(476.2)

**Экологические аспекты устойчивого развития Белорусского Полесья и сопредельных территорий** [Электронный ресурс] : Международная научно-практическая конференция (Гомель, 2–3 октября 2025 года) : сборник материалов / М-во образования Республики Беларусь, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины ; редкол. : Н. А. Лебедев (гл. ред.) [и др.]. – Электрон. текст. данные (объем 4,11 МБ). – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2025. – Системные требования: IE от 11 версии и выше или любой другой актуальный браузер, скорость доступа от 56 кбит. – Режим доступа: <http://conference.gsu.by>. – Заглавие с экрана.

Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Экологические аспекты устойчивого развития Белорусского Полесья и сопредельных территорий» посвящён актуальным вопросам экологии, природопользования и устойчивого развития в трансграничном контексте. В издание включены материалы следующих секций: «Ботанические исследования Белорусского Полесья и сопредельных территорий. Экология лесных сообществ», «Животный мир природных и антропогенных ландшафтов. Актуальные вопросы биотехнологии, генетики и физиологии человека и животных», «Актуальные проблемы химии и химического образования».

Материалы сборника отражают междисциплинарный подход и могут быть полезны специалистам в области ботаники, зоологии, экологии, химии, лесного хозяйства, а также представителям органов управления и образования.

Адресован научным сотрудникам, аспирантам, магистрантам, студентам, преподавателям средних и высших учреждений и всем заинтересованным в области экологии.

Сборник издается в соответствии с оригиналом, подготовленным редакционной коллегией, при участии издательства.

#### **Редакционная коллегия:**

Н. А. Лебедев (главный редактор), А. В. Гулаков (ответственный секретарь),  
Г. Г. Гончаренко, А. Г. Цуриков, Ю. М. Бачура, Н. И. Дроздова,  
М. С. Лазарева, Е. В. Воробьева

#### **Рецензенты:**

кандидат биологических наук Е. И. Дегтярёва,  
кандидат биологических наук Н. В. Чуешова

ГГУ имени Ф. Скорины  
246028, Гомель, ул. Советская, 104  
Тел.: 50-49-03, 51-21-53  
<http://www.gsu.by>

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Перед вами сборник материалов конференции, посвященной 95-летию со дня основания биологического факультета учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины». Биологический факультет – ровесник университета. Он был основан в далеком 1930 г. как химико-биологический факультет. С тех пор неоднократно менял свое название, но неизменным всегда оставались две взаимосвязанные составляющие – высокое качество подготовки кадров и результативная научная работа, направленная на развитие Гомельского региона и страны в целом. Эти достижения находят отражение и в результатах общеуниверситетского рейтинга – ежегодно в течение длительного времени биологический факультет устойчиво занимает первые места.

Центральной темой для исследований была выбрана проблема, имеющая ключевое значение для настоящего и будущего южного региона нашей страны: **«Экологические аспекты устойчивого развития Белорусского Полесья и сопредельных территорий»**.

Белорусское Полесье – уникальный природный регион, крупнейший в Европе комплекс болотных и пойменных экосистем, играющих огромную роль в поддержании биологического разнообразия и климатического баланса. Однако современные вызовы – изменение климата, усиление антропогенной нагрузки, необходимость экономического роста – ставят перед обществом сложную задачу: найти баланс между прогрессом и сохранением хрупкой природы этого края.

В сборнике в сжатом виде представлены результаты исследований, проведённых учёными Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины и других научных учреждений, охватывающих широкий спектр тем – от биологического разнообразия и мониторинга окружающей среды до использования инновационных технологий в процессе преподавания дисциплин химического цикла. Эти исследования не только углубляют наши теоретические знания, но и предлагают практические рекомендации, направленные на реализацию принципов устойчивого развития. Среди авторов работ не только именитые учёные, уже сделавшие крупные открытия в своей области, но и молодые исследователи, делающие первые шаги в науку. Активное участие молодежи в решении экологических проблем Белорусского Полесья и сопредельных территорий вселяет уверенность в том, что научный потенциал нашей страны будет только возрастать.

Мы выражаем глубокую благодарность всем участникам конференции за их вклад в сохранение природного наследия Белорусского Полесья. Убеждены, что данный сборник станет полезным информационным ресурсом для учёных, практиков, педагогов и всех, кто интересуется экологическим благополучием нашего общего дома.

Желаем авторам неиссякаемой энергии, новых открытий и дальнейших успехов в научной деятельности!

# **БОТАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ. ЭКОЛОГИЯ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ**

УДК 630\*232

***B. Ф. Багинский<sup>1</sup>, О. В. Лапицкая<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, Республика Беларусь*

## **ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ И УЧЕТА СМЕШАННЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ**

Смешанные древостои широко распространены в лесном фонде Беларуси. Они занимают более 60 % всех земель, покрытых лесом [1]. К смешанным насаждениям относятся те древостои, которые состоят из двух и более древесных пород. В силу сказанного, понятие смешанного насаждения очень широкое, например, смешанными сосново-березовые древостоями могут считаться древостои составом 9С1Б до 9Б1С. Это же относится и к смешанным древостоям других древесных видов. В Белорусском Полесье преобладают смешанные древостои сосны и твердолиственных. Ель, хотя ее ареал и простирается в пределах Белорусского Полесья, но здесь она практически не образует сплошных лесных массивов, а встречается в виде островных лесонасаждений [2]. За последние годы большинство насаждений ели на территории Полесья потеряно в связи с изменением климата. Поэтому смешанных насаждений с участием ели мы здесь не рассматриваем. Основное внимание в данной работе уделено смешанным сосново-березовым и березово-сосновым насаждениям, которые в Белорусском Полесье занимают наибольшие площади – около 50 % земель, покрытых лесом.

Считается общепризнанным, что смешанные древостои имеют значительное преимущество перед чистыми в лесоводственном и экологическом смыслах. Они более устойчивы против вредителей и болезней леса, менее подвержены влиянию стихийных бедствий, образуют более красивые лесные ландшафты, что важно в целях рекреации. В тоже время преимущество смешанных насаждений, особенно сосново-березовых, все же не так очевидны, как это принято считать. Сосново-березовые насаждения обычно имеют более низкую продуктивность, выраженную в меньшем запасе древесины на единицу площади против чистых сосновых древостоев. К тому же береза часто является антагонистом сосны и угнетает последнюю в первые два-три десятилетия ее жизни. В последнее время при создании лесных культур сосны, как правило, предполагается вводить в их состав березу. Порядное смешение сосны и березы, которое осуществлялось ранее на стадии лесокультурных работ (сто лет назад и ранее) оказалось неэффективным из-за антагонистических противоречий этих пород. Поэтому в настоящее время осуществляется кулисное смешение сосны и березы при создании лесных культур: как правило, садится 7 рядов сосны и 3 ряда березы. Наши исследования показали, что более эффективным бывает создание более широких кулис – 5 рядов березы и 10 рядов сосны. При этом сохраняются преимущества смешанных насаждений, а повреждаемость сосны со стороны березы уменьшается. Продуктивность сосново-березовых древостоев ниже, чем в чисто сосновых. При этом увеличение доли березы снижает общую продуктивность насаждений. Например, в 60 лет нормальные древостои сосны 2 класса бонитета имеют наличные запасы порядка 370–380 м<sup>3</sup>/га, а общую производительность с учетом отпада и промежуточного пользования – около 620 м<sup>3</sup>/га. Березовые древостои такого же уровня продуктивности имеют в этом же возрасте запасы около 300 м<sup>3</sup>/га наличного запаса и около 450–460 м<sup>3</sup>/га общей продуктивности. Следовательно, березовые насаждения против сосновых имеют наличные запасы меньше на 20 %, а по общей продуктивности на 30 %.

Подобную картину мы видим и при сравнении запасов и общей продуктивности сосновых и березовых древостоев в другом возрасте и при других уровнях продуктивности [1, 3].

В определенной мере снижение продуктивности насаждений сосны при введении в ее состав березы компенсируется улучшением экологических условий роста, а также более высокой интенсивностью рубок ухода в смешанных молодняках, когда береза значительно опережает по росту сосну.

При выращивании сосново-березовых древостояев имеются также проблемы и в отнесении насаждений к разным хозяйствам: хвойным и мягколиственным. Учитывая, что наиболее важной целью лесного хозяйства является выращивание ценных хвойных и твердолиственных насаждений, то обычно молодняки, где в составе имеется значительно меньшее количество сосны, чем березы, относятся все же к хвойным насаждениям, и рубками ухода насаждения доводятся до состава, где преобладает сосна. Это мероприятие является необходимым в силу того, что породный состав лесов Беларуси и Белорусского Полесья нельзя считать оптимальным из-за низкой доли сосны 49 % против оптимального ее количества 60–65 %, и наличия березы в количестве 23 % от площади земель, покрытых лесом, против оптимальной ее величины в пределах 8 % [4, 5]. В ближайшие два десятилетия в силу усиленного внимания к созданию лесных культур сосны это положение будет исправлено.

При проведении таксации возникают трудности при отнесении сосново-березовых древостояев к чистым или смешанным. Дело в том, что при близкоравных долях каждой породы в составе, например, 6С4Б, 5С5Б, необходимо четко различать выдел, который относится к смешанному насаждению или выделять два выдела чистых насаждений. Произрастание каждого вида в этом случае наблюдается в виде больших или меньших биогрупп. При этом количественные показатели, по которым следует выделять биогруппы, не определены. И это может вызывать сомнения при определении границы выделов. Нельзя забывать, что на границе выделов обычно присутствует кайма из деревьев разных пород [1, 6]. Поэтому нами разработана система пространственной структуры смешанных насаждений, которая включает варианты от регулярного смешения деревьев до смешения «подвыделами», где приведены количественные показатели отнесения различных биогрупп деревьев к большим группам, малым и т. д. Смешение «подвыделами» предполагает наличие в пределах одного выдела смешанного насаждения двух чистых выделов, объединенных в один таксационный участок не по биологическим, а по чисто хозяйственным соображениям [1, 7].

Обобщая изложенное приходим к выводу, что смешанные насаждения в Белорусском Полесье имеют значительную экологическую и хозяйственную ценность, а их выращивание и учет требуют специального подхода.

### **Список использованных источников**

1. Багинский, В. Ф. Лесопользование в Беларуси / В. Ф. Багинский, Л. Д. Есимчик. – Минск : Беларус. наука, 1996. – 367 с.
2. Юркевич, И. Д. География, типология и районирование лесной растительности Белоруссии / И. Д. Юркевич, В. С. Гельтман. – Минск : Наука и техника, 1965. – 288 с.
3. Козловский, В. Б. Ход роста основных лесообразующих пород СССР. Справочник. / В. Б. Козловский, В. М. Павлов. – М.: Лесн. Пром-ть, 1967. – 327 с.
4. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь на 01.01.2022 года / М-во лес. хоз-ва. – Минск : Минлесхоз, 2022. – 90 с.
5. Лапицкая, О. В. Организация производства в комплексном лесном хозяйстве Беларуси в условиях устойчивого развития / О. В. Лапицкая. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 370 с.
6. Филиппов, Г. В. Структура таксационных участков и особенности их таксации в южной тайге Европейской части СССР : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.02 / Филиппов Геннадий Васильевич; Лен. лесотехн. акад. – Л., 1974. – 21 с.
7. Багинский, В. Ф. Лесная таксация : учебник / В. Ф. Багинский. – Минск : РИВШ, 2024. – 376 с.

И. М. Болсун<sup>1</sup>, А. Г. Цуриков<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>Гомельский государственный медицинский университет, Республика Беларусь

## ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ЛИХЕНОФИЛЬНЫХ ГРИБОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Лихенофильные грибы представляют собой важную экологическую группу видов, которые обитают на лишайниках в качестве паразитов, патогенов широкого спектра действия, сапротрофов или комменсалов [1]. В настоящее время число признанных лихенофильных грибов составляет более 2300 таксонов различных классов отделов Ascomycota и Basidiomycota [2].

В Беларуси первые сведения о лихенофильных грибах относятся к началу XX века, когда Э. и Ф. Бахманы привели 5 видов лихенофильных грибов – *Abrothallus peyritschii* (Stein) Kotte [=*A. parmeliarum* (Smft.) Rehm], *Muellerella rugmaea* (Körb.) D. Hawksw. (=*Tichothecium rugmaeum* Körb., *T. rugmaeum* var. *grandiuscula* Arn.), *Phoma peltigerae* (P. Karst.) D. Hawksw, *Stigmidium congestum* (Körb.) Triebel (=*Pharcidia epicymatica* Wallr.) и *Stigmidium fuscatae* (Arnold) R. Sant. (=*Pharcidia fuscatae*) [3]. Из указанных таксонов два были позднее исключены из списка лихенофиты Беларуси [4, 5], поскольку вид *Phoma peltigerae*, указанный Э. и Ф. Бахманами произрастающим на *Evernia prunastri* (L.) Ach., приурочен исключительно к лишайникам рода *Peltigera* Willd. [6]. Поскольку род *Phoma* Sacc. считается таксономически проблематичным из-за неоднозначных морфологических критериев [7], трудно предположить, какой именно вид лихенофильного гриба был представлен под этим названием в статье 1920 года. Другой указанный Э. и Ф. Бахманами вид *Stigmidium fuscatae*, синоним *Pharcidia fuscatae*, не паразитирует на *Lecanora polytropa* (Hoffm.) Rabenh [8] и потому историческое указание относится к другому виду лихенофильных грибов. Таким образом, только три из приведенных в статье таксонов являются достоверными.

Другое сообщение начала XX века приходится на 1925 год, когда В.П. Савич привел вид *Pronectria robergei* (Mont. & Desm.) Lowen [=*Nectria lichenicola* (Ces.) Sacc.] для территории Комаровского болота, в настоящее время входящей в административные границы г. Минска [9].

В период с 1930 по 2000 гг. лихенофильные грибы практически не изучались на территории Беларуси. В 1990 году в статье, посвященной порошкоплодным лишайникам, В. В. Голубков и А. Н. Титов среди списка лишайников привели вид *Chaenothecopsis epithallina* Tibell [10]. Одной из немногих статей, приходящихся на рубеж XX и XXI веков, является публикация, посвященная лихенофильному базидиомицету *Athelia arachnoidea* (Berk.) Jülich [11]. В этой работе приводится подробное морфологическое и анатомическое описание лихенофильного гриба, его экология и распространение на территории страны. Настоящая работа послужила основой для последующих крупных исследований *Athelia arachnoidea* в мире [12, 13, 14].

Первый аннотированный список лихенофильных грибов Беларуси был опубликован в 2011 году и включал 22 вида, выявленных на основании изучения 30 гербарных образцов коллекции лишайников Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларусь (MSK-L), а также ранее опубликованных литературных данных (включая ранее ошибочно приведенные таксоны, а также виды, которые указывались на основании неверной синонимики) [15]. В данной работе приводилось 10 новых видов лихенофильных грибов: *Abrothallus caerulescens* Kotte, *Biatoropsis usnearum* Räsänen, *Clypeosoccum hypocenomyces* D. Hawksw., *Lichenoconium xanthoriae* M.S. Christ., *Lichenodiplis*

*lecanorae* (Vouaux) Dyko & D. Hawksw., *Lichenostigma maureri* Hafellner, *Muellerella ventosicola* (Mudd) D. Hawksw., *Scutula* sp. (на *Xanthoria* sp.), *Tremella cladoniae* Diederich & M.S. Christ. и *Tremella* sp. (на *Nephromopsis chlorophylla* (Willd.) Divakar, Crespo & Lumbsch).

Более подробное изучение лихенофильных грибов на территории Беларусь началось с 2011 года. Несмотря на то, что они не являлись предметом самостоятельного исследования и указывались только в общих списках лихенобиоты отдельных административных и природных территорий, опубликованный в 2017 году аннотированный список лихенофильных грибов Беларуси включал уже 66 видов [4]. Последний опубликованный в 2023 году список лихенобиоты Беларуси включал 72 вида лихенофильных грибов [5].

Таким образом, дальнейшее изучение лихенофильной микробиоты на территории Республики Беларусь представляется актуальной задачей.

### Список использованных источников

1. Lawrey, J. D. Lichenicolous fungi: interactions, evolution, and biodiversity. / J. D. Lawrey, P. Diederich // Bryologist – 2003. – Vol 106. – P. 80–120.
2. Diederich, P. The 2018 classification and checklist of lichenicolous fungi, with 2000 nonlichenized, obligately lichenicolous taxa / P. Diederich, J. D. Lawrey, D. Ertz // Bryologist. – 2018. – Vol. 121, № 3. – P. 340–425.
3. Bachmann, E. Litauische Flechten / E. Bachmann, F. Bachmann // Hedwigia. – 1920. – Vol. 61, № 6. – P. 308–342.
4. Tsurykau, A. New or otherwise interesting records of lichens and lichenicolous fungi from Belarus. III. With an updated checklist of lichenicolous fungi / A. Tsurykau // Herzogia. – 2017. – Vol. 30, № 1. – P. 152–165.
5. Цуриков, А. Г. Лишайники Беларуси / А. Г. Цуриков. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2023. – 379 с.
6. Hawksworth, D. L. The lichenicolous coelomycetes / D. L. Hawksworth // Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Bot.) – 1981. – Vol. 9. – P. 1–98.
7. Aveskamp, M.M. Biology and recent developments in the systematics of *Phoma*, a complex genus of major quarantine significance / M. M. Aveskamp, J. De Gruyter, P.W. Crous // Fungal Divers. – 2008. – Vol. 31. – P. 1–18.
8. Triebel, D. *Stigmidium* / D. Triebel, M.E.S. Cáceres // Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region. Volume 2 / T.H. Nash III [et al.] – Arizona State University, 2004. – P. 703–707.
9. Савич, В. П. Результат лихенологических исследований 1923 года в Белоруссии / В. П. Савич // Записки Белорусского Государственного Института Сельского и Лесного Хозяйства. – 1925. – Вып. 4. – С. 1–33.
10. Голубков, В. В. Порошкоплодные лишайники Белоруссии / В. В. Голубков, А. Н. Титов // Новости сист. низш. раст. – 1990. – Вып. 27. – С. 97–101.
11. Yurchenko, E. O. The morphology, biology, and geography of a necrotrophic basidiomycete *Athelia arachnoidea* in Belarus / E. O. Yurchenko, V. V. Golubkov // Mycological Progress. – 2003. – Vol. 2, № 4. – P. 275–284.
12. Flora of Lichenicolous Fungi. Vol. 1. Basidiomycota / P. Diederich [et al.] – Luxembourg: National Museum of Natural History, 2022. – 354 p.
13. Motiejūnaitė, J. Epidemiology of the fungus *Athelia arachnoidea* in epiphytic communities of broadleaved forests under strong anthropogenic impact / J. Motiejūnaitė, N. Jucevičienė // Ekologija. – 2005. – Vol. 4. – P. 28–34.
14. Multigene phylogeny and taxonomic revision of *Athelia* s. l.: reinstatement of three families and one new family, *Lobuliciaceae fam. nov.* / B.P. Sulistyo [et al.] // Fungal Biology – 2021. – Vol. 125. – P. 239–255.
15. Голубков, В. В. Аннотированный список лихенофильных грибов Беларуси / В. В. Голубков // Ботаника: Исследования. – 2011. – Вып. 40. – С. 295–307.

**E. N. Геращенко**

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ  
НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕСНОГО ФОНДА  
НАРОВЛЯНСКОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ЛЕСХОЗА**

Лесные пожары на территории Беларуси повреждают или полностью уничтожают ежегодно значительные площади насаждений. Только за последние пять лет (2020–2024 гг.), вследствие устойчивой засушливой погоды, на территории лесного фонда республики произошло более 3 тысяч пожаров на общей площади свыше 8 тысяч гектар [1]. Несмотря на огромные усилия государственной лесной охраны, в настоящее время не удается полностью предотвратить возникновения и распространения пожаров и сохранить целостность лесов. На территории лесного фонда Наровлянского специализированного лесхоза, площадь которого составляет 69,5 тыс.га., преобладают наиболее пожароопасные и горимые сосновые насаждения, занимающие 67% площади лесных формаций. Анализ динамики пожаров в лесном фонде спецлесхоза свидетельствует о том, что на протяжении последнего десятилетия возникло 80 пожаров на общей площади свыше 700 га. Средняя площадь одного пожара, которая является показателем оперативности его обнаружения и ликвидации, довольно высокая и составила 8,89 га. [2]. Особую опасность для лесхоза представляют трансграничные пожары, которые возникают на границе с Украиной и распространяются по территории лесного фонда спецлесхоза.

В охране лесов от пожаров одним из важнейших звеньев является противопожарное обустройство территории лесного фонда. Основой противопожарной профилактики в лесах республики являются ограничительные мероприятия по распространению пожара и, в первую очередь, создание противопожарных барьеров (противопожарных разрывов и за-слонов, минерализованных защитных полос, устройство сети дорог).

Анализ эффективности противопожарного обустройства лесного фонда Наровлянского спецлесхоза показывает, что на его территории ежегодно проводятся большие объёмы профилактических противопожарных мероприятий в соответствии с существующей нормативной документацией. Однако, уровень горимости лесов остаётся довольно высоким, площадь пожаров за этот период составила, в среднем, более 70 га в год. В настоящее время, причиняемый лесному хозяйству прямой ущерб от пожаров складывается из следующих составляющих: потеря древесины на корню, затрат на очистку гарей и восстановление леса до возраста его перевода в лесопокрытую площадь, расходов по тушению пожаров, загрязнение окружающей среды и населенных пунктов радионуклидами, стоимости сгоревших или поврежденных зданий, сооружений, заготовленной древесины и других имущества и продукции [3].

Величина причиненного пожарами в лесном фонде ежегодного материального ущерба зависит от их площади, а также от вида пожара, степени повреждения древостоя. Верховые и почвенные пожары, а также низовые пожары сильной интенсивности приводят к гибели древостоев и образованию гарей. К убыткам следует также отнести и потери прироста древесины за счёт ослабления древостоев в результате пирогенного фактора на срок 8–12 лет в зависимости от интенсивности низовых пожаров. Таким образом, прямой экономический ущерб, причиняемый лесными пожарами на территории лесного фонда спецлесхоза, составляет, ежегодно, в среднем свыше 150 тыс. руб.

Наиболее сложным является определение экологических потерь. Экологические потери леса многообразны: водоохраные, почвозащитные, санитарно-гигиенические, выделение атомарного кислорода, депонирование диоксида углерода и многое другое. Исследования ученых показали, что между величиной депонирования углерода и другими экологически

полезными факторами существует высокая корреляционная зависимость. Поэтому оценку экологических полезностей можно проводить, ориентируясь на величину депонирования углерода, которая в свою очередь зависит от размера прироста древесины и фитомассы [4].

Про проведенными исследованиями показано, что депонирование углерода на 1 га сосновых насаждений составит, в среднем 29 тонн. Стоимостная оценка экологических полезностей леса неоднозначна. Здесь встречаются различные подходы, и, в целом, невозможно точно рассчитать экологический ущерб от пожаров. Если применить имеющиеся методики расчета на практике, то сумма экологического ущерба от пожаров составит миллионы белорусских рублей. Для снижения вероятности возникновения пожаров и предотвращения от них ущерба, на территории лесного фонда Наровлянского спецлесхоза необходимо оптимизировать имеющийся комплекс профилактических противопожарных мероприятий.

В первую очередь, усилить профилактические мероприятия по охране лесов от пожаров через проведение массово-разъяснительной и воспитательной работы с населением, путем публикаций в районной газете, проведения бесед с местным населением, распространения листовок и буклетов на тему охраны лесов от пожаров использование интернет ресурсов. В местах массового отдыха населения необходимо проведение благоустройства лесной территории и усиление охраны лесов в зонах с высокой антропогенной нагрузкой, особенно в выходные дни.

В насаждениях I класса природной пожарной опасности необходимо устройство противопожарных разрывов. Противопожарные разрывы представляют собой просеки шириной 20–50 м, по которым прокладывают грунтовые дороги или дороги с улучшенным покрытием, по обеим сторонам которых, на расстоянии 5–10 м, прокладывают минерализованные полосы. Следует также отметить, что система противопожарных барьера может лишь содействовать активному тушению лесных пожаров, но не заменять сам процесс их ликвидации. При остановке верхового пожара всегда необходимо наличие участников пожаротушения у разрыва или заслона, которые до подхода фронта пожара, должны активно увеличивать ширину этого барьера с помощью отжига. В момент остановки фронта пожара они должны располагаться за барьером и ликвидировать возможные очаги возгорания от перелетевших по воздуху горящих частиц от лесных горючих материалов.

Для обеспечения проезда автотранспорта к водоемам и пожароопасным участкам необходимо также дополнительно запроектировать строительство дороги противопожарного назначения в дополнение к сети лесных дорог и дорог противопожарного назначения на территории лесного фонда, что должно обеспечивать транспортную доступность лесного массива и оперативную доставку служб пожаротушения к очагам пожаров в установленное время.

Таким образом, внедрение в лесохозяйственную практику оптимизированной комплексной системы профилактических мероприятий по противопожарному обустройству лесного фонда спецлесхоза позволит снизить уровень горимости лесов, обеспечить своевременную доставку сил и средств пожаротушения к очагам возгорания, улучшить санитарное состояние лесов.

### **Список использованных источников**

1. Количество лесных пожаров по территории Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dataportal.belstat.gov.by/osids/indicator-info/10205300027>. – Дата доступа: 11.09.2025.
2. Официальный сайт ГСЛХУ «Наровлянский специализированный лесхоз». <https://nles.by/>. – Дата доступа: 12.09.2025.
3. Усеня, В. В. Лесные пожары, последствия и борьба с ними / В. В. Усеня. – Гомель : Институт леса НАН Беларуси, 2002. – 206 с.
4. Равино, А. В. Эколого-экономическая оценка лесных ресурсов Республики Беларусь: дис. ... канд. экон. наук / А. В. Равино. – Минск: БГТУ, 2001. – 192 с.

**Н. М. Дайнеко, С. Ф. Тимофеев**  
Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь

## АНАЛИЗ ФЛОРЫ ЛУГОВЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОЙМЫ РЕКИ СОЖ

Природные луга в поймах рек являются наиболее ценными кормовыми угодьями, растительность которых используются для заготовки сена, а также для выпаса сельскохозяйственных животных.

Рациональное использование и устойчивое сохранение видового и синтаксономического разнообразия луговых экосистем возможна только на основе анализа результатов многолетних станционарных исследований.

Современные природные процессы реализуются в условиях интенсивных климатических преобразований и нарастающего антропогенного воздействия. Отражением этих факторов, действующих в глобальном масштабе, являются компоненты растительного покрова, быстро и чувствительно реагирующие на изменения экологических параметров среды. Хорошими индикаторами такой природной взаимосвязи является флора и растительность речных долин – динамичных геоэкологических образований, сильно трансформированных человеком [1].

Цель работы: провести эколого-флористический анализ некоторых луговых экосистем поймы р.Сож в условиях изменения гидрологического режима и ксерофилизации пойменных лугов.

Объектом исследования в 2021–2025 гг. являлись луговые ассоциации поймы р. Сож Чечерского района Гомельской области. Нами были изучены следующие ассоциации: *Deschampsietum cespitosae*, *Deschampsio-Festucetum*, *Beckmannio-Poetum palustris*, *Poo palustris-Alopecuretum pratensis*, *Agrostietum vinealis*. Название сосудистых растений дано по определителю высших растений Беларуси [2].

Ассоциация *Deschampsietum cespitosae* занимает пониженные равнинные участки центральной и притеррасной поймы с дерново-глееватыми и глеевыми супесчаными почвами. В ее составе нами зарегистрировано 14 видов растений, которые относились к 12 родам и 9 семействам. Наиболее крупными семействами по числу видов являлись семейства Poaceae и Fabaceae (57,1 %), на остальные семейства приходилось 42,9 %.

Основу травостоя образуют щучка дернистая. Из группы злаков постоянны в травостое щучка дернистая, овсяница луговая, овсяница красная. Группа разнотравья представлена мезофильными видами *Achillea millefolium*, *Centaurea jacea*, *Rumex acetosa*, *Leontodon autumnalis*, *Veronica chamaedrys*.

Ассоциация *Deschampsio-Festucetum rubrae* распространена в центральной пойме на средней части склонов грив и гряд равнинных участках с аллювиально-луговыми супесчаными и суглинистыми глееватыми почвами. В составе ассоциации нами обнаружено 23 вида растений, 19 родов и 11 семейств. Наиболее крупными оказались семейства Poaceae (26,1 %), Rosaceae, Cyperaceae, Polygonaceae, Fabaceae, Asteraceae (43,5 %), участие остальных семейств составило (30,4 %).

Ассоциация *Beckmannio-Poetum palustris* расположена на плоской пониженной равнине правобережной центральной поймы на дерново-глееватой почве. В составе этой ассоциации произрастало 20 видов растений, которые относились к 18 родам и к 11 семействам. Более высокое участие видов приходилось на семейства Poaceae (25 %), Cyperaceae (10 %), Asteraceae (15 %), Posaceae (10 %), Polygonaceae (10 %).

Ассоциация *Poo palustris-Alopecuretum pratensis* включает экологическую группу *Poo palustris*, которая индуцирует в пойме дерновые огленные супесчаные и суглинистые почвы

на которых развиваются болотистые эвтрофные луга. В составе ассоциации нами зарегистрировано 18 видов растений, 17 родов, 12 семейств. Наиболее многочисленное семейство Poaceae (27,8 %), Asteraceae (11,1 %), остальные семейства менее многочисленные.

Данная ассоциация – одна из самых распространенных в поймах рек Белорусского Полесья. Фон в травостое создает *Alopecurus pratensis*. Не редко содоминантами являются *Poo palustris*, *Festuca pratensis*, *Ranunculus repens*.

Ассоциация *Agrostietum vinealis* занимает гряды центральной поймы с дерново-глееватыми супесчаными почвами. В составе ассоциации нами обнаружено 30 видов растений, 26 родов, 11 семейств.

Более высокое число видов растений находятся в семействе Poaceae (26,7 %), Cyperaceae (20 %), Asteraceae (13,3 %), Fabaceae (10 %).

*Agrostis vinealis* определяет облик большинства сообществ ассоциации и формируют травостой высотой до 60 см.

Нами были изучены биологические типы растений изучаемых ассоциаций, где большое количество видов растений приходится на гемикриптофиты (41 %), далее располагаются ксерофиты (14,3 %).

Ведущая роль в оформлении ценофлоры травяной растительности принадлежит видам средиземноморско- boreальной группы – (57,2 %). Также представлены виды среднеземноморско-умеренной (17,1 %), среднеземноморско-арктической (10,5 %). По принадлежности к типам растительного покрова в составе луговых экосистем преобладают луговые – 86,5 %, далее следует сорные – 6,0 %, лесные – 5,2 %, болотные – 2,3 % растения.

Анализ изучаемых ассоциаций по продолжительности жизни показал, что ведущая роль принадлежит многолетним растениям – 74,8 %, однолетникам – 17,9 %, двулетникам – 7,3 %. У анализируемых ассоциаций выявлено четыре группы сроков цветения: весеннецветущие – 5,2 %, раннелетнецветущие – 26,0 %, летнецветущие – 64,0 %, позднелетнецветущие – 4,8 %. Анализ типов корневой системы показал, что наибольшее участие отмечено у короткокорневищных растений – 32,3 %, у длиннокорневищных – 18,9 %, стелющихся – 11,5 %, корневищно-рыхлокустовых – 11,0 %.

В составе флоры луговых экосистем нами выделены доминанты, содоминанты, постоянные и редкие виды по признакам обилия (проективного покрытия) и постоянства. К доминантам мы относим виды с проектированным покрытием 3-5 баллов (от 25 до 50 % и более) и постоянством V класса (81–100). Содоминанты имеют балл проективного покрытия 2–3 (от 16 до 25 %) и IV-V классы постоянства (61–100 %). К постоянным отнесены виды с проективным покрытием 1–2 балла (5–15%) и II-V классами постоянства (21–100 %), редкие – с проективным покрытием 1 балл и менее (менее 5 %) и I классом постоянства (менее 20 %) [3].

В изучаемых нами луговых экосистемах поймы р. Сож доминантами являются щучка дернистая, овсяница луговая, мятыник болотный, лисохвост луговой, полевица виноградниковая.

Таким образом, флора луговых экосистем поймы р. Сож формируется как сборная из флор ряда типов растительности под влиянием комплекса экологических факторов хозяйственной деятельности человека в форме сенокошений, выпаса, рекреационной нагрузки.

### Список использованных источников

1. Булохов, А. Д. Разнообразие и динамика травяной растительности поймы реки Десны / А. Д. Булохов [и др.] // Брянск: Рисо БГУ. – 2021. – 240 с.
2. Определитель высших растений Беларуси. – Минск: Дизайн-ПРО, 1999. – 472 с.
3. Сапегин, Л. М. Структура и функционирование луговых экосистем (Экологический мониторинг): Монография / Л. М. Сапегин, Н. М. Дайнеко // Гомель: УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2002. – 201 с.

**A. M. Капенков**  
ГПУ НП «Браславские озёра», Республика Беларусь

## БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛИХЕНОБИОТЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БРАСЛАВСКИЕ ОЗЁРА»

Лихенобиота является важной частью биоразнообразия экосистем, средой обитания для множества микроорганизмов и беспозвоночных. Кроме того, она обладает чувствительностью к изменениям условий внешней среды, что позволяет использовать лишайники как биоиндикатор состояния окружающей среды. Крайне важно изучение лишайников в пределах природоохранных учреждений, как объектов, в которых сохраняются уникальные природные комплексы, что позволяет проводить долгосрочный мониторинг состояния лишайников.

Национальный парк «Браславские озёра» расположен на северо-западе Беларуси на территории Браславского административного района Витебской области. Территория национального парка имеет вытянутую на 55 км с юго-запада на северо-восток форму, ширина которой составляет от 9 до 29 км. На территории парка выделяют 8 типов почв и 165 почвенных разновидностей, наиболее распространенными являются: дерново-подзолистые полугидроморфные (39,9 %), торфяные почвы низинного типа (24,7 %), торфяные почвы верхового типа (12,0 %), дерново-подзолистые автоморфные (10,4 %).

На территории национального парка встречаются насаждения всех основных лесообразующих пород Республики Беларусь. Леса особо охраняемой природной территории представлены 89 типами леса, которые относятся к следующим сериям типов леса: черничная – 19,4 %, мшистая – 15,2 %, долгомошная – 11,7 %, кисличная – 9,5 %, осоковая – 6,6 %, папоротниковая – 8,1 % и багульниковая – 3,9 %.

На территории Национального парка «Браславские озёра» зафиксировано 223 вида лишайников. Доминирующими в лихенобиоте семействами являются: *Parmeliaceae*, *Cladoniaceae*, *Physciaceae*, *Ramalinaceae* и *Lecanoraceae* [1, 2].

На территории национального парка выявлено 23 новых для Беларуси видов лишайников: *Absconditella lignicola* Vězda et Pišút, *Bacidia subincompta* (Nyl.) Arnold, *Bacidina chlorotica* (Nyl.) Vězda et Poelt, *Bacidina sulphurella* (Samp.) M. Hauck & V. Wirth, *Bactrospora dryina* (Ach.) A. Massal, *Caloplaca albolutescens* (Nyl.) H. Olivier, *Hydropunctaria rheitrophila* (Zschacke) Keller, *Gueidan* et Thüs, *Lecania huchinsiae* (Nyl.) A.L. Sm., *Micarea micrococca* (Körb.) Gams ex Coppins, *Micarea misella* (Nyl.) Hedl., *Parmelia serrana* A. Crespo, M. C. Molina et D. Hawksw., *Placynthium nigrum* (Huds.) Gray, *Pycnora sorophora* (Vain.) Hafellner, *Sarcosagium campestre* (Fr.) Poetsch et Schied., *Sclerophora peronella* (Ach.) Tibell, *Steinia geophana* (Nyl.) Stein, *Thelidium zwackhii* (Hepp) A. Massal., *Thelocarpon intermediellum* Nyl., *Thelocarpon lichenicola* (Fuckel) Poelt et Hafellner, *Verrucaria hydrella* Ach., *Verrucaria madida* Orange, *Verrucaria praetermissa* (Trevis.) Anzi, *Vezdaea leprosa* (P. James) Vězda [3].

В национальном парке также присутствуют и редкие и находящиеся под угрозой исчезновения на территории Беларуси виды лишайников, которые включены в Красную книгу Республики Беларусь. К этим видам относятся: *Cetrelia olivetorum* (Nyl.) W. L. Culb. et C. F. Culb. и *Chaenoteca chlorella* (Ach.) Müll.Arg. произрастают в основном на дубах, в дубравах и еловых лесах, для *Cladonia caespiticia* (Pers.) Flörke основным местом обитания являются валежи широколиственных деревьев, трухлявые пни и основания деревьев, *Cladonia foliacea* (Huds.) Willd. и *Peltigera aphthosa* (L.) Willd. в национальном парке растет на почве, *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. и *Punctelia subrudecta* (Nyl.) Krog предпочитают рости на коре осин и широколиственных деревьях в лиственных и смешанных лесах, *Menegazzia terebrata* (Hoffm.) A. Massal. встречается в смытевых ольшаниках на черной ольхе, *Parmeliopsis hyperopta* (Ach.) Arnold встречается в багульниковом сосняке, *Rhizocarpon geographicum* (L.) DC. произрастает на гранитном валуне в холмистой местности.

Анализ распространения мест обнаружения лишайников на территории национального парка показывает, что большинство видов произрастает в сосновых лесах – 82 вида лишайников. В дубравах орлякового и кисличного типа наблюдалось 59 видов лишайников, в черничных и мшистых ельниках собрано 54 вида, в осинниках кисличных и снытевых – 38 видов, в липняках кисличных и снытевых – 31 вид, в черноольшаниках осокового и таволгового типов найдено 28 видов, а в ясенниках снытевых 24 вида. Наименьшее количество лишайников выявлено в кисличных сероольшаниках и березняках: 17 и 13 видов соответственно (рисунок 1) [1, 2].

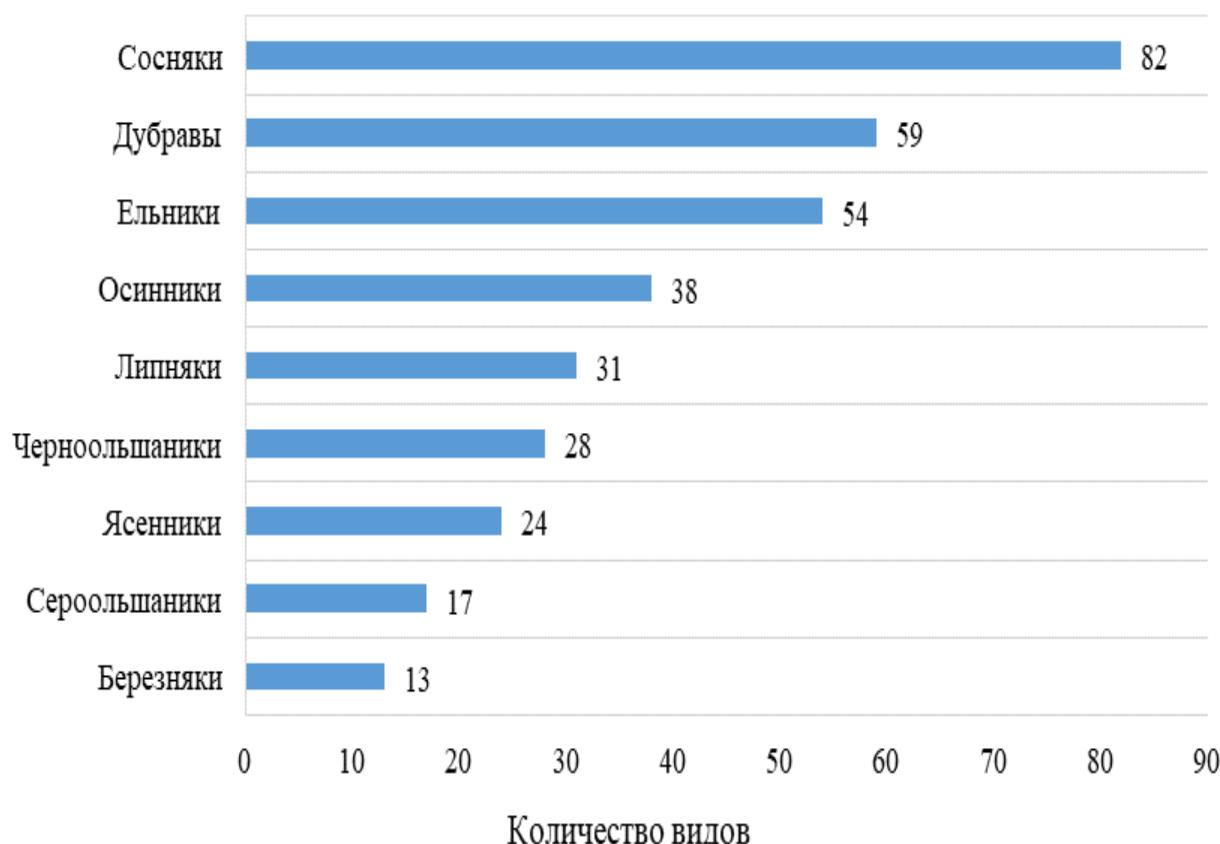


Рисунок 1 – Видовое богатство лихенобиоты лесных формаций НП «Браславские озёра»

Анализ лихенобиоты Национального парка «Браславские озёра» выявил высокое видовое разнообразие, что подтверждает высокую природоохранную значимость данной территории.

#### **Список использованных источников**

1. Биологическое разнообразие Национального парка «Браславские озера»: грибы и лишайники / О. С. Гапиенко [и др.]. – Минск: Белорусский Дом печати, 2014. – 200 с.
2. Современные проблемы экспериментальной ботаники: материалы IV международной научной конференции молодых ученых (Минск – Браслав, 16-18 сент. 2025г.) / Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2025. – 278 с.
3. Яцына, А. П. Новые виды лишайников НП «Браславские озёра» / А. П. Яцына // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. Вып.6. – Мн.: Белорусский Дом печати. – 2011. – С. 198-205.

**Т. А. Колодий<sup>1</sup>, В. В. Трухоновец<sup>1</sup>, П. В. Колодий<sup>1</sup>,  
С. Ф. Родионов<sup>2</sup>, Д. В. Плащинская<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь,*

<sup>2</sup>*Институт леса НАН Беларуси, Республика Беларусь*

## **РОСТ И ПЛОДОНОШЕНИЕ ШТАММОВ СЪЕДОБНОГО ГРИБА ВЕШЕНКИ ОБЫКНОВЕННОЙ ПРИ ЭКСТЕНСИВНОМ КУЛЬТИВИРОВАНИИ**

Белорусское Полесье отличается высокой лесистостью и разнообразием лесных массивов. Традиционно жители Полесья использовали грибы для удовлетворения своих пищевых потребностей. Катастрофа на Чернобыльской АЭС привела к ограничению, а то и полному запрету сбора грибов на этих территориях до настоящего времени. В сложившихся условиях решать эту проблему позволяет искусственное выращивание грибов на специализированных плантациях.

Культивируемые съедобные грибы для человека являются важным источником получения ценных продуктов питания, источником веществ лечебно-профилактического значения. В настоящее время получило распространение искусственное культивирование съедобного гриба вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm.) [1]. Данный вид выращивают экстенсивным и интенсивным способами [2, 3]. При экстенсивном способе грибы выращивают на компактной древесине в природных условиях. Плантационное выращивание вешенки обыкновенной может в какой-то степени увеличить эффективность лесохозяйственного производства, так как в качестве базового субстрата позволяет использовать низкосортную и дровянную древесину лиственных пород. Поэтому целью исследований являлось изучение особенностей роста и плодоношения штаммов вешенки обыкновенной на осиновой древесине в условиях открытого грунта.

Исследования проводились на учебно-производственной плантации съедобных и лекарственных грибов государственного опытного лесохозяйственного учреждения «Гомельский опытный лесхоз» в Терюхском лесничестве.

Плантация располагается на участке, расположенном под кронами растущих деревьев. Опытные партии зернового посевного мицелия восьми штаммов вешенки обыкновенной были выращены в условиях лаборатории экспериментальной микологии УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».

В качестве субстрата для выращивания вешенки использовали свежесрубленную древесину осины с неповрежденной корой и диаметром не менее 15 см. Заготовленную на лесосеке древесину в виде сортиментов доставляли к месту закладки плантации и раскряжевывали на отрубки длиной 33 см. Инокуляцию древесины мицелием вешенки и посадку отрубков в грунт проводили в сентябре 2019 г. Влажность древесины перед инокуляцией составляла не менее 45 %. При раскряжевке древесных сортиментов от каждого отрубка отрезали с одной стороны диск толщиной 3–5 см. На торцевую часть отрубка укладывали зерновой посевной мицелий ровным слоем в количестве 100 г. Сверху на мицелий помещали диск, который затем укрепляли с помощью одного или двух гвоздей. На плантации выкапывали ямки глубиной 10–12 см. Дно ямок разравнивали. Отрубки после инокуляции помещали в полиэтиленовые пакеты и высаживали диском вниз в ямки. Через месяц пакеты с отрубков удаляли. Посадка древесных отрубков осуществлялась по схеме 50 см × 50 см.

На грибной плантации производился периодический искусственный полив. Необходимость в поливе определялась визуально, в зависимости от погодных условий. Количество поливов производилось 1–2 раза в неделю. Норма полива составляла от 5 до 15 л/м<sup>2</sup>.

Особенности плодоношения штаммов вешенки обыкновенной с использованием дискового способа инокуляции приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика плодоношения штаммов вешенки на грибной плантации

Штамм	2020 год		2021 год		Всего за два года	
	Процент плодоносивших отрубков, %	Средний урожай с одного плодоносившего отрубка, г	Процент плодоносивших отрубков, %	Средний урожай с одного плодоносившего отрубка, г	Процент плодоносивших отрубков, %	Средний урожай с одного плодоносившего отрубка, г
<i>P. ostreatus</i> 1801	50,0	169±35	90,0	216±62	90,0	310±71
<i>P. ostreatus</i> 1993	63,6	238±44	36,4	96±25	72,7	257±54
<i>P. ostreatus</i> 1116	33,3	279±67	53,3	123±31	60,0	265±55
<i>P. ostreatus</i> 149	71,4	68±13	14,3	16±0	71,4	72±13
<i>P. ostreatus</i> 141	30,0	145±58	90,0	187±73	100,0	212±63
<i>P. ostreatus</i> 140	50,0	65±32	–	–	50,0	65±32
<i>P. ostreatus</i> 1706	50,0	71±22	50,0	100±9	75,0	114±14
<i>P. ostreatus</i> HK 35	44,7	160±14	30,7	189±49	60,5	214±29

В первый год наблюдений наибольшее количество плодоносивших отрубков отмечено для штамма *P. ostreatus* 149 – 71,4 % от общего количества высаженных, наименьшее для штамма *P. ostreatus* 141 – 30 %. Наибольший средний урожай грибов с одного плодоносившего отрубка отмечен для штамма *P. ostreatus* 1116 – 279±67 г, наименьший урожай для штамма *P. ostreatus* 140 (65±32 г.).

На второй год культивирования наиболее активное плодоношение грибов отмечено в варианте со штаммами *P. ostreatus* 1801 и *P. ostreatus* 141, где количество плодоносивших отрубков составило 90 % от общего количества высаженных, наименьшее в варианте со штаммом *P. ostreatus* 149 – 14,3 %.

За весь период наблюдений максимальный процент плодоносивших отрубков отмечен у штамма *P. ostreatus* 141 – 100 %. Наиболее высокая урожайность выявлена у штамма *P. ostreatus* 1801 – общий урожай с одного плодоносившего отрубка составил 310±71 г.

По содержанию основных компонентов (белков, жиров, углеводов) вешенка обыкновенная близка к белым грибам.

Таким образом, штаммы вешенки обыкновенной *P. ostreatus* 1801, *P. ostreatus* 1116, *P. ostreatus* 141 и *P. ostreatus* HK 35 можно рекомендовать для дальнейшего использования при экстенсивном выращивании грибов.

### Список использованных источников

1. Трухоновец, В. В. Особенности интенсивного культивирования съедобных и лекарственных грибов на древесных субстратах / В. В. Трухоновец, Н. А. Бисько, Т. А. Колодий и др. // Лесное хозяйство: практика, наука, образование : Международная научно-практическая конференция, посвященная 15-летию открытия специальности «Лесное хозяйство» в учреждении образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины» (Гомель, 4–5 октября 2018 года). – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2018. – С. 169–177.

2. Бисько, Н. А. Биология и культивирование съедобных грибов рода вешенка / Н. А. Бисько, И. А. Дудка. – Киев: Наук. думка, 1987. – 148 с.

3. Бисько, Н. А. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре / Н. А. Бисько, А. С. Бухало, С. П. Вассер [и др.]; под общ. ред. И. А. Дудки. – Киев: Наук. думка, 1983. – 312 с.

**М. С. Лазарева, Н. В. Мальцева, И. А. Булавкина**  
Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь

## ПРОИЗВОДНЫЕ ГРАБОВЫЕ НАСАЖДЕНИЯ ПОДЗОНЫ ШИРОКОЛИСТВЕННО-СОСНОВЫХ ЛЕСОВ

Современная структура и зональность лесной растительности Беларуси обусловлены соотношением и взаимозамещением бореальных хвойных и неморальных лиственных лесов, а в лесных фитоценозах – взаимосвязями неморальных и бореальных элементов [1]. В условиях республики к дубравно-широколиственным лесам, как представителям неморальной флоры, относятся дубовые, ясеневые, грабовые, кленовые и липовые формации [2].

Граб наряду с такими древесными видами как дуб черешчатый и ель европейская является важнейшим эдификатором фитоценозов, определяющим зональные черты растительности республики. Граница ареала граба служит северным рубежом, за которым фитоценотическая роль дубрав резко снижается.

В 70–80-е годы прошлого столетия грабовая формация в Беларуси занимала 11,3 тыс. га или 0,20 % лесопокрытой площади [1], по состоянию на 01.01.2023 г. – 21,4 тыс. га или 0,26 % лесопокрытой площади, соответственно.

Обычно граб встречается во втором ярусе елово-грабовых и грабовых дубрав, но при антропогенных локальных сукцессиях формирует производные типы леса. В процессе смены пород ценотическая роль мелколиственных видов – березы и осины возрастает, в результате чего формируются производные березняки со вторым ярусом из граба, а также осиново – грабовые ассоциации [3].

В типологическом отношении типы производных грабняков идентичны типам дубрав [4]. Фитоценотическая специфика типов грабняков проявляется в составе древостоя и живого напочвенного покрова. Граб образует, как правило, сложные древостоя во всех эдафотопах. Чистые насаждения из граба характерны для молодняков.

Таким образом, на территории Беларуси фитоценозы с господством граба являются производной формацией широколиственных и елово-широколиственных лесов. Они формируются в результате сукцессионных процессов, в основном, антропогенного характера.

Наличие в составах производных грабняков широколиственных древесных видов позволяет рассматривать эти насаждения как объект для перевода их рубками ухода в хозяйствственно-ценные.

Площади производных от дуба насаждений являются резервом расширения дубравной формации. Большой интерес вызывают производные грабовые насаждения, в составах которых присутствуют дуб, клен и ясень. Разнообразие условий их произрастания, различные варианты смешения древесных видов в составах насаждений и соответственно сложные ценотические взаимовлияния в них, обусловливают развитие каждого древостоя по собственной траектории роста.

Динамика основных лесоводственно-таксационных показателей грабовых древостоев и разработанный на ее основе режим рубок промежуточного пользования (рубок ухода за лесом, рубок переформирования) являются важнейшей составной частью рациональной системы лесовыращивания хозяйствственно-ценных насаждений.

В производных грабняках, особенно в молодняках, большое значение для успешности роста дуба имеет соотношение высот древесных видов. Соотношение фактических высот дуба и граба в возрастной динамике в производных грабовых насаждениях на примере пробных площадей показано на рисунке 1.

Средняя высота по элементам леса зависит от регулярности и срока давности проведения рубок ухода.

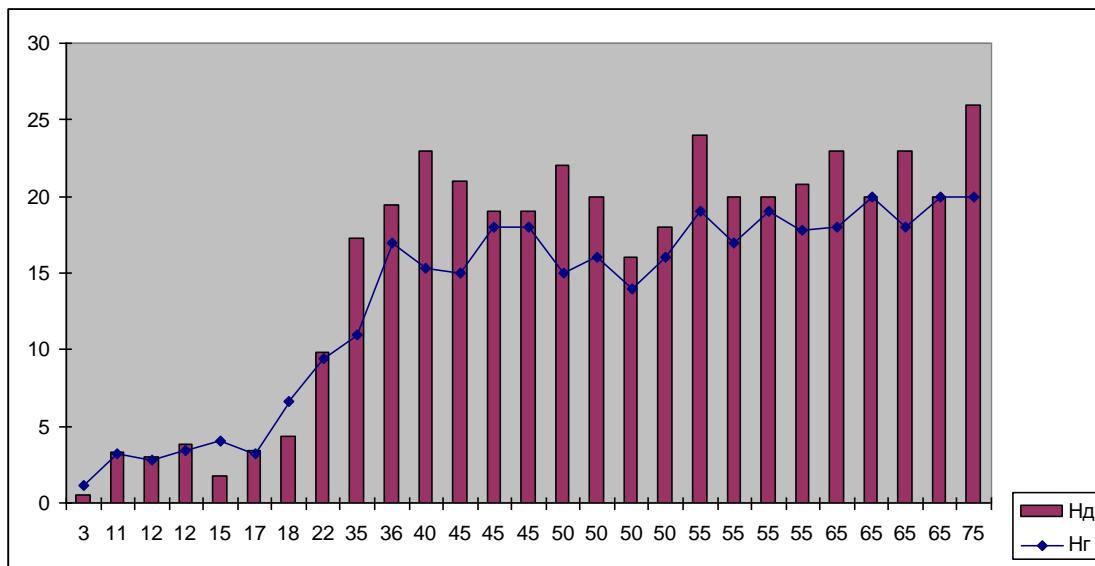


Рисунок 1 – Соотношение высот дуба и граба, входящих в состав производных грабовых насаждений

В силу биологических особенностей граба семенного происхождения характеризуется интенсивным ростом в высоту до 30–40 лет, затем интенсивность его роста снижается и после 80 лет практически прекращается [4]. В то же время дуб вступает в фазу интенсивного роста после 40–50 лет. Поэтому, в грабовых дубравах до 30-летнего возраста в целях предупреждения нежелательной смены пород необходимо обращать особое внимание на регулярные, интенсивные и своевременные уходы за дубом.

Огромным преимуществом граба является его способность наряду с семенным возобновлением, успешно возобновляться вегетативно, причем как порослью от пня, так и корневыми отпрысками. В грабняках Бугско-Полесского геоботанического округа на 48 % участков идет естественное восстановление леса, в Полесско-Приднепровском – на 26 %.

В целом, в Бугско-Полесском округе в составе подроста преобладает клен остролистный (85 %), в основном, крупный и средний. Долевое участие клена, в основном, составляло 6–8 единиц состава. Вместе с кленом встречались граб (1–3 единицы), ель (1–3 единицы) и липа (1 единица). Количество крупного и среднего подроста клена составляло 2–3,5 тыс.шт./га. На отдельных участках таксировался мелкий подрост клена, без примеси других пород. Выявлены участки подроста с ясенем (4 единицы), кленом и грабом в количестве 2,0 тыс. шт./га, средний и крупный.

В Полесско-Приднепровском округе в подросте преобладал клен (64 %), также встречался дуб (30 %) и граб (6 %). В насаждениях преобладает мелкий подрост дуба в количестве 3,0 тыс. шт./га, клена в смешении с дубом и ясенем в количестве 1,5–3,0 тыс.шт./га, а также клена без участия других пород в количестве 2,5–3,0 тыс.шт./га.

#### Список использованных источников

- 1 Гельтман, В. С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии / В. С. Гельтман. – Минск: Наука и техника, 1982. – 326 с.
- 2 Юркевич, И. Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах / И. Д. Юркевич. – Минск: Наука и техника, 1980. – 120 с.
- 3 Юркевич, И. Д. Грабняки Припятского заповедника / И. Д. Юркевич, А. З. Тютюнов // В кн.: Припятский заповедник. – Минск: Ураджай, 1976. – С.124-131.
- 4 Юркевич, И. Д. Грабовые леса Белоруссии: типология, структура, продуктивность / И. Д. Юркевич, А.З. Тютюнов. – Минск: Наука и техника, 1985. – 206 с.

**Д. В. Плащинская**  
**Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь**

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ  
 ЧЕРЕЗ ИЗУЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТРУТОВИКА СЕРНО-ЖЁЛТОГО  
*LAETIPORUS SULPHUREUS***

Трутовик серно-жёлтый (*Laetiporus sulphureus*) – один из наиболее заметных грибов-паразитов в лиственных лесах Беларуси. Его присутствие и интенсивность поражения древостояв могут служить важным биологическим индикатором экологического состояния леса, отражающим уровень антропогенного воздействия, климатического стресса и естественных процессов сукцессии. Трутовик серно-жёлтый – облигатный паразит и сапробиот, поражающий ослабленные, повреждённые или старые деревья, преимущественно лиственных пород (дуб, липа, ясень, клён, берёза) [1]. Его наличие сигнализирует о действии стрессовых факторов в лесу, таких как механические повреждения, морозобоины, ожоги, последствия засухи, загрязнения, старение древостоя.

Данное исследование представляет собой анализ распространения *L. sulphureus* по районам Гомельской области, его связи с лесными экосистемами, и предложения использовать данный вид для оценки здоровья леса. Исследования охватывают следующие задачи: анализ экологических предпочтений вида; оценка потенциала распространения *L. sulphureus* по районам области; предложение методики оценки состояния леса на основе данных о грибе.

На основании полученных данных составлена таблица 1 потенциала распространения по административным районам Гомельской области в зависимости от экологических предпочтений вида (дуб, старовозрастные леса, повреждённые деревья), данных о лесных ресурсах Гомельской области, анализа почвенно-климатических условий, наличия ООПТ, старовозрастных дубрав и антропогенной нагрузки.

Таблица 1 – Уровень потенциала распространения *L. sulphureus* по районам Гомельской области

Район	Уровень потенциала	Обоснование
1	2	3
Брагинский	Высокий	Часть зоны отчуждения ЧАЭС – минимальное вмешательство человека, старовозрастные дубравы в поймах рек, высокая влажность. Идеальные условия для <i>L. sulphureus</i>
Наровлянский	Высокий	Соседство с Полесским РГП, обширные дубравы, заболоченные леса с ослабленными деревьями, ООПТ «Наровлянский ландшафтный заказник»
Житковичский	Средне-высокий	Богат дубравами, особенно в поймах Припяти. Много поврежденных деревьев – хорошая среда для гриба
Петриковский	Средне-высокий	Пойменные Днепровские дубравы, но частично нарушенные хозяйственной деятельностью, наличие старых деревьев
Лоевский	Средний	Южные дубравы, благоприятный микроклимат
Лельчицкий	Средний	Преобладают сосновые леса и заболоченные участки. Дуб встречается фрагментарно – ограниченный потенциал
Хойникский	Средне-высокий	Леса Полесья, много дуба, но выше антропогенное давление, чем в Брагинском. Встречается в старых дубравах и вдоль рек. В смешанных лесах – умеренное давление

Окончание таблицы 1

1	2	3
Ельский	Средний	Смешанные леса, дуб присутствует, но не доминирует. Умеренная поражаемость возможна в старых насаждениях
Гомельский	Низкий	Высокая урбанизация, молодые лесополосы, сосновые культуры. Дуб встречается редко, в основном в парках и на опушках
Светлогорский	Низкий	Промышленная зона, сосновые боры, нарушенные леса. Дуб почти отсутствует
Рогачёвский	Средний	Смешанные леса, дуб встречается в поймах Днепра. Возможны локальные очаги поражения в старых насаждениях
Жлобинский	Низкий	Преобладают молодые насаждения, сельхозугодья, промышленные зоны. Дубовые насаждения встречаются редко
Калинковичский	Средний	Наличие дубрав в поймах рек, но активное лесопользование снижает возраст древостоя. Потенциал средний
Мозырский	Средний	Южная часть области теплее, дуб встречается чаще, но леса активно эксплуатируются. Возможны очаги в заповедных участках
Лоевский	Средне-высокий	Пойменные дубравы Днепра, наличие старых деревьев, низменности – благоприятные условия для гриба
Ветковский	Средний	Смешанные леса, дуб присутствует, но древостой часто среднего возраста. Возможны локальные вспышки при наличии повреждений

На основании данных исследований можно дать следующие рекомендации:

1. Включить *L. sulphureus* в перечень индикаторных видов при оценке состояния лесов.
2. Организовать полевые наблюдения в районах с высоким потенциалом (Брагинский, Наровлянский, Житковичский). Фиксировать не только наличие гриба, но и возраст/состояние поражённых деревьев [2].
3. Интегрировать данные в ГИС-системы лесхозов для автоматизированного мониторинга. Создать цифровую карту на основе ГИС (например, в QGIS или ArcGIS), интегрируя слои: распространение дуба, возрастные классы леса, ООПТ и зоны отчуждения, данные полевых наблюдений.

Для Гомельской области, с её разнообразными лесными экосистемами от пойменных дубрав до сосновых боров, систематическое изучение *L. sulphureus* может стать важным инструментом диагностики экологического здоровья лесов и основой для разработки адаптивных стратегий управления лесными ресурсами в условиях меняющегося климата и растущего антропогенного давления.

Трутовик серно-жёлтый – это не просто гриб, а экологический «термометр» леса. Его распространение отражает как естественные процессы старения и сукцессии, так и антропогенные и климатические стрессы. Использование *L. sulphureus* в качестве индикатора позволяет оценивать здоровье леса, прогнозировать риски, принимать обоснованные решения в лесном хозяйстве.

#### Список использованных источников

1. Научные основы устойчивости лесов к дереворазрушающим грибам / В. Г. Стороженко, М. А. Бондарцева, В. А. Соловьев, В. И. Крутов. – М.: Наука, 1992. – 221 с.

2. Арефьев, С. П. Влияние фактора рекреации и климатических тенденций 2000–2014 гг. на видовое разнообразие и структуру сообществ древесных грибов г. Тюмени / С. П. Арефьев // Вестник Тюменского государственного университета. – Тюмень: ФГБОУ ВПО, 2014. – № 12. – С. 62–71.

УДК 550.424;550.385.1;551.521;630.81:632.118.3

*A. M. Потапенко*

*Институт леса НАН Беларусь, Республика Беларусь*

**ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ ЦЕЗИЯ-137  
В ФИТОМАССЕ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ДАЛЬНЕЙ ЗОНЫ  
ЧЕРНОБЫЛЬСКИХ ВЫПАДЕНИЙ В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД  
ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧАЭС (НА ПРИМЕРЕ ГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВ)**

По данным Государственного лесного кадастра Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2025 г. [1] площадь загрязненных радионуклидами земель лесного фонда Беларуси составляет 1,6 млн га (16 %), в ведении Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь (далее – Минлесхоз) – 1,3 млн га (13,0 %) загрязненных радионуклидами лесов. Наиболее загрязнен лесной фонд Гомельской (61,2 %) и Могилевской (30,0 %) областей. На территории Гомельской области площадь радиоактивно загрязненных земель в лесном фонде Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь составляет 729,8 тыс. га (60,6 % от общей их площади), из них с уровнем загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  1–5 Ки/км $^2$  – 496,7 тыс. га (68,1%), 5–15 Ки/км $^2$  – 188,2 тыс. га (25,8 %), 15–40 Ки/км $^2$  – 44,81 тыс. га (6,1%). На протяжении 2019–2024 гг. в результате как радиоактивного распада, так и за счет вертикальной миграции  $^{137}\text{Cs}$  вглубь в подстилочно-почвенном комплексе площадь радиоактивно загрязненных земель снизилась на 36,2 тыс. га (4,7 %).

В последние годы в республике все чаще отмечаются климатические аномалии, в результате которых повреждаются леса. Отмечается изменение экологического равновесия, обусловленного нарушением водно-воздушного режима почвы под влиянием экстремальных погодных условий, жизнедеятельности фитопатогенных организмов и других негативных естественных и антропогенных факторов, способствующих ослаблению лесных насаждений, снижению их продуктивности и биологической устойчивости. Изменение климатических условий в значительной степени повлияло на уровень грунтовых вод (УГВ) в лесных экосистемах, что в свою очередь привело к изменению подвижности радионуклидов в почве и доступности их для растений на загрязненных радионуклидами территориях. Особенно сильно это отразилась в лесах, произрастающих на избыточно увлажненных землях. В этой связи на радиоактивно загрязненных территориях лесных экосистем возникает необходимость изучения особенностей поведения радионуклидов при изменениях гидрологического режима.

В Институте леса НАН Беларусь на радиологических стационарах, созданных в 1989–2015 гг., в Ветковском спецлесхозе, Наровлянском спецлесхозе и Ельском лесхозе с 2020 года по настоящее время проводятся исследования перераспределения  $^{137}\text{Cs}$  в системе «почва–растение» на гидроморфных почвах. Анализ процессов перераспределения  $^{137}\text{Cs}$  в компонентах фитомассы лесных насаждений, произрастающих на гидроморфных почвах в условиях современной трансформации климата, позволит установить особенности аккумуляции  $^{137}\text{Cs}$  в системе «почва–растение» в лесных биоценозах в условиях изменения климата и разработать модель миграции радионуклида в них при изменении гидрологического режима.

Рассмотрим особенности аккумуляции  $^{137}\text{Cs}$  в фитомассе лесных насаждений на примере чистых и смешанных березовых древостоев IV–VII классов возраста, произрастающих на мелиорированных гидроморфных торфяных и торфянистых почвах. Анализ радиоактивного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  компонентов надземной фитомассы березы проводился в меженный период.

В результате исследования процессов перераспределения  $^{137}\text{Cs}$  в исследуемых древостоях установлено, что режим увлажнения оказывает доминирующее влияние на уровень накопления  $^{137}\text{Cs}$  в надземных компонентах их фитомассы по сравнению с плотностью загрязнения радионуклидом, что значительно отличает их от древостоеев на автоморфных минеральных почвах [2]. На гидроморфных торфяных почвах накопление  $^{137}\text{Cs}$  в компонентах фитомассы березы увеличивается в следующем порядке: древесина < кора < побеги двухлетние < побеги однолетние < листья [3]. Наибольшее содержание радионуклида наблюдается в побегах однолетних и листьях, что указывает на высокую биологическую особенность концентрирования радионуклида в элементах текущей вегетации.

Выполненный анализ накопления  $^{137}\text{Cs}$  на примере листьев показал, что минимум накопления радионуклидов наблюдается при глубине уровней грунтовых вод 169 см от поверхности почвы, максимум – 49 см. При этом изменение перехода радионуклида в листья при уровнях грунтовых вод в межень лучше всего описывается уравнением экспоненциальной зависимости вида:

$$Kn = 180,07e^{1,9179x},$$

где КП – коэффициент перехода цезия-137 в листья березы;

$x$  – уровень грунтовых вод в меженный период, м.

При снижении УГВ ниже 70 см уровень загрязнения надземной фитомассы березы снижается в 2,5 раза и более. Накопление  $^{137}\text{Cs}$  в древесине по сравнению с другими компонентами фитомассы, как минимум, в 2 раза ниже [3]. Необходимо также отметить, что варьирование распределения радионуклида в надземных компонентах фитомассы березы на объектах исследования имеет довольно широкий диапазон. Так, максимальные и минимальные активности  $^{137}\text{Cs}$  в коре, побегах однолетних и листьях березы относительно древесины имеют трехкратный и более разброс значений. При этом следует учитывать, что параметры загрязнения березы радионуклидом определялись как средняя величина значений, полученных от 3–5 модельных деревьев, в связи с этим фактический диапазон данных по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  в компонентах березы выше.

При сравнении коэффициентов перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвенного комплекса в каждый компонент фитомассы березы с наблюдаемыми изменениями УГВ, установлено, что уровень накопления  $^{137}\text{Cs}$  в компонентах фитомассы деревьев имеет положительную сильную взаимосвязь ( $r_s = 0,77 \pm 0,89$ ;  $p \leq 0,0008$ ) с уровнем снижения УГВ [3].

Таким образом, в березовых насаждениях, произрастающих на гидроморфных торфяных почвах, режим увлажнения оказывает значительное влияние на уровень накопления  $^{137}\text{Cs}$  в надземных компонентах их фитомассы. На гидроморфных торфяных почвах наиболее характерным является высокое накопление  $^{137}\text{Cs}$  компонентами фитомассы деревьев березы при УГВ в пределах 0,4–0,7 м. При снижении УГВ ниже 0,7 м уровень загрязнения надземной фитомассы березы снижается в 2,5 раза и более. Использование в практике лесного хозяйства такого показателя как величина снижения УГВ в меженный период может позволить установить радиоактивное загрязнение древесины березы с вероятностью 67,5 % на гидроморфных торфяных почвах.

### Список использованных источников

1. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2025. – Минск: Минлесхоз, ЛРУП «Белгослес», 2025. – 88 с.
2. Поведение  $^{137}\text{Cs}$  в лесных почвах (факторы, динамика, прогноз) / Н. И. Булко [и др.] // Лесные экосистемы: современные вызовы, состояние, продуктивность и устойчивость: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию Института леса НАН Беларуси (Гомель, 13–15 ноября 2020 г.) / Институт леса НАН Беларуси; редкол.: А. И. Ковалевич [и др.]. – Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 2020. – С. 314–319.

3. Особенности накопления  $^{137}\text{Cs}$  в компонентах надземной фитомассы березовых насаждений на территории дальней зоны чернобыльских выпадений в условиях изменения уровня грунтовых вод / А. М. Потапенко [и др.] // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2023. – № 6 (141). – С. 45–51.

УДК 574

*М. М. Ходжамамедов*

*Государственный энергетический институт Туркменистана, Республика Туркменистан*

## **ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА СТРУКТУРУ И ДИНАМИКУ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ**

В статье рассматривается влияние глобальных климатических изменений на структуру, видовой состав и динамику лесных сообществ. Актуальность исследования обусловлена важной ролью лесов в глобальном углеродном цикле и их высокой уязвимостью к антропогенному воздействию. Анализируется прямое влияние повышения температуры и концентрации  $\text{CO}_2$  на физиологию и продуктивность древесных пород, а также косвенные эффекты, проявляющиеся в изменении гидрологического режима и резком росте риска нарушений (дистурбансов). Показано, что потепление способствует смещению ареалов видов, нарушению фенологии и увеличению частоты и интенсивности лесных пожаров, вспышек вредителей и болезней. Сделан вывод о необходимости разработки и внедрения адаптивных стратегий лесоуправления для повышения устойчивости лесных экосистем к нелинейным климатическим вызовам.

Климатические изменения представляют собой один из наиболее значимых глобальных факторов стресса, оказывающих всеобъемлющее воздействие на структуру и динамику лесных экосистем по всему миру. Леса, играющие ключевую роль в регуляции глобального углеродного цикла и сохранении биоразнообразия, крайне чувствительны к изменениям температуры, режима осадков и концентрации атмосферного углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ). Эти изменения влияют на леса как напрямую, через физиологические процессы, так и косвенно, через модификацию частоты и интенсивности нарушений (дистурбансов) [1].

Прямое воздействие климатических факторов оказывается, в первую очередь, на продуктивности и жизнеспособности древесных пород. Повышение глобальной температуры может стимулировать рост в северных широтах (эффект «озеленения»), однако в более засушливых регионах оно часто приводит к усилению водного стресса и снижению фотосинтетической активности [2]. Изменение термических режимов может также нарушать синхронность сезонных циклов (фенологию), например, между распусканием почек и активностью насекомых- опылителей или вредителей, что влияет на репродуктивный успех видов. В таблице 1 представлены ключевые структурные изменения.

Таблица 1 – Основные структурные и динамические изменения в лесных сообществах под влиянием климата.

Фактор климата	Изменение структуры	Последствия для динамики
Повышение температуры	Смещение границы леса вверх/к полюсам	Отмирание на южных границах ареалов
Снижение осадков (засухи)	Сокращение густоты и сомкнутости полога	Увеличение смертности, снижение биомассы
Увеличение $\text{CO}_2$	Стимуляция роста (эффект удобрения)	Изменение соотношения корневой массы и кроны
Нарушение фенологии	Изменение сроков цветения/плодоношения	Снижение репродуктивного успеха

1. *Смещение ареалов и видового состава.* Одним из наиболее заметных структурных изменений является смещение ареалов видов. Древесные породы стремятся мигрировать в направлении полюсов или в более высокие горные пояса, следуя за смещением климатических зон, к которым они адаптированы. Скорость этого смещения часто превышает естественные темпы расселения семян, что приводит к формированию так называемого «климатического долга» [3]. В результате на границах своего ареала виды могут испытывать значительное снижение конкурентоспособности и уязвимость.

Процесс замещения видов часто происходит не плавно, а скачкообразно, под влиянием внешних событий. Например, в таежных лесах увеличение частоты пожаров в сочетании с потеплением способствует экспансии лиственных пород на территориях, традиционно занятых хвойными. В условиях конкуренции за водные ресурсы, особенно в средиземноморских и континентальных лесах, более толерантные к засухе виды получают преимущество.

2. *Вспышки вредителей и болезней:* Более короткие и мягкие зимы способствуют выживанию и увеличению числа генераций многих насекомых-вредителей (например, короедов, усачей), а ослабление деревьев из-за водного стресса снижает их способность к защите (выделение смолы). Это приводит к массовой гибели лесов, как это наблюдалось в Центральной Европе и Северной Америке [4].

Увеличение концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере (около 420 ppm на 2024 год) может стимулировать фотосинтез у некоторых видов, что описывается уравнением:

$$P = \frac{V_{\max} \cdot C_i \cdot L}{C_i + K_m \left( 1 + \frac{O_2}{K_i} \right)}$$

где  $V_{\max} = f(T)$ ,  $C_i \approx \text{const} \cdot C_a$ ,

где  $P$  – продуктивность;

$L$  – освещенность;

$C_a$  – концентрация CO<sub>2</sub>.

Однако этот «эффект удобрения» часто нивелируется ограничениями по доступности воды и питательных веществ, особенно азота [5]. В итоге, лесные сообщества становятся менее устойчивыми и более подверженными резким, нелинейным изменениям.

Лесные сообщества переживают эпоху быстрых и фундаментальных изменений, обусловленных климатом. Нарушение равновесия между климатическими факторами и адаптивными возможностями видов ведет к перестройке структуры лесов, смещению их границ и росту риска катастрофических нарушений. Для сохранения биоразнообразия и экосистемных функций лесов критически важно внедрение *адаптивных стратегий лесоуправления*, включая содействие миграции видов, создание смешанных и более устойчивых к стрессу насаждений, а также повышение эффективности борьбы с пожарами и вредителями.

## Список использованных источников

1. Dale, V. H. Climate Change and Forest Disturbances: Climate change is increasing the likelihood of disturbances that take a heavy toll on forests / V. H. Dale [et al.] // BioScience. – 2000. – Vol. 51, № 9. – P. 723–734.
2. Швиденко, А. З. Леса как фактор смягчения последствий изменения климата: роль России / А. З. Швиденко, Д. Г. Щепащенко // Лесоведение. – 2014. – № 4. – С. 312–327.
3. Polgar, C. A. Climate change and the spring arrival of plants and animals / C. A. Polgar, R. B. Primack // Ecology. – 2011. – Vol. 92, № 1. – P. 15–27.
4. Kurz, W. A. Global forest carbon implications of climate change / W. A. Kurz, G. Stinson // Climatic Change. – 2012. –Vol. 115, № 2. – P. 297–316.

5. Seidl, R Forest disturbances under climate change: a global assessment of drivers, impacts and response options / R. Seidl [et al.] // Nature Reviews Earth & Environment. – 2017. – Vol. 1, № 11. – P. 535–552.

УДК 63.181

*O. С. Цалко*  
*Средняя школа № 5 г. Мозыря, Республика Беларусь*

## **ВЛИЯНИЕ НАНОУДОБРЕНИЙ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ**

Леса являются одним из важнейших природных ресурсов, особенностью которых является способность к возобновлению. Лесовосстановление должно обеспечивать воспроизведение насаждений, сохранение биологического разнообразия лесов и сохранение их полезных функций [1].

Непрерывно возрастающий объем лесокультурных и лесовосстановительных работ требует большого количества посадочного материала древесных пород [2].

Для обеспечения повышения продуктивности лесов необходимо своевременное проведение лесовосстановительных мероприятий. Значительна роль искусственного лесовосстановления, при этом обеспеченность лесокультурного производства высококачественным посадочным материалом приобретает первостепенное значение.

В настоящее время основным посадочным материалом для создания лесных культур являются сеянцы, выращенные из семян. Следовательно, исходным лесокультурным материалом являются семена и их предпосевная подготовка, от качества которой в значительной степени зависит успешность выращивания лесных культур.

Развитие растений определяется множеством биохимических реакций, которые запускаются и ускоряются специальными белками – ферментами. В состав молекул большинства из них входят различные микроэлементы. Если они не будут поступать в клетки растений, то их рост невозможен. Но не все микроэлементы (особенно в виде солей) могут проникнуть через оболочку мембранны и усваиваться растениями на все 100 % [3]. Наночастицы через мембрану проходят беспрепятственно. Сверхпроницаемость позволяет обеспечить высокую всхожесть и рост растений. Наноудобрения обеспечивает дозированное поступление в клетки микроэлементов, необходимых для синтеза ферментов, которые ускоряют рост и развитие. Ускорение всхожести, улучшение роста, развитие мощной корневой системы семян сосны обыкновенной будут способствовать более быстрому росту саженцев.

В ходе исследования проведена предпосевная обработка семян сосны обыкновенной удобрением «Наноплант», содержащем наночастицы кальция и кремния.

В начале декабря был проведен сбор шишек сосны обыкновенной. После получения семян сделано их морфологическое описание. Для проращивания отобраны семена визуально не отличавшиеся друг от друга, с ровной поверхностью. На два месяца поместили в холодильник для стратификации. Опыт закладывался в двухкратной повторности. Контрольная группа семян – замачивание в дистиллированной воде. Семена обескрыливали механическим способом. Семена из второй группы двое суток находились в растворе с наночастицами. Всего было подвергнуто анализу 649 семян. Средняя длина семян составила  $3,7 \pm 0,184$  мм. Энергия прорастания определялась на четвертый день вычислением нормально проросших семян к общему числу семян, взятых для проращивания, всхожесть – аналогичным способом на седьмые сутки. Всхожесть и энергию прорастания семян вычисляли как среднеарифметическое результатов проращивания отдельных проб семян и выражали в процентах.

Достоверность результатов оценивалось с использованием критерия Стьюдента. Все статистические расчеты проводили в программе free-matrix и на сайте medstatistic.ru.

После прорастания семена были высеваны в подготовленный грунт для дальнейшего выращивания саженцев.

В таблице 1 представлены данные о количестве проросших семян по дням в контрольной группе.

Таблица 1 – Общее количество проросших семян по дням учета в контрольной группе

День учета	Контрольная группа	
	№ 1	№ 2
3	13	15
4	13	15
5	18	19
6	20	19
7	21	20

В таблице 2 приведены данные о количестве проросших семян по дням в опытной группе (с использованием наноудобрения).

Таблица 2 – Общее количество проросших семян по дням учета в опытной группе (Ca, Si)

День учета	Опытная группа (Ca, Si)	
	№ 1	№ 2
3	17	12
4	18	14
5	29	24
6	35	28
7	40	38

Обобщенные данные по влиянию наноудобрений на посевные качества семян сосны обыкновенной в лабораторных условиях отражены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние наноудобрений на посевные качества семян сосны обыкновенной в лабораторных условиях

Вариант	Энергия прорастания, % X±m	Всходесть, % X±m
Контроль	28±2,83	41±4,24
Опыт (Ca,Si)	32±5,66	78±1.41

Энергия прорастания, контроль и опыт (Ca, Si): Значение t-критерия Стьюдента – 0.63. Различия статистически не значимы ( $p=0.640940$ ).

Всходесть, контроль и опыт (Ca, Si): Значение t-критерия Стьюдента – 11,72. Различия статистически значимы ( $p=0.054194$ ).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что микроудобрение «Наноплант» увеличивает всхожесть семян сосны обыкновенной на 37% и может использоваться в качестве стимулятора для усиления всхожести семян.

#### Список использованных источников

1. Проблема лесовосстановления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal.bgsha.ru/upload/iblock/585/Kursovaya-Machulskoy>. – Дата доступа: 14.02.2024.

2. Лесовозобновление [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://studbooks.net/1245545/agropromyshlennost/osnovnye\\_problemy\\_lesovosstanovleniya](https://studbooks.net/1245545/agropromyshlennost/osnovnye_problemy_lesovosstanovleniya). – Дата доступа: 14.02.2024.
3. Наноплант [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/urozhay-s-pristavkoy-nano.html>. – Дата доступа: 08.02.2024.

УДК 574.21:582.29:628.5:504.5:628.4.047(476.6-37Островец)

**A. Г. Цуриков<sup>1,2</sup>, В. С. Аверин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*Гомельский государственный медицинский университет, Республика Беларусь*

## **ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА И ЗАКЛАДКА СТАЦИОНАРНЫХ ПЛОЩАДОК ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ДОЛГОСРОЧНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ БЕЛОРУССКОЙ АЭС НА ОСНОВЕ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ**

Для осуществления долгосрочного экологического мониторинга состояния окружающей среды в зоне воздействия Белорусской АЭС в 2021 году нами было заложено 12 точечных реперных площадок для отбора проб лишайников [1]. На основании анализа этих проб было определено содержание  $^{137}\text{Cs}$  и некоторых тяжелых металлов в лишайниках зоны планирования срочных защитных мероприятий Белорусской АЭС. По результатам последующих исследований с учетом особенностей встречаемости и биомассы лишайника *Xanthoria parietina* скорректировано расположение существующих, а также заложены 4 дополнительные стационарные площадки. Также проведена унификация субстратов произрастания лишайников во всех реперных площадках. Ниже приводим координаты стационарных реперных площадок, заложенных в населенных пунктах, а также по 4 трансектам южнее, западнее, севернее и восточнее БелАЭС: агрогородок Гервяты (7,5 км Ю БелАЭС) –  $54^{\circ}41'15.91''\text{N}$ ,  $26^{\circ}08'51.23''\text{E}$ ; агрогородок Ворняны – (5,5 км ЮЗ БелАЭС),  $54^{\circ}43'27.22''\text{N}$ ,  $26^{\circ}00'47.81''\text{E}$ ; поселок Гоза (3,5 км СЗ БелАЭС) –  $54^{\circ}46'35.19''\text{N}$ ,  $26^{\circ}01'49.83''\text{E}$ ; поселок Швейляны (4,1 км В БелАЭС) –  $54^{\circ}44'39.9''\text{N}$ ,  $26^{\circ}09'55.5''\text{E}$ ; 3 км южнее БелАЭС (лесной массив, 500 м СЗ д. Попишки) –  $54^{\circ}43'16.3''\text{N}$ ,  $26^{\circ}06'31.4''\text{E}$ ; 8 км южнее БелАЭС (насаждения в д. Мацки) –  $54^{\circ}40'05.8''\text{N}$ ,  $26^{\circ}06'52.6''\text{E}$ ; 12 км южнее БелАЭС (лесной массив 1 км ЮВ д. Ольгиняны) –  $54^{\circ}37'45.5''\text{N}$ ,  $26^{\circ}05'49.3''\text{E}$ ; 3 км западнее БелАЭС (лесной массив) –  $54^{\circ}45'12.0''\text{N}$ ,  $26^{\circ}02'34.1''\text{E}$ ; 8 км западнее БелАЭС (лесной массив 1 км ЮЗ д. Ворона) –  $54^{\circ}44'54.1''\text{N}$ ,  $25^{\circ}56'38.1''\text{E}$ ; 12 км западнее БелАЭС (лесополоса 0,3 км Ю д. Трокеники) –  $54^{\circ}44'47.4''\text{N}$ ,  $25^{\circ}53'51.9''\text{E}$ ; 3 км С БелАЭС (лесной массив 0,6 Ю д. Мешляны) –  $54^{\circ}47'25.5''\text{N}$ ,  $26^{\circ}05'45.8''\text{E}$ , 9 км С БелАЭС (насаждения в д. Зaborцы) –  $54^{\circ}49'03.6''\text{N}$ ,  $26^{\circ}06'49.9''\text{E}$ ; 12 км С БелАЭС (насаждения 1 км С д. Подольцы) –  $54^{\circ}52'44.9''\text{N}$ ,  $26^{\circ}04'35.7''\text{E}$ ; 3 км В БелАЭС (лесной массив 1 км В д. Валайкуны) –  $54^{\circ}45'38.2''\text{N}$ ,  $26^{\circ}09'10.0''\text{E}$ ; 9 км В БелАЭС (лесной массив 0,1 км Ю д. Кирели) –  $54^{\circ}44'53.9''\text{N}$ ,  $26^{\circ}13'17.2''\text{E}$ ; 12 км В БелАЭС (насаждения в д. Кирели) –  $54^{\circ}46'11.9''\text{N}$ ,  $26^{\circ}19'21.1''\text{E}$ .

### **Список использованных источников**

1. Цуриков, А. Г. Выбор точечных реперных площадок в зоне планирования срочных защитных мероприятий территории воздействия Белорусской АЭС с целью лихеноиндикации / А. Г. Цуриков, В. С. Аверин // Радиобиология и экологическая безопасность – 2022: материалы междунар. науч. конф. (26–27 мая 2022 г., Гомель) / ГНУ «Институт радиобиологии НАНБ»; редкол.: И. А. Чешик (гл. ред.) [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – С 168–170.

2. Аверин, В. С. Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в лишайниках зоны планирования срочных защитных мероприятий Белорусской АЭС / В. С. Аверин, А. Г. Щуриков, Н. В. Щурикова // Радиобиология и экологическая безопасность – 2024: сб. науч. статей по материалам междунар. науч. конф. (Гомель, 30–31 мая 2024 г.) / Ин-т радиобиологии НАН Беларуси; редкол.: И. А. Чешик [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2024. – С. 18–20.

3. Аверин, В. С. Содержание некоторых тяжелых металлов в лишайниках зоны планирования срочных защитных мероприятий Белорусской АЭС / В. С. Аверин, А. Г. Щуриков, Н. В. Щурикова // Радиобиология и экологическая безопасность – 2025 : сборник научных статей по материалам международной научной конференции (Гомель, 29–30 мая 2025 г.) / Ин-т радиобиологии НАН Беларуси. – Минск : ИВЦ Минфина, 2025. – С. 11–14.

УДК 598.2:630\*228.8 (630\*176.322.6):630\*114.443

*Т. П. Чижевская, С. В. Онищук, М. О. Пасмурцев*  
Национальный парк «Припятский», Республика Беларусь

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ GIS-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ БОТАНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «ПРИПЯТСКИЙ»**

В современном меняющемся мире, в свете все более возрастающего антропогенного воздействия на окружающую нас среду, особенно важным становится сохранение в первозданном виде территорий, минимально подвергающихся изменениям со стороны различных искусственных факторов, как резерватов мест обитания аборигенной флоры и фауны. Для решения этих задач в республике Беларусь была создана сеть ООПТ – особо охраняемых природных территорий, одной из которых стал Национальный парк «Припятский», расположенный в междуречье Ствиги, Припяти и Уборти. За счет своей специфической гидрологии, рельефа и своеобразного растительного и животного мира он служит базой для проведения комплекса исследований за состоянием основных природных комплексов [1].

Согласно последним исследованиям, флора национального парка представлена 1073 видами сосудистых растений [2], 243 видами лишайников [3], 209 видами мохообразных [4], 827 видами грибов [5]. В Красную книгу республики Беларусь включены около 50 видов сосудистых растений, произрастающих на территории НП «Припятский» [6], 13 видов грибов [4, 5], 13 видов лишайников [6], 4 вида мохообразных [4, 6].

Поскольку одним из важнейших аспектов деятельности ООПТ является охрана природных комплексов и мониторинг за их состоянием, в особенности за так называемыми охраняемыми видами, то становится понятно, почему так важно использование методов точного учета при обследовании территории ООПТ и проведении научных исследований.

До недавнего времени сотрудниками научного отдела НП «Припятский» использовали в своих исследованиях навигаторы GARMIN GPSMAP 64, которые значительно облегчили ориентирование на местности в условиях неоднородного рельефа и гидрологии парка и позволяли получать географические координаты искомого объекта с последующим его посещением при возникновении такой необходимости. В настоящее время использование данного прибора стало затруднительным, поскольку отсутствует возможность покупки дополнительных карт территорий, не входящих изначально в базовую комплектацию. Загрузка собственных данных (например, квартальной сети, постоянных и временных пробных площадей или точек для мониторинга) в навигатор также проблематична. Кроме этого, на навигаторах без сенсорного дисплея неудобно вносить текстовую информацию. Поэтому нами были предприняты поиски альтернативных способов для ориентирования, сбора данных и мониторинга.

В качестве такого инструмента, из перечня существующих мобильных ГИС, нами была выбрана программа QField. Она обладает множеством несомненных достоинств: бесплатная в использовании; существуют мобильная и десктопная версии программы (QGIS), позволяющие работать с одним проектом как в кабинете, так и в полевых условиях; возможность создавать в одном проекте разные слои, посвященные разным объектам, не перегружая итоговую карту лишней информацией; легко настраиваются необходимые параметры, такие, как: цвета, символы, масштабы отображения; поддерживает загрузку различных слоёв во множестве форматов: квартальная сеть, населенные пункты, спутниковые карты; имеет возможность подключения к облаку, для отправки собранных данных и скачивания обновлений карты; программа QFIELD также способна работать без доступа к интернету. Последний аспект очень важен, поскольку на многих участках национального парка мобильная связь отсутствует.

Под разные задачи нами было создано несколько полевых карт-проектов, которые удобны для проведения исследований и позволяют записывать необходимые параметры точки, такие как название растения, дата обследования, площадь, занимаемая популяцией, состояние популяции, лесничество, квартал, выдел, тип лесорастительных условий, географические координаты, примечание. При этом многие параметры программы записывает самостоятельно в момент постановки точки. Сведения, собранные в одном месте, позволяют значительно сократить время на обработку полученных данных.

В результате обследования природных экосистем постепенно формируется карта распространения видов (одного или нескольких) на территории ООПТ, которую в перспективе можно использовать как в качестве иллюстраций для различной документации, так и в качестве интерактивного компонента для использования в экологическом туризме.

В качестве перспективного направления планируется доработка программы до уровня записи трека передвижения по обследуемой территории (по типу навигатора), а также автоматической выгрузки полученных данных из мобильной версии на общую карту GIS-портала национального парка.

С нашей точки зрения использование программы QField и других подобных программ в условиях современных научных исследований, в том числе ботанических, на территориях ООПТ выглядит весьма перспективным за счет доступности, простоты и удобства в использовании. Они значительно облегчают сбор полевого материала и позволяют упростить процесс его обработки.

## Список использованных источников

1. Попельский, С. В., Лучко А. Н. Роль Национального парка «Припятский» в сохранении и изучении природных комплексов Полесья и социально-экономическом развитии региона / С. В. Попельский, А. Н. Лучко. – Туров – Мозырь: «Белый ветер», 1999. – С. 6-10.
2. Сосудистые растения Национальном парке «Припятский» / В. И. Парфенов [и др.]. – Минск: Белорусский Дом печати, 2009. – 208 с.
3. Голубков, В. В. Лихенобиота Национального парка «Припятский» / В. В. Голубков. – Минск: Белорусский Дом Печати, 2011. – 192 с.
4. Мохообразные Национального парка «Припятский» (эволюционный аспект, таксономия, экология, география, жизненные стратегии) / Г.Ф. Рыковский [и др.]. – Минск: Белорусский Дом Печати, 2010. – 160 с.
5. Микобиота Национального парка «Припятский»: монография / О. С. Гапиенко, Д. Б. Беломесяцева, Я. А Шапорова и др.; под ред. Акад. В. И. Парфенова. – Минск: БГПУ, 2012. – 246 с.
6. Красная книга Республики Беларусь. Растения : редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / гл. редкол. : И. М. Качановский (предс.), М. Е. Никифоров, В. И. Парфенов [и др.]. – Минск: Беларус. Энцыкл. імя Петруся Броуки, 2015. – 448 с.

## ЗНАЧЕНИЕ ВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ В ПОЧВЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИКЛАДНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Почвенные водоросли и цианобактерии играют важную роль в улучшении качества почвы. Их активное участие в различных биохимических процессах способствует созданию более устойчивой и продуктивной экосистемы. На рисунке 1 представлены основные функциональные аспекты водорослей и цианобактерий в почве.



Рисунок 1 – Роль почвенных водорослей и цианобактерий в почве

Общеизвестно, что почвенные водоросли являются первичными продуцентами в почве. Они фиксируют неорганический углерод из атмосферы и превращают его в органические соединения (сахара, белки, липиды). Это первоисточник пищи для гетеротрофной микрофлоры, то есть основа почвенной пищевой сети. При этом водоросли и цианобактерии, как фотоавтотрофы, продуцируют кислород в приповерхностном слое почвы. Это аэрирует почву, создавая окислительные условия, необходимые для аэробных бактерий и корней растений, и подавляя развитие ряда анаэробных фитопатогенов [1–3].

Фиксация атмосферного азота – это прерогатива в основном гетероцистных цианобактерий (например, представителей родов *Nostoc*, *Anabaena*, *Calothrix*). Они обладают уникальной способностью превращать атмосферный азот в аммонийную форму, доступную для растений. Это бесценный вклад в плодородие почв, особенно бедных и антропогенно-нарушенных [4, 5].

Участие микроводорослей и цианобактерий в формировании защитных структур (биопленок) является механизмом выживания и, одновременно, экологической функцией. Нити цианобактерий и слизистые оболочки водорослей скрепляют почвенные частицы, формируя микроколонии и биопленки. Эти структуры защищают сами клетки от высыхания и ультрафиолета, а также создают уникальные микрониши для других микроорганизмов. Улучшение структуры почвы за счет оплетения ризоидами и склеивания слизистыми выделениями: это ключевая функция в борьбе с эрозией. Нитевидные формы буквально «прошибают»

почвенные частицы, а выделяемые ими внеклеточные полисахариды действуют как природный клей (гликокаликс). Это повышает водоустойчивость почвенных агрегатов, влагомкость и противостоит ветровой и водной эрозии [6, 7].

Водоросли в процессе жизнедеятельности (и особенно при отмирании) выделяют в почву ряд метаболитов – витамины, аминокислоты, сахара, органические кислоты и фитогормоны (ауксины, гиббереллины). Это работает как «эффект прайминга» – стимулирует рост и активность полезных почвенных бактерий и грибов, усиливая процессы разложения и минерализации.

Принимают участие фотоавтотрофные микроорганизмы почвы и в деструкции ряда вредных соединений, подавлении фитопатогенов, что обусловлено выделением водорослями и цианобактериями антибиотических веществ, лишающих фитопатогенные грибы и бактерии доступа к этому ресурсу; кислород, упомянутый выше, также подавляет анаэробных патогенов. Многие водоросли и цианобактерии способны поглощать и разлагать пестициды, нефтепродукты, фенолы, это указывает на их ремедиационную роль в почве.

Высокая функциональная активность водорослей и цианобактерий обуславливает широкие возможности их практического применения [8, 9]. Почвенные водоросли и цианобактерии могут использоваться в *рекультивации почв, предотвращают эрозию* и запускают процесс почвообразования [1, 10]; способствуют *улучшению экологического состояния почвы* в ходе разложения пестицидов до безопасных соединений [8]. Способность к выделению активных метаболитов обуславливает использование почвенных водорослей и цианобактерий в *улучшении плодородия почв* [2, 4]; с помощью микроводорослей и цианобактерий можно осуществлять *биомониторинг и биоиндикацию почвы* [9]. Актуальным направлением является и скрининг альгоцианобактериальной флоры почв с целью поиска *биотехнологически перспективных микроводорослей и цианобактерий* (производство биопластика, биотоплива, лекарств, биоудобрений и биостимуляторов роста растений) [11].

### Список использованных источников

1. Биотехнологический потенциал почвенных цианобактерий (обзор) / С. В. Дидович [и др.] // Вопросы современной альгологии. – 2017. – № 2 (14). URL : <http://algology.ru/1170>. – Дата доступа: 15.05.2025.
2. Лукьянов, В. А. Прикладные аспекты применения микроводорослей в агроценозе / В. А. Лукьянов, А. И. Стифеев. – Курск: КГСХА, 2014. – 181 с.
3. Штина, Э. А. Экология почвенных водорослей / Э. А. Штина, М. М. Голлербах // М.: Наука. – 1976. – 143 с.
4. Одноклеточные водоросли как возобновляемый биологический ресурс: обзор / Минюк Г.С. [и др.] // Морской экологический журнал. – 2008. – № 7. – С. 5–23.
5. Андреюк, Е. И. Цианобактерии / Е. И. Андреюк, Ж. П. Коптева, В. В. Занина. – Киев: Ин-т микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного, 1990. – 199 с.
6. Sharma, R. Role of algae and cyanobacteria insustainable agriculture system / R. Sharma [et al.] // Wudpecker J. Agric. Res. – 2012. – Vol. 1, No. 9. – P. 381–388.
7. Singh, H. Cyanobacteria and agricultural crops / H. Singh, J. Singh Khattar, A. Singh Ahluwalia // International Journal of Plant Research. – 2014. – Vol. 27, issue 1. – P. 37–44.
8. Кузяхметов, Г. Г. Деструкция пестицидов цианобактериями и водорослями / Г. Г. Кузяхметов, В. В. Дубинина // Успехи современной биологии. – 2009. – Т. 129, № 2. – С. 189–198.
9. Михеева, Т. М. Перспективы использования культивируемых и планктонных микроскопических водорослей / Т. М. Михеева // Наука и инновации. – 2018. – № 2 (180). – С. 15–19.
10. Создание биоактивного комплекса для рекультивации техногенных пустынь / Р. Р. Кабиров [и др.] // Advances in current natural sciences. – 2011. – № 5. – С. 106–107.
11. Осипов, А. А. Поиск штаммов микроводорослей – продуцентов липидов для биоэнергетики / А. А. Осипов, В. А. Бараповская, О. Н. Владимирова // Прикладная биохимия и микробиология. – 2021. – Т. 57. № 4. – С. 367–376.

*O. A. Шуранкова<sup>1</sup>, A. H. Никитин<sup>2</sup>,*

*C. A. Калиниченко<sup>1</sup>, D. B. Сухарева<sup>3</sup>, C. A. Тагай<sup>1</sup>, P. H. Короткевич<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Полесский государственный радиационно-экологический заповедник, Республика Беларусь,*

<sup>2</sup>*Институт микробиологии НАН Беларусь, Республика Беларусь,*

<sup>3</sup>*Институт радиобиологии НАН Беларусь, Республика Беларусь*

## СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ $^{137}\text{Cs}$ В ДРЕВЕСИНЕ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПГРЭЗ РЕСПУБЛИКАНСКИМ ДОПУСТИМЫМ УРОВНЯМ

Радиоактивное загрязнение лесных экосистем, в частности, содержание  $^{137}\text{Cs}$ , остаётся одной из актуальных экологических проблем в зонах радиационных аварий и загрязнений. Сосновые насаждения традиционно рассматриваются как индикаторы состояния радиационной обстановки, поскольку накопление  $^{137}\text{Cs}$  в древесине может влиять на экологическую безопасность и ограничивать использование древесных ресурсов. Соответствие древесины лесных насаждений, произрастающих на заповедной территории ПГРЭЗ республиканским допустимым уровням оценивали по РДУ/ЛХ-2001, где нормируемые величины для  $^{137}\text{Cs}$  в лесоматериалах круглых для строительства стен жилых зданий и топливо древесное составляет 740 Бк/кг, а в лесоматериалах круглых прочих – 1480 Бк/кг [1]. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в неокоренной древесине оценивали с учетом вклада древесины (94,6 %) и коры (5,4 %) в общую массу неокоренного образца [2]. В таблице 1 показано соответствие республиканским допустимым уровням содержания  $^{137}\text{Cs}$  в древесине сосновых насаждений.

Таблица 1 – Соответствие республиканским допустимым уровням РДУ/ЛХ-2001 содержания  $^{137}\text{Cs}$  в древесине сосны обыкновенной, Бк/кг

Лесничество	Древесина окоренная			Древесина неокоренная		
	$A_y \ ^{137}\text{Cs}$	Соответствие нормативу		$A_y \ ^{137}\text{Cs}$	Соответствие нормативу	
		740	1480		740	1480
1	2	3	4	5	6	7
<b>Сосняк мшистый</b>						
Оревичское	1018,4	–	+			
Бабчинское	2564,4	–	–			
Оревичское	1338,7	–	+			
Радинское	3021,0	–	–			
Радинское	3339,2	–	–	3704,5	–	–
Радинское	1690,2	–	–	2196,9	–	–
Радинское	762,88	–	+	1257,4	–	+
Оревичское	3963,8	–	–	4454,1	–	–
Бабчинское	3319,4	–	–	3820,9	–	–
Радинское	7301,8	–	–	7197,1	–	–
Радинское	2009,5	–	–	2687,0	–	–
Радинское	8039,1	–	–	9512,0	–	–
Радинское	3126,6	–	–	3731,1	–	–
Радинское	4598,7	–	–	5630,4	–	–
Дерновичское	646,1	+	+	788,4	–	+
Радинское	1032,1	–	+	1551,7	–	–

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
Радинское	3387,8	—	—	4216,3	—	—
Радинское	3215,0	—	—	4592,2	—	—
Дерновичское	226,8	+	+	297,8	+	+
Бабчинское	2672,7	—	—	3010,7	—	—
Оревичское	1688,2	—	—	2364,7	—	—
<b>Сосняк лишайниковый</b>						
Партизанское	2687,7	—	—	2969,6	—	—
<b>Сосняк черничный</b>						
Бабчинское	792,3	—	+	982,0	—	+
Радинское	8634,5	—	—	11422,2	—	—
Оревичское	1032,8	—	+	1272,6	—	+
Оревичское	878,4	—	+	1056,7	—	+
<b>Сосняк вересковый</b>						
Радинское	1319,7	—	—	1563,5	—	—
Дерновичское	140,6	+	+	248,6	+	+
Бабчинское	1636,78	—	—	2184,9	—	—

Примечание: (+) оценка соответствия, (–) оценка несоответствия РДУ/ЛХ-2001

Максимальные значения превышения республиканских допустимых уровней содержания  $^{137}\text{Cs}$  в окоренной древесине сосны отмечены в сосновке черничном и мшистом Радинского лесничества и составили для лесоматериалов круглых для строительства стен жилых зданий, топлива древесного на 1010 % и 932 %, а для лесоматериалов круглых прочих – на 455 % и 416 % соответственно. Превышение республиканских допустимых уровней содержания  $^{137}\text{Cs}$  в окоренной древесине сосны для лесоматериалов круглых для строительства стен жилых зданий, топлива древесного отмечены на 86 % обследованных временных пробных площадках, для лесоматериалов круглых прочих – на 62 % обследованных временных пробных площадках. Для неокоренной древесины сосны превышение республиканских допустимых уровней на содержание  $^{137}\text{Cs}$  для лесоматериалов круглых для строительства стен жилых зданий, топлива древесного отмечено на 92 % временных пробных площадях, для лесоматериалов круглых – на 72 % пробных площадях.

Уровни плотности загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  в местах отбора проб древесины колебались в пределах от 269,2 до 3768,1 кБк/м<sup>2</sup>. Достоверно корреляционную связь между плотностью загрязнения участков произрастания сосновых насаждений и процентом превышения республиканских допустимых уровней древесины сосны установить не удалось. В результате моделирования на участках с плотностью загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  от 195,2 кБк/м<sup>2</sup> существует риск превышения республиканских допустимых уровней как для лесоматериалов круглых для строительства стен жилых зданий, а также топлива древесного, так и для лесоматериалов круглых прочих.

В заключение необходимо отметить, что на заповедной территории ПГРЭЗ содержание  $^{137}\text{Cs}$  в древесине сосновых насаждений часто превышает установленные республиканские допустимые уровни, особенно в окоренной древесине. На большинстве обследованных площадок выявлены превышения нормативов как для лесоматериалов, предназначенных для строительства жилых зданий и топлива, так и для прочих круглых лесоматериалов. При этом чёткой корреляционной зависимости между плотностью загрязнения почвы и уровнем превышений в древесине не установлено, однако моделирование указывает на высокий риск превышения республиканских допустимых уровней на участках с плотностью загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  от 195,2 кБк/м<sup>2</sup>.

## **Список использованных источников**

1. Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 в древесине, продукции из древесины и древесных материалов и прочей непищевой продукции лесного хозяйства (РДУ/ЛХ-2001): гигиенические нормативы ГН 2.6.1.10-1-01-2001 // Нац. Реестр правовых активов Респ. Беларусь. – 2001. – № 20. – 8/4937. – 7с.
2. Переволоцкий, А. Н. Распределение  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в лесных биоценозах / А. Н. Переволоцкий. – Гомель: Ин-т радиологии, 2006. – 255 с.

**ЖИВОТНЫЙ МИР ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ.  
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ БИОТЕХНОЛОГИИ,  
ГЕНЕТИКИ И ФИЗИОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ**

УДК 595.789:581.526.452(476.2-21Гомель)

**T. B. Азячикова**

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

**К ИЗУЧЕНИЮ ДНЕВНЫХ БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ  
ИЗ СЕМЕЙСТВ NYMPHALIDAE, PIERIDAE, SATYRIDAE ЛУГОВЫХ СООБЩЕСТВ  
ЮЖНОЙ ОКРАИНЫ ГОРОДА ГОМЕЛЯ**

Булавоусые чешуекрылые являются неотъемлемым компонентом наземных экосистем, как естественных (луга, леса), так и антропогенных (сельскохозяйственные угодья, селитебные территории). Изучение булавоусых чешуекрылых несомненно актуально и в XXI веке. Это непосредственно связано с тем, что бабочки крайне чувствительны к малейшим изменениям в экосистеме: загрязнению воздуха и воды, пестицидам, изменению температуры, фрагментации ландшафтов (например, из-за строительства дорог). Кроме того, их короткий жизненный цикл позволяет ученым быстро отслеживать реакцию популяций на антропогенное воздействие или, наоборот, на меры по восстановлению природы. Также по состоянию популяций бабочек можно судить о здоровье всей экосистемы в целом, а исчезновение видов-специалистов (зависящих от одного конкретного растения) сигнализирует о серьезных проблемах. В связи с этим целью нашего исследования было определение видовой структуры ассоциаций булавоусых чешуекрылых из наиболее часто встречающихся в условиях Беларуси семейств: многоцветниц, белянок и бархатниц, обитавших на южной окраине г. Гомеля.

Исследования проводились на трех стационарах: стационар 1: суходольный луг вблизи дачного поселка в окрестностях учебно-научной базы «Ченки» ГГУ им. Ф. Скорины; стационар 2: естественный суходольный луг; стационар 3: сельскохозяйственное поле в 150 м от реки Сож, граничащее со смешанным лесом.

Сбор чешуекрылых проводился при помощи энтомологического сачка методом кошения поверху луговой растительности. Первичная база, включающая в себя данные о таксономической принадлежности, распространении, кормовой специализации и численности составлялась с использованием «Open Office Calc 25.0». Для анализа распределений, средних, ошибок и верификации гипотез об их различиях и связях, расчета показателей  $\alpha$ -разнообразия в сообществах был использован программный пакет «PAST ver. 5.0» [1].

В результате проведенных исследований на трех стационарах было учтено 249 экземпляров булавоусых чешуекрылых из 3 семейств, относящихся к 19 видам и 13 родам (таблица 1). Наибольшее видовое богатство было выявлено на суходольном лугу, несколько меньшее – на суходольном лугу около дач, а наименьшее количество видов было отмечено на сельскохозяйственном поле, что вполне очевидно, так как монокультура агроценоза резко сокращает кормовую базу и, следовательно, разнообразие. В то же время значимой разницы ни по видовому богатству, ни по численности между исследованными стационарами выявлено не было, что может свидетельствовать об общих схожих условиях обитания чешуекрылых. Следует отметить тот факт, что только на суходольном лугу, не подверженном антропогенной трансформации или рекреационной нагрузке встречается ряд видов, которые не были зафиксированы на остальных исследованных участках. В дальнейшем это подтверждено значениями коэффициента видового сходства Жаккара, на основе которого был проведен дендрограммный кластерный анализ, показавший, что наибольшее сходство характерно для антропогенно нарушенных сообществ.

Таблица 1 – Видовой состав и относительное обилие булавоусых чешуекрылых исследованных территорий

Семейство и вид	Стационар 1	Стационар 2	Стационар 3
NYMPHALIDAE (LEACH, 1815)	62,0	72,0	30,9
<i>Aglaia io</i> (Linnaeus, 1758)	14,1	30,2	0
<i>Apatura iris</i> (Linnaeus, 1758)	12,0	0	11,3
<i>Argynnис aglaija</i> (Linnaeus, 1758)	0	5,8	0
<i>Argynnис niobe</i> Linnaeus, 1758	0	3,5	0
<i>Argynnис paphia</i> (Linnaeus, 1758)	0	5,8	0
<i>Clossiana titania</i> Esper, 1793	0	2,3	0
<i>Melanargia galathea</i> Linnaeus, 1758	7,6	4,7	7,0
<i>Nymphalis polychloros</i> (Linnaeus, 1758)	6,5	0	7,0
<i>Polygonia c-album</i> (Linnaeus, 1758)	2,2	2,3	5,6
<i>Vanessa atalanta</i> (Linnaeus, 1758)	10,9	10,4	0
<i>Vanessa cardui</i> (Linnaeus, 1758)	8,7	7,0	0
PIERIDAE (DUPONCHEL, 1835)	20,6	21,0	48,0
<i>Gonepteryx rhamni</i> (Linnaeus, 1758)	7,6	0	18,3
<i>Pieris brassicae</i> Linnaeus, 1758	13,0	4,7	29,7
<i>Pieris napi</i> (Linnaeus, 1758)	0	7,0	0
<i>Pieris rapae</i> Linnaeus, 1758	0	9,3	0
SATYRIDAE (BOISDUVAL, 1833)	17,4	7,0	21,1
<i>Aphantopus hyperantus</i> (Linnaeus, 1758)	6,5	4,7	8,5
<i>Maniola jurtina</i> (Linnaeus, 1758)	3,3	2,3	5,6
<i>Pararge aegeria</i> (Linnaeus, 1758)	7,6	0	7,0
Всего экземпляров	92	86	71
Всего видов	12	14	9
Информационное разнообразие Шеннона, $H'$	2,448	2,404	2,067
Концентрация доминирования Симпсона, $D$	0,088	0,127	0,150
Видовое богатство по Маргалефу, $Mg$	2,433	2,918	1,877
Выравненность по Пиелу, $e$	0,964	0,791	0,878

При оценке параметров разнообразия установлено, что информационное разнообразие видов достоверно отличается как между суходольным лугом и сельскохозяйственным полем ( $t = 2,57$ ;  $p = 0,011$ ), так и между суходольным лугом у дач и агроценозом ( $t = 4,04$ ;  $p = 0,000$ ), несмотря на тот факт, что эти территории были подвержены антропогенному прессу, но видимо рекреационная нагрузка осуществляет более мягкое воздействие на кормовые растения чешуекрылых. Также необходимо сказать о достоверных различиях в показателе видового богатства по Маргалефу ( $p = 0,001$ ) между стационарами, что может говорить о своеобразии видового распределения и численности булавоусых чешуекрылых исследованных семейств в различных луговых сообществах южной окраины города Гомеля.

Таким образом, несмотря на достаточно сходные условия обитания, антропогенное влияние, которое выражалось как в рекреационной нагрузке, так и сильно трансформированном воздействии (сельскохозяйственная деятельность), может изменять видовой состав и параметры разнообразия сообществ булавоусых чешуекрылых южной окраины Гомеля.

#### Список использованных источников

1. Hammer, O. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis / O. Hammer, D.A.T. Harper, P.D. Ryan // Palaeontologia Electronica. – № 4(1), 2001. – P. 1–9.

Ю. И. Вегеро

Науч. рук.: А. В. Гулаков, канд. биол. наук, доцент

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь

## ВИДОВОЙ СОСТАВ И ТРОФИЧЕСКИЕ СВЯЗИ ШМЕЛЕЙ ГОМЕЛЬСКОГО РЕГИОНА

В ходе изучения фауны шмелей Гомельского региона было обнаружено, что на исследуемых участках зафиксировано восемь видов шмелей рода *Bombus*: *B. terrestris*, *B. muscorum*, *B. soroensis*, *B. hortorum*, *B. lucorum*, *B. schrencki*, *B. hypnorum*. При характеристике кормовой базы шмелей на исследованных биотопах, было отмечено, что в естественных экосистемах шмели отдают предпочтение растениям из семейства *Fabaceae*, особенно клеверу, тогда как в урбанизированных условиях они чаще взаимодействуют с растениями *Asteraceae*. Длиннохоботковые шмели, такие как *B. proscorum* и *B. hortorum*, опыляют цветки с разной длиной венчика. В то же время короткохоботковый шмель *B. terrestris* предпочитает растения с цветками меньшей длины венчика [1, с. 53]. В результате проведенных нами исследований выяснилось, что наибольшим видовым богатством, среди изученных, отличался биотоп «сельскохозяйственное угодье». Цель работы – изучение видового состава шмелей и определение трофических связей на территории Гомельского региона.

Незначительный рост видового богатства можно, объяснить изменением условий обитания, связанными с постоянным воздействием человека (уплотнение почв, уменьшение процентивного покрытия растительности, увеличение площадей, покрытых песком) [2, с. 147].

За время исследований выяснилось, что наибольшим превосходством как в численном, так и в видовом отношении, отличался земляной шмель (*B. terrestris*), относительное обилие которого на часто посещаемом стационаре составило – 56,25 % от всех зафиксированных особей, а на редко посещаемом – 18,33 %. По нашему мнению, это может быть обусловлено большим количеством цветущих растений [3, с. 85].

При оценке доминирования в исследованных сообществах было выявлено, что абсолютным доминантным видом на редко посещаемых участках являлся *B. terrestris* относительное обилие которого составило 45 %.

На исследуемой территории можно составить диаграмму, отражающую наиболее часто посещаемые шмелями растения: зонник клубневой, пустырник татарский, клевер луговой, горошек приятный, горошек мышиный, клевер гибридный, черноголовка обыкновенная, лабазник вязолистный, пижма обыкновенная, чертополох курчавый, чина луговая, бодяк обыкновенный, эспарцет песчаный, клевер ползучий, верonica беловойлочная, живокость высокая и очиток гибридный (рисунок 1).



Рисунок 1 – Соотношение растений различных семейств в трофическом спектре шмелей [5]

На основании этой диаграммы можно увидеть наибольшее предпочтение шмелей относительно растений из разных семейств. Согласно описанной выше схеме были проанализированы 6 биотопов. Результаты представлены ниже на рисунках.

Минимальное количество посещений шмелями зафиксировано для растений из семейства яснотковые (*Lamiaceae*), составив всего 9 % (рисунок 2).

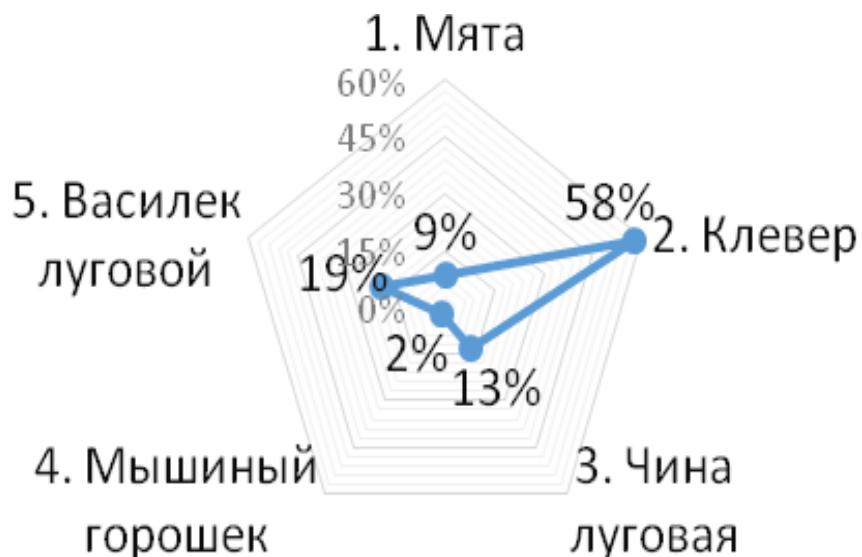


Рисунок 2 – Кормовые объекты шмелей на суходольном лугу

Наибольшее число посещений пришлось на представителей семейства бобовые (*Fabaceae*) – 70 %, причем растения данного семейства посещали все изучаемые виды шмелей [4, с. 5].

Наибольшее количество посещений было зафиксировано для растений семейства сложноцветные (*Asteraceae*), составивших 40 %, в то время как наименьшее число посещений отмечено для представителей семейства лютиковые (*Ranunculaceae*) и губоцветные (*Labiatae*), составив всего 3,8 % (рисунок 3).

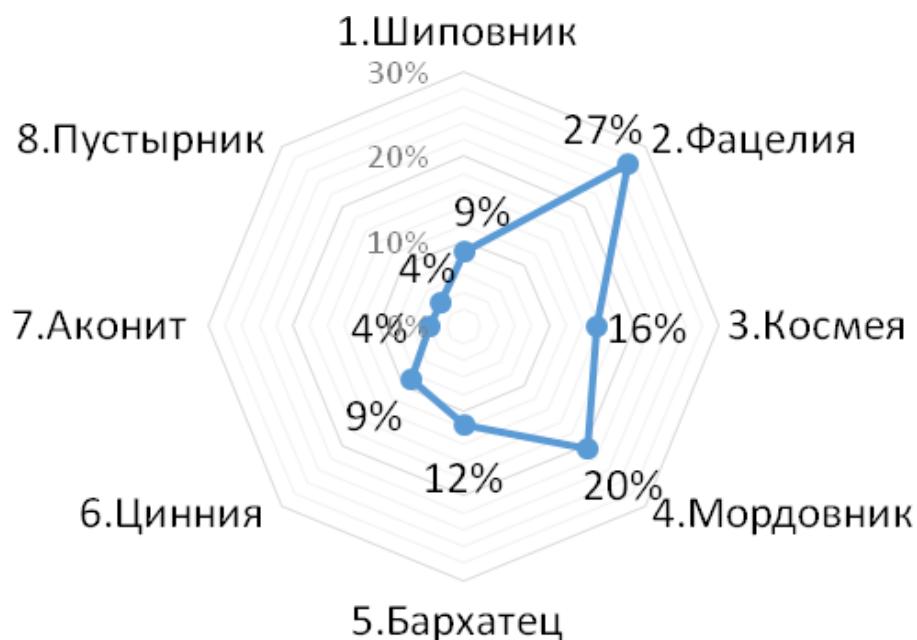


Рисунок 3 – Кормовые объекты шмелей на рапсовом поле

Определяя их кормовую базу, следует отметить, что шмели посещали такие растения, как шиповник, фацелия, космея, мордовник, бархатец, цинния, аконит и пустырник [6, с. 2].

Наибольшее количество посещений было зарегистрировано у растений из семейства сложноцветные (*Asteraceae*) – 40 %, в то время как наименьшее – у представителей семейств лилейные (*Liliaceae*) и подорожниковые (*Plantaginaceae*), составивших всего 3,8 %.

Для более полной характеристики кормовой базы шмелей, необходимо отметить, что они посещали такие растения, как георгина, космея, верonica длиннолистная, лилия и энотера желтая (рисунок 4).

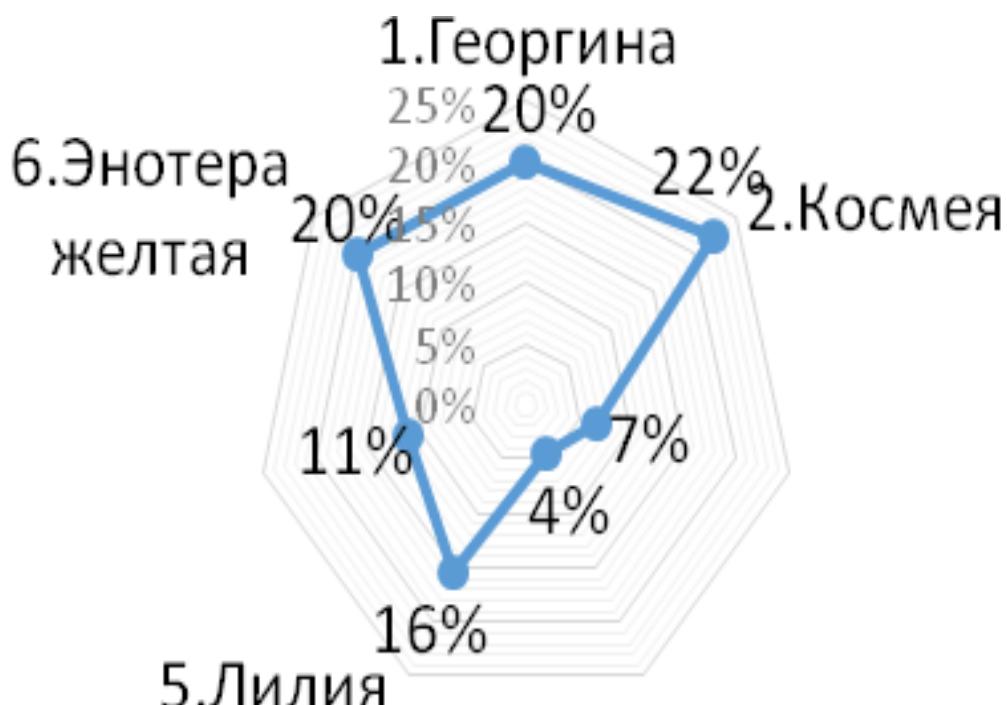


Рисунок 4 – Кормовые объекты шмелей на пойменном лугу

#### Список использованных источников

1. Акимушкин, И. И. Мир животных. Насекомые. Пауки. Домашние животные / И. И. Акимушкин. – М.: Мысль, 1993. – 625 с.
2. Захваткин, Ю. А. Курс общей энтомологии: учебник / Ю. А. Захваткин. – М.: ЛИБРОКОМ, 2014. – 368 с.
3. Штейнберг, Д. М. Сем. Сколии (Scoliidae). Фауна СССР. Насекомые: Перепончатокрылые / Д. М. Штейнберг. – М.: АН СССР, 1962. – Т.13. – 185 с.
4. Фасулати, К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных / К. К. Фасулати. – М.: Высшая школа, 1961. – 304 с.
5. Рисунок соотношение растений различных семейств в трофическом спектре шмелей [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <https://secret-guns.ru/klimaticheskie-osobennosti-kakoi-klimat-harakteren-dlya-rossii.html>. – Дата доступа: 25.04.2023.
6. Вегеро, Ю. И. Видовой состав и трофические связи шмелей Гомельского региона / Ю. И. Вегеро // XXVII Республиканская научно-практическая конференция молодых ученых, Брест, 14 мая 2025 г. : электрон. сб. материалов / М-во образования Респ. Беларусь, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. М. А. Богдасарова. – Брест : БрГУ, 2025. – 357 с. – Режим доступа:<http://rep.brsu.by/handle/123456789/>. – ISBN 978-985-22-0890-1.

**М. М. Воробьёва<sup>1</sup>, А. С. Попок<sup>2</sup>**

*Полесский государственный университет, Республика Беларусь,  
Пинский государственный автомеханический колледж, Республика Беларусь*

## **РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ТЛЕЙ *APHIS POMI* DE GEER, 1773 К ИНСЕКТИЦИДАМ И ОЦЕНКА ПРЕДСТАВЛЕННОСТИ В GENBANK ЦИТОХРОМОВ Р450**

Усовершенствование систем защиты от вредителей возделываемых плодово-ягодных культур – одна из важнейших проблем нашего государства. Особый интерес представляют вредители, обладающие экологической пластичностью, способные к массовым размножениям, а также активным территориальным экспансиям [1, с. 1485]. Среди насекомых огромный интерес представляют настоящие тли из числа вредителей яблонь на территории Республики Беларусь.

Согласно литературным данным, основная группа мероприятий, направленных на защиту и сохранение яблонь, – применение химических инсектицидов с различными действующими веществами. В последние годы в литературе появились сведения о формировании резистентности тлей к инсектицидам из классов фосфорорганических соединений, карбаматов, пиретроидов, нереистоксинов и неоникотиноидов, а также о вытеснении неустойчивых форм устойчивыми [2, с. 15].

Резистентность насекомых может обеспечиваться несколькими способами: мутациями в генах, кодирующих молекулы, на которые направлено действие инсектицидов; изменением белков системы детоксикации (CYP450, карбоксил-эстеразы и глутатион-трансферазы), изменением экспрессии индивидуальных генов, кодирующих белки системы детоксикации; увеличением количества копий генов системы детоксикации в геноме, тем не менее до сих пор непонятно, какие механизмы обеспечивают устойчивость тлей, в том числе *Aphis pomi*, к действующим веществам инсектицидов.

Учитывая представленную выше информацию, практический интерес представляет оценка устойчивости тлей к химическим инсектицидам, а также изучение генов системы дезоксидации в геноме у этих насекомых. В рамках настоящего исследования мы провели серию экспериментов по изучению устойчивости *Aphis pomi* к инсектицидам из класса неоникотиноиды, а также проанализировали наличие генов системы дезоксидации в GenBank с учетом информации, представленной в литературных источниках.

Для оценки устойчивости к имидаклоприду использовали клонов тлей *Aphis pomi*, собранных с яблонь на территории города Пинска. Тлей аккуратно с помощью кисточки снимали с растения и помещали в пробирки типа «Эплендорф». В биотестах использовали имаго, помещая их на листовые пластинки яблони в чашки Петри, предварительно обработав растения раствором инсектицида «Биотлин». Учет численности выживших и погибших тлей проводили через 1 ч., 3 ч., 6 ч. и 20 ч при значениях показателей ЛК<sub>50</sub> и ЛК<sub>90</sub>.

В процессе эксперимента установлено, что выживаемость тлей *Aphis pomi* зависит от времени контакта с инсектицидом и летальной концентрации.

Оценка уровня устойчивости тлей *Aphis pomi* к препаралту из группы неоникотиноидов показала, что в контрольной группе выживаемость тлей была значительно выше, чем в экспериментальных группах. Необходимо отметить, что выживаемость была минимальной после 6 ч эксперимента, а максимальной – после 1 ч эксперимента. Графики выживаемости имаго тлей *Aphis pomi* за 20 ч эксперимента представлены на рисунке 1.

Наши эксперименты показали, что *Aphis pomi*, питающиеся на яблонях, демонстрируют высокий уровень устойчивости к препаралту «Биотлин» (действующие вещество: имидаклоприд), что необходимо учитывать при обработке яблонь данным инсектицидом.

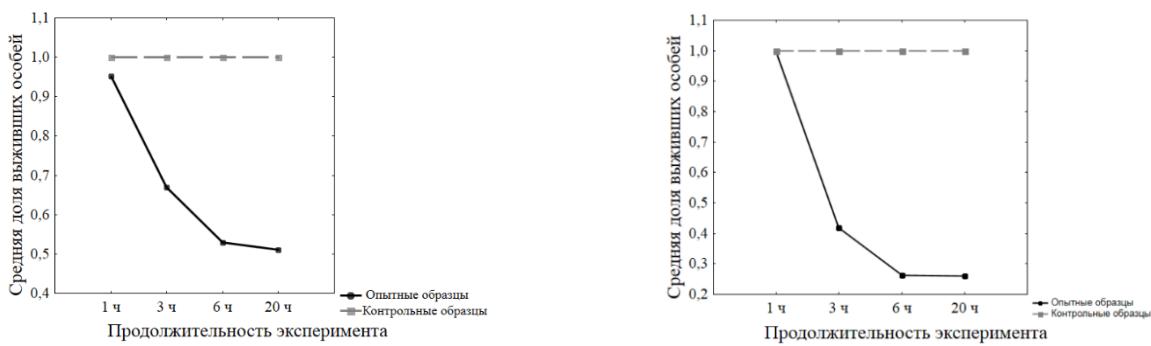


Рисунок 1 – Изменение средней доли выживших особей *Aphis pomi*  
в течение эксперимента при воздействии имидаклоприда  
при значениях ЛК<sub>50</sub> (слева) и ЛК<sub>90</sub> (справа)

Система детоксикации тлей представлена многими семействами ферментов, основным из которых является суперсемейство цитохромов P450. Как известно, они обуславливают устойчивость фитофагов к ксенобиотикам за счет широкой субстратной специфичности и амплификации генов данного семейства. В рамках настоящего исследования, мы решили оценить представленность цитохромов P450 в GenBank для того, чтобы изучить вариабельность данного суперсемейства. Установлено, что в GenBank, на сегодняшний день, расшифрована последовательность только для семейства CYP6 CY14 (рисунок 2).

Рисунок 2 – Информация о последовательности семейства CYP6 CY14 тлей *Aphis pomi*, находящаяся в открытом доступе в GenBank [код доступа: MH717248.1]

На сегодняшний день в GenBank депонирована только одна последовательность CYP6CY14, в связи с чем не предоставляется возможности оценить вариантность данного семейства для тлей *Aphis pomi*.

## **Список использованных источников**

1. Herrera, S. L. Ecological intensification for biocontrol of aphids requires severing myrmecophily / S. L. Herrera, Z. Badra, M. F. Hansen // J. Pest. Sci. – 2025. – Vol. 98. – P. 1485–1496.
  2. Иванова, Г. П. Скорость формирования резистентности и ее реверсии в популяциях вредителей тепличных культур / Г. П. Иванова, В. С. Великань, В. Г. Корнилов, Н. Л. Маммаева // Вестник защиты растений. – 2002. – № 1. – С. 15–21.

**Н. Г. Галиновский, Д. В. Потапов,  
В. С. Аверин, О. М. Демиденко**

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

## **БАНК ДАННЫХ РЕГИОНАЛЬНОГО РЕЕСТРА ВИДОВ ЖИВОТНЫХ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ УЩЕРБА ЖИВОТНОМУ МИРУ**

При проведении анализа разнообразного воздействия антропогенной среды на животный мир и оценки степени его деградации очень важно наличие региональных баз или банков данных [1], которые позволяют более точно смоделировать возможные последствия и спрогнозировать степень наносимого урона животному миру различных территорий. Для создания баз данных используются различные инструменты и специфические СУБД. Так, для простейших банков данных могут использоваться обычные рабочие книги электронных таблиц. Для создания более сложных реляционных баз данных, где поля связаны между собой, чаще всего используют специальные СУБД. Это могут быть как программы из распространенных офисных пакетов (например, Microsoft Access), так и специально написанные под те или иные задачи серверные, реляционные и многопользовательские базы данных на основе MySQL с вводом данных через Интернет и написанном на языке PHP веб-интерфейсом.

Если рассматривать спектр подобных баз данных, то их можно условно сгруппировать в несколько кластеров:

1. Списки видов в табличной форме. Чаще всего в виде электронных таблиц, выполненных в виде рабочих книг Excel и связанных между собой [2]. Обычно в полях таблиц указывается название вида, их встречаемость в различных биоценозах, может также указываться и географическая привязка.

2. Таксономические базы данных. Подобные базы данных могут быть реализованы как в виде простых связанных электронных таблиц, так и при помощи специальных систем управления базами данных (СУБД). Подобные базы данных обычно реализуются в зоологических музеях университетов мира [3, 4].

3. Кадастры. Базы данных подобного рода разрабатываются с учетом государственных программ по учёту и сохранению биологического разнообразия [5] и чаще всего реализуются на основе СУБД.

4. Картографические базы данных с использованием геоинформационных систем (ГИС). Такие базы данных составляются с использованием специальных программ (например, ArcGIS), реализующих идеи геоинформационных систем, объединяющих в своей основе интерактивную карту, с нанесенными на нее сведениями об особенностях животного мира тех или иных регионов [6].

Банк данных регионального реестра объектов животного мира Гомельской области представляет собой программный продукт, который преследует несколько целей: учёт регионального реестра видов животных, подвергающихся техногенному воздействию; актуализация информации Государственного кадастра животного мира в области животных, не имеющих промыслового значения, но в свою очередь испытывающих сильное антропогенное воздействие; практическое использование данных реестра для расчета компенсационных выплат ущерба животному миру для проектных организаций, ведущих разработку планов строительства объектов в различных экосистемах; оценка масштаба возможного ущерба, на основе которой с использованием разработанной балльной шкалы будут выдаваться конкретные рекомендации по минимизации ущерба при проведении работ.

Банк данных регионального реестра объектов животного мира Гомельской области содержит две взаимосвязанных подсистемы (подготовительную и практическую).

Подготовительная подсистема состоит из 4 блоков:

– *таксономический блок* (содержит списки видов животных, обнаруженных при полевых исследованиях на объектах строительства и испытывающих непосредственное техногенное воздействие), который может использоваться и как дополнение к Государственному кадастру животного мира, и для проведения экологических и природоохранных мероприятий, и для расчёта компенсационных выплат, и для формирования рекомендаций по минимизации ущерба;

– *географический блок* (содержит информацию по географической привязке обнаруженных видов животных);

– *кадастровый блок* (содержит информацию по кадастровым типам земель, на которых проводится строительство промышленных или жилых объектов), который будет использоваться для расчёта компенсационных выплат и для формирования рекомендаций по минимизации ущерба;

– *экологический блок* (содержит информацию по численности и другим экологическим параметрам выявленных видов животных в условиях техногенного воздействия), который может использоваться и как дополнение к Государственному кадастру животного мира, и для проведения экологических и природоохранных мероприятий, и для расчёта компенсационных выплат, и для формирования рекомендаций по минимизации ущерба.

Практическая подсистема состоит из 3 блоков:

– *расчёт ущерба животному миру* (в блоке проводится процедура расчёта ущерба животному миру в базовых величинах по конкретным объектам строительства, на основании данных, полученных из подготовительной подсистемы);

– *определение масштаба ущерба* (на основании объема выплат и согласно разработанной балльной шкалы);

– *рекомендации и мероприятия по минимизации ущерба животному миру* (формирование конкретных рекомендаций на основании размера ущерба, видового состава животных, условий обитания).

Таким образом представленный реестр позволит как определить масштаб ущерба, так и рассчитать необходимые компенсационные выплаты за него, а также рекомендовать необходимые меры по его минимизации.

## Список использованных источников

1. Дудина, У. В. Обоснование разработки кадастра ресурсов животного мира Хабаровского края / У. В. Дудина // Власть и управление на Востоке России. – 2014. – № 3(68). – С. 85–90.
2. Шамшиев, Б. Н. Создание базы данных по породному и видовому составу биоразнообразия дашманского государственного заповедника / Б.Н. Шамшиев [и др.] // Известия ОшТУ. – 2016. – № 1. – С. 84–88.
3. Константинов, Ф. В. Таксономические ревизии и коллекционные базы данных в эпоху интернета: опыт работы с богатой видами группой насекомых / Ф. В. Константинов, А. А. Намягова // Энтомологическое обозрение. – 98, 2. – 2019. – С. 371–397.
4. Schuh, R. T. Integrating specimen databases and revisionary systematics / R. T. Schuh // ZooKeys. – 2012. – № 209. – Р. 255–267.
5. Глушцов, А. А. Использование ГИС и баз данных при ведении кадастра животного мира Республики Беларусь / А. А. Глушцов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 5(1) – С. 588–591.
6. Бажукова, Н. В. Применение ГИС-технологий в зоогеографическом картографировании (на примере Пермского края и города Перми) ИнтерКарто / Н. В. Бажукова, Е. А. Афонина, К. А. Шишлянников // ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. – М: Географический факультет МГУ, 2021. – Т. 27. – Ч. 3. – С. 409–424.

*Н. Г. Галиновский, Д. В. Потапов  
Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

## **СТРУКТУРА БЕСПОЗВОНОЧНЫХ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЯХ, СОПРЯЖЕННЫХ С ПЛОЩАДКАМИ ДОБЫЧИ НЕФТИ**

Добыча нефти в Республике Беларусь является одним из немаловажных факторов экономической стабильности и развития народного хозяйства. В то же время известным фактом являются негативные последствия нефтедобычи, особенно связанные с загрязнением окружающей среды нефтепродуктами. Многолетняя антропогенная трансформация естественных местообитаний, которая сопровождает строительство и обустройство скважин, требует дополнительного изучения. Особенный интерес вызывают те местообитания, которые уже были преобразованы человеком в ходе сельскохозяйственной деятельности и несут дополнительную нагрузку от нефтедобычи.

В связи с этим целью нашего исследования было предварительное изучение характера структуры ассамблей беспозвоночных, которые обитают на сельскохозяйственных полях, примыкающих к местам нефтеразработок.

Исследования проводились на трех стационарах Речицкого нефтяного месторождения (Республика Беларусь): стационар 1: скважина № 52 Речицкого нефтяного месторождения (расположена посреди сельскохозяйственного поля, засеянного кукурузой); стационар 2: скважина № 53 Речицкого нефтяного месторождения (расположена в условиях сельскохозяйственного поля с буферной зоной в виде древесно-кустарниковых зарослей); стационар 3: контроль (представлен сельскохозяйственным полем, граничащим с лесной зоной).

Сбор беспозвоночных проводился при помощи почвенных ловушек (полистироловые стаканы, объёмом 0,5 л, на одну треть заполненные фиксатором – формалином), которые выставлялись из расчета 20 штук на один стационар в 4-х кратной повторности. Первичная база беспозвоночных и позвоночных животных, включающая в себя данные о таксономической принадлежности, распространении, биопреферендуме, гигропреферендуме, пищевой специализации и численности составлялась с использованием «Open Office Calc 25.0».

Для анализа распределений, средних, ошибок и верификации гипотез об их различиях и связях использовался пакет «RStudio». Показатели α-разнообразия в сообществах были рассчитаны с использованием программного пакета «BioDiversity Pro ver. 2.0». Расчет индекса разнообразия Шеннона, моделей распределения проводился с использованием натурального основания логарифма. Доминирование в сообществах определялось по шкале Ренконена [1].

В результате проведенных исследований на трех стационарах было собрано 6431 экземпляра беспозвоночных животных из 4 крупных таксонов уровня класса (открыточелюстные насекомые, паукообразные) и надклассов (ракообразные, многоножки). Следует отметить, что из четырех таксономических групп, представители только паукообразных и открытчелюстных насекомых были зафиксированы в ловушках во всех исследованных экосистемах. При этом наблюдается планомерное сокращение обилия насекомых в пользу паукообразных, численность которых наивысшая именно на участке поля, непосредственно прилегающего к скважине и не имеющего буферной растительной зоны.

Также необходимо обратить внимание на тот факт, что среди насекомых (относительное обилие которых на контролльном участке доходила до 92,55 %) от половины до двух третей всех обнаруженных особей составляли жесткокрылые, а второй по обилию группой насекомых выступали перепончатокрылые. Данная особенность отличается от ранее исследованных лесных и луговых территорий, связанных с добычей нефти [2–3]. По всей видимости это связано с резким сокращением численности муравьев в достаточно бедной агроэкосистеме.

Наибольшая численность и динамическая плотность беспозвоночных была отмечена в ассамблеях на контролльном участке, не подверженном дополнительной нагрузки в виде

обустройства нефте скважины. Проведенный однофакторный дисперсионный анализ показал достоверное влияние ( $F = 6,34$ ;  $p = 0,013$ ) места расположения скважин на численность беспозвоночных. Почти в два раза меньше данные показатели характерны для участка сельскохозяйственного поля рядом с действующей скважиной и имеющей своеобразную буферную зону с травянистой и кустарниковой растительностью. Наименьшая численность беспозвоночных с самой низкой динамической плотностью характерна для участка, где зона отваловки скважины напрямую граничила с сельскохозяйственным полем.

Так как жесткокрылые среди прочих групп беспозвоночных преобладали по численности (обилие составляло от 52 до 72 %). В связи с этим нами была проведена более подробная оценка состояния сообществ этих животных, так как они давно и широко используются в роли индикаторов состояния окружающей среды при антропогенном воздействии.

Как общий итог проведенного исследования по состоянию ассоциаций беспозвоночных животных на сельскохозяйственных полях, примыкающим к нефтеразработкам можно заключить, что:

1. Сообщества беспозвоночных герпетобия окрестностей нефте скважин Речицкого нефтяного месторождения сложены преимущественно насекомыми и паукообразными, в меньшей степени – многоножками и мокрицами.

2. Расположение скважин достоверно влияет как на численность обитающих в соседстве с ними как беспозвоночных ( $F = 6,34$ ;  $p = 0,013$ ), так и жесткокрылых насекомых ( $F = 3,79$ ;  $p = 0,05$ ).

3. Наличие между краем отваловки скважины и краем сельскохозяйственного поля буферной зоны шириной 8–10 метров с травянистой и кустарниковой растительностью повышают как видовое богатство, так и численность беспозвоночных животных на фоне общего снижения выравненности.

4. Скважины Речицкого нефтяного месторождения отличаются по видовому составу, несмотря на расположение в однотипном на первый взгляд ландшафте.

5. Сообщества жесткокрылых окрестностей скважин Речицкого нефтяного месторождения сложены преимущественно луговыми и полевыми зоо- и фитофагами, а также микрофагами предлагающие нормальные условия увлажнения, и в меньшей степени тяготеющие к более сухим условиям обитания.

### **Список использованных источников**

1. Renkonnen, O. Statistisch-Okologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore / O. Renkonnen // Ann. Zool. – Bot. Soc. Fennicae – 1938. – № 6. – P. 1–30.
2. Галиновский, Н. Г. Карабидокомплексы окрестностей скважин Судовицкого нефтяного месторождения (Республика Беларусь) / Н. Г. Галиновский, Д. В. Потапов, В. С. Аверин // Вестник Брестского государственного университета им. А.С. Пушкина. – № 2. – 2017. – С. 25–32.
3. Потапов, Д. В. К разработке рекомендаций по предотвращению вредного воздействия на объекты животного мира при обустройстве и эксплуатации нефтяных скважин / Д. В. Потапов, Н. Г. Галиновский, В. С. Аверин, О. М. Демиденко // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2021. – № 3.

УДК 575.17:595.799(476.2)

**Г. Г. Гончаренко, С. А. Зятыков, А. В. Крук**

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

### **ПОПУЛЯЦИОННАЯ ГЕНОМИКА ЦЕННЫХ ШМЕЛЕЙ ЮГА БЕЛАРУСИ**

Представители рода *Bombus* наряду с пчелами являются наиболее эффективными опылителями, как дикорастущих растений, так и сельскохозяйственных культур, поскольку

хорошо приспосабливаются к различным климатическим условиям и эффективно размножаются в искусственных популяциях [1]. В настоящее время широко распространено коммерческое разведение шмелей для опыления тепличных культур (томаты, дыни, красный перец и др.), так как они почти в три раза превосходят пчел по этим показателям и могут давать прибавку к урожаю в тепличных хозяйствах до 50 % [2]. Кроме того, они оказались менее прихотливыми и более устойчивыми к болезням и условиям внешней среды [3]. Следует подчеркнуть, что для преодоления инбридинга, который происходит при коммерческом разведении шмелей в тепличных хозяйствах зоологи используют особей из естественных популяций данного вида. При выборе естественной популяции и конкретных особей шмелей целесообразно знать состояние как популяционных генофондов и семей, так и генотипы отдельных особей. В этой связи изучение генетических процессов, протекающих в популяциях шмелей с использованием методов ПЦР, секвенирования [4] и геномного анализа являются крайне актуальным и позволяют проводить популяционно-генетические исследования на современном уровне.

Как отмечалось ранее геномные исследования перепончатокрылых насекомых было положено с анализа генома Пчелы медоносной (*Apis mellifera*) после 2000 г. Исследование проводила группа ученых из Консорциума по секвенированию генома медоносной пчелы (HGSC). Ранее расшифровка геномов насекомых была проведена у плодовой мушки *D. melanogaster*; малярийного комара *A. gambiae* и тутового шелкопряда *B. mori* [5].

Что же касается геномных исследований шмелей, то первые высококачественные черновики геномов были получены для двух видов шмелей в 2015 году: для *B. terrestris* (Bter\_1.0, AELG00000000.1) – исследователями из Медицинского колледжа Бейлора (Baylor College of Medicine, Техас, США), а для *B. impatiens* (BIMP\_2.0, AEQM00000000.2) – исследователями из Биотехнологического центра Иллинойсского университета (Biotechnology Center, University of Illinois (BCUI), Иллинойс, США) [6].

Необходимо отметить, что гаплоидный набор шмелей содержит 18 хромосом. Размеры геномов для *B. terrestris* и *B. impatiens* оказались приблизительно одинаковыми и составили  $\sim 2,5 \times 10^8$  н.п. и включали 10 581 и 10 632 белок-кодирующих генов, соответственно. Кроме того, необходимо отметить что геномы этих двух видов шмелей демонстрируют высокое сходство с ограниченным количеством перестроек в течение примерно 18 млн лет расхождения между двумя предковыми линиями. Для обоих геномов отмечено относительно небольшое количество повторяющихся элементов и низкое разнообразие транспозонов.

Необходимо отметить, что маштабное исследование геномов началось в 2018 г. в рамках проекта Earth BioGenome Project (EBP) целью которого было собрать все 1,8 миллионов геномов животных, обитающих на Земле. Молекулярно-генетические исследования в рамках этого проекта способствовали обновлению, а в некоторых случаях завершению сборки ядерных и митохондриальных геномов для 5 видов шмелей (*B. terrestris*, *B. pratorum*, *B. pascuorum*, *B. hypnorum*, *B. hortorum*) и 2 видов шмелей-кукушек (*B. campestris*, *B. sylvestris*) [7–13].

Опираясь на проведённые ранее исследования популяционных геномов шмелей были разработаны как митохондриальные (мт-фрагмент гена COI) так и ядерные (микросателлитные) маркеры для ДНК-анализа популяций шмелей Юга Беларуси [4, 5, 14]. Кроме того, разработана микросателлитная идентификационная панель, которая позволяет проводить точную генетическую дактилоскопию представителей рода *Bombus* с вероятностью совпадение генотипов у двух особей равной  $2 \times 10^{-7}$ .

### Список использованных источников

1. Winter, K. Importation of non-native bumblebees into North America: potential consequences of using *Bombus terrestris* and other non-native bumble bees for greenhouse crop pollination in Canada, Mexico, and the United States / K.Winter [et al.]. – San Francisco: North American Pollinator Protection Campaign (NAPPC), 2006. – 33 р.
2. Velthuis, H.H.W. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination / H.H.W. Velthuis, A.Van. Doorn // Apidologie. – 2006. – Vol. 37. – P. 421-451.

3. Cejas, D Searching for Molecular Markers to Differentiate *Bombus terrestris* (Linnaeus) Subspecies in the Iberian Peninsula / D. Cejas, [et al.] // Sociobiology. – 2018. – Vol. 65(4). – P. 558–565.
4. Гончаренко, Г. Г. Анализ одноклеточного полиморфизма (SNP) в гаплотипах mt-гена COI у особей *B. terrestris* L. и *B. lucorum* L. в природных популяциях Юго-Востока Беларуси / Г. Г. Гончаренко, С. А. Зятьков // Веснік МДПУ імя І. П. Шамякіна, 2024. – № 1(63). – С. 17–21.
5. Гончаренко, Г. Г. Геномы и генетические процессы в популяциях ценных перепончатокрылых Беларуси и сопредельных территорий. / Г. Г. Гончаренко, С. А. Зятьков, А. В. Крук // Материалы научной конференции с международным участием, посвященной 85-летию со дня рождения академика Ю.П. Алтухова (11-14 октября 2022 г. Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, г. Москва). – М.: Ваш Формат, 2022 – С. 19.
6. Sadd, B. M. The genomes of two key bumblebee species with primitive eusocial organization / B.M. Sadd [et al.] // Genome Biology. – 2015. – Vol. 16. – № 76. – P. 1–32.
7. Crowley, L. M. The genome sequence of the Buff-tailed Bumblebee, *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758) [version 1; peer review: awaiting peer review] / L. M. Crowley [et al.] // Wellcome Open Research. – 2023. – Vol. 8:161. – P. 1–10.
8. Crowley, L. M. The genome sequence of the Early Bumblebee, *Bombus pratorum* (Linnaeus, 1761) [version 1; peer review: 2 approved] / L. M. Crowley [et al.] // Wellcome Open Research. – 2023. – Vol. 8:143. – P. 1–12.
9. Crowley, L. M. The genome sequence of the Common Carder Bee, *Bombus pascuorum* (Scopoli, 1763) [version 1; peer review: 2 approved] / L. M. Crowley [et al.] // Wellcome Open Research. – 2023. – Vol. 8:142. – P. 1–12.
10. Crowley, L. M. The genome sequence of the Tree Bumblebee, *Bombus hypnorum* (Linnaeus, 1758) [version 1; peer review: 1 approved, 1 approved with reservations] / L. M. Crowley [et al.] // Wellcome Open Research. – 2023. – Vol. 8:21. – P. 1–14.
11. Crowley, L. M. The genome sequence of the garden bumblebee, *Bombus hortorum* (Linnaeus, 1761) [version 1; peer review: 3 approved] / L. M. Crowley [et al.] // Wellcome Open Research. – 2023. – Vol. 8:270. – P. 1–12.
12. Crowley, L. M. The genome sequence of the Forest Cuckoo Bee, *Bombus sylvestris* (Lepeletier, 1832) [version 1; peer review: 2 approved] / L. M. Crowley [et al.] // Wellcome Open Research. – 2023. – Vol. 8:78. – P. 1–12.
13. Crowley, L. M. The genome sequence of the Field Cuckoo-bee, *Bombus campestris* (Panzer, 1801) [version 1; peer review: 2 approved] / L. M. Crowley [et al.] // Wellcome Open Research. – 2023. – Vol. 8:77. – P. 1–12.
14. Гончаренко, Г. Г. Генетический полиморфизм микросателлитного локуса B-100 популяциях шмелей *Bombus terrestris* L. / Г.Г. Гончаренко, С. А. Зятьков, А. В. Крук // Известия ГГУ им. Ф. Скорины. – 2025. – № 3 (150). – С. 11–14.

УДК 595.799

**Я. С. Гулеевич, Г. Г. Гончаренко**

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

## **ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ СООБЩЕСТВ ШМЕЛЕЙ РОДА *BOMBUS* НА ПРИМЕРЕ ПРИРОДНЫХ И УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ ОКРЕСТНОСТЕЙ ЧЕНОК**

Шмели, насчитывающие свыше 250 видов, являются одной из самых успешных групп перепончатокрылых насекомых [1]. Они играют ключевую роль в экосистемах как важные опылители многих растений. Благодаря своей холодаустойчивости и способности питаться на широком спектре растений, шмели хорошо переносят суровые климатические условия [2]. Их деятельность напрямую влияет на урожайность энтомофильных сельскохозяйственных культур [3].

Исследования видового состава шмелей (род *Bombus*) проводились на территории Ченковского лесничества Гомельского района в летний период на протяжении 2025 года на трех различных участках: суходольный луг, смешанный лес, дачный поселок «Цветок 1». Для количественного учета шмелей применялся метод «маршрутного учета». При этом для достижения наибольшей репрезентативности применялась схема движения сборщика по участку, описанная Любищевым [4].

Проведенное исследование видового состава луговых и лесных экосистем Ченковского лесничества позволило зарегистрировать 9 видов шмелей: шмель полевой (*Bombus pascuorum*), шмель малый каменный (*B. ruderarius*), шмель красноватый (*B. ruderatus*), шмель земляной малый (*B. lucorum*), шмель земляной большой (*B. terrestris*), шмель садовый (*B. hortorum*), шмель городской (*B. hypnorum*), шмель-кукушка земляного шмеля (*B. bohemicus*), шмель-кукушка белозадый (*B. vestalis*). Наиболее массовыми за время исследований были виды шмель земляной большой (*B. terrestris*) и шмель земляной малый (*B. lucorum*). Такое широкое распространение можно объяснить: экологической пластичностью – представители подрода «земляные шмели» успешно адаптируются к различным условиям, демонстрируя высокую численность как в природных биотопах (смешанный лес, луг), так и в антропогенных ландшафтах (дачный поселок); доступностью кормовой базы – эти виды являются полилектами, то есть собирают нектар и пыльцу с широкого спектра цветковых растений из разных семейств, что позволяет им эффективно использовать ресурсы любой исследуемой территории; высокой конкурентной способностью – крупные размеры, раннее появление маток весной и большие размеры семейств делают их доминантами в сообществах шмелей.

В дачном поселке наблюдается наибольшее общее обилие шмелей, что связано с наличием богатой и разнообразной кормовой базы (культивируемые декоративные и огородные растения, цветущие сорняки) и подходящих мест для гнездования (почвенные полости, заброшенные постройки, скворечники). Здесь абсолютно доминирует шмель земляной большой (*B. terrestris*). В смешанном лесу также отмечена высокая видовая насыщенность и обилие, где доминирующее положение, наряду с земляными шмелями, занимает шмель полевой (*B. pascuorum*). Его предпочтение к лесным опушкам и полянам, а также питание на растениях семейства Яснотковые (*Lamiaceae*) и Бобовые (*Fabaceae*) объясняет его высокую численность именно в этом биотопе. Суходольный луг характеризуется наименьшим видовым богатством и обилием, что может быть связано с более бедной кормовой базой или менее подходящими условиями для устройства гнезд. Здесь, помимо земляных шмелей, в отличие от других биотопов, был отмечен шмель-кукушка белозадый (*B. vestalis*) – вид-клептопаразит, использующий для размножения гнезда большого земляного шмеля.

Также можно установить, что за время исследования *B. terrestris* является эудоминантом, в количестве 50 особей. Доминантами являются *B. lucorum*, *B. pascuorum* в количестве 35 и 25 особей соответственно. Рецедентом является *B. lapidarius*, *B. hypnorum* – 4 особи. В количестве 1–2 особи были отловлены *B. ruderatus*, *B. hortorum*, *B. vestalis*, *B. bohemicus* и они являются субрецедентами.

Анализ рассчитанных индексов биоразнообразия позволяет охарактеризовать сообщества шмелей в различных биотопах. Индекс Шеннона ( $H'$ ) показывает, что наиболее высокие значения зарегистрированы в дачном поселке ( $H' = 1.392$ ) и на суходольном лугу ( $H' = 1.375$ ), что свидетельствует о достаточно высоком видовом разнообразии и относительно равномерном распределении особей между видами в этих местообитаниях. Чуть более низкий показатель ( $H' = 1.365$ ) характерен для смешанного леса, демонстрируя сравнимый, но несколько сниженный уровень разнообразия.

Индекс Пиелу ( $E$ ), отражающий выравненность видового состава, достигает максимального значения на суходольном лугу ( $E = 0.855$ ), что указывает на наиболее сбалансированное распределение особей между видами. Более низкие показатели в дачном поселке ( $E = 0.777$ ) и смешанном лесу ( $E = 0.762$ ) свидетельствуют о умеренном доминировании отдельных видов в этих биотопах.

Индекс Симпсона ( $D$ ) демонстрирует обратную зависимость: его наиболее высокие значения на суходольном лугу ( $D = 0.714$ ) и в смешанном лесу ( $D = 0.710$ ) указывают на несколько более выраженную концентрацию доминирования по сравнению с дачным поселком ( $D = 0.694$ ), где сообщество является наиболее равномерным.

Индекс Маргалефа ( $d$ ), характеризующий видовое богатство, показывает максимальные значения в смешанном лесу ( $d = 1.285$ ) и дачном поселке ( $d = 1.278$ ), что свидетельствует о наибольшем видовом богатстве в этих биотопах. Несколько более низкий показатель на суходольном лугу ( $d = 1.243$ ) указывает на относительно меньшее видовое богатство.

Анализ коэффициента Жаккара выявил наибольшее сходство видового состава между суходольным лугом и дачным поселком (0.500), что объясняется наличием сходных кормовых ресурсов (разнотравье) и условий для гнездования. Высокое сходство также наблюдается между суходольным лугом и смешанным лесом (0.571), а также между дачным поселком и смешанным лесом (0.571), что демонстрирует определенную общность видового состава шмелей всех исследованных биотопов, вероятно, наличия видов-генералистов, способных осваивать различные местообитания.

### Список использованных источников

1. Williams, P. H. Anannotated checklist of the bumble bees with an analysis of patterns of description (Hymenoptera: Apidae, Bombini) / P. H. Williams // Bull. of the Natural History Museum. Entomol. ser. – 1998. – Vol. 67. – N 1. – P. 79–152.
2. Скориков, А. С. Шмели Палеарктики. Ч. 1. Общая биология (со включением зоогеографии) / А. С. Скориков // Известия Северной области защиты растений от вредителей. – Петроград, 1922а. – Т. 4, вып.1. – 1-160 с.
3. Панфилов, Д. В. Сем. Apidae – Пчелиные / Д. В. Панфилов // Определитель насекомых европейской части СССР. – Л., 1978. – Т. 3. – Ч. 1. – С. 508–519.
4. Песенко, Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю. А. Песенко, 1982. – М.: Наука. – 287 с.

УДК 598.244.2+591.53:911

*В. Т. Демянчик, В. П. Рабчук,  
Б. В. Демянчик, Д. А. Кунаховец*  
*Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларусь, Республика Беларусь*

### **ПИТАНИЕ АИСТА БЕЛОГО (*CICONIA CICONIA*) НА ВЫСОКОВСКОЙ РАВНИНЕ**

Аист белый (*Ciconia ciconia*) – широко распространенный вид птиц на юго-западе Беларуси, но данных по питанию этого вида в современных условиях значимых климатических изменений недостаточно. Весенний сезон 2025 г. по метеоклиматическим условиям на территории Брестской области характеризовался крайне неблагоприятными для *C. ciconia* значениями метеорологических показателей на севере региона (стационар Выгонощи) (таблица 1). Особенно критичной для кормовой базы *C. ciconia* были засушливая и необычно морозная погода в апреле–мае. В 2025 г. впервые за всю историю наших 50-ти летних наблюдений гнездовые пары (10–12) на стационаре д. Выгонощи (площадью 670 га) даже не приступали к яйцекладке.

На юго-западе региона (стационары Брест, Б. Турна) метеоклиматическая ситуация по увлажненности была оптимальной. В зоне этих стационаров отмечена повышенная плотность гнездования и успех размножения *C. ciconia*. Например, в д. М. Курница (площадью 36,3 га) отмечено 7, а в д. Грушевка (площадью 29,6 га) 12 успешных гнезд.

Таблица 1 – Метеорологические показатели на юго-западе и севере Брестской области в апреле–июле 2025 года

Месяц	Т сред., °C	Т мин., °C	Т макс., °C	Средняя относительная влажность, %	Количество осадков, мм/м кв.
<i>Метеостанция Брест, юго-западная часть Брестской области</i>					
апрель	10,5	-4,6	27,7	64,03	13,3
май	10,9	-2,7	22,8	70,61	97,4
3-я декада мая	14,1	4,7	22,8	73,45	34,9
<i>Метеостанция Барановичи, северная часть Брестской области</i>					
апрель	9,1	-4,0	26,1	66,4	14,8
май	11,4	-3,2	24,2	66,47	30,0
3-я декада мая	15,2	5,3	24,2	65,61	3,9

В апреле–июне 2025 г. оценивалось питание взрослых *C. ciconia* из группировки с относительно высоким успехом размножения на юго-западе Брестской области на стационаре Большая Турна. Изучено 19 погадок, собранных под гнездами аиста белого в восьми сельских населенных пунктах Каменецкого района: аг. Большая Турна. Средний размер погадки  $5,6 \times 3,5 \times 2,5$  см, максимальный –  $8,0 \times 5,5 \times 5,0$  см, минимальный размер (исходя из объема погадки) –  $4,0 \times 3,4 \times 2,3$ . Всего масса собранных погадок составляла 410,14 грамм: средняя по величине масса погадки – 21,58 грамм, максимальная – 46,63, минимальная – 11,38 грамм.

Позвоночные животные – регулярная группа кормов аиста белого, они встречались в 89,42 % погадок (таблица 2). Костные остатки отмечены в 52,6 % погадок. Среди жертв-млекопитающих достоверно определены: полевка обыкновенная (*Microtus arvalis*), полевка-экономка (*M. oeconomus*), полевка подземная (*Terricola (Pitymys) subterraneus*), мышь полевая (*Apodemus agrarius*), мышь европейская (*A. sylvaticus*). Волосяной покров мелких грызунов-жертв отнесен в 68,38 % погадок. Как правило волоссяной покров составлял 40 % и более от объема погадки, что соответствовало не менее 3–4 съеденных экземпляров-жертв в пересчете на особей полевки обыкновенной (*M. arvalis*). В некоторых погадках волоссяной покров мелких грызунов-жертв доходил до 80–90 % от объема погадки.

Таблица 2 – Встречаемость кормовых компонентов ( $n = 644$ ) и несъедобных включений ( $n = 36$ ) в погадках ( $n = 19$ ) аиста белого (*Ciconia ciconia*) в апреле–июне 2025 г.

Кормовые компоненты. Несъедобные включения	<i>n</i> погадок	%
1. Млекопитающие (кости, зубы, волосы) $\geq 7$ видов	17	89,42
2. Птицы (кости, перья, роговые покровы) 2 видов	2	10,52
3. Собственное перо (пух)	12	63,12
4. Насекомые (хитин) $\geq$ видов	19	100,0
5. Прочие беспозвоночные $\geq$ видов	7	36,82
6. Растительная масса (измельченная)	12	63,12
7. Косточки вишни	1	5,26
8. Песок	18	94,74
9. Гастролиты (гравий, галька)	3	21,04
10. Кусочек полипропиленовой нитки	1	5,26

Среди насекомоядных в исследованных погадках аиста белого основную массу составлял крот обыкновенный (*Talpa europaea*). Он был отмечен в 15,78 % погадок, где содержались остатки 4-х особей. Остатки молодого зайца-русака (*Lepus europeus*) были найдены только в одной погадке (5,26 %). Среди птиц отмечены: воробей полевой (*Passer montanus*) (5,26 % погадок), овсянка обыкновенная (*Emberiza citrinella*) (5,26 % погадок). Наиболее характерная группа видов-жертв – беспозвоночные животные. Всего нами было идентифицировано 613 экземпляров 42 видов беспозвоночных. Среди жуков по числу особей преобладал мертвоед черный (*Silpha obscura*) (96 экземпляров-жертв), с относительно небольшим отставанием вторым по числу особей преобладал хрущ июньский (*Amphimallon solstitiale*) – 83. Число основной массы жуков варьировала от 3 до 18 экземпляров особей 4–11 видов в одной погадке. Характерными видами были: птеростих sp. (*Pterostichus* sp.), быстряк sp. (*Agonum* sp.), бегунчик sp. (*Bembidion* sp.) (средний), жужелица sp. (*Carabus* sp.), хрущ майский (*Melolontha melolontha*), кузька посевный (*Anisoplia austriaca*), усач sp. (*Cerambycinae* sp.), косарь-долгоносик sp. (*Otiorhynchus* sp.), щелкун sp. (*Elateridae* sp.), листоед sp. (*Chrysomelidae* sp.), афодий sp. (*Aphodius* sp.), мертвоед красногрудый (*Oiceoptoma thoracicum*). Плавунец окаймленный (*Dytiscus marginalis*) встречался в 10,52 % погадок, где его число экземпляров в 1-й погадке не превышало 1–2 особи. В погадках также по 1–2 особи отмечены 9 видов жуков: могильщик sp. (*Nicrophorus* sp.), мертвоед трехреберный (*Phosphuga atrata*), листоед sp. (*Alticinae* sp.), жук колорадский (*Leptinotarsa decemlineata*), оленек обыкновенный (*Dorcus parallelopipedus*), жужелица зернистая (*C. granulatus*), жужелица садовая (*C. hortensis*), водолюб большой (*Hydrophilus piceus*). Прочие насекомые: клоп sp. (*Heteroptera* sp.), щитник sp. (*Aelia* sp.), муравей sp. (*Formica* sp.), кузнечик зеленый (*Tettigonia viridissima*), уховертка sp. (*Dermoptera* sp.), личинка златоглазки sp. (*Chrysopidae* sp.), личинка древоточца пахучего (*Cossus cossus*), медведка обыкновенная (*Gryllotalpa gryllotalpa*) встречались в 73,64 % погадок в основном в небольшом количестве (1–4 экземпляра в каждой погадке). Муравей (*Formica* sp.) встречался только в двух погадках (10,52 %) по 10 и 20 экземпляров, а кузнечик зеленый (*T. viridissima*) (47,34 % ( $n = 9$ )). Прочие беспозвоночные: мокрица-броненосец обыкновенная (*Armadillidium vulgare*); дождевые черви (*Lumbricina* sp.); улитка брюхоногая средних размеров (*Ceraea* sp.). Дождевые черви отмечены в 26,3 % погадок. Гастролиты (гравий и мелкая галька) отмечены в 21,04 % погадок. Практически во всех погадках (94,74 %) аиста белого встречается песок (в среднем 16,67 % от объема погадки). Среди включений отмечены собственные перья (пух) – 63,12 % погадок, косточки вишни – 5,26 %, скорлупа яйца (куриного?) – 10,52 %, полипропиленовая нить – 5,26 % погадок. Растительная масса (измельченная) (силос?, остатки навоза КРС?) отмечена в 63 % погадок.

Таким образом, на основании анализа погадок установлена доминирующая роль мелких млекопитающих в питании гнездящихся пар успешной популяционной группировки *C. ciconia*.

УДК 535.231.16:599.735.34(476.2)

**Д. Н. Дроздов, А. В. Гулаков**

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

## **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДОЗЫ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ У CAPREOLUS CAPREOLUS L. В ОТДАЛЕНИЙ ПЕРИОД АВАРИИ НА ЧАЭС**

В отдаленный период аварии на ЧАЭС в условиях радиационного загрязнения естественных ландшафтов гомельского Полесья сохраняется популяция крупных копытных семейства Cervidae, представителем которых является *Capreolus capreolus* L. Для территории

Гомельской области имеет место максимальная плотность *C. capreolus* L., по-видимому, связанная с особенностями кормовой базой и низким воздействием антропогенных факторов. В кормовую базу *C. capreolus* L. входит нижний ярус леса, где животные используют ослинник двулетний, лапчатку прямостоячую, крапиву двудомную, тростник обыкновенный, низкорослые деревья, кору и хвою сосны [1, с. 88].

Проведенные нами исследования [2, с. 55] показывают, что формирование дозы внутреннего облучения *C. capreolus* L., по сравнению с другими копытными, имеет некоторое отличия, которые обусловлены динамикой поступления радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  в мышечную ткань. Особенности этой динамики связаны с различными факторами, меняются в зависимости от сезонных особенностей кормовой базы животного, ареала обитания, характера лесных массивов, типологии почв и других факторов. Вместе с тем *C. capreolus* L., как и другие крупные копытные, испытывают негативное действие радиационного фактора, которое повышает степень риска для репродуктивной системы животного. В этой связи актуальным представляется исследование формирования и динамики доз внутреннего облучения популяции *C. capreolus* L., с учетом выполненных ранее ретроспективных оценок [3, с. 56].

Цель работы: оценить динамику формирования дозы внутреннего облучения *C. capreolus* L. от радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  в отдаленный период аварии на ЧАЭС.

Оценку динамики формирования дозы внутреннего облучения *C. capreolus* L. от инкорпорированных радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  в отдаленный период аварии на ЧАЭС проводили на основании сформированной за многолетний период базы данных удельной активности проб мышечной ткани *C. capreolus* L. В базу данных вошли данные, полученные в период крупномасштабных исследований за период 1991–2010 годов.

Для проведения статистического анализа данных использовали стандартные методы вариационной статистики и методику регрессионного анализа. Для анализа динамики формирования дозы внутреннего облучения *C. capreolus* L. от инкорпорированных радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  в отдаленный период аварии на ЧАЭС, использовали поглощенные дозы облучения *C. capreolus* L., рассчитанные согласно Рекомендации Р52.18.820–2015 «Оценка радиационно-экологического воздействия на объекты природной среды по данным мониторинга радиационной обстановки» для территории с разной плотностью загрязнения, описание расчетов приведено в работе [3, с. 58]. Статистическая обработка данных проводилась с помощью прикладной программы *Statistica* 6.0.

Активность радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  в древесных породах и травянистой растительности за все время проведения исследований на территории радиоактивного загрязнения Гомельской области, находится в пределах 44–76 Бк/кг. В результате отбора проб мышечной ткани *C. capreolus* L. установлено, что активность радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани животных имеет различия относительно территории обитания и места изъятия образцов. Средняя удельная активность радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  мышечной ткани особей *C. capreolus* L., изъятых на территории зоны отчуждения составила от 0,83 до 217,18 кБк/кг, на территории зоны отселения – от 0,45 до 19,61 кБк/кг, на территории контрольного района – от 0,06 до 2,84 кБк/кг.

В ходе исследования установлено, что мощность поглощенной дозы внутреннего облучения *C. capreolus* L. от радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  в отдаленный период аварии на ЧАЭС не превышает референтных значений на контрольной территории и в зоне отселения. Здесь максимальные значения, превышающие референтный уровень, наблюдались не позднее 1996 года и превышали скрининговые значения не более чем в 3,5 раза. На протяжении периода наблюдения для территории зоны отчуждения наблюдается превышение референтных уровней дозы внутреннего облучения. В динамике мощности поглощенной дозы внутреннего облучения *C. capreolus* L. наблюдаются характерные периоды подъема и снижения значений, принимающие циклической вид. В многолетней динамике поглощенной дозы *C. capreolus* L. можно выделить несколько периодов – 1991–1996 годов., 1996–2004 годов и в период после 2005 года (рисунок 1).

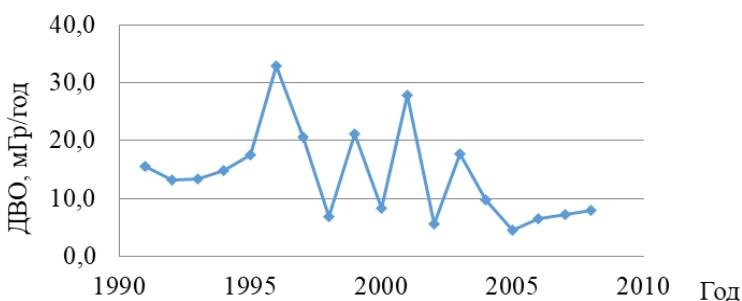


Рисунок 1 – Динамика дозы внутреннего облучения  
*Capreolus capreolus* L., изъятой в зоне отчуждения

Период 1991–1996 годов характеризуется медленным подъемом средней годовой дозы внутреннего облучения до 32,8 мГр/год. Сложный характер принимает период 1996–2004 годов, наблюдаются участки спады и подъемы дозы внутреннего облучения, динамика принимает вид близкий к гармоническому колебанию; амплитуда колебания составляет 13,65 мГр/год, смещение по оси 16,72 мГр/год, угловая частота равна 0,785 рад/год, фазовый сдвиг равен 1,2 рад. Последующий период отличает снижением дозы облучения до минимальных значений и монотонным подъемом, средняя годовая доза этого периода составляет 6,5 мГр/год.

### Список использованных источников

1. Гулаков, А. В. Динамика доз внутреннего облучения популяций *Capreolus capreolus* L., обитающих на территории Полесского радиационно-экологического заповедника / А. В. Гулаков, Д. Н. Дроздов // Актуальные проблемы экологии: сб. науч. ст., посвящ. 60-летию факультета биологии и экологии / М-во образования Респ. Беларусь, Гродн. гос. ун-т им. Янки Купалы, Гродн. обл. ком. природных ресурсов и охраны окружающей среды; редкол.: О. В. Янчуревич (гл. ред.), И. Б. Заводник, И. М. Колесник, Т. В. Ильич. – Гродно : ГрГУ, 2024. – С. 88–89.
2. Гулаков, А. В. Формирование доз внутреннего облучения крупных копытных, обитающих на территории Полесского радиационно-экологического заповедника / А. В. Гулаков, Д. Н. Дроздов // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения профессора П. Г. Козло, Минск, 24–26 сентября 2024 г. – Минск: РУП «Издательский дом «Беларуская навука», 2024. – С. 52–55.
3. Гулаков, А. В. Мощность дозы внутреннего облучения от инкорпорированного <sup>137</sup>Cs в мышечной ткани европейской косули, обитающей на территории радиоактивного загрязнения / А. В. Гулаков, Д. Н. Дроздов // Журнал Белорусского государственного университета. Экология, 2019. – Вып. 4. – С. 55–61.

УДК 599.742.4:636.113.5(476.2-37)

**Д. Н. Иванцов, В. А. Шаркевич, А. Ч. Шестак**  
Полесский государственный радиационно-экологический заповедник, Республика Беларусь

### РЕЗУЛЬТАТЫ УЧЕТА АМЕРИКАНСКОЙ НОРКИ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Внедрение в природные ценозы чужеродных видов представляет собой угрозу естественно сложившемуся биологическому разнообразию. Инвазивные виды могут внедряться в новые для них экосистемы, быстро увеличивать свою численность, подавлять или вытеснять

аборигенные виды [1]. В связи с этим актуальным является проведение исследований и наблюдений за распространением адвентивных видов, способами их закрепления и особенностями конкуренции с представителями аборигенной биоты.

Исследования выполнялись в рамках договора на выполнение научно-исследовательских работ №643/СП/2023/2 Государственной программы по преодолению катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2021–2025 годы.

Учеты животных были проведены на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ) в течение 2024-2025 гг. Работы выполнялись на участках рек Припять, Словечна, Желонь, Несвич, Брагинка, Вить; Мухоедовском канале, Радинском канале, Верхне-Слободском канале, Погонянском канале, Нежиховском канале; озерах Рожова, Яма, Недточаевка, Вепры, Рожова, Семеница, Гнездное, Жартай и Березовый старики (рисунок 1).

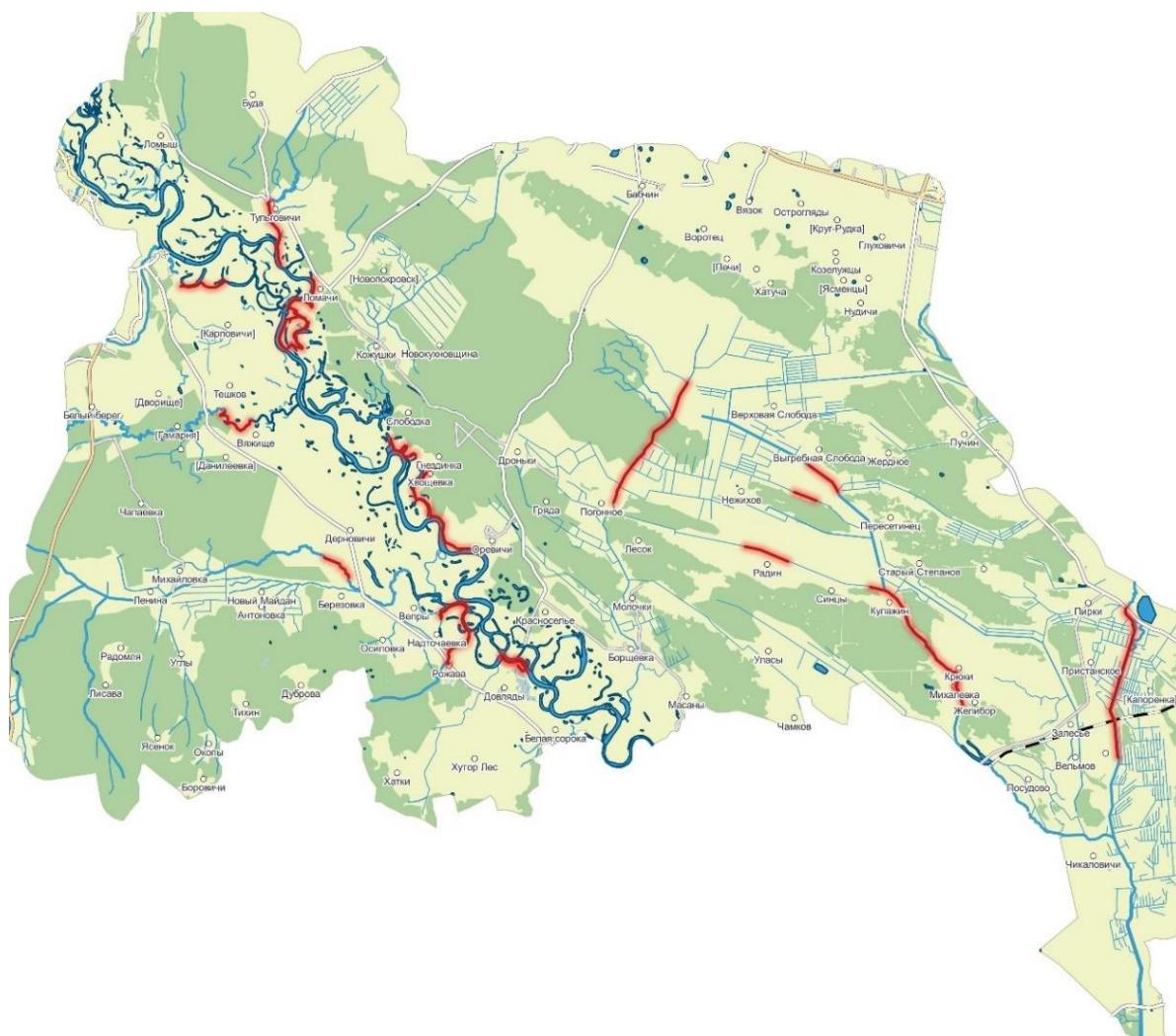


Рисунок 1 – Территория проведения исследований – маршруты учетов

При выполнении учетов животных было пройдено девятнадцать учетных маршрутов. Общая протяженность учетных маршрутов составила 87,9 км. При учете следов деятельности животных на маршрутах учетчики передвигались пешком.

Американская норка – относительно новый, акклиматизированный вид фауны Беларуси, включен в перечень инвазивных чужеродных видов диких животных [2]. К настоящему времени американская норка расселилась повсеместно. Обитает в долинных экосистемах на всей территории Беларуси [3].

На территории ПГРЭЗ американская норка регистрируется на всех типах водотоков и водоемов. Начиная с 1989 г. стала осваивать мелиоративную систему, включая каналы 2 и 3 порядка. Наиболее часто она встречается в пойменных угодьях на лесных речках и ручьях [3].

В таблице 1 представлены данные по численности и пространственному размещению американской норки на территории заповедника в период 2024–2025 гг. Плотность населения американской норки на реке Припять составила 3,9 ос/10 км, малых реках и центральных каналах мелиоративной сети – 3,7 ос/10 км, на озерах – 7,1 ос/10 км береговой линии.

Таблица 1 – Результаты учета американской норки на территории ПГРЭЗ в 2024-2025 гг.

Водный объект	Обследовано береговой линии, км	Учтено американской норки	Плотность особей на 10 км береговой линии, шт.
Река Припять	22,8	9	3,9
Малые реки и центральные каналы	51,0	19	3,7
Озера, пруды	14,1	10	7,1

Наибольшая плотность населения американской норки отмечалась на территории Наровлянского участка ПГРЭЗ от 9,7 ос/10 км на озерах до 5,2 ос/10 км береговой линии на реке Припять [4]. Наименьшая плотность была зарегистрирована на территории Брагинского участка заповедника – 2,3 ос/10 км водотока.

Таким образом, американская норка широко распространена на всей территории заповедника и регистрируется в местах, пригодных для их обитания на всех типах водотоков и водоемов. В 2024–2025 гг. плотность на реке Припять составила 3,9 ос/10 км, малых реках и центральных каналах мелиоративной сети – 3,7 ос/10 км водотока. Наибольшая плотность населения животных отмечается на озерах, расположенных в пойме реки Припять – 7,1 ос/10 км береговой линии.

### Список использованных источников

1. Черная книга инвазивных видов животных Беларуси / В. П. Семенченко [и др.]; под общ. ред. В. П. Семенченко, С. В. Буги ; Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по биоресурсам. - Минск : Беларусская наука, 2020. – 163 с.
2. Об обращении с дикими животными и регулировании их распространения и численности [Электронный ресурс] : постановление Совета министров Респ. Беларусь, 30 янв. 2008 г., № 126 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C20800126>. – Дата доступа: 15.09.2025.
3. Сидорович, В. Е. Состояние видов семейства куньих в чернобыльской зоне // Животный мир в зоне аварии Чернобыльской АЭС. – Мн.: Наука и техника, 1995. – С. 193–198.
4. Иванцов, Д. Н. Результаты учета американской норки на территории Наровлянского участка Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / Д. Н. Иванцов, В. А. Шаркевич, А. Ч. Шестак // Зоологические чтения 2025 : материалы VIII международной научно-практической конференции, Гродно, 26-28 марта 2025 : сб. науч. ст. / редкол.: О. В. Янчуревич (гл. ред.), А. В. Рыжая. – Гродно : ГрГУ, 2025. – С. 105–107.

*Д. Ф. Куницкий, В. К. Ризевский,  
А. В. Лещенко, И. А. Ермолаева*

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по биоресурсам,  
Республика Беларусь*

## **ПУНКТЫ СЛЕЖЕНИЯ ЗА ПОЯВЛЕНИЕМ В БЕЛАРУСИ ЧУЖЕРОДНЫХ ПОНТО-КАСПИЙСКИХ ВИДОВ РЫБ**

В последние годы основным донором инвазии чужеродных видов рыб в водоемы Центральной Европы стал Понто-Каспийский регион. Проникновение понто-каспийских рыб в бассейны Балтийского и Северного морей происходит по трем инвазионным коридорам: северному, центральному и южному. По территории Беларуси проходит Центральный инвазионный коридор (ЦИК), включающий реки Днепр<sup>1</sup>- Припять<sup>1</sup> - Пина<sup>1</sup> (<sup>1</sup> - басс. Черного моря) → Мухавец<sup>2</sup> - Зап. Буг<sup>2</sup> – Висла<sup>2</sup> – Одер<sup>2</sup> (<sup>2</sup> - басс. Балтийского моря) → Эльба<sup>3</sup> – Веспер<sup>3</sup> – Эмс<sup>3</sup> – Рейн<sup>3</sup> (<sup>3</sup> - басс. Северного моря), соединенные между собой межбассейновыми каналами [1]. Первым (и основным) звеном ЦИК, соединяющим бассейны Черного и Балтийского морей, является находящийся на территории Беларуси Днепровско-Бугский канал (ДБК), связывающий р. Пина (приток р. Припять, басс. Черного моря) и р. Мухавец (приток Западного Буга, басс. Балтийского моря). Наряду с ДБК важным звеном ЦИК, по которому происходит взаимопроникновение рыб между водными объектами бассейнов Черного и Балтийского морей, следует считать Вилейско-Минскую водную систему, соединяющую р. Вилия (приток р. Неман, басс. Балтийского моря) и р. Свислочь (приток р. Березина, приток р. Днепр, басс. Черного моря). Первоначальное проникновение понто-каспийских видов рыб в пределы Беларуси происходит по рекам Днепр и Припять из Киевского водохранилища (Украина), куда они попали из Черного моря путем самостоятельного или непреднамеренного перемещения вверх по течению р. Днепр. Таковых видов 8 (из 18 чужеродных в Беларуси): бычок- песочник, бычок-гонец, бычок- кругляк, западный тупоносый бычок, колюшка малая южная, черноморская пухлощекая игла-рыба, пуголовка голая и тюлька черноморско-азовская. По имеющимся сведениям, в Киевском водохранилище (выше плотины Киевской ГЭС) в настоящее время обитают еще 3 вида рыб, пока еще не отмеченные в пределах Беларуси. Это представители семейства Бычковые Gobiidae (отряд Окунеобразные Perciformes): бычок-кнут *Mesogobius batrachocephalus*, бычок-головач *Neogobius kessleri* и пуголовка Браунера *Benthophiloides brauneri* [2]. Таким образом существует высокая вероятность обитания этих видов рыб в низовьях рек Днепр и Припять на территории Беларуси. Помимо этого в отдельных водоёмах Киева, расположенному на р. Днепр, отмечено обитание еще одного представителя отряда Окунеобразные Perciformes - солнечного окуня *Lepomis gibbosus* (сем. Центрарховые Centrarchidae). Данный вид широко распространен в водохранилищах Днепра, а также в отдельных водоемах его бассейна [3]. Появление данного вида в водных объектах Беларуси также вполне ожидаемо.

В целях слежения за появлением (проникновением) новых чужеродных видов рыб в пределы Беларуси по ЦИК предлагается 2 пункта слежения.

### **Методические аспекты мониторинга**

*Пункты слежения:* р. Днепр (Лоев); р. Припять (Конотоп)

*Виды рыб:* все чужеродные виды рыб, проникающие в водные объекты на территории Беларуси из Киевского водохранилища

*Периодичность проведения мониторинга:* р. Днепр (Лоев) – ежегодно, р. Припять (Конотоп) – ежегодно

*Сроки проведения мониторинга:* летний период (июль, август)

*Метод проведения мониторинга:* обловы прибрежной зоны водотока сачком, ловушками, поплавочной снастью и мелкожеистым неводом.

*Обработка полученных данных:* стандартная методика ихтиологических исследований [4].

*Анализ полученных данных:* установление доли по численности и массе каждого чужеродного вида в структуре улова.

*Форма представления данных:* результаты наблюдений излагаются в табличной форме. «Численность и биомасса рыб в улове на 100 м русла» – данные по численности каждого вида рыб (экз.) (в том числе аборигенных) и их биомассе (г). В текстовом изложении приводится сравнительная характеристика с предыдущими циклами наблюдений с использованием графиков, диаграмм и таблиц.

### **Краткое описание пунктов слежения**

#### **Река Днепр, Лоев**

*Местонахождение пункта слежения:* Гомельская область, Лоевский р-н район, участок р. Днепр возле дер. Сутково.

*Географические координаты пункта слежения:* Участок русла: начало у островка напротив начала дер. Сутково ( $52^{\circ}02'540''$  с.ш.  $30^{\circ}43'572''$  в.д.), конец находится возле залива напротив деревни ( $52^{\circ}01'403''$  с.ш.  $30^{\circ}43'973''$  в.д.)

*Площадь пункта слежения:* Участок русла р. Днепр протяжённостью 3,0 км, ширина – 110–300 м., Площадь – 66 га.

*Описание пункта слежения:* Русло извилистое, шириной 110–300 м, преобладающая глубина 1–3 м, максимальная до 8–9 м. Скорость течения в зависимости от уклона местности составляет 0,2–0,5 м/с. Дно сложено в основном песком, в заливах заиленное. Имеются закоряженные участки. Берега местами высокие, обрывистые, местами пологие, заросшие деревьями и кустарником, местами под лугом.

#### **Река Припять, Конотоп**

*Местонахождение пункта слежения:* Гомельская область, Брагинский р-н район, участок р. Припять возле дер. Конотоп и в верхней части ГПНИУ "Полесский государственный радиационно-экологический заповедник".

*Географические координаты пункта слежения:* Участок русла: начало напротив дер. Конотоп ( $51^{\circ}45.792''$  с.ш.  $29^{\circ} 34.699''$  в.д.), конец находится возле бывшей дер. Ломачи ( $51^{\circ}44'671''$  с.ш.  $29^{\circ}42'242''$  в.д.).

*Площадь пункта слежения:* Участок русла р. Припять протяжённостью 11,5 км, ширина – 130–280 м, площадь – 242 га.

*Описание пункта слежения:* Русло извилистое, шириной 130–280 м, средняя глубина 3–6 м. Скорость течения в зависимости от уклона местности составляет 0,2–0,7 м/с. Дно в основном песчаное, в районе Конотопа по правому берегу каменистое. Русло чистое, лишь изредка засорено корчами. Берега пологие, высотой 0,5–3 м, на излучинах обрывистые, высотой до 5–6 м.

### **Список использованных источников**

1. Bij de Vaate A., Jażdżewski K., Ketelaars H., Gollasch S. & Van der Velde G. Geographical patterns in range expansion of macroinvertebrate Ponto-Caspian species in Europe // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 2002. Vol. 59. – Р. 1159–1174.
2. Мовчан, Ю. В. Сучасний склад іхтіофаяни бассейну верхнього Дніпра (фауністичний огляд) // Збірник праць Зоологічного музею. 2012. № 43. – С. 35-50.
3. Афанасьев, С. А., Гупало, Е. А., Мантурова, О. В. Расселение и особенности биологии солнечного окуня *Lepomis gibbosus* (Perciformes: Centrarchidae) в водоёмах Киева / Гидробиологический журнал. 2017. – № 1, Т. 53. – С. 16–27.
4. Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

*И. В. Кураченко, В. А. Дубровская  
Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

## ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПТИЦ ОТКРЫТЫХ И ОКОЛОВОДНЫХ БИОТОПОВ ЧЕНКОВСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА

Птицы открытых ландшафтов представляют собой экологическую группу видов, населяющих безлесные или слабозалесённые территории: луга, поля, реки, опушки и другие подобные биотопы [1]. В условиях Ченковского лесничества Гомельского района эта группа включает представителей отрядов воробьинообразных (*Passeriformes*), ржанкообразных (*Charadriiformes*) и аистообразные (*Ciconiiformes*) и т. д [2]. Эти птицы играют важную роль в экосистемах, регулируя численность насекомых и грызунов, а также участвуя в распространении семян растений [3]. Исследования проводились на территории Ченковского лесничества Гомельского района в летний период на протяжении 2025 года на пяти различных стациях. Учет численности птиц осуществлялся методом маршрутных учётов. Основные виды птиц открытых ландшафтов Ченковского лесничества: полевой воробей (*Passer montanus Linnaeus, 1758*), белая трясогузка (*Motacilla alba Linnaeus, 1758*), луговой чекан (*Saxicola rubetra Linnaeus, 1758*), обыкновенная овсянка (*Emberiza citrinella Linnaeus, 1758*).

На основании собственных сборов и учетных данных составлен аннотированный список, включающий следующие характеристики изучаемых видов: таксономическое положение (отряд, семейство, вид), тип ареала (транспалеарктический, европейский, голарктический и др.), распространение (общее и в пределах лесничества), биотическая приуроченность (предпочитаемые местообитания), кормовые объекты (основной рацион), размножение (сроки гнездования, количество кладок, особенности гнездования), хозяйственное и природоохранное значение (польза/вред, статус охраны). В ходе проведения исследований изучались параметры биологического разнообразия птиц (индекс Шеннона и др.). Зарегистрировано 20 видов птиц: ласточка деревенская (*Hirundo rustica*), зяблик (*Fringilla coelebs*), овсянка обыкновенная (*Emberiza citrinella*), кулик-сорока (*Haematopus ostralegus*), белый аист (*Ciconia ciconia*), поползень (*Sitta europaea*), баклан большой (*Phalacrocorax carbo*), ворона серая (*Corvus cornix*), перепелятник (*Accipiter nisus*), пищуха обыкновенная (*Certhia familiaris*), дятел малый пестрый (*Dryobates minor*), сорока (*Pica pica*), славка садовая (*Sylvia borin*), ласточка береговая (*Riparia riparia*), цапля большая белая (*Ardea alba*), сорокопут северный (*Lanius excubitor*), мухоловка серая (*Muscicapa striata*), гаичка черноголовая (*Poecile palustris*), дрозд чёрный (*Turdus merula*), цапля серая (*Ardea cinerea*). Наиболее массовым за время исследований был вид ласточка деревенская (*Hirundo rustica*). Такое широкое распространение можно объяснить: универсальностью местообитаний – ласточки успешно адаптируются как к природным (леса, луга), так и к антропогенным ландшафтам (дач, сельские поселения). Доступностью кормовой базы – основу их рациона составляют летающие насекомые (комары, мухи, мошки), которые в изобилии встречаются вблизи водоемов, открытых пространств и человеческого жилья. Гнездовыми предпочтениями – деревенские ласточки охотно строят гнезда под крышами домов, сараев и других построек, что способствует их высокой численности в антропогенной среде. В прибрежных зонах (река Сож) ласточка деревенская уступает по численности береговой ласточке (*Riparia riparia*), что связано с различными стратегиями гнездования (береговые ласточки роют норы в обрывах, а деревенские предпочитают постройки). В лесных биотопах ласточки конкурируют за насекомых с мухоловками (*Muscicapa striata*) и славками (*Sylvia borin*), но благодаря высокой мобильности и способности ловить добычу в воздухе сохраняют доминирующее положение.

Наибольшим видовым разнообразием обладает смешанный лес, т. к лесные экосистемы обеспечивают максимальное разнообразие экологических ниш и ресурсов, что создает

идеальные условия для формирования богатых и устойчивых птичьих сообществ. Именно структурная и функциональная сложность лесных биотопов объясняет их наибольшее видовое разнообразие по сравнению с другими исследованными биотопами. Береговая ласточка и овсянка обыкновенная с долями 11,1 % и 9,7 % соответственно стали субдоминантными видами, а серая цапля (0,36 %), сорокопут серый (0,36 %) и перепелятник (0,36 %) – стали рецензентными видами. Наибольшие значения индекса Шеннона ( $H' = 0,95–0,97$ ) зарегистрированы в СОТ «Салют» и смешанном лесу, что свидетельствует о высоком видовом богатстве и равномерном распределении особей между видами в этих местообитаниях. Чуть более низкие показатели ( $H' = 0,80–0,81$ ) характерны для антропогенного участка и суходольного луга, демонстрируя умеренный уровень разнообразия. Наименьшее значение индекса ( $H' = 0,49$ ) отмечено на реке Сож, что указывает на обедненность орнитокомплекса и выраженное доминирование одного-двух видов в этом биотопе. Максимальные значения ( $e = 0,39$ ) в СОТ «Салют» и смешанном лесу отражают сбалансированное распределение особей между видами, тогда как пониженные показатели ( $e = 0,27–0,36$ ) в других биотопах свидетельствуют о доминировании отдельных видов. Особенно ярко это выражено на реке Сож, где береговая ласточка составляет более половины всех зарегистрированных особей. Индекс Симпсона демонстрирует обратную зависимость: его минимальные значения ( $D = 0,08–0,10$ ) в СОТ «Салют» и смешанном лесу указывают на низкую концентрацию доминирования и равномерность сообщества, тогда как повышенные показатели ( $D = 0,15–0,16$ ) в антропогенном участке и на лугу отражают умеренное доминирование отдельных видов. На реке Сож индекс Симпсона достигает максимального значения ( $D = 0,37$ ), что подтверждает сильное доминирование береговой ласточки в этом биотопе. На основании индекса Жаккара наибольшее сходство по видовому составу птиц наблюдается между стациями смешанный лес и СОТ «Салют» (0,91 отн. ед.). Это объясняется: сходной структурой местообитаний (наличие древесной растительности), общими кормовыми ресурсами (насекомые, семена), схожими условиями для гнездования (дупла, кроны деревьев). Между биотопами река Сож и Антропогенный участок низкое сходство (0,07 отн. ед.).

### Список использованных источников

1. Федюшин, А. В. Птицы открытых и околоводных биотопов Беларуси / А. В. Федюшин, В. Д. Долбик. – Минск : Наука и техника, 1983. – 248 с.
2. Никифоров, М. Е. Биоразнообразие птиц в условиях антропогенной трансформации ландшафтов / М. Е. Никифоров, О. И. Бородин // Актуальные проблемы зоологической науки в Беларуси. – 2019. – Т. 2. – С. 78–85.
3. Бирюков, В. П. Экология птиц открытых ландшафтов / В. П. Бирюков. – Киев : Нauкова думка, 2005. – 304 с.

УДК 639.3.09

***Н. А. Лебедев, А. А. Радкевич, А. В. Крук***

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

### **ЗАРАЖЕННОСТЬ МОЛОДИ КРАСНОПЕРКИ И ПЛОТВЫ МЕТАЦЕРКАРИЯМИ *POSTHODIPLOSTOMUM CUTICOLA* В ПОЙМЕННОМ ВОДОЁМЕ БАССЕЙНА РЕКИ ПРИПЬЯТЬ**

Постодиплостомоз относится к числу широко распространённых инвазионных заболеваний многих видов карловых рыб, обитающих в водотоках и водоёмах Евразии [1, 2, 3]. Болезнь вызывается метацеркариями дигенетического сосальщика *Posthodiplostomum cuticola* из семейства *Diplostomatidae*. Особую опасность постодиплостомоз представляет для молоди, поскольку рыбы на этой стадии жизненного цикла наиболее уязвимы к воздействию паразитов [4]. Заболевание протекает со следующей симптоматикой: у зараженных особей на теле появляются чёрные

буторки и пятна, происходит снижение темпов роста, у молоди возможна деформация тела с искривлением позвоночника. Вследствие снижения двигательной активности и общей приспособленности пораженные особи становятся более уязвимыми к воздействию хищных рыб. При сильной инвазии происходит гибель личинок и мальков. Поэтому распространение данного заболевания может менять количественную структуру рыбного населения, и тем самым наносить экономический ущерб рыбному промыслу. Современные сведения по заболеваемости постодиплостомозом карповых рыб в водотоках и водоемах юго-востока Полесья представлены неполно.

В этой связи целью работы стал анализ интенсивности и экстенсивности зараженности молоди карповых рыб метацеркариями *Posthodiplostomum* в пойменном водоёме бассейна р. Припять.

Отловы молоди проведены в августе-сентябре 2024 г. на мелководных участках пойменного водоёма бассейна р. Припять вблизи д. Велавск Мозырского района (рисунок 1).



Рисунок 1 – Участки отлова молоди карповых рыб в пойменном водоёме  
вблизи д. Велавск Мозырского района

В соответствии с правилами любительского рыболовства в качестве орудия лова использована подъемная сетка с шагом ячей менее 10 мм. Всего было отловлено 74 экземпляра молоди двух видов карповых рыб: *Scardinius erythrophthalmus* (52 экз.) и *Rutilus rutilus* (22 экз.). Все отловленные особи проверялись на наличие или отсутствие возбудителей постодиплостомоза. Предварительную постановку диагноза проводили по наличию чёрных пигментных пятен и бугорков на теле заражённых особей (рисунок 2). Окончательный диагноз подтверждался микроскопически путём обнаружения цист и метацеркариев *Posthodiplostomum cuticola* (рисунок 3) [5]. Для количественной оценки заражённости использовали показатели экстенсивности (ЭИ, %) и интенсивности инвазии (ИИ, экз./на 1 рыбу). Также у здоровых и больных особей по общепринятой методике определялись коэффициенты упитанности по Фультону ( $K_F$ ) и Кларк ( $K_K$ ). Все показатели устанавливались без разделения собранного материала по полу. Статистическая обработка данных проведена в пакете Microsoft Excel с расчётом среднего арифметического ( $M$ ), ошибки среднего ( $\pm m$ ), минимального ( $min$ ) и максимального ( $max$ ) значений. Оценка достоверности различий между показателями упитанности здоровых особей и особей, зараженных метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola*, проводилась с использованием критерия Стьюдента-Фишера.



Рисунок 2 – Красноперка, пораженная *Posthodiplostomum cuticola*

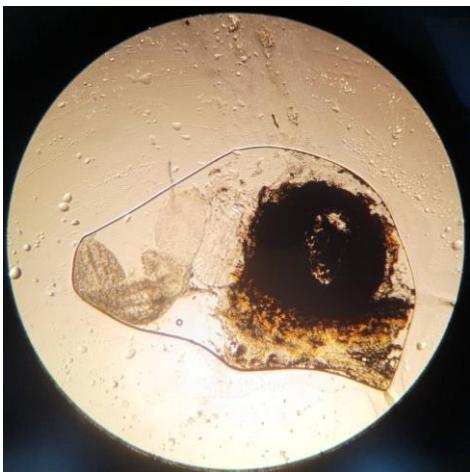


Рисунок 3 – Циста и метацеркарий *Posthodiplostomum cuticola*

В таблице 1 приведены данные по заражённости метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola* молоди рыб *Scardinius erythrophthalmus* и *Rutilus rutilus* в пойменном водоёме р. Припять вблизи д. Велавск Мозырского района в 2024 г. Длина без С у отловленных особей рыб отличалась незначительно: у *Scardinius erythrophthalmus* варьировала от 39 до 77 мм (в среднем  $52,79 \pm 1,14$ ); аналогичные показатели у *Rutilus rutilus* составили от 43 до 75 мм при среднем значении  $53,23 \pm 1,68$  (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели заражённости *Posthodiplostomum cuticola* молоди *Scardinius erythrophthalmus* и *Rutilus rutilus* в пойменном водоёме р. Припять вблизи д. Велавск Мозырского района (2024 г.)

Вид	n	Длина без С, мм		Масса рыбы, г		ЭИ	ИИ
		min-max	M±m	min-max	M±m		
Красноперка	52	39–77	$52,79 \pm 1,14$	1,11–7,43	$2,92 \pm 0,20$	56	3–34
Плотва	22	43–75	$53,23 \pm 1,68$	1,11–6,04	$2,25 \pm 0,27$	55	2–60

Показатели экстенсивности инвазии в 2024 г. у молоди *Scardinius erythrophthalmus* и *Rutilus rutilus*, обитающей в пойменном водоёме р. Припять, оказались сходными – 56 и 55 % соответственно (таблица 1). Однако интенсивность инвазии была выше у молоди *Rutilus rutilus* (от 2 до 60) по сравнению с молодью *Scardinius erythrophthalmus* (от 3 до 34). Высокий уровень заражённости молоди красноперки и плотвы постодиплостомозом в водоёме поддерживается благодаря наличию заросших растительностью мелководий со стоячей водой (рисунок 1), присутствию моллюсков и рыбоядных птиц (цапли и др.).

Данные по упитанности *Scardinius erythrophthalmus* в пойменном водоёме р. Припять вблизи д. Велавск Мозырского района приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели упитанности *Scardinius erythrophthalmus* в пойменном водоёме р. Припять вблизи д. Велавск, август-сентябрь 2024 г.

Показатели	Здоровые особи, 23 экз.		Заболевшие особи, 29 экз.		t*
	min-max	M±m	min-max	M±m	
Длина без С, мм	39–64	$50,13 \pm 1,15$	40–77	$54,90 \pm 1,76$	–
K <sub>F</sub>	1,80–2,43	$2,05 \pm 0,04$	1,61–1,88	$1,72 \pm 0,01$	8,0
K <sub>K</sub>	1,57–2,24	$1,77 \pm 0,04$	1,12–1,63	$1,44 \pm 0,03$	6,6

Примечание: \*различия достоверны при  $t = 2,00$  –  $P < 0,05$

У здоровой молоди краснопёрки коэффициенты упитанности по Фультону и Кларк составили  $2,05 \pm 0,04$  и  $1,77 \pm 0,04$  (таблица 2); у зараженных экземпляров эти показатели были достоверно ниже –  $1,72 \pm 0,01$  и  $1,44 \pm 0,03$  при  $P < 0,05$ .

Результаты определения коэффициентов упитанности по Фультону и Кларк у здоровых и зараженных метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola* молоди плотвы приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели упитанности *Rutilus rutilus* в пойменном водоёме р. Припять вблизи д. Велавск, август-сентябрь 2024 г.

Показатели	Здоровые особи, 10 экз.		Заболевшие особи, 12 экз.		$t^*$
	min-max	$M \pm m$	min-max	$M \pm m$	
Длина без С, мм	43–62	$50,5 \pm 1,88$	48–75	$55,5 \pm 2,54$	–
$K_F$	1,41–1,90	$1,57 \pm 0,05$	0,87–1,51	$1,22 \pm 0,06$	4,5
$K_K$	1,16–1,77	$1,39 \pm 0,05$	0,72–1,43	$1,10 \pm 0,07$	3,4

Примечание: \* различия достоверны при  $t = 2,08 - P < 0,05$

Средние значения коэффициентов упитанности по Фультону и Кларк у здоровой молоди плотвы обыкновенной составили  $1,57 \pm 0,05$  и  $1,39 \pm 0,05$  соответственно (таблица 3). У особей, зараженных метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola*, аналогичные показатели были существенно ниже –  $1,22 \pm 0,06$  и  $1,10 \pm 0,07$  ( $P < 0,05$ ).

Установлено, что средние значения коэффициентов упитанности у зараженных метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola* молоди красноперки и плотвы при интенсивности инвазии от 3 до 34 у красноперки и от 2 до 60 у плотвы достоверно ниже ( $P < 0,05$ ), чем у здоровых экземпляров.

Результаты проведенных исследований согласуются с научными данными, согласно которым в водоемах со стоячей водой показатели зараженности рыб постодиплостомозом обычно выше, чем в водотоках. Так, Е.Н. Ядренкина [6] отмечает, молодь рыб в реках подвержена существенно меньшему риску инфицирования *P. cuticola* по сравнению с особями из озерных акваторий.

### Список использованных источников

1. Negrea, O. Some investigations on incidence and infestation level in Cyprinid postodiplostomosis / O. Negrea [et al.] // Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies. – 2015. – Vol. 72, № 2. – P. 203-206.
2. Morpho-Histopathological Characterization, and Infection Dynamics of Posthodiplostomum sp. (Strigeida: Diplostomidae) in Cyprinid Fish of the Ganga River / R. Baitha [et al.] // Folia Biologica. – 2021. – Vol. 69, № 3. – P. 113-120.
3. Метацеркарии дигенетического сосальщика *Postodiplostomum cuticola* – экстенсивность инвазии рыб, обитающих в водоемах Приволжского федерального округа / А. А. Касьянов [и др.] // Вестник Чувашского ГАУ. – 2024. – № 2. – С. 83–89.
4. Козлова, Т. В. Ихтиопатология / Т. В. Козлова, Е. Л. Микулич, А. И. Козлов. – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – 276 с.
5. Быховская-Павловская, И. Е. Паразитологическое исследование рыб / И. Е. Быховская-Павловская. – Л.: Наука, 1985. – 108 с.
6. Ядренкина, Е. Н. Различия в зараженности молоди карповых (Cypriniformes) метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola* (Digenea, Diplostomatidae) в речной и озерной системах бассейна озера Чаны (Западная Сибирь) / Е. Н. Ядренкина // Паразитология. – 2014. – Т. 48, № 3. – С. 234-244.

*A. I. Макаренко*

*Гомельский государственный медицинский университет, Республика Беларусь*

## **ЖИЗНЕННЫЕ ЦИКЛЫ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ АМФИПОД**

В ходе исследования особенностей жизненного цикла проводились круглогодичные наблюдения за зообентосом на реке Сож. Исследуемый участок находился ниже г. Гомель, рядом с санаторием «Ченки», на левом берегу реки. Точка отбора проб располагалась в рекреационной зоне, где не было заметного антропогенного воздействия, за исключением небольшого количества бытового мусора, в основном представленного пустыми пластиковыми бутылками.

Участок реки, рассматриваемый в рамках данного гидробиологического исследования, представляет собой глубокое, ассиметричное и слабо извивающееся русло шириной приблизительно 100 метров, с умеренной скоростью течения. Береговая линия изобилует прибрежной водной растительностью. Дно в зоне отбора характеризуется пологой насыпью из искусственно-го щебня, простирающейся от уровня воды до глубины около 2 метров. В некоторых участках прибрежной зоны также наблюдаются примеси песка и крупных камней. В летний период вдоль линии воды наблюдалась прерывистая зона зарослей водной растительности шириной от 0,5 до 2 метров, в состав которой входили роголистник, рдест и нитчатые водоросли.

Выбор исследуемой точки был оправдан многими факторами, именно в этом участке было зафиксировано 7 из 9 инвазивных видов амфипод: *Echinogammarus ischnus* (Stebbing, 1899), *Chelicorophium curvispinum* (G.O. Sars, 1895), *Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald, 1841), *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894), *Obesogammarus crassus* (G.O. Sars, 1894), *Obesogammarus obesus* (G.O. Sars, 1896) и *Pontogammarus robustoides* (G.O. Sars, 1894). Существовало достаточное количество «предпочитаемых» укрытий для амфипод, таких как заросли прибрежной водной растительности (роголистник) и каменистый субстрат. Ввиду находящегося выше по течению крупного города Гомель, вблизи створа была хорошо развита транспортная инфраструктура.

Количество зарегистрированных видов амфипод менялось в разные месяцы. В мае, июне, сентябре, октябре и ноябре был зафиксирован полный набор видов, в то время как в другие месяцы некоторые виды отсутствовали. Также стоит подчеркнуть значительные колебания общей плотности и биомассы на протяжении года. При этом максимальные уровни плотности и биомассы не совпадали. Суммарная биомасса бокоплавов была наименьшей в марте, составив 0,018 г/м<sup>2</sup>, и достигла максимума в октябре – 87,513 г/м<sup>2</sup>. Минимальная плотность особей наблюдалась / в марте (2,4 экз./м<sup>2</sup>), а наибольшая – в августе (7521 экз./м<sup>2</sup>). Основная часть биомассы формировалась двумя доминирующими видами: *D. villosus* и *D. haemobaphes*.

Массовое развитие бокоплавов началось в конце весны, в мае, когда их плотность достигла 2250 экз./м<sup>2</sup> и веса 28,559 г/м<sup>2</sup>. Первые ювенильные особи были зафиксированы уже в середине апреля при температуре воды 7,3 °C, что могло свидетельствовать о начале размножения. Однако яйценосные самки не наблюдались. Вероятно, это были особи, которые выжили зимой в водоеме. Раннее появление перезимовавшей молоди, которое мы отметили, также упоминается другими исследователями для *D. haemobaphes* [1], *D. villosus* [2], *E. ischnus*, *O. crassus* и *O. obesus* [3]. Это явление считается адаптацией для быстрого увеличения плотности населения [1, 2, 3]. Появление молоди у береговой линии связано с перемещением особей из более глубоких и прохладных зон в теплее прибрежные области, что ускоряет их рост и защищает от хищников, которые редко подходят близко к воде.

Размножение всех видов амфипод, найденных в образцах, начинается в конце апреля, когда температура достигает 12 °C, за исключением *D. haemobaphes*. Для видов *D. villosus*, *C. curvispinum* и *E. ischnus* зафиксировано присутствие самок с яйцами на начальной стадии развития. У *O. obesus* яйца уже находились на более поздних стадиях. Ювенильные особи также были замечены в небольшом количестве. Температура начала размножения совпадает

с установленной нижней границей температурного оптимума в 12 °С. Аналогичные результаты были получены другими исследователями, однако температура в водоемах центральной Европы была ниже, около 10 °С [1, 2]. У *C. curvispinum* из устьевых районов рек северо-западного Причерноморья размножение началось при 7 °С [4]. Схожие данные также получены для *D. haemobaphes* в водоемах Польши [1].

К концу мая при температуре 21 °С фиксируется первый массовый выход молоди, сопровождающийся резким увеличением плотности ювенильных особей до 860 экз./м<sup>2</sup>. Начиная с начала календарного лета и вплоть до конца июля значимых изменений в плотности не выявлено. Однако в последние числа июля наблюдается второй массовый выход молоди с пиком плотности 2184 экз./м<sup>2</sup>. Следующие всплески фиксируются в конце августа (1495 экз./м<sup>2</sup>) и в начале сентября (1464 экз./м<sup>2</sup>), которые принято считать третьим пиком.

В августе отмечаются максимальные показатели температуры водного потока, а также максимальные величины учетной плотности и биомассы амфипод. С наступлением календарной осени происходит уменьшение этих показателей, и к концу сентября плотность достигает 4432 экз./м<sup>2</sup>, а биомасса сокращается до 35,017 г/м<sup>2</sup>, что связано с падением температуры. К примеру, в октябре температура воды упала до 10 °С, что является значением ниже порога размножения. Вследствие этого наблюдается полное отсутствие яйценосных самок, при этом сохраняется большое количество ювенильных особей, составляющих основу третьего пика молоди. Рост плотности и биомассы при отсутствии размножения объясняется исчезновением прибрежных зарослей, включая роголистник, и концентрацией амфипод в каменистых укрытиях донного субстрата.

С середины октября по конец первой декады ноября плотность особей снижается. С конца ноября и до первой декады марта следующего года ювенильные особи полностью отсутствуют, наблюдается уменьшение общей плотности и биомассы, которые достигают минимальных значений – 410 экз./м<sup>2</sup> и 2,69 г/м<sup>2</sup>, соответственно.

Таким образом, для формирования плотности и биомассы сообщества амфипод шести видов (в течение года *P. robustoides* встречался крайне редко) главным фактором является изменение температуры водной среды. В целом динамика учётной плотности и биомассы, а также развитие инвазивных видов по результатам круглогодичных наблюдений претерпевает значительные изменения. Все виды начинают размножаться при температуре водной среды от 7 до 12 °С, прекращая этот процесс при снижении до 10 °С. Максимальные показатели плотности и биомассы приходятся на август и составляют 7521 экз./м<sup>2</sup> и 87,781 г/м<sup>2</sup> соответственно. При понижении температуры эти количественные индикаторы уменьшаются, достигая минимальных значений в марте – 2,4 экз./м<sup>2</sup> и 0,018 г/м<sup>2</sup>. Исходя из этого, мониторинг данной группы беспозвоночных целесообразно проводить начиная с последнего декадного периода июля и заканчивая октябрём.

### Список использованных источников

1. Bacela, K. Reproductive biology of *Dikerogammarus haemobaphes*: an invasive gammarid (Crustacea: Amphipoda) colonizing running waters in Central Europe / K. Bacela, A. Konopacka, M. Grabowski // Biol. Invasions. – 2009. – Vol. 11, iss. 9. – P. 2055–2066.
2. Pöckl, M. Strategies of a successful new invader in European fresh waters: fecundity and reproductive potential of the Ponto-Caspian amphipod *Dikerogammarus villosus* in the Austrian Danube, compared with the indigenous *Gammarus fossarum* and *G. roeseli* / M. Pöckl // Freshwater biology. – 2007. – Vol. 52, iss. 1. – P. 50–63.
3. Курандина, Д. П. Некоторые данные о размножении и плодовитости Каспийских гаммарид в Кременчугском водохранилище / Д. П. Курандина // Гидробиол. журнал. – 1975. – Т. 11, № 5. – С. 35–41.
4. Борткевич, Л. В. Экология и продукция *Corophium curvispinum* G.O. Sars из устьевых областей рек северо-западного Причерноморья / Л. В. Борткевич // Гидробиол. журнал. – 1987. – Т. 23, № 6. – С. 91–93.

*А. С. Можар, О. А. Назарчук*

*Мозырский государственный педагогический университет имени И. П. Шамякина,  
Республика Беларусь*

## **МИРМЕКОФАУНА ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА НА ПРИМЕРЕ ДЕРЕВНИ ДРОЗДЫ**

Муравьи – это общественные насекомые со сложной социальной структурой колоний. Муравьи являются природными «санитарами», уничтожая множество вредителей и останки погибших насекомых, улучшают структуру и плодородие почвы, рыхля ее и обогащая питательными веществами, а также помогают расселению растений, разнося их семена. Кроме того, муравьи сами служат важным источником пищи для многих птиц и других животных, а также участвуют в разложении мертвой древесины.

Целью нашего исследования явилось изучение видового состава и встречаемости муравьев в лесных насаждениях населенного пункта на примере деревни Дрозды.

Исследования проводились в летний период 2025 г. в светлом многоярусном смешанном лесу в окрестностях населенного пункта Дрозды (Мозырский район Гомельской области). Данный участок леса характеризуется наличием значительного количества мертвой древесины (пни, валежник) и расположен вблизи линии электропередач. Учет проводился линейно-маршрутным методом на трансекте протяженностью около 6 км. Сбор материала и визуальные наблюдения проводились методом ручного сбора с осмотром наземного покрова, древесной растительности, пней и валежника. Для точной геопривязки находок и исключения повторного учета особей из одной семьи применялась система GPS-маркировки. Всего было зафиксировано 53 точки встреч. Учет каждой следующей колонии или рабочей особи одного и того же вида производился на расстоянии не менее 30 метров от предыдущей точки его регистрации. Данный подход основан на представлениях о среднем радиусе фуражировочной территории семей большинства видов муравьев умеренной зоны [1] и позволяет минимизировать вероятность дублирования учета одной и той же семьи. Для каждого вида фиксировались обилие, характер гнездового субстрата, трофические предпочтения и приуроченность к условиям освещенности. Для установления видовой принадлежности использовались определители [2, 3, 4].

Всего в ходе исследования было зафиксировано и картировано 53 точки встреч с муравьями, относящимися к 7 видам из 4 родов. Доминирующим видом на всей исследуемой территории является черный муравей-древоточец (*Camponotus vagus* Scopoli, 1763) – 15 встреч. Это крупные полиморфные муравьи с четкой кастовой дифференциацией. Колонии данного вида демонстрировали пластичность в использовании субстратов: гнездование в хвойной древесине при трофической активности на лиственных породах. Гнезда располагались в трухлявых пнях хвойных пород, при этом фуражирующие особи отмечались преимущественно на лиственных деревьях и кустарниках. Анализ пространственного распределения с применением правила 30-метрового исключения позволил идентифицировать не менее 15 самостоятельных семей *C. vagus*.

К числу массовых видов относятся черный садовый муравей (*Lasius niger* Linnaeus, 1758) – 13 встреч, а также представители рода *Formica* – 15 встреч. Черный садовый муравей равномерно распределялся по всему исследуемому маршруту. Отмечался в разнообразных биотопах, демонстрируя высокую экологическую пластичность. Фуражирующие особи наблюдались на почве, растительности и древесном субстрате.

К видам, встречающимся на исследуемой территории нечасто, относятся блестящий муравей-древоточец (*Camponotus fallax* Nylander, 1852) – 3 встречи, рыжий лесной муравей (*Formica rufa* Linnaeus, 1761) (отмечено 6 встреч и обнаружены 2 муравейника) и желтый земляной муравей (*Lasius flavus* Fabricius, 1782) – 2 встречи (таблица 1).

Таблица 1 – Видовой состав и встречаемость муравьев на территории лесных насаждений населенного пункта

Вид	Количество встреч
1. <i>Camponotus vagus</i>	15
2. <i>Lasius niger</i>	13
3. <i>Formica sp.</i> (предположительно <i>F. cunicularia</i> или <i>F. cinerea</i> )	9
4. <i>Formica rufa</i>	6
5. <i>Myrmica sp.</i>	6
6. <i>Camponotus fallax</i>	3
7. <i>Lasius flavus</i>	2

*Formica sp.* (предположительно *F. cunicularia* или *F. cinerea*) – отмечен исключительно на песчаных участках почвы. Для видов этой группы характерна приуроченность к ксерофильным биотопам. Требуется дальнейшее уточнение видовой принадлежности.

Рыжий лесной муравей на исследуемой территории отмечался только в более затененных участках лесных насаждений. Обнаружены 2 хорошо сформированных муравейника. Вид демонстрирует строгую приуроченность к влажным тенистым биотопам. *Myrmica sp.* – встречен в различных местообитаниях, но преимущественно в местах с умеренным увлажнением. Требуется дальнейшее уточнение видовой принадлежности.

Блестящий муравей-древоточец встречался в характерных для вида биотопах – хорошо прогреваемых участках с наличием мертвый древесины. Желтый земляной муравей – характерный обитатель почвенного слоя, предпочитает умеренно увлажненные местообитания.

Таким образом, мирмекофауна лесных насаждений населенного пункта представлена 7 видами, среди которых доминирующим является черный муравей-древоточец. Среди редко встречающихся на данной территории следует отметить блестящего муравья-древоточца и желтого земляного муравья. Дальнейшие исследования позволят более детально изучить особенности биологии муравьев, обитающих в лесных насаждениях населенных пунктов и уточнить их видовую принадлежность (*Myrmica sp.*, *Formica sp.*).

#### **Список использованных источников**

1. Длусский, Г. М. Муравьи рода Формика / Г. М. Длусский. – М.: Наука, 1967. – 236 с.
2. Длусский, Г. М. Муравьи Туркменистана / Г. М. Длусский, О. С. Союнов, С. И. Забелин. – Ашхабад: Ылым. –1989. – 273 с.
3. Захаров, А. А. Муравьи лесных сообществ, их жизнь и роль в лесу / А. А. Захаров. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2015. – 404 с.
4. Союнов, О. С. Пространственная структура популяций муравьев / О. С. Союнов. – Москва: КМК, 2018. – 198 с.

УДК [576.895.1+591.69–9]:502.172(476.2–751.2)

**Н. Г. Надина**

*Полесский государственный радиационно-экологический заповедник, Республика Беларусь*

#### **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЗАРАЖЕННОСТИ ГЕЛЬМИНТАМИ ВОСПРИИМЧИВЫХ К НИМ ВИДАМ ЖИВОТНЫХ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА**

Одной из характерных особенностей паразитизма является известное постоянство сочетания «паразит-хозяин», то есть приуроченность определенных видов паразитов к определенным

видам хозяев. Для всякого организма есть какие-то оптимальные условия существования, при которых он лучше всего живет и размножается. Для гельминтов средой обитания является, в первую очередь, хозяин, который является источником пищи и условием для размножения. На протяжении своей индивидуальной жизни гельминт последовательно проходит ряд стадий развития, при этом, чтобы завершить каждую стадию своего развития и перейти к следующей, требуется определенный вид хозяина. Каждому виду гельминта свойственны свои закономерности распространения, своя интенсивность инвазии, которая зависит от периода развития гельминта в организме восприимчивого животного. В статье приводятся данные о циркуляции и зараженности среди обследованных диких животных, обитающих на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, определенных видов гельминтов на разных стадиях своего развития.

За период 2021–2024 гг. для выявления закономерностей зараженности гельминтами восприимчивых видов животных дополнительно к ранее исследованным диким видам животных, гельминтологическому исследованию подверглось 95 особей *Nystereutes procyonides*, Gray, 1834, 414 особей рыб семейства Gobiidae Cuvier, 1816 (*Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814), *Babka gymnotrachelus* (Kessler, 1857), *Proterorhinus semilunaris* (Heckel, 1837)), 330 особей рыб семейства Odontobutidae Hoese & Gill, 1993 (*Percottus glenii* (Dybowski, 1877)) и 7407 экземпляров брюхоногих моллюсков *Lithoglyphus naticoides* (Pfeiffer, 1828). Для выявления закономерностей циркуляции *Trichinella spiralis* Owen, 1835 проведена трихинеллоскопия мышечной ткани и диафрагмы от 114 особей мышевидных грызунов семейства: Cricetidae Fischer-Waldheim, 1817, Muridae Illiger, 1811, Soricidae G. Fischer, 1817.

Гельминтологические исследования животных, сбор, фиксацию и камеральную обработку материала проводили по методикам, широко применяемым в практике работ паразитологов, используя при этом монографические сводки и публикации [1-5].

Строгой видовой специфичностью характеризуются дигинеи рода *Apophallus spp.* Luhe, 1909, для успешного размножения и распространения которых моллюск *L. naticoides* является первым промежуточным хозяином. По результатам гельминтологических исследований у моллюсков *L. naticoides* зараженность дигинеями комплекса видов *Apophallus muhlingi* (Jagerskiold, 1898) / *Apophallus donicus* (Skrjabin et Lindtrop, 1919) составила 15,6 %. Эктенсивность инвазии рыб сем. Gobiidae трематодой *A. muehlingi* на стадии метацеркарии отмечена на уровне 3,7 %, у дефинитивных хозяев *Mustela vison* Schreber, 1777 встречаемость гельминта *A. donicus* составила 3,6 %.

Зараженность трематодой *Echinochasmus perfoliatus* Ratz, 1908 у моллюсков *L. naticoides* на стадии церкарии составила 0,6 %, у рыб сем. Cyprinidae на стадии метацеркарии *E. perfoliatus* отмечена на уровне 9,8 % [6, 7], встречаемость гельминта у дефинитивного хозяина *M. vison* составила 50,0 % [8]. За период исследований зараженность трематодой *E. perfoliatus* у обследованных особей *N. procyonides* регистрировалась на уровне 49,5 %.

По результатам гельминтологических исследований у моллюсков *B. tentaculata* Linnaeus, 1758 зараженность трематодой *Pseudamphistomum truncatum* (Rudolphi, 1819) на стадии церкарии составила 2,7 % [6]. Эктенсивность инвазии *P. truncatum* у рыб сем. Cyprinidae Linnaeus, 1758 на стадии метацеркарии отмечена на уровне 39,1 % [7]. У дефинитивных хозяев *M. vison* встречаемость мариты *P. truncatum* составила 35,7 % [8], у *N. procyonides* зараженность трематодой *P. truncatum* регистрировалась на уровне 50 %.

У обследованных моллюсков *Bithynia leachii* Sheppard, 1823 зараженность трематодой *Opisthorchis felineus* (Rivolta, 1884) на стадии церкарии у составила 43,1 % [6], на стадии метацеркарии эктенсивность инвазии *O. felineus* у рыб сем. Cyprinidae отмечена на уровне 54,9 % [7]. У дефинитивных хозяев *M. vison* встречаляемость мариты *O. felineus* составила 3,57 % [8], у *N. procyonides* зараженность *O. felineus* отмечена на уровне 5,3 %.

По результатам проведенных гельминтологических исследований зараженность нематодой *Trichinella spiralis* на территории заповедника выявлена среди мелких млекопитающих: сем. Cricetidae – 16,2 %, сем. Muridae – 29,9 %, сем. Soricidae – 12,5 %. Встречаемость личинок трихинеллы у обследованных животных енотовидной собаки составила 16,8 %,

у особей американской норки 14,3 %. В результате циркуляция *T. spiralis* осуществляется по естественному типу обмена возбудителем между восприимчивыми дикими животными, и в первую очередь – хищниками.

Таким образом, закономерности распределения зараженности животных гельминтами на территории заповедника прослеживается среди таких видов гельминтов, как *Aporhallas muhlingi*, *Apophallus donicus*, *Echinochasmus perfoliatus*, *Pseudamphistomum truncatum*, *Opisthorchis felineus*, *Trichinella spiralis*. Среди обследованных животных эти гельминты обнаружены на стадии развития церкарии у моллюсков, метацеркария у рыб и марит у млекопитающих животных.

### Список использованных источников

1. Догель, В. А. Курс общей паразитологии: науч. изд. / В. А.Догель; под ред. А. Л.Стрелкова. – Ленинград: Государственное учебно-педагогическое издательство министерства просвещения РСФСР, 1947. – 371 с.
2. Здун, В. И. Обследование моллюсков на зараженность личинками дигенетических trematod / В. И. Здун // Методы изучения паразитической ситуации и борьба с паразитозами сельскохозяйственных животных. – АН УССР. 1961. – С. 96–134.
3. Быховская – Павловская, Е. И. Паразиты рыб. Руководство по изучению: Методы зоологических исследований / И. Е. Быховская – Павловская. – Л.: Наука, 1996. – 123 с.
4. Судариков, В. Е. Метацеркарии trematod – паразиты пресноводных гидробионтов Центральной России / В. Е. Судариков, А. А. Шигин, Ю. В. Курочкин, В. В. Ломакин. – М.: Наука, 2002. – 298 с.
5. Ромашов, Б. В. Методика гельминтологических исследований позвоночных животных: учебное пособие / Б. В. Ромашов, Л. Н. Хицова, Е. И. Труфанова, Н. В. Ромашова // Воронеж, 2003. – 35 с.
6. Юрченко, И. С. Пресноводные брюхоногие моллюски как возбудители природно-очаговых инвазий в водных экосистемах зоны отчуждения Чернобыльской АЭС / И. С. Юрченко // Вес. Нац. Акад. навук Беларусі. Серыя біял. навук – 2023. – Т. 68, № 3. – С. 234–240.
7. Юрченко, И. С. Оценка зараженности гельминтами пресноводных рыб в водоемах и водотоках ближней зоны Чернобыльской АЭС / И. С. Юрченко // Весн. Мазыр. дзярж. пед. ун-та імя І. П. Шамякіна. – 2019. – №2 (54). – С. 55–60.
8. Юрченко, И. С. Оценка зараженности американской норки, обитающей на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, возбудителями гельминтозных инвазий / И. С. Юрченко, Н. Г. Надина // Зоологические чтения : сб. науч. ст., посвящ. 130-лет. д-ра биол. наук, проф. Анатолия Владимировича Федюшина // Гродн. гос. ун-т ; редакц.: О. В. Янчуревич (гл. ред.), А. В. Рыжая, А. Е. Каревский. – Гродно, 2021. – С. 236–238.

УДК 631.461:631.45

*A. A. Новикова, Ю. М. Бачура*

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

### **БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЦИАНОБАКТЕРИЙ В РЕМЕДИАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЧВ**

Почва является ключевым ресурсом для сельского хозяйства, однако ее устойчивость в значительной степени зависит от антропогенной нагрузки. Одной из ведущих причин деградации почвенного покрова в Беларуси выступает его интенсивная эксплуатация в агроценозах. Практика масштабного увеличения сельскохозяйственных земель с середины XX века, направленная на обеспечение продовольственной безопасности, способствовала развитию процессов эрозии, деградации гумусового горизонта и, как следствие, снижению природного потенциала почв [1].

Существенный вклад в деградацию сельскохозяйственных земель вносит избыточное поступление химических веществ, что сопровождается снижением разнообразия почвенной биоты, изменением структуры и функций почв. Особую угрозу в этом контексте представляют гербициды, которые, помимо целевого воздействия на сорную растительность, оказывают угнетающее влияние на широкий спектр нецелевых организмов. Накопление их остаточных количеств приводит к подавлению почвенной микрофлоры, нарушению естественных биохимических процессов и в итоге к снижению плодородия почв [2].

Установлено, что уровень плодородия и способность почв к самоочищению тесно связаны с активностью микробиологических процессов. Однако, при высокой степени химического загрязнения наблюдается угнетение аутохтонной микрофлоры, вследствие его разработка комплексных подходов, направленных на восстановление ключевых функций почв, включая плодородие, представляет существенный научный и практический интерес. В настоящее время среди методов очистки загрязненных почвенных экосистем первоочередное внимание уделяется технологиям биоремедиации [3, 4]. В частности, биодеструкция рассматривается как наиболее перспективное направление рекультивации почвенных систем, зараженных органическими поллютантами, включая гербициды.

Необходимость реабилитации почвенных экосистем, возникшая в связи с возрастающим химическим загрязнением, актуализирует создание биопрепаратов на основе специализированных штаммов-деструкторов ксенобиотиков, выделенных из аборигенных микробных сообществ [5]. В рамках разработки таких биопрепаратов проведены исследования, в которых изучалась способность штаммов-деструкторов *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* и *Rhodococcus erythropolis* разлагать стойкие пестициды – прометрин (триазиновый гербицид) и партион-метил (фосфороганический инсектицид). Эти соединения обладают высокой токсичностью и длительно сохраняются в почве, нарушая микробиологическое равновесие. Выбранные штаммы демонстрировали выраженную ферментативную активность, продуцируя гидrolазы, пероксидазы и другие ферменты, разрушающие ароматические кольца и фосфороганические связи в структуре пестицидов [6].

На основе штаммов бактерий *Rhodococcus erythropolis*, *Rahnella aquatilis* и *Bacillus subtilis* разработан микробный препарат «Агроревитол», предназначенный для деградации остаточных количеств гербицидов классов сульфонилмочевины и имидазолинонов [7].

Наряду с гетеротрофными бактериями, значительным потенциалом в качестве агентов биоремедиации обладают фотоавтотрофные микроорганизмы – цианобактерии, применение которых представляется перспективным, так как они не только участвуют в деструкции ксенобиотиков, но способствуют восстановлению плодородия деградированных почв. В наземных биогеоценозах цианобактерии продуцируют органические вещества, участвуют в фиксации атмосферного азота, способствуют улучшению структуры почвы, механически оплетая почвенные частицы нитчатыми талломами и склеивая их слизью, могут изменять pH почвенного раствора, повышать доступность фосфора и других элементов, а также водоудерживающую способность почвы, выделяют ряд биологически активных веществ, активизирующих почвенную микрофлору и ускоряющих рост растений [8].

Некоторые цианобактерии демонстрируют высокую эффективность в детоксикации загрязнителей благодаря ферментативному расщеплению токсичных соединений специфическими ферментами, сорбции и иммобилизации поллютантов слизистыми полисахаридными чехлами. Важную роль играет и кометаболическое разложение гербицидов, происходящее как побочный процесс метаболизма микроорганизмов [9].

Изучение почвенных цианобактерий в качестве основного объекта биоремедиации почв является инновационным и перспективным направлением, так как несмотря на ключевую роль этих фотоавтотрофных организмов в поддержании почвенного плодородия, биохимических циклах и устойчивости агроценозов, их потенциал для снижения фитотоксического действия гербицидов в настоящее остается практически не изученным и обуславливает проведение подобных исследований.

## **Список использованных источников**

1. Дыдышко, С. В. Трансформация гумусного состояния дерново-палево-подзолистых суглинистых почв, развивающихся на мощных лессовидных легких суглинках под влиянием агрогенных воздействий / С. В. Дыдышко, Т. Н. Азаренок // Почвы и земельные ресурсы: совр. сост., проблемы рац-го исп. : мат-лы междунар. науч.-практ. конф., посв. 85-летию кафедры почвовед. БГУ и 80-летию со дня рожд. д-ра геогр. наук, проф. В. С. Аношко / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Д. М. Курлович (отв. ред.) – Минск : БГУ, 2018. – С. 45–48.
2. Хитров, Н. Б. Деградация почвы и почвенного покрова: понятия и подходы к получению оценок / Н. Б. Хитров // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения : тезисы док-в конф., 16–18 июня 1998 г. : Т. 1. – М., 1998. – С. 20–26.
3. Тихомирова, Е. И. Разработка методических подходов к использованию комбинированной сорбционно-биологической технологии ремедиации почв, загрязненных пестицидами / Е. И. Тихомирова, С. Э. Третьякова, В. В. Олискевич [и др.] // В сб. мат-лов I Кавказского экол. форума. – Грозный, 2013. – С. 112–114.
4. Третьякова, С. Э. Использование комбинированной сорбционно-биологической технологии для ремедиации почв, загрязненных пестицидами / С. Э. Третьякова, В. В. Олискевич [и др.] // Актуальные проблемы экологии промышленных городов: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. – Саратов, 2013. – Т. 2. – С. 167–171.
5. Бабкина, Э. И. Полигоны захоронения пестицидов как источник загрязнения окружающей среды / Э. И. Бабкина, В. А. Сурин, Д. П. Самсонов [и др.] // Природные ресурсы. Использование и охрана природных ресурсов России. – 2003. – Бюл. № 11–12. – С. 115–122.
6. Третьякова, С. Э. Создание биопрепараторов на основе штаммов-деструкторов пестицидов прометрина и паратион-метила и испытание технологии ремедиации загрязненных почв в лабораторных и полевых условиях: автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.00 / С. Э. Третьякова. – Саратов, 2013. – 24 с.
7. Степанова, Т. Л. Использование комплексного микробного препарата «Агроревитол» для очистки почвы от остаточных количеств гербицидов классов сульфонилмочевины и имидазолинонов / Т. Л. Степанова, Э. И. Коломиец [и др.] // Инновац. биот. для охраны окруж. среды: от теории к практике : мат-лы I Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–25 апр. 2024 г. / орг. ком. конф.: А. А. Шепшелев (пред.) [и др.]. – Минск : ИнМи, 2024. – С. 160–161.
8. Бачура, Ю. М. Почвенные водоросли и цианобактерии антропогенно-преобразованных почв (на примере Гомельского региона) / Ю. М. Бачура. – Чернигов : Десна Полиграф, 2016. – 148 с.
9. Баширова, М. Н. Развитие нитчатых цианобактерий в условиях загрязнения тяжелыми металлами / М. Н. Баширова, А. Р. Гальперина // Научно-метод. электр. журнал «Концепт». – 2017. – Т. 39. – С. 2086–2090. – URL: <http://e-koncept.ru/2017/970744.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2017-970744. (Дата обращения: 19.09.2025).

УДК 595.7(476)+591.5

**A. M. Островский<sup>1</sup>, O. P. Александрович<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Гомельский государственный медицинский университет, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>Поморский Университет в Слупске, Республика Польша

## **ЖУЖЕЛИЦЫ (COLEOPTERA: CARABIDAE) БЕРЕГОВ РЕКИ СОЖ**

Среди природных ландшафтов Беларуси особым богатством и разнообразием животного мира выделяются водоемы и их побережья. Они служат подходящей средой обитания для многих видов живых организмов, в том числе и жесткокрылых [1]. Изучение биоразнообразия жесткокрылых-герпетобионтов прибрежных экосистем имеет важное значение

в связи с интенсификацией процессов антропогенной трансформации естественных ландшафтов, вследствие чего одни виды уменьшают свою численность или вовсе исчезают, а другие, наоборот, получают некоторые преимущества для обитания и развития [2].

В настоящее время имеется достаточно много публикаций, связанных с изучением герпетобионтных жесткокрылых береговых сообществ реки Сож, собранных с помощью почвенных ловушек [3–10], в то время как подобные исследования, основанные на ручном сборе, ранее здесь не проводились.

Сборы жужелиц проводили с помощью эксауستера в период со 2 по 24 мая 2015 г. на 17 стационарных участках прибрежной зоны реки Сож в пределах города Гомеля: под илом и наносами на берегу под мостом в 0,5–1 м от уреза воды (№ 1); под опавшей листвой на заболоченном берегу в 0,3–0,5 м от уреза воды (№ 2); под наносами на пологом берегу в 0,2–0,3 м от уреза воды (№ 3); под стеблями растений и в траве на крутом песчаном берегу полуостровка в 0,3–0,5 м от уреза воды (№ 4); под наносами ила на крутом песчаном берегу в 0,5 м от уреза воды (№ 5); на сухом песке на песчаном берегу в 1,5 м от уреза воды (№ 6); среди выпотанной сухой растительности на берегу затоки в 0,5–1 м от уреза воды (№ 7); под илом и наносами на пологом берегу, обильно заросшем травой, в 1–1,5 м от уреза воды (№ 8); под опавшей листвой и илом на глинистом берегу в 0,5–1 м от уреза воды (№ 9); на болоте в пойме реки Сож (№ 10); под укрытием на берегу у железнодорожного моста в 2–2,5 м от уреза воды (№ 11); под лежащими на берегу ветками, среди сухой прошлогодней осоки и телореза на берегу у железнодорожного моста в 2 м от уреза воды (№ 12); под укрытием среди осоки на берегу в 2,5–3 м от уреза воды (№ 13); под камнями на крутом берегу в 1 м от уреза воды (№ 14); под укрытием на заболоченном пологом берегу, густо заросшем прибрежной растительностью, в 2–3 м от уреза воды (№ 15); на песке и среди травы на обрывистом берегу в 1–1,5 м от уреза воды (№ 16); среди осоки и под травой на заболоченном пологом берегу в 1 м от уреза воды (№ 17). Жуков выгоняли из почвы и укрытий, выплескивая воду на берег, либо легко уплотняя наносы и ил. Всего собрано 469 экземпляров жужелиц, относящихся к 53 видам (таблица 1).

Из 53 видов жужелиц, зарегистрированных на территории района исследований, 7 видов – *Bembidion azurescens*, *B. biguttatum*, *B. dentellum*, *B. varium*, *Limodromus assimilis*, *Oodes helopiooides* и *Pterostichus anthracinus* – можно отнести к часто встречающимся, что связано с наличием благоприятных экологических факторов (таблица). Различные по видовому составу и структуре населения комплексы представлены на песчаных и заболоченных берегах.

Таблица 1 – Видовой состав и численность жужелиц на берегах реки Сож

Вид	Кол-во экз.	Место поимки
1	2	3
1. <i>Acupalpus exiguus</i> (Dejean,1829)	1	8
2. <i>Acupalpus meridianus</i> (Linnaeus,1767)	1	6
3. <i>Agonum hypocrita</i> (Apfelbeck,1904)	2	9, 14
4. <i>Agonum impressum</i> (Panzer,1797)	4	13
5. <i>Agonum piceum</i> (Linnaeus,1758)	1	9
6. <i>Agonum thoreyi</i> (Dejean,1828)	1	10
7. <i>Agonum versutum</i> Sturm,1824	6	1, 8, 10
8. <i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius,1787)	6	11, 12, 15, 16
9. <i>Anthracus consputus</i> (Duftschmid,1812)	3	3, 8, 13

Продолжение таблицы 1

1	2	3
10. <i>Badister dilatatus</i> Chaudoir, 1837	1	12
11. <i>Badister lacertosus</i> Sturm, 1815	1	11
12. <i>Bembidion articulatum</i> (Panzer, 1797)	14	2, 3, 4, 5, 8, 9
13. <i>Bembidion assimile</i> Gyllenhal, 1810	13	1, 2, 7, 8, 10
14. <i>Bembidion azurescens</i> (Dalla Torre, 1877)	62	2, 4, 5, 6, 8, 14, 16
15. <i>Bembidion biguttatum</i> (Fabricius, 1779)	30	1, 2, 3, 8, 9, 10, 14, 15
16. <i>Bembidion bualei polonicum</i> J. Müller, 1930	1	16
17. <i>Bembidion dentellum</i> (Thunberg, 1787)	50	1, 2, 4, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 17
18. <i>Bembidion doris</i> (Panzer, 1797)	2	1
19. <i>Bembidion litorale</i> (Olivier, 1790)	12	4, 5, 6, 16
20. <i>Bembidion octomaculatum</i> (Goeze, 1777)	6	2, 3, 8
21. <i>Bembidion ruficolle</i> (Panzer, 1797)	2	5, 6
22. <i>Bembidion schueppelii</i> Dejean, 1831	1	15
23. <i>Bembidion semipunctatum</i> (Donovan, 1806)	3	1, 2
24. <i>Bembidion tetricolum</i> Say, 1823	16	8, 12, 14, 15
25. <i>Bembidion varium</i> (Olivier, 1795)	61	1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 16, 17
26. <i>Carabus granulatus</i> Linnaeus, 1758	2	13, 16
27. <i>Chlaenius kindermanni</i> Chaudoir, 1856	1	11
28. <i>Chlaenius nigricornis</i> (Fabricius, 1787)	2	12
29. <i>Clivina fossor</i> (Linnaeus, 1758)	2	11, 13
30. <i>Dyschirius aeneus</i> Dejean, 1825	1	8
31. <i>Dyschirius globosus</i> Herbst, 1784	1	12
32. <i>Dyschirius nitidus</i> Dejean, 1825	1	8
33. <i>Dyschirius thoracicus</i> (Rossi, 1790)	18	4, 5, 6, 14, 16
34. <i>Dyschirius tristis</i> (Stephens, 1827)	2	8
35. <i>Elaphrus riparius</i> (Linnaeus, 1758)	1	9
36. <i>Harpalus latus</i> (Linnaeus, 1758)	2	8, 10
37. <i>Harpalus rufipes</i> (Degeer, 1774)	4	12, 16
38. <i>Limodromus assimilis</i> (Paykull, 1790)	35	2, 7, 8, 9, 11, 12, 16
39. <i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius, 1775)	3	3, 15
40. <i>Odacantha melanura</i> (Linnaeus, 1767)	2	2, 17
41. <i>Omophron limbatum</i> (Fabricius, 1776)	3	6
42. <i>Oodes helopioides</i> (Fabricius, 1792)	20	1, 3, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17

Окончание таблицы 1

1	2	3
43. <i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)	8	11, 12, 13
44. <i>Pterostichus anthracinus</i> (Illiger, 1798)	27	1, 2, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16
45. <i>Pterostichus gracilis</i> (Dejean, 1828)	1	14
46. <i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	1	16
47. <i>Pterostichus minor</i> (Gyllenhal, 1827)	2	13, 15
48. <i>Pterostichus nigrita</i> (Paykull, 1790)	2	13, 14
49. <i>Pterostichus vernalis</i> (Panzer, 1796)	4	11, 12, 15
50. <i>Stenolophus mixtus</i> (Herbst, 1784)	17	1, 2, 8, 10, 11, 12
51. <i>Stenolophus skrimshiranus</i> Stephens, 1828	1	1
52. <i>Stenolophus teutonus</i> (Schrank, 1781)	3	1, 12
53. <i>Tachys micros</i> (Fischer von Waldheim, 1828)	3	8, 9

Ил и наносы на песчаных берегах способствуют более широкому мозаичному расселению болотных видов.

**Список использованных источников**

1. Сушко, Г. Г. Фауна и экология жесткокрылых (Ectognatha, Coleoptera) верховых болот Белорусского Поозерья / Г. Г. Сушко. – Витебск: Изд-во УО ВГУ им. П. М. Машерова, 2006. – 247 с.
2. Возняк, А. В. Таксономический состав герпетобионтных жесткокрылых в биотопах с различной степенью антропогенной нагрузки / А. В. Возняк, А. В. Рыжая // Зоологические чтения – 2015: матер. Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 22–24 апр. 2015 г. / ГрГУ им. Я. Купалы; редкол.: О. В. Янчуревич (отв. ред.) [и др.]. – Гродно: ГрГУ, 2015. – С. 61–63.
3. Кабышева, А. А. Оценка состояния комплексов жесткокрылых прибрежных экосистем рек Ипуть и Сож / А. А. Кабышева, Н. Г. Галиновский // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2018. – № 3 (108). – С. 35–41.
4. Галиновский, Н. Г. К изучению фауны жужелиц (Coleoptera, Carabidae) береговых сообществ р. Сож в пределах г. Гомеля / Н. Г. Галиновский // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2008. – № 5 (50). – Ч. 2. – С. 94–100.
5. Галиновский, Н. Г. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) береговых урбоценозов реки Сож (на примере г. Гомеля) / Н. Г. Галиновский // Экологический вестник. – 2009. – № 1 (7). – С. 116–124.
6. Галиновский, Н. Г. Жесткокрылые (Ectognatha, Coleoptera) прибрежных урбоценозов р. Сож / Н. Г. Галиновский // Известия ГГУ им. Ф. Скорины. – 2010. – № 3. – С. 166–172.
7. Галиновский, Н. Г. Эколо-фаунистический обзор жесткокрылых (Ectognatha, Coleoptera) прибрежных сообществ рек Сож и Ипуть в окрестностях города Гомель / Н. Г. Галиновский, А. А. Кабышева // Веснік МДПУ імя І. П. Шамякіна. – 2016. – № 2 (48). – С. 22–29.
8. Кабышева, А. А. Эколо-фаунистический обзор колеоптерокомплексов берегов рек Ипуть и Сож с различной степенью рекреационной нагрузки / А. А. Кабышева, Н. Г. Галиновский // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья: сб. докл. Междунар. науч. конф., Минск, 14–17 сент. 2016 г. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]; редкол.: В.Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Мин.: Беларуская навука, 2016. – Т. 2. – С. 400–405.

9. Галиновский, Н. Г. Жесткокрылые (Ectognatha, Coleoptera) прибрежных урбоценозов р. Сож / Н. Г. Галиновский // Веснік МДПУ імя І. П. Шамякіна. – 2010. – № 1 (26). – С. 11–16.
10. Галиновский, Н. Г. К изучению жесткокрылых (Ectognatha, Coleoptera) береговых урбоценозов реки Сож / Н. Г. Галиновский // Вестник Мордовского университета. Серия «Биологические науки». – 2009. – № 1. – С. 15–16.

УДК 597.552.5 (476)

**Ю. И. Охременко, А. В. Лещенко,  
И. А. Ермолаева, Е. С. Гайдученко**

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по биоресурсам,  
Республика Беларусь*

## **ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ СИГОВ ГРУППЫ *COREGONUS LAVARETUS* S.L. ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БЕЛАРУСИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ МИТОХОНДРИАЛЬНОЙ ДНК**

Внутривидовая систематика европейского сига *Coregonus lavaretus* s.l. чрезвычайно сложна. Этот вид образует много проходных, речных и озерных форм, различающихся между собой как морфологически, так и генетически. Благодаря широкому распространению вида (бассейн Балтийского и Северного морей, а также в бассейнах морей Северного Ледовитого океана) и высокой полиморфности в настоящее время описано множество внутривидовых форм [1]. Наличие внутривидовых форм у сига – предмет оживленной дискуссии в научном сообществе, при этом существует точка зрения, согласно которой часть форм принадлежит к одному и тому же виду и является синонимами. Так, совместный анализ митогеномов европейских сигов водоемов Европы и Телецкого озера подтверждает общее происхождение популяций восточной части Балтийского моря и водоемов Сибири [2].

До конца XIX века проходной сиг поднимался по Западной Двине, Неману и Вилии до пределов Беларуси, но уже с начала XX столетия случаев поимки в пределах нашей страны не отмечалось [3]. С 1948 года в водоемы Беларуси было выпущено более 48,8 млн. личинок и 3,9 млн. сеголетков чудского сига и ладожского сига-лудоги, главным образом, в оз. Лукохольское и Нарочь [4]. В небольшом количестве сигом зарыбляли и другие водоемы (оз. Мядель, Свирь, Дривяты, Волосо, Дрисвяты, Снуды, Струсто, Обстерно, Богино). В настоящее время сиг отмечается только в оз. Нарочь.

В связи с тем, что оз. Нарочь было зарыблено двумя подвидами сига – сигом-лудогой *C. Lavaretus ludoga* и чудским сигом *C. Lavaretus maraenoides*, причем систематический статус посадочного материала, используемого в ходе акклиматационных работ в довоенный период, неизвестен, а также существующей возможностью захода проходной формы европейского сига *C. Lavaretus lavaretus* L. в оз. Нарочь через систему рек Неман, Вилия и Нарочанка, представляется важным уточнить таксономическую принадлежность нарочанской популяции сига.

В данном исследовании проанализировано 13 последовательностей фрагмента 1 субъединицы митохондриального гена цитохром *C* оксидазы (*COX 1*) особей сига из оз. Нарочь. Для получения целевого фрагмента использовали 4 праймера VF2\_t1, FishF2\_t1, FishR2\_t1, FR1d\_t1 [5]. Секвенирование проводили с другими праймерами M13F и M13R на генетическом анализаторе 3500 Genetic Analyzer (Applied Biosystems).

Первичный анализ результатов секвенирования, редактирование и выравнивание последовательностей проводили в программе MEGA10. Филогенетическое дерево построено байесовским методом в программе BEASTX v10.5.0 и визуализировано в программе FigTree v1.44.

В ходе работы было проанализировано 59 последовательностей: 13 из них для Беларуси получены авторами статьи и 43 последовательностей *C. Lavaretus* (Европа (бассейн Северного моря), оз. Телецкое, море Лаптевых) взяты из базы данных NCBI Genbank.

Филогенетический анализ показал, что все последовательности сигов вида *C. lavaretus*, в том числе и сиги из Беларуси с высокой вероятностью образуют одну кладу, что подтверждает их общее происхождение. Однако последовательности из оз. Нарочь и из моря Лаптевых занимают базальное положение в пределах этой клады, как наиболее ранняя ветвь, отделившаяся от общего предка (рисунок 1).

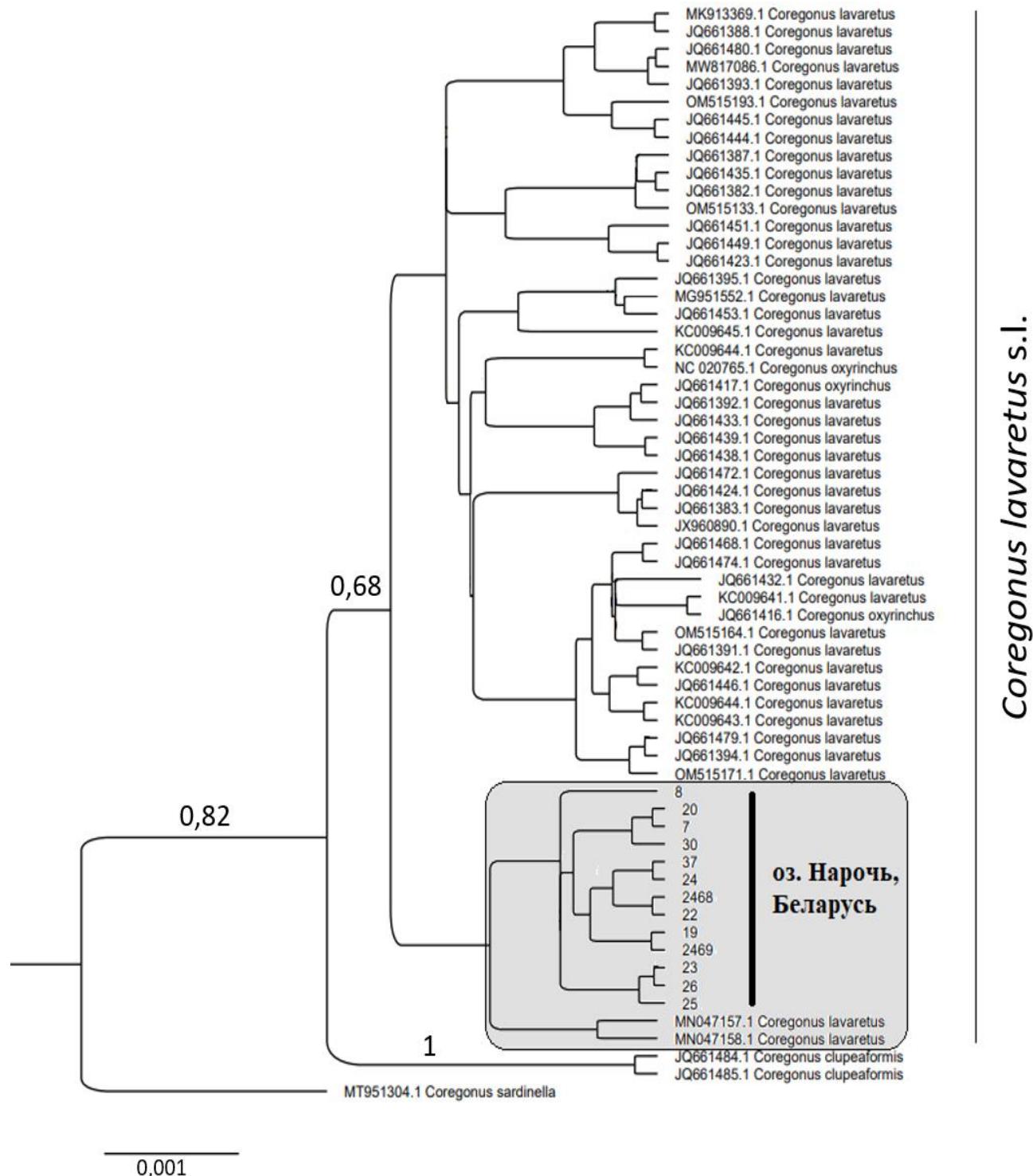


Рисунок 1 – Филогенетическое дерево вида *C. lavaretus*, полученное при помощи байесовского филогенетического анализа на основе последовательностей мтДНК. Приведены апостериорные вероятности выше 0,6. Последовательности *C. clupeaformis* и *C. sardinella* использованы в качестве внешней группы.

Полученные нами данные показали принадлежность белорусских образцов к виду *C. lavaretus*, однако для проведения филогеографического анализа и уточнения особенностей заселения сигами акваторий Беларуси необходимо полногеномное секвенирование.

Полученные результаты открывают ряд новых задач по необходимости дальнейшей таксономической ревизии и особенностей распространения сигов в водных объектах Европы. Для получения детальной картины генетического разнообразия сигов продолжаются исследования с расширением выборок и географии мест сбора материала, а также применения полногеномного секвенирования.

### Список использованных источников

1. Fricke, R. Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references / R. Fricke, W.N. Eschmeyer, R. van der Laan. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. Version 08/2025).
2. Bochkarev, N. A. Taxonomic status and origin of some ecological forms of white-fish *Coregonus lavaretus* (L.) from water bodies of Siberia / N. A. Bochkarev, I. U. Zuykova, D. V. Politov. – Russ J Genet 53, 875–884 (2017). <https://doi.org/10.1134/S1022795417080038>
3. Жуков, П. И. Рыбы Белоруссии / П. И. Жуков. – Минск: Наука и техника, 1965. – 415 с.
4. Лещенко, А. В. Морфологическая характеристика и таксономический статус сига оз. Нарочь / А. В. Лещенко. – Вопр. рыбного хозяйства Беларуси, 2001. – Вып. 17. – С. 251–257.
5. Ivanova, N. V. Universal primer cocktails for fish DNA barcoding / N. V. Ivanova [et al.]. – Molecular Ecology Notes, 2007. – 7(4), 544–548.

УДК 574.6:556.55

*A. C. Плескач*

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Республика Беларусь*

## ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БЕСПЗВОНОЧНЫХ ГИДРОБИОНТОВ В ВОДОЕМАХ ГРОДНЕНСКОГО РАЙОНА

Одна из наиболее актуальных экологических проблем 21-го века – сохранение экосистем и их биоразнообразия. Состояние биологической системы в той или иной степени характеризует воздействие на нее природных, антропогенных факторов и условий среды. Процесс самоочищения является одним из естественных механизмов реабилитации водоемов, подверженных разного рода загрязнениям. Практически все биоразнообразие гидробионтов – от первого трофического уровня (фитопланктон и высшие растения) до рыб – являются важными элементами и участниками процессов самоочищения воды. В настоящее время ученые уделяют большое внимание проблемам самоочищения водных объектов и роли в них гидробионтов [1].

Цель исследования – выявить таксономическое разнообразие животных-гидробионтов, обитающих в водоемах Гродненского района (оз. Белое, пруд в д. Суховляны).

Материалом для работы послужили собственные сборы автора, проведенные в водных объектах (пруд д. Суховляны и оз. Белое (Гродненский район), так и на прилегающей к нему территории в 2025 году.

Озеро Белое находится в составе ландшафтного заказника «Озёры». Почти вся площадь дна озера покрыта толщей сапропеля. В составе прибрежной растительности преобладают камыш, тростник, манник; реже встречаются рогоз, осока, ситняг, хвощ. На остальной части водоёма местами встречаются рдесты и элодея [2]. Пруд располагается в деревне Суховляны, Скидельского сельсовета, Гродненского района. Береговая линия ровная, берег пологий, дно песчано-илистое. Прибрежная растительность представлена – манником большим, тростником

обыкновенным, рогозом узколистным, чередой олиственной; плавающая растительность – кубышка желтая, многокоренник обыкновенный. Отмечается цветение воды. Отбор проб осуществляли в прибрежной части на глубине до 60-80 см от уреза воды. Для взятия проб использовали метод кошения зарослей макрофитов гидробиологическим сачком стандартных размеров. Для идентификации видовой принадлежности гидробионтов использовали стерео-микроскоп [3].

За период исследования нами обнаружены беспозвоночные-гидробионты, относящиеся к 5 типам – Plathelminthes (Плоские черви), Annelida (Кольчатые черви), Mollusca (Моллюски), Arthropoda (Членистоногие) и Crustacea (Ракообразные) и 9 классам – Turbellaria (Ресничные черви), Hirudinea (Пиявки), Gastropoda (Брюхоногие), Bivalvia (Двустворчатые), Insecta (Насекомые), Collembola, Malacostraca (Высшие раки), Maxillopoda, Branchiopoda (Жаброногие) (таблица 1).

Таблица 1 – Таксономический состав беспозвоночных-гидробионтов в водоемах Гродненского района

Тип	Класс	Отряд	Семейство	Вид	Кол-во особей
Plathelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	<i>Polycelisnigra</i>	<b>85</b>
Annelida	Hirudinea	Rhynchobdellae	Glossiphonidae	<i>Glossiphoniacomplanata</i>	<b>141</b>
				<i>Glossiphoniaconcolor</i>	6
				<i>Glossiphoniapaludosa</i>	5
		Arhynchobdellea	Herpobdellidae	<i>Herpobdellaoculata</i>	<b>180</b>
Mollusca	Gastropoda	Pulmonata	Lymnaeidae	<i>Lymnaea stagnalis</i>	74
			Planorbidae	<i>Planorbariuscorneus</i>	63
		Architaenioglossa	Viviparidae	<i>Planorbisplanorbis</i>	47
				<i>Viviparuscontectus</i>	14
		Littotinimorpha	Bithyniidae	<i>Viviparusviviparus</i>	29
	Bivalvia	Unionida	Unionidae	<i>Bithyniatentaculata</i>	2
				<i>Anodontacygnea</i>	37
		Sphaeriida	Sphaeriidae	<i>Unipectorum</i>	48
				<i>Sphaeriumcorneum</i>	20
				<i>Sphaeriumrivicola</i>	5
Arthropoda	Collembola	Poduramorpha	Poduridae	<i>Poduraaquatica</i>	<b>91</b>
	Insecta	Heteroptera	Nepidae	<i>Nepacinerea</i>	24
Crustacea	Malacostraca	Amphipoda	Gammaridae	<i>Gammaruslacustris</i>	<b>216</b>
		Isopoda	Asselidae	<i>Asellusaquaticus</i>	<b>200</b>
	Maxillopoda	Cyclopoida	Cyclopidae	<i>Cyclopsstrenuus</i>	24
	Branchiopoda	Diplostraca	Daphniidae	<i>Daphniapulex</i>	47
5	9	14	15	21	1358

В водоемах Гродненского района (оз. Белое и пруд в д. Суховляны) установлено обитание 21 вида беспозвоночных-гидробионтов из 5 типов (плоские и кольчатые черви, моллюски, членистоногие и ракообразные).

Массово отмечается обитание следующих видов: *Polycelisnigra* (отмечена только в оз. Белое), *Glossiphoniacomplanata*, *Herpobdellaoculata*, *Poduraaquatica* (отмечена только в оз. Белое), *Gammaruslacustris*, *Asellusaquaticus*.

#### Список использованных источников

1. Безматерных, Д. М. Водные экосистемы: состав, структура, функционирование и использование : учеб. пособие / Д. М. Безматерных. – Барнаул : Изд-во Алтайск. ун-та, 2009. – 97 с.

2. Белое (озеро, Гродненский район) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>. – Дата доступа: 25.06.2025.

3. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Гос. ком. СССР по гидрометеор. и контр. прир. среды; [сост.: В. А. Абакумова]. – Л. : Гидрометеоиздат, 1983. – 240 с.

УДК 599.323:622.276:502

**Д. В. Потапов, Н. Г. Галиновский**

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

## **СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ МИКРОМАММАЛИЙ В УСЛОВИЯХ ЭКОСИСТЕМ, СОПРЯЖЕННЫХ С ПЛОЩАДКАМИ ДОБЫЧИ НЕФТИ**

Общеизвестный факт, что обустройство и эксплуатация нефтяных скважин могут отрицательно влиять на окружающую среду через изменение состава почвы, загрязнения поверхностных и подземных вод, изменения растительного и животного мира сопряженных территорий [1].

Исследования также показали, что наличие техногенных объектов и большого количества персонала является агрессором для отдельных видов животных, вызывая их миграцию, снижая их продуктивность [2]. Постоянное присутствие большого количества людей оказывает значительное отрицательное воздействие на многих животных, и в ответ на беспокойство животные перемещаются в соседние ценозы, что может привести к обострению в них как межвидовой, так и внутривидовой конкуренции. В целом фактор беспокойства проявляется в 500-метровой зоне вокруг площадки добычи нефти [3].

Рекомендуемые компенсационные мероприятия общей направленности заключаются в проведении регулярного мониторинга состояния популяций всех групп животных на территории, затрагиваемой строительством и эксплуатацией нефтяных скважин.

В связи с этим, целью исследования явилось изучение видового разнообразия и структуры сообществ мелких млекопитающих (микромаммалий) в экосистемах, сопряженных с нефтедобычей и эксплуатацией нефтяных скважин в условиях Давыдовского нефтяного месторождения в Светлогорском районе для составления регионального реестра по фоновым видам зообиоты.

Отлов и учет микромаммалий производился в течение полевого сезона (май–сентябрь) 2024 года в условиях трех стационаров Светлогорского района, сопряженных с нефтедобычей и эксплуатацией нефтяных скважин, а также контрольного стационара. Отловы мелких млекопитающих проводились мышеловками-давилками, выставляемых линиями по 20 штук через 5 метров на каждом стационаре. Всего отработано 320 ловушко-суток на всех стационарах (по 80 ловушко-суток на каждом стационаре). Идентификация отловленных видов проводилась с использованием определительных таблиц. Показатели  $\alpha$ -разнообразия в сообществах, а также кластерный анализ были проведены с использованием программного пакета «BioDiversity Pro ver. 2.0».

За период проведения исследований были отловлены 139 особей микромаммалий, относящихся к 6 видам (таблица 1). Анализируя показатели альфа-разнообразия сообществ, представленные в таблице, можно отметить недостаточную степень сформированности и высокое сходство сообществ микромаммалий обследованных стационаров, что объясняется схожестью экологических условий на обследованных территориях (все они представлены открытыми агроэкосистемами). Индекс информационного разнообразия сообществ (индекс Шеннона) демонстрирует низкие значения (от 0,68 до 0,79 отн. ед.), что связано с небольшим числом видов в уловах. Это можно объяснить невысоким видовым разнообразием микромаммалий в условиях нашего региона.

По числу отловленных особей лидируют стационары, сопряженные со скважинами добычи нефти, что объясняется экотонными условиями на стыке сельскохозяйственного поля

и зон обваловки скважин. Невысокие показатели индекса концентрации доминирования видов (0,16–0,25) при более высоких показателях индекса выравненности видов (0,38–0,44), указывают на незначительную нарушенность микромаммалокомплексов в обследованных стационарах.

Таблица 1 – Параметры биологического разнообразия микромаммалоценозов в обследованных стационарах

Виды	Стационары				Всего особей	Плотность (ос/га)
	Скв. № 96 Давыдов- ского н. м.	Скв. № 124 Давыдов- ского н. м.	Скв. № 134 Давыдов- ского н. м.	Кон- троль		
Полевка обыкновенная ( <i>Microtus arvalis</i> Pall.)	10	8	7	5	30	3,0
Полевка рыжая лесная ( <i>Clethrionomys glareolus</i> Schreb.)	3	5	4	4	16	1,6
Мышь европейская ( <i>Apodemus sylvaticus</i> L.)	1	3	1	3	8	0,8
Мышь малая лесная ( <i>Apodemus uralensis</i> Pall.)	7	9	5	4	25	2,5
Мышь домовая ( <i>Mus musculus</i> L.)	5	1	3	2	11	1,1
Бурозубка обыкновенная ( <i>Sorex araneus</i> L.)	15	12	13	9	49	4,9
Всего особей, шт.	41	38	33	27	139	
Всего видов	6	6	6	6		
Относительное обилие, ON	51,25	47,50	41,25	33,75		
Видовое богатство, R	3,10	3,17	3,29	3,50		
Информационное разнооб- разие, H	0,68	0,71	0,76	0,79		
Концентрация доминирова- ния, D	0,25	0,22	0,19	0,16		
Выравненность по Пиелу, e	0,38	0,40	0,42	0,44		

Появление в окрестностях обследованных скважин Давыдовского нефтяного месторождения некоторого количества особей видов лесных стаций – полевки рыжей лесной, мыши малой лесной и мыши европейской, обусловлено наличием древесно-кустарниковых зарослей в окрестностях скважин; появление в уловах синантропного вида мыши домовой объясняется расположением рядом с участками скважин населённых пунктов сельского типа. Плотность отмеченных видов колеблется от 0,8 до 4,9 особей на гектар.

Полученные в ходе исследований данные по видовому составу, плотности популяций микромаммалий, обитающих в условиях нефтяных месторождений, будут включены в разрабатываемую базу данных регионального реестра зообиоты, которая будет использована при разработке природоохранных мероприятий в хозяйственной деятельности, сопряженной с нанесением возможного ущерба природной среде.

#### Список использованных источников

1. Шамраев, А. В. Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды / А. В. Шамраев, Т. С. Шорина // Вестник ОГУ. – 2009. – № 6 (100). – С. 642–645.

2. Зеркаль, О. В. Эволюция биосфера прилегающих территорий под влиянием нефтегазового комплекса / О. В. Зеркаль // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 1999. – № 6. – С. 30–32.

3. Юдкин, В. А. Изменения населения наземных позвоночных при освоении нефтяных и газовых месторождений на севере Западной Сибири / В. А. Юдкин, Л. Г. Вартапетов, В. Г. Козин // Сибирский экологический журнал. – 1996. – № 6. – С. 573–583.

УДК 504.7

*С. М. Рабчинский<sup>1</sup>, А. В. Кульша<sup>1</sup>, Е. Г. Рагойжа<sup>1</sup>,*

*А. А. Володько<sup>2</sup>, Р. А. Беньковский<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Белорусский государственный университет, Республика Беларусь,*

<sup>2</sup>*Национальный детский технопарк, Республика Беларусь*

## **ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЕ СВЯЗЫВАНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА МИКРОВОДОРОСЛЮ *CHLORELLA VULGARIS* С ЦЕЛЬЮ ОСЛАБЛЕНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ НА АТМОСФЕРУ И КЛИМАТ ЗЕМЛИ**

Настоящее исследование посвящено комплексному анализу глобального изменения климата, обусловленного антропогенными выбросами парниковых газов, с акцентом на метан ( $\text{CH}_4$ ) и диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ), а также поиску эффективных стратегий смягчения последствий данного кризиса. В Республике Беларусь климатические изменения проявляются в нарушении сезонных циклов: отсутствие весеннего паводка приводит к дисбалансу круговорота питательных элементов в почве [1].

Проведенный анализ выявил, что метан, несмотря на значительно меньшую концентрацию в атмосфере по сравнению с  $\text{CO}_2$ , представляет собой чрезвычайно мощный и динамичный фактор глобального потепления, обладая парниковым эффектом в 28–36 раз сильнее. Особую тревогу вызывает его потенциал к формированию положительных обратных связей, в частности, риск дестабилизации метангидратов в арктических шельфах и вечной мерзлоте, что может привести к резкому неконтролируемому усилению парникового эффекта [2].

Углекислый газ, в свою очередь, остается основным долгосрочным драйвером климатических изменений в силу своей исключительной стабильности в атмосфере. Современные концентрации  $\text{CO}_2$ , превысившие 430 ppm, являются беспрецедентными за последние несколько миллионов лет и продолжают расти ускоряющимися темпами, главным образом из-за сжигания ископаемого топлива [3].

В качестве путей решения энергетической составляющей проблемы рассмотрены перспективы безуглеродной энергетики. Показано, что, несмотря на развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ), они зачастую не способны обеспечить стабильную базовую нагрузку. Ядерная энергетика на основе реакции деления, обеспечивая такую нагрузку, сталкивается с проблемами безопасности, обращения с отходами и общественного восприятия. Термоядерный синтез, обладая колоссальным потенциалом (практически неограниченное топливо, нулевые выбросы  $\text{CO}_2$ , отсутствие долгоживущих радиоактивных отходов), остается технологией будущего из-за чрезвычайно сложных инженерных и физических барьеров, связанных с удержанием высокотемпературной плазмы.

В связи с этим сделан вывод о том, что одних лишь усилий по декарбонизации энергетического сектора будет недостаточно для стабилизации климата. Необходимы активные меры по удалению уже накопленного в атмосфере углекислого газа.

Основное внимание в работеделено биологическим методам связывания  $\text{CO}_2$ , в частности, использованию микроводорослей (на примере хлореллы). Теоретические расчеты и практические эксперименты подтвердили высокую эффективность фотосинтетической

фиксации углерода. Скорость поглощения углекислого газа клетками водоросли хлорелла определяли на основе регистрации фотоиндуцированного сдвига рН, описанной в методике [4], которая составила 33,8 кг СО<sub>2</sub>/м<sup>3</sup>·год. Показано, что генетически модифицированные штаммы водорослей способны в разы увеличивать скорость поглощения СО<sub>2</sub> [5]. Наиболее перспективным признано неиспользование биомассы для производства биотоплива (что возвращает углерод в атмосферу), а её долгосрочное захоронение в океанических глубинах для вывода углерода из круговорота на столетия.

В качестве идеальной природной платформы для масштабного культивирования водорослей предложено Саргассово море, обладающее уникальными характеристиками: огромная площадь, высокая прозрачность вод, благоприятный температурный режим, природная изоляция течениями и минимальное антропогенное воздействие. Теоретические расчеты демонстрируют, что даже при умеренной эффективности такая система могла бы компенсировать значительную часть современных антропогенных выбросов [6]. На основании проведенного расчета показано, что заселение Саргассова моря водорослями с коэффициентом полезного действия в половину от теоретического максимума, могло бы обеспечить поглощение углекислого газа на уровне 30 ppm в год.

Кроме того, предложена практическая реализация технологии на существующей инфраструктуре – в градирнях и брызгальных бассейнах теплоэлектростанций (ТЭЦ). Это позволило бы не только утилизировать СО<sub>2</sub> из дымовых газов, но и решить проблему охлаждения воды, создавая симбиоз технологических и природных процессов.

Таким образом, проделанная работа свидетельствует о следующем:

Климатическая угроза является комплексной и требует безотлагательных мер. Необходимо одновременное сокращение выбросов всех парниковых газов (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O) и активное удаление CO<sub>2</sub> из атмосферы.

Энергетический переход должен быть разнонаправленным. Не существует единственного «серебряной пули»; необходима комбинация ВИЭ, ядерной энергетики (деление) и перспективных разработок (термояд).

Биологическое связывание углерода с использованием микроводорослей представляет собой один из наиболее перспективных и масштабируемых методов для активной утилизации CO<sub>2</sub> из атмосферы.

Использование уникальных экосистем, подобных Саргассовому морю, и модернизация существующей промышленной инфраструктуры (ТЭЦ) являются практическими и потенциально высокоэффективными направлениями для реализации этих технологий.

Однако успех любой из предложенных стратегий зависит от дальнейших углубленных научных исследований, масштабных международных инвестиций и формирования глобальной политической воли, направленной на скоординированные действия по сохранению климатической стабильности планеты.

## Список использованных источников

1. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/Agroklimaticeskoe-zonirovanie-Respubliki-Belarus.pdf>. – Дата доступа: 01.07.2025.
2. Сценарные прогнозы на основе глобальных моделей CMIP6 для ансамбля более высокого пространственного разрешения / Климатический центр Росгидромета [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://cc.voeikovmgo.ru/ru/klimat/cmip6hr>. – Дата доступа: 01.07.2025.
3. The Keeling Curve / Scripps Institution of Oceanography [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://keelingcurve.ucsd.edu/>. – Дата доступа: 01.07.2025.
4. Физиология растений: лабораторный практикум для студентов биологического факультета [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/15046>. – Дата доступа: 01.07.2025.

5. Xu, P. Recent advances in CO<sub>2</sub> fixation by microalgae and its potential contribution to carbon neutrality / P. Xu [et al.] // Chemosphere. – 2023. – Vol. 319. – P. 137987.
6. Oxygen production-consumption of the pelagic Sargassum community in a flow-through system with arsenic additions / N. J. Blake, D. L. Johnson // Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts. – 1976. – Vol. 23, № 8. – P. 773–778.

УДК 597-19(476)

**B. K. Ризевский, A. B. Лещенко, I. A. Ермолаева**

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по биоресурсам,  
Республика Беларусь*

## ДИНАМИКА ФАУНЫ РЫБ БЕЛАРУСИ

Первые подробные исследования видового состава рыб отдельных водных объектов и/или речных бассейнов, расположенных в пределах современных границ Беларуси, были проведены в середине XIX в. Кесслером К. Ф. (1856, 1877), Коревым А. (1861), Цебриковым М. М. (1862), Бобровским П.О. (1863), Зеленским И.И. (1864), Фалеевым И.Н. (1895), Ястремским Ф. Н. (1897), Никольским А. М. (1899) и позднее продолжены такими исследователями, как Терлецкий П. (1879), Киркор А. К. (1882), Дембовецкий А. С. (1882, 1884), Гортынский Г. Н. (1884), Сабанеев Л. П. (1892), Сапунов А. П. (1893), Фалиев И. Н. (1895). В первой половине XX в. информация о видовом составе рыбного населения водных объектов Беларуси появилась в трудах Семенова П. П. (1905), Воронкова Н. В. (1907), Грацианова В. И. (1907), Зографа Ю. Н. (1907) и других (Домрачев, 1914; Емельяненко, 1914; Тарасов, 1928; Берг, 1932, 1933, 1948, 1949; Солдатов, 1938; Ляшенко, 1949). Материалы вышеперечисленных и других авторов (Амброз, 1956; Пенязь, 1957; Воронин, 1957; Костюченко, 1962) послужили основой для составления наиболее полного списка фауны рыб Беларуси, представленного доктором биологических наук, профессором П. И. Жуковым в его известном труде «Рыбы Белоруссии», изданном в 1965 г. [1].

В монографии П.И. Жукова (1965) представлены все виды рыб, обитавшие в середине XX ст. в водных объектах Беларуси. Таковых описано 49 видов. В настоящее время установлено обитание в Беларуси 65 видов рыб. Разница – 16 видов. Но не так все очевидно. Считалось, что в середине XX ст. проходные виды рыб (семга и кумжа) из-за строительства на реках плотин ГЭС уже не поднимались в пределы Беларуси [1]. Однако это не так. До настоящего времени еще имеется не зарегулированный плотинами путь миграции проходных лососей из Балтийского моря на территорию Беларуси по р. Вилия [2], которая впадает в р. Неман ниже плотины Каунасской ГЭС.

Помимо этого в 1986 г. в р. Припять впервые для фауны СССР нами был обнаружен ерш Балона [3] – аборигенный для Беларуси вид пресноводной рыбы, в 2009 г. были развеяны сомнения белорусских ихтиологов (в частности, П. И. Жукова) об обитании в Беларуси пескаря белоперого [4], и в 2009 г. впервые для Беларуси нами выявлена щиповка балтийская [4]. Таким образом, с учетом ранее не обнаруженных аборигенных видов рыб в Беларуси в середине XX ст. обитало не 49, а 53 вида рыб. Принимая во внимание, что учитываемая П. И. Жуковым [1] пелянь (с 1961 г. вселяемая в озера Беларуси для акклиматизации), не натурализовалась, следует, что с середины XX ст. к настоящему времени фауна рыб Беларуси пополнилась 13-ю неаборигенными (чужеродными) видами рыб. Из них, помимо искусственно воспроизводимых и регулярно вселяемых с 70-х годов в озера Беларуси 3-х дальневосточных растительноядных видов (толстолобик белый, толстолобик пестрый и белый амур), которые в естественных природных условиях Беларуси самостоятельно не размножаются, и североамериканского сомика канального, вселенного и самостоятельно воспроизводящегося

в антропогенно подогреваемом водоеме-охладителе Белоозерской ГРЭС, нами было выявлено 9 новых чужеродных видов рыб, самостоятельно проникших (или антропогенно перемещенных) на территорию Беларуси.

Следует отметить, что П. И. Жуков в своей книге также отмечал 4 неаборигенных вида: карась серебряный, бычок-песочник, сомик американский и форель радужная, тем или иным способом попавшие в водные объекты страны до середины XX ст. К данному списку мы добавили сазана, ранее [1] считавшегося аборигенным видом. Однако, как показали проведенные нами исследования [5], на территорию Беларуси по Днепру самостоятельно он не заходил и его также следует считать чужеродным видом. Таким образом, в настоящее время из 65 отмечаемых в Беларуси видов рыб, 18 являются чужеродными, из которых 14 видов появились в последние 70 лет.

Помимо появления в водных объектах Беларуси новых (чужеродных) видов рыб, отмечается также и исчезновение из состава ихтиофауны ряда аборигенных видов. До наших исследований таковых указывалось 4 вида: белуга, русский осетр, вырезуб и атлантический осетр [1]. К этому списку мы добавили также севрюгу, отмеченную по субфоссильным остаткам из раскопок археологических памятников [5].

В целом по динамике видового состава фауны рыб Беларуси следует отметить, что до 1900 г. за весь анализируемый период (с XVI–XV в. д. н. э., что обусловлено наиболее ранней датировкой археологического памятника, в котором были найдены исследованные нами субфоссильные остатки рыб из культурных слоев поселений человека на территории Беларуси – по настоящее время) исчез только 1 вид (севрюга) и 4 вида появились (сазан, карась серебряный, бычок-песочник и сомик американский). После 1900 г. исчезли 4 вида (белуга, осетр русский, вырезуб, осетр атлантический) и 14 видов появились.

Рассматривая изменение видового состава фауны рыб Беларуси в водоемах разных морских бассейнов, отмечаем что из бассейна Черного моря исчезло 4 вида, из бассейна Балтийского моря – 1 вид. Появились в Балтийском бассейне 11 видов, в бассейне Черного моря отмечены все 18 чужеродных видов. Таким образом, в наибольшей степени изменение видового состава фауны рыб Беларуси произошло в водотоках бассейна Черного моря. Это подтверждается коэффициентом зоогеографической целостности ZIC (Zoogeographic Integrity Coefficient – отношение числа аборигенных видов к общему количеству видов). До начала прошлого столетия данный коэффициент во всех речных бассейнах Беларуси был практически одинаковым и колебался от 0,95 до 0,96. В настоящее время он колеблется от 0,68 (бас. р. Днепр) до 0,84 (бас. р. Неман), в целом по водным объектам Беларуси составляя 0,72.

Заметной тенденцией в динамике ихтиофауны Беларуси за обозреваемый исторический период, с одной стороны, является значительное снижение доли (с 9,62 до 1,54 % всего количества видов в фауне) осетровых видов рыб, с другой, появление и сопоставимое увеличение доли (с 0,0 до 7,69 %) бычковых.

В целом, вторая половина XX ст. характеризуется резким возрастанием видового состава рыб водных объектов Беларуси. Бурное увеличение числа видов рыб произошло в 70-х годах прошлого столетия за счет вселения ценных в промысловом отношении видов, завезенных человеком на территорию страны из различных географических регионов с целью их акклиматизации и увеличения выхода рыбопродукции из водоемов; следующее, отмечаемое после 90-х годов – за счет проникновения по Днепру самостоятельно расширяющихся ареал ponto-каспийских видов.

### Список использованных источников

1. Жуков П. И. Рыбы Белоруссии. – Минск: Наука и техника, 1965. – 414 с.
2. Ермолаев В. В. Плюта М. В. Ризевский В. К. Проходные лососевые рыбы Беларуси // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. 2005. Т. 21. – С. 217–223.
3. Шевцова, Т. М., Куницкий Д. Ф., Ризевский В. К., Серов В. Г., Плюта М. В. Новый для ихтиофауны СССР вид: ерш Балона (*Gymnocephalus baloni* Holčík et Hensel 1974) // Доклады Академии наук БССР. 1986. Т. XXX, № 10. – С. 954–955.

4. Ризевский, В. К., Плюта М. В., Лещенко А. В., Ермолаева И. А., Новик И. В. Новые виды рыб в фауне Беларуси // Доклады НАН Беларуси. 2009. Т. 53, № 3. – С. 95–97.
5. Ризевский, В. К., Зубей А. В. Изменение видового состава ихтиофауны естественных водоемов и водотоков Беларуси // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. 2007. Вып. 23. – С. 170–186.

УДК 591.9:599.32:521.525

*A. A. Саварин, Л. А. Левицунова*

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

## **К МЕТОДИКЕ ПОИСКА РЕДКИХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ МИКРОТЕРИОФАУНЫ (НА ПРИМЕРЕ ХОМЯКА ОБЫКНОВЕННОГО *CRICETUS CRICETUS*)**

В V редакцию Красной книги Республики Беларусь занесено 15 видов мелких млекопитающих, из которых: 6 – представители отряда Грызуны и 9 – отряда Рукоокрылые [1]. Один из наименее изученных и редких видов этого списка – хомяк обыкновенный (*Cricetus cricetus*) (I категория национальной природоохранной значимости).

Достоверные сведения по распространению грызуна на территории страны в настоящее время отсутствуют. Последнее обнаружение зверька – в 2022 г. около агрогородка Иваки в Добрушском районе Гомельской области.

Традиционные методы поимки мелких млекопитающих (ловушки Горо и почвенные ловушки) в данном случае не допустимы, так как их использование приводит к гибели зверьков. Поэтому способы обнаружения редкого вида должны соответствовать не только правовым нормам, но и экологической этике. Анализ ряда литературных источников [2, 3 и др.] и проведенные собственные исследования дают основания полагать, что наиболее эффективными методами выявления мест обитаний хомяка могут быть (расположены в логической последовательности их применения):

- поиск наиболее подходящих биотопов вблизи территорий, на которых ранее обитал грызун. Неблагоприятные факторы для его поселения: монокультуры, глубокая вспашка (до 30 см). Глубокая вспашка не просто разрушает норы хомяка, но и привлекает многочисленных белых аистов. Как известно, аисты питаются различными группами беспозвоночных и позвоночных животных, в том числе и мелкими млекопитающими. Есть факты и поедания аистом хомяков [4]. Поселению грызуна благоприятствуют посевы бобовых растений (клевер, люцерна), разнотравный луг;

- опрос местных жителей и работников сельского хозяйства. В большинстве случаев сельчане хорошо представляют внешний вид хомяка. Грызун может поселяться по обочинам полевых дорог, в садах и погребах, в непосредственной близости от деревянных построек и даже внутри них;

- визуальное наблюдение с использованием биноклей. Этот метод наиболее применим весной или осенью (на начальных этапах вегетации и после уборки сельскохозяйственных культур на полях);

- анализ нор мелких млекопитающих на поле. Это трудоемкий процесс, требующий значительного временного ресурса и опыта. Следует уточнить, что вход в нору может быть довольно узким – около 35 мм [5]. Однако нора всегда – глубокая, разветвленная;

- разбор погадок хищных птиц (сов), обитающих вблизи предполагаемого места обитания хомяка. Совы (например, ушастая сова, серая неясность) способны поселяться в заброшенных деревянных постройках и фермах в деревнях. Совы в той или иной степени оказывают трофическое воздействие на всех мелких млекопитающих. Поэтому этот метод дает возможность обнаружить тех представителей микротериофауны, которые «избегали» попадания в ловушки [6].

Необходимо заметить, что в поиске мест обитаний хомяка важную роль могут сыграть инициативные студенты биологических и экологических специальностей. Даже однодневные выезды в поле под руководством преподавателя – эффективный метод активизации познавательной и научной деятельности студентов. Такие поездки будут способствовать не только усвоению теоретических знаний по биоразнообразию и охране окружающей среды, но и получению практических навыков и аналитическому мышлению, которые необходимы будущим магистрантам и аспирантам.

В течение 2024–2025 гг. нами осуществлены три поездки в Добрушский район, в результате которых обследовано около 1 км<sup>2</sup> сельскохозяйственных угодий (с анализом нор мелких млекопитающих (рисунок 1), сбором определенного количества погадок, экскрементов лисицы и др.).



Рисунок 1 – Исследование нор мелких млекопитающих

Ход и результаты этих полевых выездов будут освещены в отдельной публикации. Запланирована новая научная экспедиция.

#### **Список использованных источников**

1. О редких и находящихся под угрозой исчезновения видах диких животных и дико-растущих растений, включаемых в Красную книгу Республики Беларусь: постановление М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 14 марта 2025 г. № 10 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22543109> (дата обращения: 25.08.2025).

2. Прокопчук, В. В. Современное состояние популяции хомяка обыкновенного (*Cricetus cricetus* L., 1758) на территории Республики Беларусь / В. В. Прокопчук, А. А. Сербун // Экологическая культура и охрана окружающей среды: III Дорофеевские чтения: материалы Международ. науч.-практ. конф., Витебск, 28–29 окт. 2020 г. – Витебск: ВГУ имени П. М. Машерова, 2020. – С. 216–219.

3. От агрофила к синурбисту: как обыкновенный хомяк (*Cricetus cricetus*) осваивает городскую среду / А. В. Суров [и др.] // Зоологический журнал. – 2023. – №. 4. – С. 453–465.

4. Добривода, І. Популяційна динаміка та розподіл за біотопами хом’яка (*Cricetus cricetus*) у Медоборах (Поділля) Побужжя / І. Добривода // Theriologia Ukrainica. – 2022. – Vol. 24. – С. 142–150.

5. Marciszak, A. Aktualne stanowiska chomika europejskiego *Cricetus cricetus* (Linnaeus, 1758) w powiecie jaworskim na tle historii występowania gatunku na Dolnym Śląsku / A. Marciszak, W. Gornig, A. Kropczyk // Przyroda Sudetów. – 2023. – T. 25. – S. 191–204.
6. Savarin, A. Small mammals in the diet of long-eared owl (*Asio otus*) in the southwest of Belarus / A. Savarin, D. Kitel // Theriologia Ukrainica. – 2020. – № 19. – P. 130–137.

УДК 597.211(476)

*A. С. Сергиеевич<sup>1</sup>, Е. С. Гайдученко<sup>2</sup>  
A. О. Звездин,<sup>2</sup> А. В. Колотей*

*Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, Республика Беларусь,  
Институт проблем экологии и эволюции А. Н. Северцова РАН, Российская Федерация*

## **ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СТАТУС МИНОГ РОДА *LAMPETRA* В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА (БЕЛАРУСЬ)**

В Беларуси зарегистрировано три вида миног – речная *Lampetra fluviatilis*, ручьевая *Lampetra planeri* и украинская минога *Eudontomyzon mariae*. Последние исследования распространения и видового состава популяций миног проводились П. И. Жуковым в 1953–1961 годах. Считается, что на территории Беларуси ручьевая минога *L. planeri* встречается в бассейнах рек Западный Буг, Неман, Западная Двина и Ловать, тогда как речная минога *L. fluviatilis* встречается только в Западная Двина и в реке Неман. П.И. Жуков разделял речную и ручьевую миногу на два самостоятельных вида [1, с. 42], однако, по данным современных молекуллярно-генетических исследований *L. fluviatilis* и *L. planeri* являются соответственно анадромной и резидентной жизненными формами одного вида – речной миноги [2].

Выбор района исследований обусловлен наличием на реке Западная Двина каскада из пяти гидроэлектростанций: Рижской, Кегумской, Плявиньской, Полоцкой и Витебской. Ключевым фактором выбора точки проведения отловов является невозможность прохождения анадромных миног через плотины ГЭС [3, с. 140]. На основании данной информации можно утверждать, что в большей части бассейна реки Западная Двина анадромная форма миноги не встречается.

Отбор материала проводили в реке Бикложа, устье которой располагается между Полоцкой и Витебской ГЭС. С одной точки в нижнем течении реки было отловлено 4 личинки миноги.

Для выделения ДНК использовали коммерческий набор «Нуклеосорб» (Праймтех, Беларусь). Получение целевого фрагмента гена первой субъединицы цитохромоксидазы 1 (COI) проводили с использованием праймеров, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Последовательности праймеров, использованных работе

Название праймера	Последовательность праймера	Количество нуклеотидов в праймере
COI_F1[4]	TGATTTTTGGTCACCCAGAAAG	22
COI_2R[4]	AAGAGGAGGAGGAGACCCAA	20

Настоящее исследование было направлено на уточнение видовой принадлежности миног, обитающих в бассейне реки Западная Двина. Полученные нуклеотидные последовательности длиной 652 нуклеотида сравнивали с последовательностями аналогичного гена миног видов *Lampetra alavarensis*, *Lampetra planeri* и *Lampetra fluviatilis* доступными в базе данных NCBI Genbank.

Для построения филогенетического дерева были отобраны 26 образцов анадромных и резидентных форм миног из базы данных NCBI Genbank, 4 нуклеотидные последовательности миног из реки Бикложа и 1 последовательность *Petromyzon marinus*, использованная для укоренения дерева.

Образцы, полученные в ходе настоящего исследования, при построении филогенетического дерева попали в одну кладу (рисунок 1) вместе с последовательностями *L. planeri* и *L. fluviatilis* из Великобритании, Германии, Ирландии, Испании, Латвии, Литвы, Португалии, Российской Федерации, Франции, Швейцарии и Швеции. Следует отметить, что образцы из России, Португалии и Франции были отловлены в реках в непосредственной близости к морю или в акватории моря, то есть данные миноги являются анадромными представителями *L. fluviatilis*.

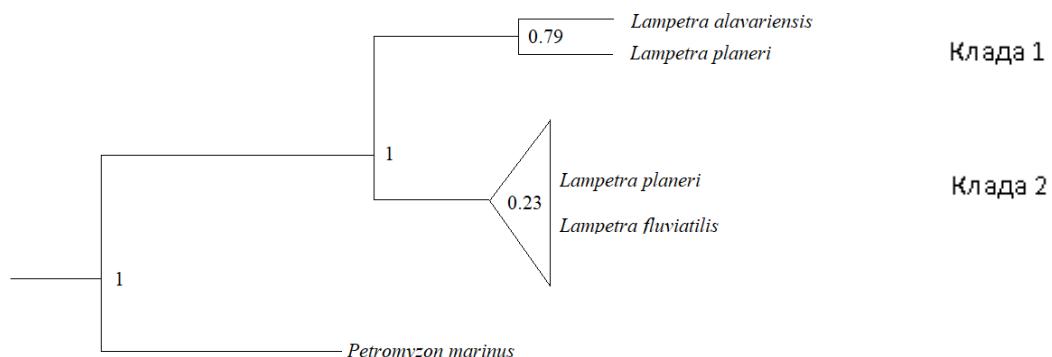


Рисунок 1 – Филогенетическое дерево рода *Lampetra* участка гена COI, построенное байесовским методом. В узлах указаны значения апостериорной вероятности

В другую кладу попали две нуклеотидные последовательности *L. alavariensis* и *L. planeri* из Португалии.

Для анализа филогенетического дерева использовался параметр апостериорной вероятности, где значение от 1 до 0.95 является высоким показателем эволюционного разделения видов, значения от 0.94 до 0.7 – показатель невысокого шанса эволюционного расхождения, в то время как значения ниже 0.7 свидетельствуют о минимальном шансе. Как можно видеть, значение апостериорной вероятности между *L. fluviatilis* и *L. planeri* внутри клады составляет всего 0.23, что указывает на то, что эволюционного расхождения между ними нет.

Исходя из результатов анализа филогенетического дерева, а также того факта, что в реке Бикложа не может быть анадромной миноги *L. fluviatilis*, можно утверждать, что на территории Беларуси в бассейне р. Западная Двина обитает резидентная форма речной миноги *L. fluviatilis*. Полученные данные хорошо согласуются с точкой зрения А. А. Махрова и И. Ю. Попова о необходимости пересмотра таксономического статуса речной и ручьевой миног с дальнейшим отнесением их к разным жизненным формам одного вида – речная минога [2].

На следующем этапе исследований планируется проведение сравнительного анализа нуклеотидных последовательностей анадромной формы миноги (бассейн реки Вилия) и резидентной формы, распространенной по всей территории Беларуси.

#### Список использованных источников

1. Жуков, П. И. Рыбы Белоруссии / П. И. Жуков. – Минск : Наука и техника, 1965. – 415 с.
2. Махров, А. А. Жизненные формы миног (Petromyzontidae) как проявление внутривидового разнообразия онтогенеза / А. А. Махров, И. Ю. Попов // Онтогенез. – 2015. – Т. 46, № 4. – С. 240–251.

3. Красная книга Республики Беларусь. Животные : редкие и находящиеся под угрозой виды диких животных / ред. И.М. Качановский, М.Е. Никифоров, В.И. Парфёнов. – Минск: Бел. Энц. ім. П. Броўкі, 2015. – 320 с.

4. Pereira, A. M. Putting European lampreys into perspective: A global-scale multilocus phylogeny with a proposal for a generic structure of the Petromyzontidae / A. M. Pereira, [et al.] // Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research. – 2021. – № 59. – С. 1982–1993.

УДК 597.5

*A. B. Сосна, E. C. Гайдученко*

*Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, Республика Беларусь*

## **ЛИНЕЙНЫЙ РОСТ ПЛОТВЫ *RUTILUS RUTILUS* (LINNAEUS, 1758) В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ БЕЛАРУСИ**

В водных объектах Беларуси одним из наиболее распространенных видов рыб является плотва обыкновенная *Rutilus rutilus*. Встречается во всех крупных и средних реках, водохранилищах, пойменных водоемах и многих озерах, различающихся по величине, гидрологическому и гидрохимическому режиму. Почти везде она является одним из самых многочисленных видов, во многом определяя биологические параметры и структурные особенности ихтиоценоза водных объектов. Плотва встречается по всей Европе к востоку от Южной Англии и Пиренеев и к северу от Альп; в реках и озерах Сибири, в бассейнах Каспийского и Аральского морей. Ареал плотвы непрерывен.

Плотва обыкновенная характеризуется значительным многообразием форм. Выделяют до 13 подвидов, но критерии выделения нечеткие. Некоторые исследователи спорят о выделении подвидов, другие, напротив, выделяют некоторые из них как отдельные виды. Так, еще Жуков П.И. (1965) писал о повсеместном распространении двух форм плотвы: высокотелая (*morphe elata*) и низкотелая (*morphe elongatha*) [1, с. 161]. Цель – нашей работы: анализ размерно-возрастных показателей (линейные размеры, масса и возрастной состав) плотвы обыкновенной, обитающей в водных объектах Беларуси.

Материалом для работы послужили сборы 39 особей плотвы, отловленные в период с апреля по июль 2025 гг. в р. Припять и оз. Володькино (суббассейн р. Сож) бассейна Черного моря. Обработку материала проводили в лабораторных условиях по общепринятой методике измерения карповых рыб [2, с. 33]. Возраст определялся по чешуе [3, с 28]. Упитанность рассчитывалась по формуле Фультона [2, с. 219]. Данные обрабатывали в программе Statistica 10.0.

В уловах встречаются особи от 4 до 8 лет, размеры которых варьируют от 156,00 до 289,00 мм длины и от 41,00 до 295,00 г массы соответственно. Данные размерно-возрастных показателей плоты р. Припять и оз. Володькино представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Размерно-возрастные показатели плотвы в водных объектах Беларуси

Возраст	Размерно-возрастная характеристика плотвы оз. Володькино (21 экз.)		Размерно-возрастная характеристика плотвы р. Припять (18 экз.)		Коэффициент упитанности по Фультону
	Длина, мм	Масса, г	Длина, мм	Масса, г	
	$\underline{\lim}_{M \pm m}$	$\underline{\lim}_{M \pm m}$	$\underline{\lim}_{M \pm m}$	$\underline{\lim}_{M \pm m}$	
1	2	3	4	5	6
4+	–	–	$156,00\text{--}169,00$ $164,75\pm3,06$	$41,00\text{--}70,00$ $52,83\pm4,11$	$0,00$ $1,11$

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
5+*	<u>223,00</u> <u>227,00</u> 224,75±1,03	<u>126,00–150,00</u> 137,50±4,97	<u>164,00–180,00</u> 174,00±1,68	<u>42,00–74,00</u> 56,50±3,07	<u>1,21</u> 1,07
6+*	<u>223,00</u> <u>236,00</u> 230,00±2,74	<u>145,00–164,00</u> 156,25±4,19	<u>189,00–216,00</u> 199,67±8,29	<u>61,00</u> <u>147,00</u> 93,33±4,72	<u>1,29</u> 1,12
7+	<u>241,00</u> <u>259,00</u> 248,00±1,91	<u>173,00–206,00</u> 190,38±4,05	—	—	<u>1,25</u> 0,00
8+	<u>261,00</u> <u>289,00</u> 273,80±6,37	<u>210,00–295,00</u> 249,80±15,04	—	—	<u>1,21</u> 0,00

Примечание: \* статистически значимые различия между выборками

Размеры плотвы в разных водных объектах Беларуси значительно варьируют. Согласно полученным данным плотва р. Припять, по границам классов роста плотвы в водных объектах Беларуси [4, с. 198], характеризуется быстрым ростом. При этом, обыкновенная плотва оз. Володькино отличается наибольшей скоростью роста, достигая больших размеров на одинаковых этапах жизни, что и особи из р. Припять.

Сравнительные данные по линейному росту плотвы в водных объектах Беларуси показаны на рисунке 1.

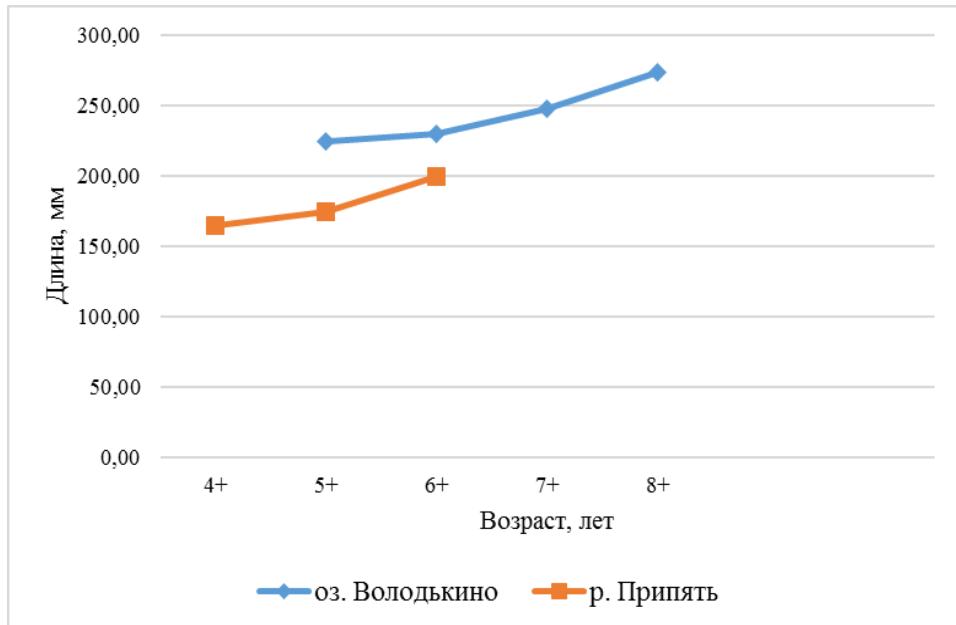


Рисунок 1 – Линейный рост плотвы р. Припять и оз. Володькино

Коэффициенты упитанности по Фультону у плотвы р. Припять (0,80–1,46) и оз. Володькино (1,12–1,48). Особи возрастов (для которых имеются средние значения) 5+ и 6+ в Володькино имеют более высокий коэффициент упитанности по Фультону по сравнению с особями р. Припять, что может свидетельствовать о лучших условиях питания или среды обитания в Володькино для этих возрастов. Несмотря на то, что масса и длина у особей, обитающих в оз. Володькино больше, упитанность у рыб сопоставима, что говорит о пропорциональном росте массы с длиной.

## Список использованных источников

1. Жуков, П. И. Рыбы Белоруссии / П. И. Жуков // Наука и техника. – 1965. – № 5. – С. 157–170.
2. Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб / И. Ф. Правдин. – М. : Пищевая промышленность, 1966. – С. 33.
3. Чугунова, Н. И. Руководство по изучению рыб / Н. И. Чугунова // Метод. пособие по ихтиологии / Акад. наук СССР. Отд-ние биол. наук. Ихиол. комис. Ин-т морфологии животных им. А. Н. Северцова. – Москва : Изд-во Акад. наук СССР, 1959. – С. 27–28.
4. Ризевский, В. К., Лещенко А. В., Гайдученко Е. С., Куницкий Д. Ф. Линейный рост плотвы *Rutilus rutilus* водных объектов Беларуси // Проблемы оценки, мониторинга и сохранения биоразнообразия [Электронный ресурс] : электрон. сб. материалов V Респ. науч.-практ. эколог. конф., Брест, 23 ноября 2023 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: Н. М. Матусевич [и др.]. – Брест : БрГУ, 2023 – С. 196–198.

УДК 575:582.29

*Д. А. Теребиленко*

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

### **ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЛИШАЙНИКА *PARMELIA SULCATA TAYLOR***

Изучение генетической структуры и популяционной динамики вида служит основой для исследования таких экологических и эволюционных процессов, как видообразование, миграция и вымирание. Эти данные критически важны, так как они позволяют разрабатывать меры по сохранению видов и выявлять популяции, нуждающиеся в мониторинге. Генетическая изменчивость как между популяциями лишайников, так и внутри них, а также возможные закономерности (например, пространственные, экологические) этой изменчивости изучены недостаточно [1]. В то же время широко распространенные виды часто остаются без внимания.

Лишайник *Parmelia sulcata* представляет собой удобную модель для подобных исследований. Его повсеместная встречаемость позволяет изучать закономерности генетической изменчивости на различных пространственных масштабах и в разных экологических условиях.

Целью настоящей работы является обзор и анализ ключевых особенностей, методов и сложностей, возникающих при изучении генетической структуры *Parmelia sulcata*.

*Parmelia sulcata* – это листоватый лишайник семейства Parmeliaceae. Он встречается на всех континентах, но в основном приурочен к умеренным и полярным зонам. *Parmelia sulcata* впервые был описан Томасом Тэйлором в 1836 году. Слоевище лишайника розетковидное или чаще неопределенной формы, плотно прилегающее к субстрату, до 20 см в диаметре. Лопасти 3–4 мм шириной и 5–20 мм длиной, короткие, часто налегающие краями друг на друга, на концах тупые. Верхняя сторона слоевища голубовато-серая или пепельно-серая, сетчато-морщинистая [2]. Химический состав включает такие вторичные метаболиты, как атранорин, консалациновую и салациновую кислоты [3].

Изучение генетической структуры лишайников связано с рядом особенностей, определяемых их симбиотической природой. Ключевой сложностью является необходимость дифференцированного анализа геномов симбионтов – микобиона и фотобиона, что требует применения специальных молекулярных методов и подходов. Эти особенности накладывают отпечаток на все этапы исследования: от сбора материала и выделения ДНК до интерпретации полученных генетических данных [4].

Выделение качественной ДНК из талломов лишайников, в частности из *Parmelia sulcata*, сопряжено со значительными трудностями из-за высокого содержания полисахаридов

и вторичных метаболитов (лишайниковых кислот), выступающих в качестве мощных ингибиторов последующих ПЦР-реакций. Для преодоления этой проблемы в исследованиях применяется модифицированный СТАВ-метод по протоколу Cubero et al. (1999) с дополнительной очисткой полученных препаратов [5, 6].

Не менее важен выбор адекватных генетических маркеров, где необходимо оценивать преимущества и недостатки различных систем, таких как ядерные ITS-регионы, микросателлиты (SSR) или однонуклеотидный полиморфизм (SNP), с точки зрения их разрешающей способности для изучения внутривидовой изменчивости именно у данного вида.

Интерпретация данных осложняется смешанной репродуктивной стратегией *P. sulcata*, сочетающей вегетативное (соредии, изидии) и половое размножение, что приводит к формированию в популяциях сложной смеси клонов и генетически уникальных особей и требует применения специальных методов анализа для их различия. Стандартные популяционно-генетические методы, реализованные в таких программах, как STRUCTURE или Arlequin, без предварительного выявления и учёта клонов могут давать существенно искажённые оценки генетического разнообразия и уровня дифференциации между популяциями. Поэтому необходимым этапом становится применение специализированных методов, позволяющих идентифицировать многолокусные генотипы (MLGs) и оценивать степень клональности, например, с использованием пакета poppr в среде R [4, 7].

Кроме того, при планировании исследования остро встает проблема репрезентативности выборки, поскольку сбор материала должен быть стандартизирован с учетом не только географической удаленности, но и типа субстрата, высоты произрастания. *Parmelia sulcata* демонстрирует неравномерное распределение по разным породам деревьев, что связано с различиями pH, текстуры и химического состава коры [8]. Разный тип субстрата может приводить к явлению изоляции средой (isolation by environment). В этом случае особи лишайника, растущие на одном виде дерева в географически удаленных точках, могут оказаться генетически ближе друг к другу, чем к особям, растущим на другом виде дерева в той же локации. Сбор образцов без учета этого фактора рискует привести к артефакту, когда выявленная генетическая дифференциация будет отражать не исторические или географические барьеры, а предпочтения к субстрату.

Наконец, поскольку *P. sulcata* является классическим биоиндикатором, возникает методологическая задача корректного разделения влияния на генетическую структуру естественных эволюционных процессов (поток генов, дрейф) и собственно антропогенных факторов (загрязнения, фрагментации местообитаний) [9].

Таким образом, учет всего комплекса перечисленных особенностей на всех этапах работы – от сбора образцов до биоинформационического анализа – является критически важным для получения достоверных и репрезентативных результатов.

### Список использованных источников

1. Lindblom, L., New evidence corroborates population differentiation in *Xanthoria parietina* / L. Lindblom, S. Ekman // The Lichenologist. – 2007. – Vol. 39, iss. 3. – P. 259–271.
2. Цуриков, А.Г. Листовые и кустистые городские лишайники: атлас-определитель / А. Г. Цуриков, О. М. Храмченкова. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2009. – 123 с.
3. Tsurykau, A. The lichen genus *Parmelia* (Parmeliaceae, Ascomycota) in Belarus / A. Tsurykau, P. Bely, V. Golubkov, E. Persson, A. Thell // Herzogia. – 2019. – Vol. 32, iss. 2. – P. 375–384.
4. Werth, S. Population genetics of lichen-forming fungi – A review / S. Werth // The Lichenologist. – 2010. – Vol. 42, iss. 5. – P. 499–519.
5. Cubero, O. DNA extraction and PCR amplification method suitable for fresh, herbarium-stored, lichenized, and other fungi / O. Cubero, A. Crespo, J. Fatehi, P. Bridge // Plant Systematics and Evolution. – 1999. – Vol. 216, iss. 3–4. – P. 243–249.

6. Armaleo, D. Lichen DNA extraction and amplification: old recipes and new approaches / D. Armaleo, P. Clerc, S. May // Lichenologist. – 2019. – 51(6), – P. 511–523.
7. Arnaud-Haond, S. Genclone: a computer program to analyse genotypic data, test for clonality and describe spatial clonal organization / S. Arnaud-Haond, K. Belkhir // Molecular Ecology Notes. – 2006. – Vol. 7, № 1. – P. 15–17.
8. Жизнь растений. В 6 т. / ред.: М.М. Голлербах [и др.] – М.: Просвещение, 1974, – Т.3: Водоросли. Лишайники. – 487 с.
9. Романчук, А. Ю. Биоиндикация как метод оценки загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных территорий (на примере города Калининграда) / А. Ю. Романчук, Г. М. Баринова, Э.А. Бикташева, И.Р. Рагулина // Успехи современного естествознания. – 2024. – № 6. – С. 34–40.

УДК 612.062

**B. B. Ульянова, E. M. Курак**

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

## **ВЛИЯНИЯ СТАТИЧЕСКОЙ И ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ЧАСТОТУ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ У СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЁЖИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА**

Физическая нагрузка – это самый мощный фактор, который влияет на сердечно-сосудистую систему. Изучение реакций сердечно-сосудистой системы на значительную физическую нагрузку ведётся давно, однако со временем меняются методические подходы и методы. Особый интерес представляют исследования влияния на работу сердца статической и динамической нагрузок [1].

Цель: сравнить влияния статической и динамической физической нагрузки на показатели ЧСС у студентов биологического факультета.

В исследовании приняли участие 50 студентов УО ГГУ имени Франциска Скорины в возрасте 18–22 лет. В качестве динамической нагрузки использовался гарвардский степ-тест. Статическая нагрузка заключалась в удержании 2-х гирь массой по 1 кг на вытянутых вверх руках в положении лёжа в течение 1 минуты (не приводящей к акту натуживания). ЧСС у студентов определялась в состоянии покоя, а также после статической и после динамической нагрузок

Для подробного сравнения влияний статической и динамической нагрузок на показатели ЧСС был построен график, отражающий изменения индивидуальных параметров частоты сердечных сокращений у каждого студента до и после нагрузок (рисунок 1).

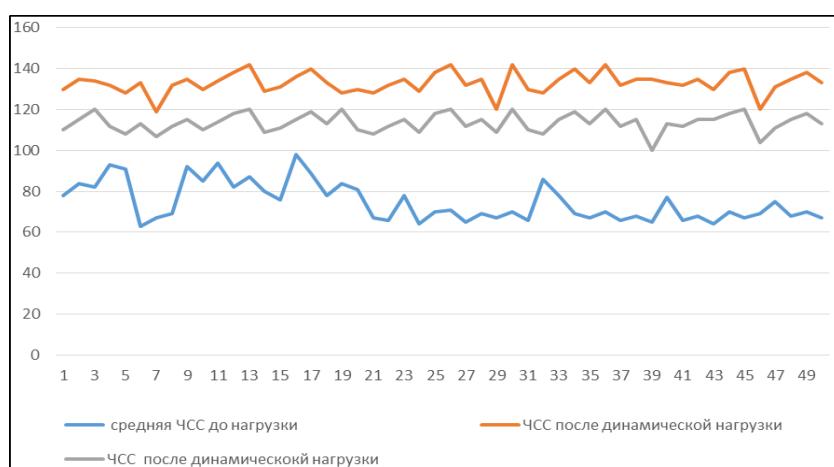


Рисунок 1 – Сравнение показателей ЧСС до и после нагрузок

Из рисунка видно, что ЧСС до нагрузки варьировала от 62 до 98 ударов в минуту. После выполнения статической нагрузки ЧСС у всех студентов увеличилась по сравнению с первоначальной и составила 99–121 удар в минуту. Значения ЧСС после выполнения динамической нагрузки (119–142 удара в минуту) превышали и показатели в состоянии покоя, и показатели, полученные после статической нагрузки.

Таким образом, динамическая нагрузка оказала влияние на частоту сердечных сокращений сильнее чем статическая. Это можно объяснить тем, что рабочие мышцы требуют больше кислорода, поэтому сердце ускоряет перекачку крови, в то же время сосуды расширяются, и кровь быстрее циркулирует [2].

Для статистического анализа полученных результатов использовали однофакторный непараметрический тест Краскела-Уолиса [3]. Результаты этого теста достоверно показали наличия влияний статической и динамической нагрузки на ЧСС (рисунок 2).

Kruskal-Wallis test for equal medians	
$H(ch2)$ :	131,7
$H_c$ (tie corrected):	131,8
$p$ (same):	2,37E-29
There is a significant difference between sample medians	

Рисунок 2 – Результаты непараметрического анализа Краскела-Уолиса влияния статической и динамической нагрузки на ЧСС

Результаты анализа говорят о достоверном влиянии фактора на признак, о чем свидетельствует значение уровня значимости ( $p = 2,37E-29$ ).

Далее был проведён тест Манна-Уитни на наличие различий между выборками (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты непараметрического парного теста Манна – Уитни по оценке влияния статической и динамической нагрузки на ЧСС

Параметры ЧСС	До нагрузки	После динамической нагрузки	После статической нагрузки
до нагрузки		6,564E-18	6,547E-18
после динамической нагрузки	6,564E-18		1,516E-17
после статической нагрузки	6,547E-18	1,516E-17	

Результаты непараметрического парного теста Манна-Уитни на основании коэффициента  $r$  показали достоверные различия в значениях ЧСС, полученных после динамической и статической нагрузок, так как все коэффициенты меньше 0,005. Таким образом, установлено, что после выполнения нагрузок частота сердечных сокращений у студентов увеличивается, причем динамическая нагрузка вызывает более существенные изменения ЧСС студентов, что подтверждается статистическим анализом.

### Список использованных источников

1. Савицкий, Н. Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики / Н. Н. Савицкий. – М.: Медицина, 1974. – 420 с.
2. Утомление человека при статической и динамической физической нагрузке и механизмы адаптации / Н. А. Фудин [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. – 2015. – № 1 (4), С. 2–5.
3. Введение в системную биологию : практическое пособие / Н. Г. Галиновский, С. А. Зятьков. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2024. – 47 с.

**В. В. Филипович, Т. П. Марчик**

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Республика Беларусь*

## **ПОЛИМОРФИЗМ МЕЛАНИЗИРОВАННОЙ ОКРАСКИ РАКОВИН СЕРАЕА NEMORALIS (LINNAEUS, 1758) В УБРОЭКОСИСТЕМАХ ГОРОДА ГРОДНО С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

Высокая урбанизация и сопутствующая антропогенная нагрузка приводят к критической деградации городских экосистем, проявляющейся в загрязнении почв тяжёлыми металлами, разрушении биоценотических связей и снижении биоразнообразия. В этих условиях наземные брюхоногие моллюски становятся значимым инструментом для экологической диагностики, позволяя оценивать последствия антропогенного прессинга через изменения в популяционной структуре, морфологических свойствах и аккумуляцию токсикантов.

Успешное освоение разнообразных биотопов стало возможным благодаря морфологическим адаптациям, среди которых центральное место занимает раковина. Ее строение – не просто таксономический признак, а комплексное приспособление, обеспечивающее выживание в наземной среде. Поэтому раковина является одним из ключевых признаков, использующихся в таксономии и популяционной биологии большинства наземных моллюсков. Фоновая окраска раковин чаще представлена монотонными коричневыми, желтыми или розовыми цветами. Помимо нее, на поверхности раковины могут наблюдаться спиральные ленты или пигментированные пятна, которые могут формировать специфический и уникальный, для каждого моллюска рисунок раковины [1, 2].

В данной работе была проведена оценка фенотипической изменчивости (рисуночно-окрасочных форм) раковин *Ceraea nemoralis* и ее взаимосвязь с содержанием тяжелых металлов в почвах мест обитания и степенью урбанизации территорий. Исследования проведены в 2023–2024 годах на территории города Гродно и окрестностях на следующих пробных площадках: ПП «Швейцарская долина» ( $53^{\circ}40'58.3''N$   $23^{\circ}49'39.3''E$ ) – жилая зона вдоль реки Городничанка, частный сектор, уровень антропогенной нагрузки – умеренный, 1,3 балла; ПП «Улица Реймонта» ( $53^{\circ}44'44.8''N$   $23^{\circ}42'01.7''E$ ), жилая застройка многоквартирных среднеэтажных и частных одноэтажных домов, уровень антропогенной нагрузки – высокий, 2,3 балла; ПП «Лесопарк Румлево» ( $53^{\circ}39'40.7''N$   $23^{\circ}51'05.9''E$ ), парковая зона в черте города, уровень антропогенной нагрузки – умеренный, 1,2 балла; ПП «Железная дорога» ( $53^{\circ}42'23.6''N$   $23^{\circ}49'54.7''E$ ), промышленная зона с заброшенной железной дорогой, уровень антропогенной нагрузки – высокий, 2,8 балла.

По результатам работы отмечено, что во всех исследуемых выборках представлены раковины только розового и желтого цвета с преобладанием на всех ПП розового фенотипа, кроме ПП «Железная дорога» (таблица 1).

Таблица 1 – Частоты вариантов окраски раковины *Ceraea nemoralis* (в %)

Варианты окраски	ПП «Швейцарская долина»	ПП «Улица Реймонта»	ПП «Лесопарк Румлево»	ПП «Железная дорога»
	( $N = 42$ )	( $N = 46$ )	( $N = 45$ )	( $N = 45$ )
Розовая	66,6	65,2	55,6	40,0
Желтая	33,3	34,8	44,4	60,0
Коричневая	–	–	–	–

По наличию полос выявлены исключительно полосатые. По количеству полос – однополосные, двухполосные, трехполосные и пятиполосные моллюски. По сочетанию полос в рисунке раковины *Ceraea nemoralis* выделено 7 фенотипов: 00300 – Наличие третьей полосы, 12300 – Наличие первых трех полос, (12)000 – Слияние первых двух полос и отсутствие

оставшихся, (12)345 – Слияние первых двух полос и наличие оставшихся, (12)300 – Слияние первых двух полос и наличие третьей, 12345 – Наличие всех пяти полос, (123)00 – Слияние первых трех полос и отсутствие оставшихся.

Анализ спектра изменчивости сочетания полос на раковине *Ceraea nemoralis* показал, что доминирующим (40–50 %) был вариант 00300, кроме ПП «Швейцарская долина», где доминирующим фенотипом оказался 12300 и составил 47,62 % от общего числа других фенотипов, представленных на данной территории (таблица 2). Наибольшим разнообразием фенотипов отличались выборки из биотопов с высокой антропогенной нагрузкой.

Таблица 2 – Варианты сочетания полос в рисунке раковины *Ceraea nemoralis*, в %

Фенокомплексы	ПП «Швейцарская долина»	ПП «Улица Реймента»	ПП «Лесопарк Румлево»	ПП «Железная дорога»
00300	35,71	50,0	40,0	42,2
12300	47,62	28,26	33,3	26,6
(12)000	–	2,17	–	–
(12)345	9,52	4,34	–	13,3
(12)300	7,14	6,52	17,7	8,88
12345	–	–	8,88	6,66
(123)00	–	–	–	2,22

В почвах мест обитания моллюсков рентгенофлуоресцентным анализом были установлено валовое содержание тяжелых металлов и проанализирована взаимосвязь между их содержанием и числом рисуочно-окрасочных фенотипов *Ceraea nemoralis*: наибольшее разнообразие фенотипов наблюдалось на ПП с наиболее высоким уровнем загрязнения («Железная дорога» и «Улица Рейманта»), где отмечены пиковые концентрации Zn, Pb, Cu, Ag. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена выявил статистически значимые ( $p < 0,05$ ) сильные положительные взаимосвязи между этими показателями. В то же время, для других анализируемых металлов значимой корреляции с числом фенотипов выявлено не было. Данные результаты согласуются с предложенным молекулярным механизмом, согласно которому именно Zn и Cu, аккумулируясь в организме моллюска, индуцируют экспрессию металлотионеинов [2]. Последние, связывая внутриклеточные молекулы цинка и меди в меланоцитах мантийного эпителия, подавляют активность тирозиназы и синтез меланина, критически важного для формирования полосатого рисунка раковины. Это приводит к увеличению вариабельности проявления данного признака под воздействием металл-индуцированного стресса.

Таким образом, морфометрический и статистический анализ рисуочно-окрасочных форм *Ceraea nemoralis* выявил значительную фенотипическую изменчивость раковин, коррелирующую со степенью урбанизации биотопов. В зонах с высокой антропогенной нагрузкой (ПП «Улица Реймента» – 2,3 балла, ПП «Железная дорога» – 2,8 баллов) зафиксировано максимальное разнообразие рисуочно-окрасочных форм. Повышенное содержание цинка, меди, свинца и серебра в урбанизированных зонах может индуцировать синтез металлотионеинов, подавляющих меланогенез. Это подавление синтеза меланина способствует формированию светлых полос и увеличению разнообразия рисуочно-окрасочных форм, что объясняет преобладание полиморфных морф в загрязненных биотопах (коэффициента корреляции Спирмена  $\rho = 0,94$ ). Также подтверждена избирательная чувствительность полиморфизма рисуочно-окрасочных форм *Ceraea nemoralis* Linnaeus, 1758 к специфической группе тяжелых металлов (Zn, Pb, Cu, Ag), что подчеркивает высокий потенциал данного параметра в качестве биоиндикатора именно этого типа антропогенного загрязнения.

### Список использованных источников

1. Фауна Беларуси: наземные моллюски. Видовой список наземных моллюсков Беларуси [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: [http://konstantin.z.byethost32.com/other\\_literature.htm?i=1](http://konstantin.z.byethost32.com/other_literature.htm?i=1). – Дата доступа: 12.06.2025

2. Kerkvliet, J. Candidate genes for shell colour polymorphism in *Cerapaea nemoralis* / J. Kerkvliet, T. de Boer, M. Schilthuizen, K. Kraaijeveld // PeerJ. – 2017. – Vol. 5. – Art. e3715. – P. 1–12.

УДК 575.174.599.74

***B. A. Цыганкова, А. Н. Лысенко***

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

## **ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОРТРЕТЫ СОБАК ГОРОДА ХОЙНИКИ**

Современные биологические исследования, посвящённые изучению собак, преимущественно сфокусированы на определении численности, плотности и пространственного расположения популяций, а также на анализе их этологических и репродуктивных характеристик. При изучении субпопуляций бездомных собак и домашних собак для создания баз данных и достоверного учета возникает необходимость идентификации встречающихся особей. Окрасы собак являются одним из признаков, наиболее удобных для описания индивида. Однако перед исследователями встает методологическая проблема унификации наименований окрасов, обеспечивающей их корректную интерпретацию в научном сообществе. Окрасы собак очень разнообразны и их огромное множество. Многолетний опыт исследований показал необходимость систематизации номенклатуры окрасов собак с целью унификации описательного метода для выявления окрасов беспородных собак [1–4].

Цель работы: составление генетических портретов собак города Хойники.

Полевые исследования проводились в период с 12 июля по 30 августа 2024 года в городе Хойники.

Для исследования использовался метод маршрутного хода – метод, используемый на узкой территории, вытянутой в длину. Выбирается участок определённой протяжённости, в зависимости от размера исследуемой территории. Исследователь, проходя по планируемому маршруту фиксируют все встреченные особи. Также использовался также метод визуального типирования характера и окраски шерстяного покрова бездомных и домашних собак. При визуальном типировании использовалась камера телефона, поэтому для большинства встречных собак имеются фотографии.

В рамках проведённого исследования в городе Хойники было изучено 100 особей собак. Перед началом собственного исследования стоит отметить, что все аллели и локусы определялись методом визуальной обработки данных, поэтому не несут 100-процентной информации. Фенотип собак детерминирован генотипом, т. е. по фенотипу можно легко определить генотип. Стоит отметить, что в некоторых случаях можно точно определить гетерозиготная или гомозиготная аллель, так, например, в локусе M, гомозиготная доминантная аллель приводит к гибели щенка, следовательно мы не могли встретить её.

Чтобы визуально увидеть частоту встреченных аллелей нами были составлены диаграмма (рисунок 1).

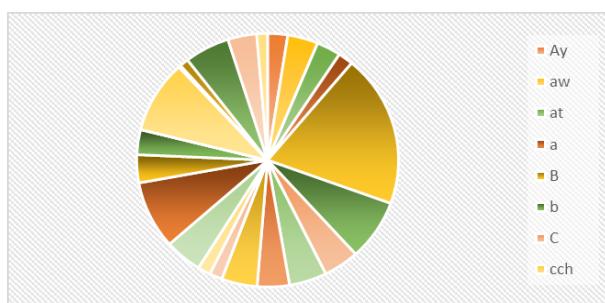


Рисунок 1 – Частота встреченных аллелей

У большинства собак, а именно у 71 особей, можно заметить аллель В, он обеспечивает черные нос и глаза. Аллель b в свою очередь обеспечивает коричневый нос и карие глаза. У 62 особей был обнаружен локус I, приводящий к появлению рыжей окраски, 13 из них обеспечивают кремовый и палевый окрас. Дикий окрас обнаружен всего у 16 особей. Также у одной из ста особей был обнаружен мутантный локус – Фактор Мерля, который вызывает мраморную окраску. Что касательно пятнистости, обращаем внимания на локус spotting, то мы наблюдаем преобладания рецессивного гена над доминантным, то есть в большинстве случаев встречаются пятнистые особи разной степени, нежели сплошного окраса.

Некоторые исследования показывают, что собаки с определенными окрасами могут восприниматься как более угрожающие или более дружелюбные, что влияет на их социальное поведение [5]. Следовательно, частоты определенных аллелей, отвечающих за окрас шерсти, могут отличаться у домашних и бездомных собак. У представителей бездомных собак окрас шерсти не зависит от выбора людей и чаще всего встречаются темноокрашенные особи, более приспособленные к жизни на улице.

Чтобы проверить данные утверждения, был проведен сравнительный анализ окрасов бездомных и домашних собак. Для этого мы выделили 2 выборки по 50 особей домашних собак и 50 бездомных. В таблице 1 представлены аллельные частоты по генам окраса домашних и бездомных собак.

Таблица 1 – Аллельные частоты по генам окраса домашних и бездомных собак.

Аллели	Домашние особи	Бездомные особи
B	0,229	0,479
b	0,269	0,019
C	0	0,16
E	0,069	0,109
E <sup>m</sup>	0,03	0,119
E <sup>g</sup>	0,139	0,019
e	0,04	0,019
I/I	0,119	0,05
I/i	0,279	0,03
i/i	0,059	0,069
S	0,01	0,03
s <sup>i</sup>	0,05	0,16
s <sup>p</sup>	0,109	0,019
s <sup>w</sup>	0,04	0,01

Частоты аллелей двух выборок были проанализированы с помощью дисперсионного анализа Фишера. Для проведения статистической обработки аллели были разделены по цвету:

- 1) обеспечивающие черный окрас (аллели B, C, E и E<sup>m</sup>);
- 2) обеспечивающие рыжий окрас (аллели I/I, I/i);
- 3) обеспечивающие белый окрас (аллели E<sup>g</sup>, e, s<sup>w</sup>).

Сначала все данные были проверены на гомогенность выборки, из чего был сделан вывод о нормальности распределения.

По результатам дисперсионного анализа частот аллелей, обеспечивающих черный окрас видно, что  $p < 0,05$  (0,02). Это показывает, что встречаемость аллелей, отвечающих за черный цвет шерсти у домашних и бездомных животных, различаются. Черный окрас шерсти собаки людьми воспринимается как показатель агрессивности, непослушания и трудностями в дрессировке. Поэтому, выбирая себе питомца, они отдают предпочтения более светлым особям, или собакам с необычными окрасами [5].

Дисперсионный анализ частот аллелей, обеспечивающих рыжий окрас показал, что в двух выборках также наблюдаются достоверные различия. Согласно данным видно, что  $p < 0,05$  (0,03).

Для людей рыжий окрас шерсти собак ассоциируется с открытостью, озорством и эмоциональностью. Эти питомцы отличаются легким характером, всегда находят себе интересные занятия и приносят радость в жизнь своих хозяев [5].

По результатам дисперсионного анализа частот аллелей, обеспечивающих белый окрас, также получены достоверные данные, подтверждающие наличие различий в двух выборках. Согласно данным, значение  $p$  составляет менее 0,05 (0,03). Белые собаки неизменно привлекают внимание и становятся объектами обожания для окружающих. Люди ассоциируют белый окрас шерсти собак с добротой, спокойствием и послушанием [5].

Таким образом, полученные результаты подтверждают, что выбор окраса собаки человеком во многом определяется субъективными предпочтениями и культурными стереотипами. Это, в свою очередь, влияет на распространённость определённых окрасов среди домашних и бездомных животных, формируя своеобразные тенденции в популяции.

Проведённое исследование позволило не только определить частоту встречаемости различных аллелей, но и выявить основные закономерности в распространении окрасов собак на территории города Хойники. Дальнейшие исследования с использованием генетического тестирования позволяют уточнить полученные данные и выявить скрытые генетические закономерности.

### **Список использованных источников**

1. Березина, Е. С. Особенности поведения бродячих собак в условиях города // Естественные науки и экология: межвуз. сб. науч. тр. / Е. С. Березина – Омск, 1996. – 22–25 с.
2. Березина, Е. С. Биология собак и их значение в поддержании токсокароза в антропических очагах: дис. ... канд. биол. наук. / Е. С. Березина – Новосибирск, 2000. – 212 с.
3. Васильев, А. Г. Пространственно-этологическая структура группировок одичавших собак// Тез. докл. 4-го съезда Всесоюз. териол. общества. – М., 1986. – Т.1. – 175–176 с.
4. Поярков, А. Д. Социальная организация бездомных собак в городских условиях: дис. канд. биол. наук. / А. Д. Поярков – М, 1991. – 180 с.
5. Jamie, L. The Role of Coat Color and Ear Shape on the Perceptionof Personality in Dogs / L. Jamie, C. Fratkin, C. Suzanne // Department of Psychology, James Madison University, USA. – 2013. – № 26 (1). – 128-132 p.

УДК 599:574.472(476.2)

***В. В. Шакун<sup>1</sup>, И. А. Крищук<sup>1</sup>, И. А. Соловей<sup>1</sup>,***

***П. А. Велигуроў<sup>1</sup>, А. И. Ларченко<sup>1</sup>, В. Ч. Домбровский<sup>2</sup>, М. В. Кудин<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по биоресурсам,*

*Республика Беларусь;*

<sup>2</sup>*Полесский государственный радиационно-экологический заповедник, Республика Беларусь*

### **РЕДКИЕ ВИДЫ ДИКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ И ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЕССКОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА**

Полесский радиационно-экологический заповедник (ПГРЭЗ) – это уникальный природный объект с установленным особым радиационным режимом, где наблюдаются процессы естественного самовосстановления экосистем в связи с прекращением традиционной

хозяйственной деятельности и снижением антропогенного пресса в результате эвакуации населения. Ограничение пребывания человека на данной территории создает благоприятные условия для сохранения биологического разнообразия, в том числе обеспечивая долговременное обитание как типичных, так и имеющих высокий республиканский и международный охранный статус видов млекопитающих [1, 2].

Проводимые на территории ПГРЭЗ научные исследования в рамках Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС охватывают вопросы не только поведения радионуклидов в биогеоценозах, но и вопросы состояния биоты в условиях постантропогенного самовосстановления экосистем. За счет формирования естественной природной среды и высокого уровня биоразнообразия, территория ПГРЭЗ выступает в качестве резервата сохранения фауны Беларусь. В связи с чем, важным является изучение ключевых территорий для редких и ресурсных диких млекопитающих, в том числе выявление мест обитания видов, включенных в Красную книгу Республики Беларусь.

В 2022–2024 гг. были проведены целенаправленные исследования на территории ПГРЭЗ по выявлению мест обитания редких и находящихся под угрозой исчезновения диких млекопитающих, а также углубленное изучение их биолого-экологических особенностей. Было выявлено более 150 местообитаний и концентраций 13 видов млекопитающих, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, что составляет 20,3 % от числа видов млекопитающих, зарегистрированных на территории ПГРЭЗ [2], или 15,9 % от видов млекопитающих Беларусь [3]. В систематическом отношении представители редкой и исчезающей териофауны на территории ПГРЭЗ относятся к 5 отрядам: Рукокрыльые (5 видов), Хищные (4 вида), Грызуны (2 вида) Парнокопытные (1 вид) и Непарнокопытные (1 вид) [1]. Места обитания и концентраций видов отмечены на карте (рисунок 1).

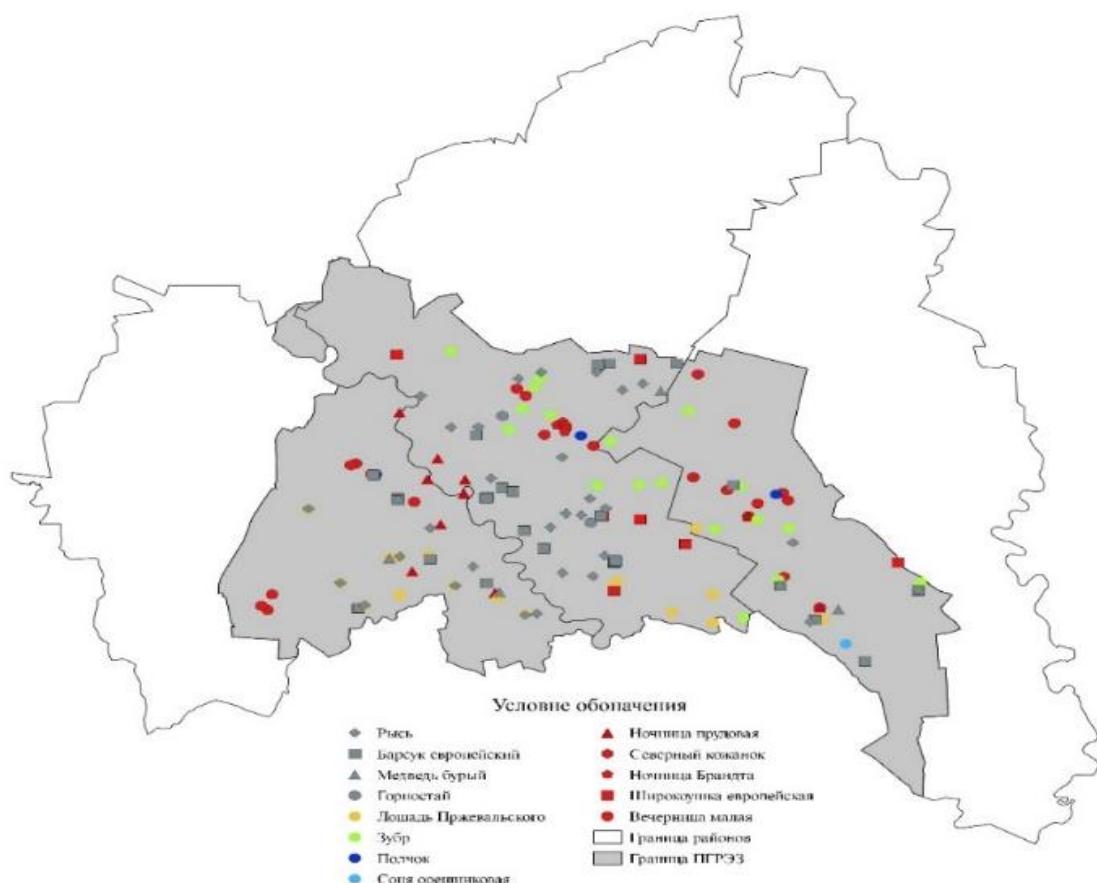


Рисунок 1 – Места обитания и концентраций видов млекопитающих, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, на территории ПГРЭЗ

Данные учетов представителей отряда Рукокрылые в летний период 2022–2024 гг. и мест их зимовок в осенне-зимний период позволили выявить на территории ПГРЭЗ пять видов, включенных в Красную книгу Республики Беларусь: вечерница малая (*Nyctalus leisleri*), ночница прудовая (*Myotis dasycneme*), ночница Брандта (*Myotis brandtii*), кожанок северный (*Eptesicus nilssonii*), широкоушка европейская (*Barbastella barbastellus*). Наиболее широко и равномерно из указанных видов на территории ПГРЭЗ представлена *N. leisleri*. *M. dasycneme* в большей степени сконцентрирована в пойме реки Припять. *M. brandtii* отмечена на территории всех административных районов, но встречается очень локально, *E. nilssonii* – новый вид, впервые выявлен на территории заповедника с помощью ультразвукового детектора в 2023 году в Наровлянском районе, в 2024 году отмечен в Брагинском районе в период размножения и на зимовке. *B. barbastellus* регистрировалась в пределах Наровлянского и Хойникского районов ПГРЭЗ, выявлена как в летний период, так и на зимовках.

Отряд Грызуны представлен 2 видами, регистрируемыми на территории трех районов заповедника – полчок (*Glis glis*) и соня орешниковая (*Muscardinus avellanarius*).

Редкие и исчезающие виды отряда Хищные представлены 4 видами: барсук обыкновенный (*Meles meles*), горностай (*Mustela erminea*), медведь бурый (*Ursus arctos*) и рысь (*Lynx lynx*). *M. meles* и *L. lynx* имеют относительно равномерное распределение по территории ПГРЭЗ. За время исследования *U. arctos* единично отмечался на фотоловушках в Наровлянском и Хойникском районах, отпечатки лап и экскременты также были зарегистрированы в Наровлянском и Брагинском районах ПГРЭЗ. Редки регистрации по всей территории заповедника и *M. erminea*.

Полесская субпопуляция зубра (*Bison bonasus*) сосредоточена на территории ПГРЭЗ в границах Хойникского района. На территории Брагинского района отмечаются единичные самцы. По состоянию на декабрь 2024 г. численность вида в ПГРЭЗ составила 212 особей.

Большая часть белорусской популяции лошади Пржевальского (*Equus przewalskii*) сконцентрирована на территории Наровлянского участка ПГРЭЗ, при этом наблюдается положительный тренд в изменении ее численности и распространении. По состоянию на конец 2024 г. численность составила 65 особей, происходит расширение ареала как Наровлянской, так и Хойникской группировок вида.

Результаты мониторинговых наблюдений на территории ПГРЭЗ за популяциями видов млекопитающих, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, показывают их стабильное состояние, для большинства видов отмечены положительные изменения в численности и распространении, что подчеркивает уникальность и большое значение территории в сохранения биоразнообразия не только Полесского региона и Беларуси, но и Европы.

*Работа выполнена в рамках мероприятия «Выявление и инвентаризация мест обитания диких млекопитающих, включенных в Красную книгу Республики Беларусь» Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2021–2025 годы.*

### Список использованных источников

1. Редкая фауна млекопитающих полесского государственного радиационно-экологического заповедника / И. А. Крищук, В. В. Шакун, П. А. Велигурев [и др.] // Зоологические чтения : сб. науч. ст., посвящ. Памяти д-ра биол. наук, проф. Владимира Николаевича Шнитникова / ГрГУ им. Янки Купалы ; редкол.: О. В. Янчуревич (гл. ред.), А. В. Рыжая. – Гродно : ГрГУ, 2025. – С. 143–145.

2. Биологическое разнообразие животного мира Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / М. Е. Никифоров, Е. И. Анисимова, К. В. Гомель [и др.]; под общ. ред. М. Е. Никифорова. – Минск : Беларусская наука, 2022. – 407 с.

3. Фауна млекопитающих Беларуси и ее изменения в 1961–2022 гг. / В. В. Шакун, И. А. Соловей, И. А. Крищук // Природные ресурсы. – 2023. – №1. – С. 38–45.

Д. О. Шатило

Полесский государственный радиационно-экологический заповедник, Республика Беларусь

## УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ $^{137}\text{Cs}$ И $^{90}\text{Sr}$ В КОРМОВЫХ КОМПОНЕНТАХ ЕВРОПЕЙСКОГО ЗУБРА ПОЛЕССКОЙ ПОПУЛЯЦИИ

Восстановление природных популяций зубра является одним из необходимых условий воссоздания естественных полнокомпонентных биоценозов лесных массивов Европы. В силу особенностей своей биологии зубр имеет высокую степень контакта с основными компонентами радиационных биогеоценозов заповедника. Это выражено в потреблении значительной массы травянистой и древесно-кустарниковой растительности, в использовании различных по степени загрязнения участков заповедника.

С целью определения удельной активности ( $A_y$ )  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в кормовых компонентах, входящих в рацион питания полесской популяции европейского зубра в вегетативный период 2024 г., проведен отбор 39 образцов древесно-кустарниковой и травянистой растительности на пяти стационарах: на территории Тульговицкого л-ва кв. 126 (№ 1), в районе бывших населенных пунктов (б.н.п.) Синцы, (№ 2), Новокухновщина (№ 3), Боровица (№ 4) и в районе подкормочной площадки «Зубропитомник» (№ 5). Подбор стационаров осуществлялся исходя из разности уровней плотности радиоактивного загрязнения почв в местах обитания отдельных социальных группировок зубра на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ). При этом из базы данных «Радиационное обследование земель лесного фонда Полесского государственного радиационно-экологического заповедника» проведена выборка данных из 35 точек по плотности загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ .

Плотность загрязнения (ПЗ) почвы по  $^{137}\text{Cs}$  на анализируемых стационарах находится в пределах от 4,8 Ки/км<sup>2</sup> (177,97 кБк/м<sup>2</sup>) на территории Тульговицкого лесничества кв. 126 до 299,65 Ки/км<sup>2</sup> (11087,05 кБк/м<sup>2</sup>) в районе б.н.п Синцы. Наибольшая плотность загрязнения почвы по  $^{90}\text{Sr}$  отмечена в районе б.н.п. Синцы с показателем 12,63 Ки/км<sup>2</sup> (467,31 кБк/м<sup>2</sup>), а наименьшая – в районе б.н.п. Новокухновщина 0,17 Ки/км<sup>2</sup> (9,99 кБк/м<sup>2</sup>), при этом средние показатели ПЗ для каждой анализируемой группировки находятся в пределах 0,63–7,04 Ки/км<sup>2</sup> [1]. Группировка, обитающая в районе б.н.п. Синцы характеризуется обитанием самцов в количестве пяти особей на территории 312,21 га. При этом показатели плотности загрязнения почвы как по  $^{137}\text{Cs}$ , так и  $^{90}\text{Sr}$  являются максимальными из всех анализируемых участков обитания группировок.

Рацион питания взрослых особей зубра в летний период представлен употреблением значительной части травянистой растительности от 30 до 45 кг и от 1 до 3 кг древесного корма (коры и ветвей с листьями). При проведении отбора образцов растительности использовались литературные данные по питанию зубра [2–4]. Облиственные побеги древесно-кустарниковой растительности отбирали в местах с характерно выраженным признаками использования растений в качестве корма. При этом образцы травяной растительности отбирались на площадках площадью 1 м<sup>2</sup> с последующим измельчением и тщательным перемешиванием для получения средней пробы. Измерение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  проведено в лаборатории спектрометрии и радиохимии ПГРЭЗ с использованием гамма-бета спектрометра МКС-АТ1315.

Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в пробах травянистой растительности варьировало от 68 до 3661 Бк/кг, в пробах древесно-кустарниковой – от 47 до 10864 Бк/кг (таблица 1).  $A_y$   $^{90}\text{Sr}$  в отобранных образцах находится в пределах от 125 Бк/кг в образце олиственных побегов остролистной ивы в районе б.н.п. Синцы до 7956 Бк/кг в образце груши из того же биотопа. При этом средняя  $A_y$   $^{90}\text{Sr}$  в древесно-кустарниковой растительности составляет 1307,4 Бк/кг, что в 3,4 раза выше, чем в травянистой при  $A_y$  383,5 Бк/кг. Отношение средней удельной активности древесно-кустарниковой растительности (1560,3 Бк/кг) по отношению к  $A_y$  травянистой растительности (1388,8 Бк/кг) по  $^{137}\text{Cs}$  составляет 1,12 : 1.

Таблица 1 – Удельная активность радионуклидов в древесно-кустарниковой и травяной растительности, входящей в рацион питания европейского зубра

Образец		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Крушина (олиственные побеги)	$^{137}\text{Cs}$	403,5±92	219±62	<23	–	1449±388
	$^{90}\text{Sr}$	447,5±99	1110±297	768±154	–	308±96
Груша (олиственные побеги)	$^{137}\text{Cs}$	<88	228±70	–	<34	47±23
	$^{90}\text{Sr}$	467,0±103	7956±2111	–	551±153	556±167
Ива серая (олиственные побеги)	$^{137}\text{Cs}$	233±50	10864±2875	–	–	1335±364
	$^{90}\text{Sr}$	546±112	756±204	–	–	1305±356
Травянистая растительность	$^{137}\text{Cs}$	647±132	1614±434	2033±548	76,5±29,5	3661±972
	$^{90}\text{Sr}$	203±69	806,5±232	<127	166±53,5	153±114
Бересклет (олиственные побеги)	$^{137}\text{Cs}$	101±37	65±32	172±39	64±24	33,5±93
	$^{90}\text{Sr}$	902±180	1543±435	755±151	1097±295	751±209
Ива остролистная (олиственные побеги)	$^{137}\text{Cs}$	126±28	317±88	1079±216	–	–
	$^{90}\text{Sr}$	151±51	125±47	2271±454	–	–
Осина (кора)	$^{137}\text{Cs}$	357±71	1529±409	328±73	–	–
	$^{90}\text{Sr}$	275±75	5633±1494	1515±313	–	–
Дуб (олиственные побеги)	$^{137}\text{Cs}$	3408±682	8203±2179	–	221±63	7179±1905
	$^{90}\text{Sr}$	146±39	4400±1198	–	172±55	1749±485

Таким образом, в выпасной период среднесуточное поступление  $^{137}\text{Cs}$  в организм взрослого зубра с древесно-кустарниковой растительностью может составлять от 427,5 Бк/кг до 9948 Бк/кг, с травянистой растительностью – от 3060 Бк/кг до 146440 Бк/кг при общем суточном потреблении 3487,5 Бк/кг – 152466,1 Бк/кг; среднесуточное поступление  $^{90}\text{Sr}$  с древесно-кустарниковой растительностью – от 1329,7 Бк/кг до 7944,9 Бк/кг, с травянистой растительностью – от 6120 Бк/кг до 32260 Бк/кг при общем суточном потреблении 3793,8 Бк/кг – 42208 Бк/кг, что зависит от биотопов обитания социальных группировок зубра.

### Список использованных источников

1. Шатило, Д. О. Радиоэкологическая характеристика района обитания полесской популяции европейского зубра / Д. О. Шатило // Зоологические чтения: сб. науч. ст., посвящ. памяти доктора биол. наук, профессора В.Н. Шнитникова // Гродн. гос. ун-т им. Янки Купалы ; редкол.: О. В. Янчуревич (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2025. – С. 320–322.
2. Корочкина, Л. Н. Древесная растительность в питании зубров Беловежской пущи / Л. Н. Корочкина // Беловежская пуща : Исследования. – Минск: Урожай, 1969. – Вып.3. – С. 120–126.
3. Корочкина, Л. Н. Травянистая растительность в питании зубров Беловежской пущи / Л. Н. Корочкина // Беловежская пуща : Исследования. – Минск: Урожай, 1972. – Вып. 6. – С. 110–124.
4. Дерябина, Т. Г. Видовое разнообразие и использование древесно-веточных кормов в основных типах леса района их летне-осеннего обитания на территории ПГРЭЗ / Т. Г. Дерябина, С.В. Кучмель // Антропогенная динамика ландшафтов и проблемы сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия: Материалы республ. науч.-практ. конф., Минск, 26–28 дек. 2001 г. – Минск : Изд-во МГПУ, 2002. – С. 130–131.

**А. Ч. Шестак, И. С. Юрченко,  
В. А. Шаркевич, Д. О. Шатило**

*Полесский государственный радиационно-экологический заповедник, Республика Беларусь*

## **УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ В ТКАНЯХ РЕСУРСНЫХ ВИДОВ ЖИВОТНЫХ ПОЛЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА**

Многолетние радиоэкологические исследования показывают, что динамика содержания радионуклидов в организме диких животных зависит от многих факторов и протекает в разноскоростном режиме.

Проанализированы данные по содержанию основных дозообразующих радионуклидов в тканях диких животных, обитающих в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ) за период 2022–2024 гг. Плотность загрязнения территории Cs-137 на участках изъятия составила 4000–7500 кБк/м<sup>2</sup> (50–100 Ки/км<sup>2</sup>). Для радиометрического измерения подготовлены пробы тканей от 126 особей ресурсных видов животных семейств Cervidae (Goldfuss, 1820), Canidae (Fisher, 1817) и Anatidae (Leach, 1820). Удельная активность Cs-137 и Sr-90 определялась в сырых образцах на гамма-бета-спектрометре МКС-АТ1315.

Роль диких животных в существовании и поддержании экосистем, сохранении биологического разнообразия сложна и неоднозначна, и основной формой хозяйственного использования диких животных в настоящее время является охота [1, с. 243]. Дикие копытные (косуля и лось), хищные (волк, лисица и енотовидная собака), а также птицы семейства Anatidae имеют важное значение для охотничьего хозяйства Республики Беларусь, поэтому мониторинг содержания радионуклидов чернобыльского происхождения в органах и тканях животных этих видов проводился с 1986 г. [2, с. 83–86].

В настоящее время у лося наблюдается наименьшая среди исследованных видов животных удельная активность ( $A_y$ ) Cs-137 в мышечной ткани (таблица 1), оставаясь, тем не менее, на высоком уровне. Анализ полученных данных о радиоактивном загрязнении охотничьепромысловых животных, добывших в 30-км зоне Чернобыльской АЭС, показывает, что на начальном этапе исследований (1988–1990 гг.) средние значения  $A_y$  радионуклидов в мышечной ткани лосей составили 10,5 кБк/кг, увеличившись в период 1991–1992 гг. до 28,25 кБ/кг [2, с. 85]. В течение 2002–2004 гг. произошло снижение более чем в 3 раза содержания Cs-137 в мышечной ткани лосей, составив в среднем  $8,7 \pm 15,57$  кБк/кг [3, с. 127].

Таблица 1 – Содержание Cs-137 в мышечной ткани ресурсных видов животных

Вид	<i>n</i>	Cs-137, кБк/кг	
		$\bar{x} \pm \delta$	<i>limit</i>
Косуля	26	$3,69 \pm 5,912$	0,21–28,47
Лось	10	$1,02 \pm 0,897$	0,27–3,13
Волк	5	$2,68 \pm 1,954$	0,66–5,55
Лисица	5	$1,32 \pm 2,651$	0,02–6,05
Енотовидная собака	71	$7,16 \pm 9,768$	0,28–53,69
Кряква	9	$2,518 \pm 4,844$	0,38–15,39

$A_y$  Cs-137 в грудной мускулатуре кряквы аналогична периоду 1987–1993 гг. [2, с. 63]. Наибольшее содержание Cs-137 в мышечной ткани зарегистрировано у енотовидной собаки,

уменьшившись по сравнению с периодом 2003–2004 гг. в 7,1 раз [3, с. 128]. Обращает внимание высокий уровень индивидуальной изменчивости в накоплении радионуклидов, достигая у косули, енотовидной собаки и кряквы двух порядков.

Максимальная концентрация Sr-90 в костной ткани зарегистрирована у лося (таблица 2), что соответствует данным 2004 г. [3, с. 127], превышая содержание Cs-137 в 191,6 раз.

Таблица 2 – Содержание Cs-137 и Sr-90 в костной ткани ресурсных видов животных

Вид	<i>n</i>	Cs-137, кБк/кг		Sr-90, кБк/кг	
		$\bar{x} \pm \delta$	<i>limit</i>	$\bar{x} \pm \delta$	<i>limit</i>
Косуля	26	1,41±2,336	0,10–10,77	2,16±2,661	0,20–12,35
Лось	6	0,03±0,013	0,02–0,04	5,75±4,373	1,99–12,61
Волк	5	0,76±0,450	0,30–1,37	1,80±1,655	0,73–4,71
Лисица	5	0,96±1,734	0,03–3,56	1,20±2,176	0,11–5,09
Енотовидная собака	71	3,87±4,838	0,20–24,60	2,45±2,210	0,20–15,33

У енотовидной собаки  $A_y$  Cs-137 в костной ткани имела максимальные значения среди исследованных видов животных (таблица 2), достигая 24,6 кБк/кг, снизившись по сравнению с 2003 г. в 3,2 раза [3, с. 128].

Следует отметить, что в 1986–1987 гг. наибольшее количество радионуклидов содержалось в шерсти, что было вызвано поверхностным загрязнением животных сразу после аварии на ЧАЭС [2, с. 87]. В настоящее время  $A_y$  Cs-137 в эпителиальной ткани (таблица 3), например, у лося меньше  $A_y$  Cs-137 в мышечной ткани в 5,1 раз.

Таблица 3 – Содержание Cs-137 и Sr-90 в эпителиальной ткани ресурсных видов животных

Вид	<i>n</i>	Cs-137, кБк/кг		Sr-90, Бк/кг	
		$\bar{x} \pm \delta$	<i>limit</i>	$\bar{x} \pm \delta$	<i>limit</i>
Шерсть+кожа					
Косуля	26	2,27±3,354	0,34–15,70	< 100	–
Лось	9	0,20±0,169	0,07–0,62	37,5±19,09	24–51
Волк	5	1,55±1,171	0,42–3,33	< 100	–
Лисица	5	2,78±3,775	0,11–5,45	< 100	–
Енотовидная собака	71	2,21±2,814	0,11–13,24	< 100	–
Рога					
Косуля	9	0,10±0,089	0,03–0,31	2098,11±931,42	410–3479

В результате проведенного радиометрического обследования ресурсных видов животных, обитающих на территории радиоактивного загрязнения в зоне отчуждения ЧАЭС, установлено, что исследованные животные характеризуются высоким уровнем индивидуальной и видовой изменчивости в накоплении радионуклидов. Это обусловлено большой мозаичностью загрязнения территории радионуклидами, особенностями питания животных, их миграционной способностью, а также индивидуальными различиями в накоплении радионуклидов.

Материал для радиометрических исследований получен в результате выполнения договора НИР №ГР 20221605.

#### Список использованных источников

1. Савицкий, Б. П. Млекопитающие Беларуси / Б. П. Савицкий, С. В. Кучмель, Л. Д. Бурко ; под общ. ред. Б. П. Савицкого. – Минск : Изд. центр БГУ, 2005. – 319 с.

2. Животный мир в зоне аварии Чернобыльской АЭС / Под ред. Л. М. Сущени, М. М. Пикулика, А. Е. Пленина. – Минск. : Навука і тэхніка, 1995. – 263 с.
3. Кучмель, С. В. Уровни содержания Cs-137 в органах и тканях наземных млекопитающих ПГРЭЗ / С. В. Кучмель, Т. Г. Дерябина // 20 лет после чернобыльской катастрофы / Сост. Ю.И. Бондарь [и др.]. – Гомель : РНИУП «Институт радиологии», 2006. – С. 126–140.

УДК 576.895.1(476.2-751.2)

**I. С. Юрченко**

*Полесский государственный радиационно-экологический заповедник, Республика Беларусь,  
Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, Республика Беларусь*

## **ЭПИЗООТОЛОГИЧЕСКИЙ И РЕЗЕРВУАРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛЫ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ В ПРИРОДНЫХ ОЧАГАХ ГЕЛЬМИНТОЗОВ В БЕЛОРУССКОЙ ЧАСТИ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**

Большая группа инвазионных и инфекционных заболеваний характеризуется природной очаговостью. На территории зоны отчуждения ЧАЭС эпизоотологический процесс развивается в естественной среде без антропогенной нагрузки. Здесь имеется источник возбудителя и его звенья, механизм передачи и восприимчивые животные.

В результате проведенных в 2016–2022 гг. исследований установлено, что в зоне отчуждения ЧАЭС циркулируют гельминты, вызывающие природно-очаговые заболевания, такие как трихинеллез, меторхоз, псевдамфистомоз, аляриоз, спарганоз, а также описторхоз, что свидетельствует о наличии комплекса биотических и абиотических факторов, способствующих поддержанию природных очагов возбудителей в условиях отсутствия антропогенного воздействия.

Главным и опасным зооантропонозом в биоценозах зоны отчуждения ЧАЭС на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ), определяющим напряженность гельминтологической ситуации в настоящее время, можно считать трихинеллез (возбудитель – *Trichinella spiralis* Owen, 1835). Основное ядро трихинеллезной инвазии среди исследованных животных (енотовидная собака, американская норка и речная выдра) формирует енотовидная собака, зараженная на 23,1 %. Дополнительным элементом ядра является американская норка (экстенсивность инвазии – 14,3 %). У речной выдры личинки трихинелл не выявлены. Показатель эпизоотологического потенциала (Иэп) [1, с. 50] хищных млекопитающих в очагах трихинеллеза составил для енотовидной собаки – 21,19, для американской норки – в 11,5 раз меньше (1,84). Резервуарный потенциал (RP) [2, с. 29] енотовидной собаки зарегистрирован на уровне 1722,35 с индексом резервуарного потенциала (IRP) 0,986, американской норки – 23,04 с IRP=0,013.

На территории зоны отчуждения в границах ПГРЭЗ также отмечен трансмиссивный природный очаг дирофилиароза, возбудителем которого является нематода *Dirofilaria immitis* Leidy, 1856, впервые зарегистрированная у волка в 2005 г. [3, с. 372]. В настоящее время в круг хозяев гельминта вовлечена енотовидная собака.

У околоводных хищных млекопитающих часто и в больших количествах отмечено паразитирование цестоды *Spirometra erinacei* Rudolphi, 1819. Основная роль носителя личиночной стадии *S. erinacei* принадлежит американской норке, в то время как зараженность спарганозом енотовидной собаки меньше в 3,5 раза. Иэп хищных млекопитающих в природных очагах спарганоза составил для енотовидной собаки – 17,51, для американской норки – 8,29. RP енотовидной собаки зарегистрирован на уровне 1422,81 с IRP = 0,932, американской норки – 103,68 с IRP = 0,067. Несмотря на более чем в три раза превышающую экстенсивность инвазии *S. erinacei* у американской норки (64,3 %) по сравнению с енотовидной

собакой (20,9 %), Иэп енотовидной собаки выше, т.к. в биотопах зоны отчуждения выше ее относительная численность. Высокая численность енотовидной собаки на территории ПГРЭЗ оказывает влияние на значения Иэп и RP.

В настоящее время trematoda *Alaria alata* Goeze, 1782 доминирует в паразитоценозе енотовидной собаки (индекс доминирования (*ID*) – 49,118 %), которой заражено 67,6 % особей с максимальной численностью до 402 экз. у одной особи. Иэп составил 56,67, RP зарегистрирован на уровне 4605,41 с IRP=0,978. У американской норки и речной выдры *A. alata* не обнаружены.

Среди обнаруженных у диких животных видов гельминтов эпидемиологическое значение имеют также представители сем. Opisthorchiidae Braun, 1901 (*Opisthorchis felineus* Rudolphi, 1884, *Metorchis bilis* Braun, 1790 и *Pseudamphistomum truncatum* Rudolphi, 1819). Ранее (Юрченко, 2023) подтверждена роль всех трех групп хозяев (промежуточного, дополнительного и definitive) в распространении trematod сем. Opisthorchiidae. Партениты *P. truncatum* и *M. bilis* обнаружены у моллюска *Bithynia tentaculata* с экстенсивностью инвазии 0,2 %. Зараженность рыб метацеркариями trematоды *P. truncatum* изменялась от 20,2 % у карася серебряного до 62,5 % у жереха. Среди млекопитающих высокая экстенсивность инвазии псевдамфистомами наблюдается у американской норки (35,7 %). Плотва, синец, чехонь, лещ, линь, густера и жерех зарегистрированы в качестве дополнительного хозяина для *M. bilis* с частотой встречаемости от 19,4 % у линя до 38,1 % у синца. Для моллюска *Bithynia leachii* отмечена высокая степень заражения (экстенсивность инвазии – 43,1 %) церкариями trematоды *O. felineus*. Экстенсивность инвазии варьирует от 4,5 % у карася серебряного до 74,1 % у леща. В печени хищных млекопитающих мариты меторхисов и описторхисов выявлены в единичных случаях.

Показатель эпизоотологического потенциала хищных млекопитающих в очагах псевдафициоза зарегистрирован для енотовидной собаки – 5,99, американской норки – 4,61 и речной выдры – 1,84. RP енотовидной собаки составил 486,75 с IRP = 0,875, американской норки – 57,60 с IRP = 0,103, речной выдры – 11,52 с IRP = 0,021. Иэп хищных млекопитающих в очагах меторхоза составил для енотовидной собаки – 2,76, речной выдры – 0,46. Резервуарный потенциал енотовидной собаки зарегистрирован на уровне 224,65 с IRP = 0,987, речной выдры – 2,88 с IRP = 0,012. Иэп хищных млекопитающих в очагах описторхоза для енотовидной собаки составил 1,84, американской норки и речной выдры – 0,46. Резервуарный потенциал енотовидной собаки зарегистрирован на уровне 149,77 с IRP = 0,954, американской норки – 5,76 с IRP = 0,036, речной выдры – 2,88 с IRP = 0,018.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что в настоящее время в зоне отчуждения ЧАЭС основная роль в поддержании очага описторхоза принадлежит definitiveному хозяину речной выдре и промежуточным хозяевам: лещу и *B. leachii*. Состояние очагов трихинеллеза, аляриоза и спарганоза требует регулярного контроля как вызывающих потенциальную опасность ввиду многочисленного присутствия инвазионного начала в зоне отчуждения ЧАЭС, где резервуаром возбудителей выступают енотовидная собака и американская норка благодаря ширине их трофической ниши и особым экологическим условиям, способствующим высокой плотности их популяций.

### Список использованных источников

1. Кушнарева, Т. В. Эпизоотологический потенциал мышевидных грызунов в природных очагах хантавирусной инфекции и его эпидемиологическое значение / Т. В. Кушнарева // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2008. – № 2. – С. 50–52.
2. Кушнарева, Т. В. Резервуарный потенциал природных хозяев хантавирусов в динамике эпизоотического процесса в экосистемах Приморского края / Т. В. Кушнарева, Р. А. Слонова // Сибирский экологический журнал. – 2014. – № 1. – С. 27–34.
3. Пенькович, В. А. Эколо-паразитологический анализ диких млекопитающих животных ближней зоны ЧАЭС (2005–2012) / В. А. Пенькович // Экосистемы и радиация: Аспекты существования и развития : сб. науч. тр., посвящ. 25-летию Полес. гос. радиац.-экол. заповедника / Полес. гос. радиац.-экол. заповедник ; под общ. ред. Ю. И. Бондаря. Минск, 2013. – С. 361–384.

# АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 581.19

Д. А. Белов, П. Ю. Флейшинер, Я. В. Фалетров  
Белорусский государственный университет, Республика Беларусь

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭКСТРАКТОВ РАСТЕНИЙ *GLYCYRRHIZA GLABRA* И *FRANGULA ALNUS* С КЛЕТКАМИ ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

В разработке новых лекарственных средств особое внимание уделяется поиску соединений с оригинальной химической структурой и высокой биологической активностью. Особенно перспективными считаются природные соединения растительного происхождения – фитохимикаты, которые обладают широким спектром фармакологического действия, включая противомикробное, противовоспалительное, антиоксидантное, иммуностимулирующее и противоопухолевое действие. Благодаря своей структурной разнообразности и способности воздействовать на молекулярные мишени, фитохимикаты часто служат прототипами для создания новых лекарств [1–3].

Одной из актуальных задач современной фармацевтической науки является выделение, идентификация и фармакогностическая оценка таких соединений из лекарственного растительного сырья. Преимуществами использования растений в фармакологии являются доступность сырья, накопленные медицинские данные и возможность получения многофункциональных препаратов с низкой токсичностью [2–4].

В качестве объекта исследования выбраны два лекарственных растения: солодка гладкая *Glycyrrhiza glabra* и крушина ольховидная *Frangula alnus*. Эти растения издавна применяются в народной и официальной медицине, и интерес к ним сохраняется благодаря богатому содержанию биологически активных веществ. Солодка содержит флавоноиды, халконы, тритерпеновые сапонины и фенольные соединения, обладающие спазмолитическим, противовирусным, антиоксидантным и иммуномодулирующим действием. Крушина, в свою очередь, является источником антрахиноновых гликозидов и их агликонов, которые применяются как мягкое слабительное средство, а также изучаются как потенциальные антимикробные и противоопухолевые агенты.

Научное исследование этих растений включает не только изучение их химического состава, но и разработку эффективных методов экстракции, очистки, идентификации и оценки биологических свойств отдельных компонентов. Современные аналитические подходы, включая высокоэффективную жидкостную хроматографию, спектрометрию и биотестирование *in vitro*, позволяют проводить детальное изучение состава и фармакологического потенциала этих природных соединений, что делает их особенно ценными объектами в разработке новых лекарственных средств растительного происхождения [4–8].

В ходе проведённого экспериментального исследования были получены новые данные, подтверждающие биологическую активность фенольных соединений солодки *Glycyrrhiza glabra* и антрахинонов крушны *Frangula alnus* в отношении модельных биосистем. Из высущенного растительного сырья растений были получены этанольные экстракти, которые затем подвергались фракционированию методом колоночной хроматографии. В результате было получено 56 хроматографических фракций.

Проведённые химические тесты с использованием перманганата калия ( $KMnO_4$ ) и йода в присутствии крахмала показали наличие химической активности фракций, которые оказались способными восстанавливать митохондриальный цитохром С дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Такой эффект обусловлен содержащимися в солодке полициклическими фенольными соединениями, важнейшими из которых являются: ликохалкон B, 3-гидрокси-4-

метоксиглабридин, глициризофлавон, изоангустон А. Эти результаты указывают на наличие в экстракте соединений, обладающих способностью к электронному переносу и потенциально вовлечённых в RedOx-процессы.

Дополнительно было установлено, что этанольные экстракты солодки, содержат компоненты, способные подавлять жизнеспособность дрожжей, что отражается в тестах по влиянию на рост и восстановлению нитросинего тетразолина формазана и тормозить пероксидазисимое окисление субстрата 3,3',5,5'-тетраметилбензидина в дрожжевых клетках, что также свидетельствует о влиянии фитохимикатов на внутриклеточные окислительно-восстановительные механизмы клеток дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*.

Компоненты экстракта солодки уменьшают способность клеток дрожжей к адгезии на поверхности полимеров – полилактида и поликаролактона, при добавлении экстракта в состав полимерных пленок. Данный эффект имеет потенциально перспективное направление использования при создании биоразлагаемых полимерных материалов с управляемым временем деструкции.

Также показано, что антрахионовые компоненты экстракта коры крушины способны накапливаться в клетках дрожжей и хорошо визуализироваться методом флуоресцентной микроскопии, это в свою очередь дает удобный аналитический инструмент оценки биохимических процессов в клетках дрожжей.

На основе анализа полученных данных, литературных данных предполагается, что основными участниками указанных реакций являются фенольные соединения, способные выступать донорами электронов в реакциях с участием неорганических окислителей, белков и компонентов дыхательной цепи. Кроме того, было показано, что антрахионовые соединения из спиртового экстракта коры крушины способны проникать и накапливаться в клетках дрожжей, что открывает перспективы для дальнейшего изучения их фототоксических и биомодулирующих эффектов.

Таким образом, полученные экспериментальные данные подтверждают участие фенольных соединений солодки и антрахионов крушины в биохимических процессах, связанных с окислительно-восстановительным обменом, и могут быть использованы в разработке новых фитопрепаратов и в изучении механизмов действия природных веществ на клеточном и молекулярном уровне.

### **Список использованных источников**

1. Li S., Zhao X., et al. Review: Biopharmacology and mechanisms of chalcones. *Frontiers in Pharmacology*, 2020, 11, 1032.
2. Manach C., Scalbert A., et al. Bioavailability and metabolism of polyphenols. *British Journal of Nutrition*, 2005, 93(S1), S15–S20.
3. Nguyen T.H., et al. Photostability and photodegradation pathways of anthraquinones. *Pharmaceuticals*, 2023, 16(1), 41. DOI:10.3390/ph16010041
4. Nigussie G., Melak H., Endale M. Traditional medicinal uses and phytochemistry of *Rhamnus* species. *Journal of Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2021.
5. Pan J., Wang Y., et al. Biocompatible extraction of flavonoids from licorice using NADES. *Molecules*, 2021, 26(5), 1310.
6. Rahmani F., Zarezade V., et al. Antioxidant and enzymatic properties of liquiritigenin from *Glycyrrhiza glabra*. *Industrial Crops and Products*, 2016, 89, 386–392.
7. Shamsaee J., Heidari R., et al. Microwave-assisted extraction of flavonoids from *Glycyrrhiza glabra*. *Scientific Reports*, 2021, 11, 8866.
8. Wang C., Li Y., et al. Comparative analysis of flavonoid composition in licorice roots using HPLC–DAD and LC–MS. *Plants*, 2020, 9(12), 1723.

*А. С. Боковец, И. В. Новиков, З. А. Комова, Д. А. Ляшкевич  
Белорусский государственный университет, Республика Беларусь*

## ПОЛУЧЕНИЕ рН-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ АНТОЦИАНОВ: РАБОТА С ОДАРЕННЫМИ ШКОЛЬНИКАМИ В УО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ДЕТСКИЙ ТЕХНОПАРК»

В современной системе образования в Республике Беларусь одним из важных направлений работы преподавателей вузов является работа с одаренными школьниками. Целью такой работы является поиск и воспитание высокомотивированных молодых кадров и ориентация их на продолжение научных исследований в системе вузовской и академической научной деятельности.

Преподаватели химического факультета Белорусского государственного университета участвуют в двух направлениях работы с талантливой молодежью, обучающейся в школе. Первым направлением является подготовка детей к участию в международных химических олимпиадах, сопровождение и организация республиканского цикла химических олимпиад. Вторым направлением является выполнение научных исследовательских работ на базе УО «Национальный детский технопарк» в рамках образовательного направления «Зеленая химия».

В рамках работы на образовательной смене, преподаватели предлагают учащимся теоретически и экспериментально проработать решение современных прикладных исследовательских задач, относящихся к образовательному направлению. Одним из актуальных направлений зеленой химии является разработка и внедрение функциональных биоразлагаемых материалов. Неправильное хранение и нарушение условий транспортировки продуктов питания приводит к их порче. Для визуальной идентификации испорченных продуктов используют умную упаковку. Элементы умной упаковки могут менять цвет при контакте с химическими веществами, выделяющимися при порче продуктов.

Одним из способов получения умной пищевой упаковки, отвечающей требованиям зеленой химии, является внедрение pH-чувствительных пигментов природного происхождения в биоразлагаемую полимерную матрицу [1, 2]. Подходящими кандидатами на роль такого пигмента являются антоцианы. Антоцианы – это природные флавоноиды, которые участвуют в кислотно-основных равновесиях в растворе и способны менять цвет в зависимости от pH среды (рисунок 1 (а)).

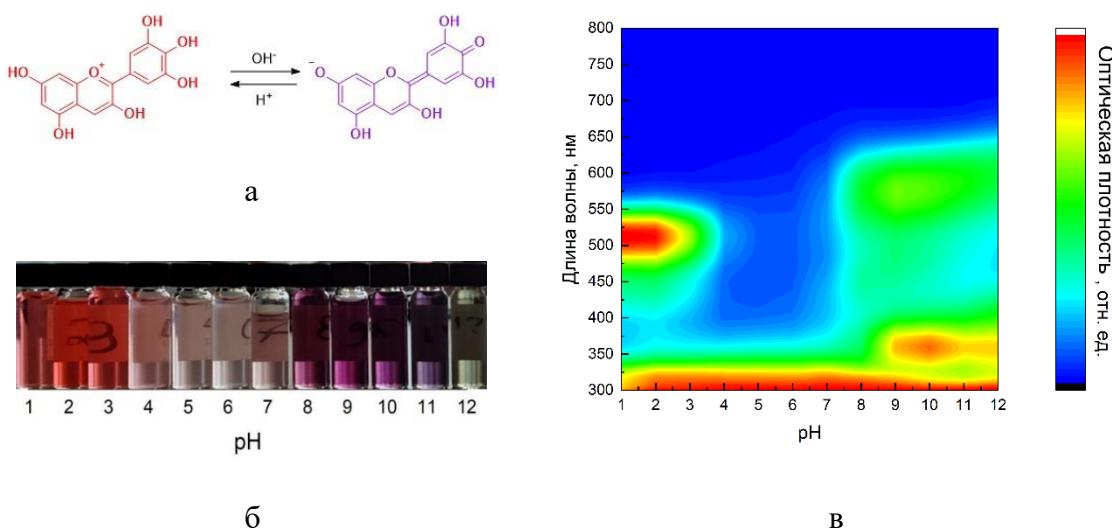


Рисунок 1 – Кислотно-основное равновесие с антоцианидином вишни (а);  
экстракти вишни при некоторых значениях pH (б);  
трехмерная зависимость спектра поглощения водного экстракта вишни от pH (в)

Окраска водных растворов антоцианов сильно зависит от pH среды. На рисунке 1 (б) представлены фотографии водных экстрактов вишни при различных значениях pH, а на рисунке 1 (в) представлена трехмерная зависимость «спектр поглощения – pH раствора».

Определение водородного показателя раствора учащиеся проводили потенциометрическим методом. В ходе выполнения исследовательского проекта учащиеся исследовали водные и спиртовые экстракты черники, клюквы, граната, голубики и костяники.

Нейтральные экстракты из ягод вишни были использованы для получения pH-чувствительных пленок. В качестве полимерной матрицы выбран поливиниловый спирт из-за его способности к биоразложению. В качестве дополнительных компонентов матрицы использовался глицерин для придания пленке эластичности и бентонитовая глина для придания прочности и огнеупорности. На рисунке 2 (а) представлена фотография пленки на основе нейтрального экстракта вишни.



Рисунок 2 – Пленка на основе нейтрального экстракта вишни до испытаний (а),  
после контакта с парами аммиака (б), после контакта с парами сероводорода

В качестве газов, имитирующих вещества, выделяющиеся при порче некоторых продуктов питания, использовали аммиак и сероводород. При контакте пленки на основе экстракта вишни с парами аммиака цвет пленки изменялся на синий (рисунок 2 (б)), а при контакте с сероводородом на розовый (рисунок 2 (в)). Цвет пленки после контакта с газом примерно соответствует тому цвету, который предсказывает спектральная карта, полученная учащимися ранее (рисунок 1 (в)).

Таким образом, учащимися исследованы оптические и кислотно-основные свойства экстрактов антоцианов и получены пленочные материалы, которые способны менять цвет при контакте с продуктами порчи пищи.

С точки зрения методической части, в ходе выполнения проекта учащиеся УО «Национальный детский технопарк» освоили спектрофотометрический метод анализа растворов окрашенных веществ, потенциометрический метод определения pH водных растворов и методику формирования пленок полимерных композиций из растворов. Работа выполнялась на базе химического факультета БГУ и УО «Национальный детский технопарк».

### Список использованных источников

1. Бурак, Л. Ч. Интеллектуальная упаковка для овощей и фруктов, классификация и перспективы использования: Обзор предметного поля / Л. Ч. Бурак, А. Н. Сапач, М. И. Писарик // Health, Food & Biotechnology. – 2023. – Т. 5, № 1. – С. 51–80.
2. Чеснокова, Н. Ю. Использование пленок, обогащенных антоциановым пигментом, в качестве индикатора свежести рыбного фарша / Н. Ю. Чеснокова, Ю. В. Приходько, А. А. Кузнецова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2021. – Т. 51, № 2. – С. 349–362.

E. V. Воробьева

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ

По определению, антиоксидантами называют вещества, препятствующие процессу окисления или ингибирующие реакции, инициируемые кислородом и пероксидными соединениями. Растительные экстракты представляют собой смесь природных антиоксидантов, способных эффективно замедлять процессы окисления полиолефинов, в частности полиэтилена [1, 2]. Оценку антиоксидантной активности (АОА) отдельных веществ и их смесей проводят различными методами, основанными либо на взаимодействии антиокислительных молекул с радикалами и активными формами кислорода (АФК), либо на определении их электрохимических характеристик. Выбор конкретного метода зависит от целей исследования; в нашем случае определяемая АОА должна максимально отражать реальную ингибирующую эффективность соединений в полиэтиленовой матрице. Цель настоящей работы заключается в анализе современных методов исследования АОА растительных экстрактов и установление их информативности в прогнозировании эффективности стабилизации полиэтиленовых композиций.

В таблице 1 приведен краткий анализ наиболее популярных методов оценки АОА. Каждая группа методов имеет свои достоинства, но и существенные ограничения, особенно при работе с комплексными многокомпонентными системами (растительные экстракты). Спектрофотометрические методы (методики DPPH, ABTS, FRAP, CUPRAC) являются наиболее распространёнными благодаря простоте и высокой чувствительности. Однако их ключевое ограничение – моделирование лишь отдельного антиокислительного механизма (донор–акцептор). Кроме того, результаты часто искажены из-за матричных эффектов (цветность, мутность, растворимость соединений). Хемилюминесцентные методы позволяют учитывать разные механизмы поглощения АФК, но требуют более сложного оборудования, стандартизации. Они трудоёмки, поэтому используются в основном в биомедицинских и пищевых исследованиях. Биологические методы показывают наиболее точную характеристику антиокислительных процессов для живых систем, их использование для прогнозирования ингибирующего действия экстрактов в полимерах также не является целесообразным.

Таблица 1 – Основные методы оценки антиоксидантной активности

№	Метод	Принцип	Особенности				
<b>Спектрофотометрические методы</b>							
1.1	DPPH (2,2-дифенил-1-пикурилгидразил)	Измерение способности антиокси-данта восстанавливать стабильный радикал DPPH (фиолетовый → бесцветный)	Быстрый, простой, чув-ствительный к феноль-ным соединениям				
1.2	ABTS (2,2'-азино-бис (3-этилбензотиазолин-6-сульфоновая кис-лота))	Генерация радикала ABTS <sup>+</sup> и его нейтрализация антиоксидантом. Антиоксидант снижает интенсив-ность окраски раствора	Подходит для водо- и жирорастворимых соединений				
1.3	FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)	Восстановление Fe <sup>3+</sup> до Fe <sup>2+</sup> в при-сутствии антиоксиданта, результа-ты выражаются в эквиваленте стан-дарта (витамина С или Trolox)	Оценивает восстанови-тельную способность, но не учитывает радикалы				

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
1.4	CUPRAC (Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity)	Восстановление Cu <sup>2+</sup> до Cu <sup>+</sup> в присутствии антиоксиданта	Универсальный, чувствителен к различным классам соединений
<b>Хемилюминесцентные методы</b>			
2.1	ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity)	Способность антиоксиданта предотвращать окисление флуоресцентного зонда (люминола или флуоресцеина)	Имитация физиологических условий, высокая селективность
<b>Электрохимические методы</b>			
3.1	Циклическая вольтамперометрия (CVA)	Определение потенциала окисления/восстановления соединений и их взаимодействия с радикалами	Позволяет оценить суммарную АОА, информативен для полифенолов и флавоноидов
3.2	Амперометрия	Измерение тока при окислении/восстановлении антиоксидантов на электроде	Высокая чувствительность, возможность экспресс-анализа смесей
3.3	Потенциометрия	Регистрация изменения окислительно-восстановительного потенциала при добавлении антиоксидантов	Простота выполнения, подходит для водных и спиртовых растворов
<b>Биологические методы</b>			
4.1	Ингибиование перекисного окисления липидов (LPO)	Оценка способности антиоксиданта предотвращать образование малонового диальдегида (МДА) или диновых конъюгатов при окислении липидов	Отражает защиту биомембран, используется в фармакологии и пищевой химии
4.2	Тест на ингибиование гемолиза эритроцитов	Измерение степени разрушения эритроцитов под действием окислителей в присутствии антиоксиданта	Близок к физиологическим условиям, применим для оценки биосовместимости
4.3	Клеточные модели (in vitro)	Определение антиоксидантной активности в культуре клеток по уровню АФК, активности ферментов	Отражает биологическую эффективность

Высокую перспективность в контексте оценки АОА растительных экстрактов и прогнозировании ингибирующей активности в полиэтиленовой матрице имеют электрохимические методы, в частности, потенциометрия. Потенциометрический метод на основе системы K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]/K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] обеспечивает прямое определение редокс-свойств соединений, позволяя объективно оценивать их электронодонорную способность и радикал-нейтрализующую активность [3]. Метод отличается высокой чувствительностью, универсальностью и не требует использования специфических реагентов, что минимизирует вероятность побочных реакций. Простота выполнения и возможность выражения результатов в электрохимических единицах обеспечивают сопоставимость данных между различными образцами и системами.

**Список использованных источников**

1. Воробьева, Е. В. Стабилизация полиэтилена природными наполнителями и их экстрактами // Химия растительного сырья / Е. В. Воробьева, Е. Л. Приходько. – 2019, № 2. – С. 213–223.
2. Воробьева, Е. В. Антиокислительные свойства экстрактов трутовика окаймленного Fomitopsis pinicola в составе полиэтиленовых пленок» // Химия растительного сырья / Е. В. Воробьева. – 2023. – № 2. – С. 143–151.

3. Воробьева, Е. В. Исследование антиокислительных свойств усниновой кислоты и ее реэкстрактов / Е.В. Воробьева, Н. И. Дроздова // Свиридовские чтения: сб. ст. Вып. 19. Минск, 2023. – С. 69–83.

УДК 634.465

**Ю. Д. Зенкевич, Н. И. Дроздова**

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

## **АНАЛИЗ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Почва – сложная и динамичная экосистема, в которой протекают разнообразные биохимические процессы, определяющие ее плодородие и устойчивость. Благодаря ферментативной активности в почве поддерживается определенный биохимический гомеостаз, обеспечивается непрерывность процессов метаболизма даже в условиях, неблагоприятных для жизнедеятельности микроорганизмов.

Ключевую роль в формировании плодородия почвы и образовании гумусовых веществ играют почвенные ферменты, в частности, полифенолоксидаза (ПФО) и пероксидаза (ПО). Активность этих ферментов отражает интенсивность разложения органического вещества, трансформацию ароматических соединений и участие в процессах гумификации. Понимание биологического значения ПФО и ПО в почве имеет важное значение для оценки качества почвы, прогнозирования ее устойчивости к загрязнению и разработки эффективных стратегий управления почвенными ресурсами.

Полифенолоксидазы могут находиться в почве как в свободном, так и в связанном состоянии, основная их функция – участие в биосинтезе гумусовых кислот за счет катализа реакций окислительной полимеризации ароматических соединений с участием кислорода воздуха [1]. Пероксидазы поступают в почву в виде прижизненных выделений корней растений и микроорганизмов. Эти ферменты присутствуют в почве как в свободном состоянии, так и могут быть связаны в органо-минерально-ферментные комплексы. Основная функция пероксидаз – регулирование биосинтеза гумусовых кислот за счет катализа реакций окислительной полимеризации ароматических соединений с участием кислорода из перекиси водорода [2].

Целью данных исследований являлось изучение биологической активности почвы в условиях длительной антропогенной нагрузки.

Отбор проб для анализа осуществлялся в июле 2025 года на территории, сопредельной с Гомельским полигоном твердых коммунальных отходов (ТКО). Пробные площадки закладывались на различном удалении от границ тела полигона (500–1000 м), контрольные участки размещались на удалении около 2500 м. Анализировались образцы окультуренной и неокультуренной почвы, отобранные на глубину 0–20 см. Определение активности ферментов проводили по методике К.А. Козлова [3].

По отношению активности полифенолоксидазы к активности пероксидазы были рассчитаны индексы гумификации (ИГ), отражающие условия для потенциальной возможности накопления гумусовых веществ в почве при разложении органического вещества (таблице 1).

Как показал анализ данных, активность полифенолоксидазы варьировалась в диапазоне от 0,086 до 0,556 мл 0,01н I<sub>2</sub>/1 г почвы, что позволило охарактеризовать ее уровень как низкий (менее 1 мл 0,01н I<sub>2</sub>/1 г почвы). Диапазон значений активности пероксидазы составлял от 0,83 до 2,13 мл 0,01н I<sub>2</sub>/1 г почвы и соответствовал преимущественно низким (менее 1,8) и средним (1,8–3) значениям показателя. Отмечали тенденцию к некоторому возрастанию активностей данных ферментов по мере удаления от границ санитарно-защитной зоны (СЗЗ) полигона ТКО г. Гомеля. По сравнению с почвой контрольной площадки, расположенной на удалении

2,5 км от границ полигона, активность полифенолоксидазы в почве у границы СЗЗ была снижена в 3,5 – 6,4 раза для неокультуренной и окультуренной почвы соответственно (за исключением участков на границе СЗЗ, где размещены поля фильтрации). В случае активности пероксидазы различия составляли 1,8 – 2,3 раза. Это может быть связано с антропогенной нагрузкой на территории, создаваемой при длительной эксплуатации полигона высокой мощности.

Таблица 1 – Значения активности полифенолоксидазы, пероксидазы и индекса гумификации

№	Отдаленность площадок проб отбора от границ тела полигона (окультуренная/неокультуренная почва)	Активность полифенолоксидазы (в мл 0,01 н I <sub>2</sub> /1 г)	Активность пероксидазы (в мл 0,01 н I <sub>2</sub> /1 г)	Индекс гумификации
1	500 м (неокультуренная)	0,510±0,026	2,13 ±0,15	0,24
2	650 м (окультуренная)	0,086±0,009	0,79 ±0,07	0,12
3	850 м (окультуренная)	0,160±0,017	0,95 ±0,04	0,17
3а	850 м (неокультуренная)	0,143±0,013	0,83 ±0,04	0,17
4	1000 м (окультуренная)	0,288±0,021	1,20 ±0,04	0,24
4а	1000 м (неокультуренная)	0,250±0,019	1,15 ±0,03	0,22
5	2500 м (неокультуренная)	0,507±0,021	1,93 ±0,14	0,26
5а	2500 м (окультуренная)	0,556±0,031	1,42 ±0,18	0,39

Низкая активность полифенолоксидазы обусловливала достаточно низкие индексы гумификации: от 0,12 до 0,24, включая почвы контрольных участков, где ИГ составлял 0,26–0,39. Это согласуется с невысоким содержанием гумуса в почве (до 2,5 %) и указывает, преимущественно, на процессы его деструкции. Существенных различий между почвами, находящимися под естественным залужением (неокультуренные почвы) и используемых в качестве сельхозугодий не выявлено. Данные по активности ферментов, полученные в летний период 2025 года были сопоставлены с ранее полученными результатами за аналогичные периоды 2021–2022 года (таблица 2).

Таблица 2 – Годовая динамика активности ферментов в почве в мл 0,01 н I<sub>2</sub> / г почвы

Значение активности	Активность ферментов					
	2021 год		2022 год		2025 год	
	ПФО	ПО	ПФО	ПО	ПФО	ПО
min – max	0,29–1,05	0,75–1,96	0,21–0,87	0,21–1,99	0,09–0,56	0,79–2,13
средняя	0,92	1,42	0,49	1,07	0,31	1,30

Годовая динамика активности ферментов может быть связана с рядом факторов, в том числе, с различием гидротермических условий.

### Список использованных источников

- Якушев, А. В. Зависимость активности полифенолпероксидаз и полифенолоксидаз в современных и погребенных почвах от температуры / А. В. Якушев, И. Н. Кузнецова, Е. В. Благодатная // Почловедение. – Москва, 2014. – № 5. – С. 590–596.
- Самусик, Е. А. Полифенолоксидазная и пероксидазная активность дерновоподзолистых почв в условиях воздействия выбросов предприятия по производству строительных материалов / Е. А. Самусик, Т. П. Марчик, С. Е. Головатый // Экология. – Минск, 2019. – № 3. – С. 65–79.
- Даденко, Е. В. Методы определения ферментативной активности почв / Е. В. Даденко, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2021. – 176 с.

**B. В. Коваленко, Н. С. Ступень**

*Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, Республика Беларусь*

## **ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ В КУРСЕ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

Учебная дисциплина «Общая и неорганическая химия» является первой химической дисциплиной, которую изучают в ВУЗе студенты 1-го курса специальности «Природоведческое образование (биология и химия)» – будущие учителя биологии и химии. Данная дисциплина способствует формированию у студентов не только знаний об основных понятиях, законах и теориях химической науки, понимания закономерностей строения и химического поведения веществ, связи между строением, физическими и химическими свойствами соединений, но и формированию системного подхода и критического мышления. В целом, учебная дисциплина «Общая и неорганическая химия» формирует фундамент предметной химической компетенции будущих учителей химии.

Вопросы структуры и содержания предметной химической компетенции, а также вопросы ее формирования в рамках различных химических дисциплин нами рассмотрены в ряде работ [1–4]. В настоящей работе нами обобщен опыт формирования предметной экологической компетенции в рамках учебной дисциплины «Общая и неорганическая химия».

Общеизвестно, что экология является междисциплинарной отраслью знаний и использует данные разных наук. Тесно взаимосвязана экология с химическими науками, в частности с общей и неорганической химией.

Содержательные взаимосвязи общей и неорганической химии с экологией приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержательные взаимосвязи дисциплины «Общая и неорганическая химия» с экологией

Тема учебной дисциплины «Общая и неорганическая химия»	Изучаемые вопросы
Строение атома и Периодическая система химических элементов	Использование ядерной энергии в мирных целях
Растворы электролитов	Значение постоянства величины рН в химических и биологических процессах Роль гидролиза в химическом синтезе, биологических процессах и процессах выветривания минералов и горных пород
Окислительно-восстановительные реакции	Значение окислительно-восстановительных реакций в живой и неживой природе
Комплексные соединения	Значение процессов комплексообразования в химии и биологии
Элементы 17 группы Периодической системы	Охрана окружающей среды от загрязнения хлором. Понятие о предельно допустимых концентрациях (ПДК) вредных веществ. ПДК хлора. Хладагенты
Элементы 16 группы Периодической системы	Физиологическое действие сероводорода, его ПДК. Производство серной кислоты и проблема охраны окружающей среды
Элементы 15 группы Периодической системы	Охрана окружающей среды от загрязнения оксидами азота

Приведенные в таблице примеры содержательных взаимосвязей общей и неорганической химии с экологией свидетельствуют о взаимообусловленности химических и экологических факторов. Знание химизма процессов, лежащих в основе функционирования биологических систем, понимание влияния химических факторов на экологические процессы способствует реализации фундаментальной и практико-ориентированной подготовки будущих специалистов. Неслучайно, в качестве одной из целей обучения химии указывают «воспитание готовности к реализации стратегии устойчивого развития, убежденности в необходимости использования для этого потенциала химии при изучении природы для выработки рекомендаций по рациональному природопользованию и созданию оптимальных условий существования и развития человечества» [5, с. 275].

Следует отметить, что на преподавателях и учителях химии лежит ответственность за преодоление синдрома хемофобии, который существует в обыденном сознании и проявляется в боязни того, что связано с химией. Глубокое изучение вопросов, лежащих в основе какого-либо химического процесса или явления, умение разобраться в его сущности, свидетельствует о том, что опасна не химия сама по себе, а те последствия, которые могут возникнуть из-за неправильного применения веществ и химических реакций, технологических ошибок, допущенных на химических производствах и т.д.

Формированию предметной экологической компетенции способствует использование расчетных задач экологической направленности, а также подготовка студентами сообщений, презентаций по тематике, связанной с вопросами экологии. Такие формы работы со студентами реализуют не только образовательные цели, но и несут значительный воспитательный потенциал.

Решение задач экологической направленности в определенной степени способствует визуализации и «погружению» в сложные явления и процессы, позволяет делать выводы, подтвержденные математическими расчетами.

Подготовка студентами сообщений, презентаций является формой самостоятельной работы с научной литературой. Немаловажно, что данная форма работы со студентами способствует формированию навыков ведения научной дискуссии, умений аргументировать и доказывать свою точку зрения, опыта публичного выступления. Не вызывает сомнений, что подобными способностями должен обладать каждый человек.

Таким образом, благодаря значительной взаимосвязи содержания учебного материала дисциплины «Общая и неорганическая химия» с экологией может быть реализована задача по формированию предметной экологической компетенции.

### **Список использованных источников**

1. Коваленко, В. В. Модель содержания предметной химической компетенции (на примере курса «Общая и неорганическая химия» в учреждениях высшего образования) / В. В. Коваленко, Н. С. Ступень // Педагогическая наука и образование. – 2019. – № 1 (26). – С. 58–61.
2. Ступень, Н. С. Формирование у студентов предметной химической компетенции при изучении химических дисциплин / Н. С. Ступень, В. В. Коваленко // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 3. Філагогіка. Педагогіка. Псіхалогія. – 2019. – № 2. – С. 122–131.
3. Ступень, Н. С. Содержательный компонент модели предметной химической компетенции (на примере дисциплины «Аналитическая химия») // Н. С. Ступень, В. В. Коваленко / Свиридовские чтения. – 2020. – Вып. 16. – С. 178–185.
4. Коваленко, В. В. Структура и содержание предметной химической компетенции (на примере дисциплины «Основы химии полимеров») // В. В. Коваленко, Н. С. Ступень / Свиридовские чтения. – 2023. – Вып. 19. – С. 173–180.
5. Мычко, Д. И. Вопросы методологии и истории химии: от теории научного метода к методике обучения : пособие / Д. И. Мычко. – Минск : БГУ, 2014. – 295 с.

В. С. Кондрев, М. В. Подзорова

Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, Российская Федерация

## О РАВЕНСТВЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ТРАКТОВОК КРИВЫХ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО ТИТРОВАНИЯ

Построение кривых титрования, в том числе не только кислотно-основного, является важной частью обучения аналитической химии; в таком случае происходит отработка умений и навыков расчетов равновесных концентраций частиц. Поскольку курс аналитической химии строится на основе шести блоков, обычно излагаемых в следующем порядке: 1) введение, 2) теория ионных равновесий, 3) качественный анализ, 4) количественный анализ (гравиметрия и титрование), 5) обработка результатов химического анализа, 6) пробоотбор и пробоподготовка, то в зависимости от программы обучения построение кривых титрования может находиться в блоке 2 или блоке 4. В зависимости от методики преподавания блока 2 – через типовые задачи или универсальный подход с использованием уравнения электронейтральности – построение кривых титрования может быть представлено как кусочно-гладкая функция или же как классическая непрерывная функция, причем области определения и области значений таких функций одинаковы. Несмотря на то, что строятся и исследуются функции по-разному, результаты получаются одинаковыми.

Рассмотрим такую трактовку на примере титрования соляной кислоты с концентрацией  $C_0$  и объемом раствора  $V_0$  раствором гидроксида натрия с концентрацией  $C_m$  (объем прибавляемого раствора титранта будем представлять как  $V_m$ ). Главной переменной является  $V_m$ , а зависимой переменной является  $[H^+]$  или производная от нее величина  $pH$ .

В случае универсального подхода кривая титрования представляет собой непрерывную неявно заданную функцию, которую можно представить через уравнение электронейтральности:

$$[H^+] + [Na^+] = [OH^-] + [Cl^-]$$

или

$$[H^+] + \frac{C_m V_m}{V_0 + V_m} = \frac{K_w}{[H^+]} + \frac{C_0 V_0}{V_0 + V_m}.$$

При титровании сильной однопротонной кислоты сильным однопротонным основанием  $[H^+]$  еще можно выразить через  $V_m$  в явном виде, хотя форма записи будет весьма громоздкой (в более сложных случаях представление в явном виде просто невозможно):

$$[H^+] = \frac{C_0 V_0 - C_m V_m \pm \sqrt{(C_m V_m - C_0 V_0)^2 + 4 K_w (V_0 + V_m)^2}}{2(V_0 + V_m)}.$$

Построение кривых титрования через универсальный подход довольно трудоемко и часто требует специального программного обеспечения, поэтому обычно реализуется в рамках дисциплин спецкурсов (например, курс «Сложные химические равновесия», читаемый на химическом факультете БГУ). Однако объяснение данного раздела можно значительно облегчить и сделать более наглядным. Так, в случае методики преподавания через типовые задачи построение кривой кислотно-основного титрования как кусочно-гладкой функции реализуется через три задачи: расчет  $pH$  разбавленных растворов сильной кислоты

или сильного основания, расчет рН для солей в случае их гидролиза (в нашем случае образуется хлорид натрия – соль, не гидролизующаяся ни по катиону, ни по аниону – поэтому рН раствора можно принять равным семи) – и состоит из четырех участков:

1) расчет  $pH$  до начала титрования:

$$[H^+] = C_0, \quad pH = -\lg C_0;$$

2) расчет  $pH$  до точки эквивалентности:

$$[H^+] = \frac{C_0V_0 - C_mV_m}{V_0 + V_m}, \quad pH = -\lg \frac{C_0V_0 - C_mV_m}{V_0 + V_m};$$

3) расчет  $pH$  в точке эквивалентности (в данном случае  $pH$  равен семи);

4) расчет  $pH$  за точкой эквивалентности:

$$\frac{K_w}{[H^+]} = \frac{C_mV_m - C_0V_0}{V_0 + V_m},$$

$$pH = pK_w + \lg \frac{C_mV_m - C_0V_0}{V_0 + V_m}.$$

Покажем равенство математических трактовок при использовании универсального подхода и подхода через типовые задачи. Итак, до начала титрования  $V_m$  равен нулю, а значит, уравнение электронейтральности может быть представлено в следующем виде:

$$[H^+] = \frac{K_w}{[H^+]} + C_0 \text{ или в случае выполнения условия } C_0 > 10^{-6} \text{ M: } [H^+] \approx C_0.$$

После начала титрования в растворе будет сохраняться избыток кислоты, который по мере прихода к точке эквивалентности будет все меньше и меньше. С математической точки зрения это будет представлено как  $C_0V_0 > C_mV_m$ . Тогда уравнение электронейтральности можно записать в виде:

$$[H^+] - \frac{K_w}{[H^+]} = \frac{C_0V_0 - C_mV_m}{V_0 + V_m}.$$

$$\text{или в случае выполнения условия } \frac{C_0V_0 - C_mV_m}{V_0 + V_m} > 10^{-6} \text{ M: } [H^+] \approx \frac{C_0V_0 - C_mV_m}{V_0 + V_m}.$$

В точке эквивалентности по определению количества титранта и титруемого вещества равны ( $C_0V_0 = C_mV_m$ ), а значит в растворе нет избытка ни первого, ни второго. В таком случае

$$[H^+] = \frac{K_w}{[H^+]} \text{ и соответственно } [H^+] = \sqrt{K_w}.$$

При перетитровывании раствора в нем появляется избыток титранта ( $C_0V_0 < C_mV_m$ ). Тогда уравнение электронейтральности можно представить в виде:

$$\frac{C_mV_m - C_0V_0}{V_0 + V_m} = \frac{K_w}{[H^+]} - [H^+]$$

или в случае выполнения условия  $\frac{C_m V_m - C_0 V_0}{V_0 + V_m} > 10^{-6}$  М:  $\frac{K_w}{[H^+]} \approx \frac{C_m V_m - C_0 V_0}{V_0 + V_m}$ .

Стоит отметить, что построение кривой с помощью метода типовых задач не описывает участки вблизи точки эквивалентности, когда избыток кислоты или основания столь мал, что вкладом диссоциации воды нельзя пренебречь. Однако такая ситуация невозможна при построении кривой через универсальный способ. В любом случае, равнозначность представлений о кривых титрования очевидна, а выбор методики изложения остается за преподавателем.

### **Список использованных источников**

1. Кондрев, В. С. Гомогенные ионные равновесия: методика решения задач : учеб.-метод. пособие / В. С. Кондрев. Минск : БГУ, 2021.

УДК 549.25/.28:581.526.32:556.55(476.2-37Ветка)

**T. B. Макаренко, O. V. Пырх**

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

### **АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОЗДУШНО-ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ВОДОЕМЕ ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ ОТДЫХА ГОРОДА ВЕТКА**

Целью работы было провести сравнительный анализ содержания тяжелых металлов в воздушно-водной растительности в водоеме, не испытывающем видимой антропогенной нагрузки. В качестве водоема был выбран старичный комплекс р. Сож, расположенный на 15 км выше г. Гомеля у д. Поляновка (Ветковский район, Гомельская область) и не испытывающий видимой антропогенной нагрузки. Речной комплекс контактирует с водой р. Сож, которая может являться одним из источников загрязнения водоема. Также основными загрязнителями этого водоема являются аэроальные сухие и влажные выпадения на водную гладь. Водоем активно используется для рыбной ловли. Вдоль берега нет ни засеянных полей, ни огородов, не проводится выпас скота. Для исследований были выбраны воздушно-водные растения, наиболее распространенные не только в изучаемом водоеме, но и в большинстве водных экосистем Гомельского региона из семейств Мятликовые, Частуховые, Осоковые. Все растения относятся к 4-ой экологической группе – воздушно-водные растения. Деление на экологические группы основывается на различии в путях поступления загрязнителей и основных питательных веществ в растительные организмы. В пределах одной группы растения разных видов отличаются значительной вариабельностью содержания тяжелых металлов. Это определяется не только различными путями поступления соединений тяжелых металлов в растения, но и видовой особенностью накопления загрязнителей в растительных тканях. Несмотря на то, что большинство соединений тяжелых металлов в больших количествах являются токсикантами для растительных организмов, часть из них, содержащихся в незначительных концентрациях в клетках и тканях растений, выполняет важные физиологические функции. Отбор проб проводился по стандартным методикам. Содержание тяжелых металлов в золе растений определяли методом ISP масс-спектрометрии, на масс-спектрометре с индуктивно связанный плазмой Elan DRCe (Perkin Elmer), на базе лаборатории радиоэкологии Института радиобиологии НАН Беларуси.

В производственных процессах предприятий г. Гомеля титан практически не используется, но содержание его в растениях водоема, не испытывающего видимую антропогенную нагрузку, значительное. Концентрация этого элемента в 60 раз превышает концентрацию других металлов. Но это не противоречит данным, полученным другими исследователями. По результатам работы О.В. Анищенко [1, с. 490], концентрация титана в растениях

водохранилища Бугач колебалось от 6 до 868 мг/кг сухого вещества. Функция титана в организме растений не установлена, но высокое содержания его ионов в растениях может быть связано с отсутствием механизма контроля со стороны растений за поступлением соединений титана в растительный организм. Также в растениях наблюдается высокое содержание таких металлов как медь и никель. Однако их накопление было закономерным, так как вышеупомянутые металлы используются в производственных процессах и содержатся, хоть и в небольших количествах в выбросах промышленных предприятий Могилевской и Гомельской областей, где протекает р. Сож. Минимальное содержание в водных растениях отмечено для кобальта. В общем виде ряд содержания тяжелых металлов в макрофитах старицного комплекса р. Сож можно представить следующим образом: Ti > Cu > Ni > Co.

Если вести сравнение с фоновыми значениями, то для кобальта фоновая величина превышена только у стрелолиста обыкновенного и сусака зонтичного, тогда как для меди у растений всех изучаемых видов концентрация была выше фона в 1,79–6,71 раза. Содержание никеля превысило фоновую концентрацию у сусака зонтичного, манника наплывающего и стрелолиста обыкновенного, причем для последнего вида превышение составило 4,23 раза. Содержание титана у всех изучаемых видов было выше фоновой величины.

Содержание тяжелых металлов заметно отличается в зависимости от вида исследуемого растения. В значительных количествах накапливает все изучаемые металлы сусак зонтичный, высокое содержание кобальта и никеля характерно для стрелолиста обыкновенного, максимальная и высокая концентрация титана отмечено у осоки острой и сусака зонтичного. Выделить вид из изучаемых водных растений, содержащий минимальное количество изучаемых металлов сложно. У частухи подорожниковой концентрация кобальта была ниже предела обнаружения, но содержание меди максимально, а по концентрации титана данный вид располагается на третьем месте. Камыш лесной содержит минимальное количество никеля и титана, но концентрация кобальта и меди превышают величины, полученные для отдельных изучаемых видов растений. У осоки острой определено максимальное содержание титана, но концентрация остальных металлов низкая, однако ни минимальная. При накоплении металлов в растениях нужно учитывать следующие факторы: 1) физиологическую потребность каждого металла для растительных организмов; 2) порог накопления конкретных металлов в растениях, после которого активно включается так называемый «механизм блокировки», когда растение тормозит поступления токсикантов в органы и ткани; 3) видовые и индивидуальные способности растений к поглощению металлов (таблица 1).

Таблица 1 – Среднее содержание металлов (мг/кг) у различных видов воздушно-водных растениях старицного комплекса р. Сож

Растение	Cu	Co	Ni	Ti
Стрелолист обыкновенный <i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	17,30	2,23	5,71	231,16
Манник наплывающий <i>Gluceria fluitans</i> L.	4,07	<n.o.	1,51	185,01
Камыш лесной <i>Scirpus sylvaticus</i> L.,	7,41	0,54	0,82	157,22
Частуха подорожниковая	26,02	<n.o.	1,33	712,89
Сусак зонтичный	26,12	1,41	3,03	785,16
Осока острая <i>Carex acuta</i> L.	6,97	0,52	1,23	956,01
Фоновое содержание	3,89	0,51	1,35	155,12
% от общего содержания	10,00	2,00	3,00	83,00*

Примечание: < n.o.– ниже предела обнаружения; \* 2 % приходится на содержание свинца

Проведенные исследования показали, что по абсолютному содержанию меди можно выделить группу концентраторов, куда относятся частуха подорожниковая и сусак зонтичный, в отношении кобальта концентраторами являются манник наплывающий и частуха подорожниковая. Накопление никеля до высоких уровней отмечено у камыша озерного и осоки острой. Титан активно накапливают все изучаемые виды растений, минимальная концентрация определена у камыша лесного. Для проведения экологических исследований загрязнения водоемов тяжелыми металлами необходимо использовать все растения, произрастающие в водоеме, но в большей степени, сусак зонтичный и стрелолист обыкновенный. Необходимо проводить исследования загрязнений не только городских водных экосистем, но и водоемов, не подвергающихся видимой антропогенной нагрузке.

### **Список использованных источников**

1. Иванова, Е. А. Содержание металлов в высших водных растениях в небольшом сибирском водохранилище / Е. А. Иванова [и др.] // Сибирский экологический журнал. 2012. № 4. 485–495 с.

УДК 549.25/.28:581.526.32:556.55(476.2-37Ветка)

*T. B. Макаренко, O. V. Пырх*

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

## **ИЗУЧЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ «МОЛЛЮСКИ – ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ» В ВОДОЕМАХ ГОРОДА ГОМЕЛЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ**

Целю работы явилось проведение сравнительного анализа величины коэффициента накопления тяжелых металлов в мягких тканях брюхоногих и двустворчатых моллюсков по донным отложениям в водоемах, активно используемых населением для проведения культурно-массовых и спортивных мероприятий.

Показателем степени накопления элементов компонентами водных экосистем является коэффициент биологического накопления (Кн). Кн – это отношение содержания элемента в мягких тканях моллюсков к валовому содержанию его в донных отложениях или воде. Значение коэффициента накопления Кн позволяет косвенно судить о степени доступности элемента для растений и моллюсков в абиотических компонентах водоемов и о его поведении в системе «живые организмы – абиотические компоненты». Низкие значения коэффициента накопления указывают как на малую биологическую доступности соединений тяжелых металлов в воде и донных отложениях, так и на высокую степень контроля со стороны организма за поступлением загрязнителей в ткани. Следует также учитывать физиологическую потребность разных видов живых организмов в соединениях изучаемых металлов, которые в малых количествах отвечают за протекание жизненно важных процессов в организме.

Из всех изучаемых видов моллюсков были выбраны наиболее массовые и часто встречающиеся виды двустворчатых и брюхоногих моллюсков, а именно перловица обыкновенная (*Unio pictorum* L.) и живородка речная (*Viviparus viviparous* L.). Эти виды различаются по образу жизни, способу и типу питания. Коэффициент накопления для моллюсков вычислялся по донным отложениям. В водоемах, где проводились исследования, живородка в большом количестве обитала в верхнем горизонте донных отложений, и только треть отловленных особей встречалась на растениях. Именно поэтому было принято решение провести расчет коэффициента накопления по донным отложениям. Как было определено ранее, содержание металлов в тканях моллюсках ближе к составу донных отложений [1].

Перловица обыкновенная, исходя из значения коэффициента накопления (таблица 1), имеет более низкую способность к аккумуляции тяжелых металлов, за исключением марганца, чем живородка речная. Коэффициент накопления поллютантов в перловице обыкновенной в 1,24–7,91 раза ниже, чем в живородке речной (исключение марганец, свинец и цинк). Это может быть обусловлено непосредственно типом питания, а также физиологической потребностью моллюсков в соединениях изучаемых металлов. Перловица является активным фильтратором, питается фильтруя взвесь, находящуюся в верхних слоях донных отложений. Часть питательных веществ, а значит и загрязнителей, живородка получает, соскабливая налет, оседающий на растениях, и употребляет в пищу не только налет, но и верхнюю часть листьев и стеблей водных растений. Соединения металлов, содержащиеся в растениях, могут быть в более доступной форме для брюхоногих моллюсков, чем в органической фракции взвеси, находящейся в воде над донными отложениями. Однако, коэффициент накопления марганца в 10,27 раз, свинца в 2,00 раза, а цинка в 1,10 раза выше в тканях перловицы, в сравнении с живородкой.

Значение коэффициента накопления марганца в тканях перловицы в 6,16–86,82 раз выше в сравнении с другими изучаемыми металлами. Марганец является активатором ряда ферментов в организме моллюсков, участвует в процессах дыхания, биосинтеза нуклеиновых кислот. Содержание марганца у двустворчатых моллюсков может быть на два порядка выше, чем других металлов. На втором месте по накоплению в мягких тканях перловицы находится цинк, коэффициент накопления которого в 3,13–15,91 раза выше, чем для остальных металлов. Данный факт также связан с важной биологической ролью цинка в организме моллюсков. Предполагается, что медь и цинк конкурируют друг с другом в процессе усваивания в пищеварительном тракте, поэтому избыток одного из этих элементов в пище может вызвать недостаток другого элемента, что определяет низкий уровень накопления меди у перловицы в изучаемых водоемах. В порядке уменьшения значения Кн металлы в системе «перловица – донные отложения» располагаются в следующей последовательности:  $Mn \geq Zn \geq Ni \geq Pb \geq Co \approx Cu \geq Cr$ .

Таблица 1 – Коэффициент биологического накопления по донным отложениям для мягких тканей моллюсков

Моллюски	Cu	Co	Ni	Pb	Cr	Zn	Mn
Перловица обыкновенная	0,21	0,21	0,56	0,28	0,11	1,75	9,55
Живородка речная	1,66	0,26	1,44	0,14	0,25	1,68	0,93

В мягких тканях живородки установлена тенденция накопления металлов, отличная от мягких тканей перловицы. Коэффициенты накопления тяжелых металлов в системе «живородка – донные отложения» располагаются в следующей последовательности:  $Zn \approx Cu > Ni > Mn > Co \geq Cr > Pb$ . Незначительные отличия в величинах коэффициентов накопления были рассчитаны у живородки для меди и цинка, что в 1,17–12,00 раза выше, чем для других изучаемых металлов. Соединения меди и цинка конкурируют друг с другом при поступлении в мягкие ткани брюхоногих моллюсков, и высокие значения Кн, рассчитанные для вышеперечисленных металлов, дают возможность предположить о высоком уровне загрязнения донных отложений водоемов соединениями данных металлов, а также о высокой доступности данных металлов для живородки. Высокий уровень накопления свинца у перловицы (в 2,00 раза выше, чем у живородки) указывает на нахождение значительного количества доступных форм данного металла в органической фракции донных отложений. Коэффициенты накопления кобальта и никеля в рядах, составленных для каждого изучаемого вида, занимают одинаковые позиции. Данный факт свидетельствует о схожих механизмах поступления данных металлов в организм живородки и перловицы. Высокий уровень накопления никеля в тканях моллюсков, превышающий накопление меди у перловицы и марганца у живородки, может свидетельствовать о доступности соединений никеля в донных отложениях, а также высоком уровне загрязнения донных отложений соединениями данного металла.

Таким образом, установлено, что для оценки доступности соединений меди, хрома и никеля в донных отложениях допустимо использовать живородку речную, для доступности марганца, цинка и свинца – перловицу обыкновенную. Соединения кобальта в равной степени накапливаются и в тканях перловицы, и у беззубки. В большей степени в тканях моллюсков накапливаются физиологически значимые металлы, играющие важную роль в протекании метаболический процессов в организме – марганец и цинк в мягких тканях перловицы, медь и цинк в мягких тканях живородки. Перловица обыкновенная является макроконцентратором марганца ( $\text{Кн} > 2$ ), и микроконцентраторам цинка ( $\text{Кн}$  в пределах 1–2). Живородка речная выступает как микроконцентратор меди, никеля и цинка. По отношению к другим металлам изучаемые виды являются деконцентраторами.

### **Список использованных источников**

1. Чемагин, А. А. Биотическая аккумуляция тяжелых металлов макрозообентосом нижнего Иртыша / А. А. Чемагин // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5. – 616 с.

УДК 543.062

***М. В. Подзорова, В. С. Кондрев***

*Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, Российская Федерация*

### **ДИСЦИПЛИНА «КАРБОНОВАЯ ПОЛИТИКА И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ» КАК ПРИМЕР СВЯЗИ ХИМИИ И ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИНТЕРЕСОВ**

Современные экологические проблемы, такие как изменение климата, деградация природных ресурсов и загрязнение атмосферы, требуют комплексного подхода к их решению. Наиболее известными примерами, связанными с решением проблем загрязнения атмосферы, являются Киотский протокол и Парижские соглашения, обязывающие страны, подписавшие эти соглашения, снижать выбросы парниковых газов. Очевидно, для будущих управленцев крайне необходимо понимание химических процессов, лежащих в основе образования и трансформации основных парниковых газов, поскольку эти знания и умения имеют решающее значение для формирования эффективной экологической политики и обеспечения национальной безопасности. К тому же, в рамках такой дисциплины реализуется крайне важная воспитательная работа по приобщению будущего специалиста к решению государственных проблем. Программы бакалавриата, специалитета и магистратуры подавляющего большинства вузов не предполагают междисциплинарных программ на стыке естественных и гуманитарных наук, поскольку такое стыкование, по мнению большинства, кажется противоестественным. Однако предмет «Карбоновая политика и охрана окружающей среды», преподаваемый в рамках магистратуры по направлению «ESG-трансформация предприятий» строится именно на стыке химии, экологии, экономики и государственного управления. Возникает закономерный вопрос: какие химические знания необходимо отобрать для наполнения химического блока программы? Очевидно, это обзорные части химии углеводородов и нефтехимии, химии каталитических процессов и твердого тела, фотохимии, особенности производства водорода, получение биогаза, некоторые вопросы из физики. Обосновано это следующими соображениями: углеродные соединения как основа парниковых газов – метана и углекислого газа – постоянно перемещаются между различными резервуарами: атмосфера-биосфера-гидросфера-литосфера. Карбоновая политика по своей сути пытается управлять потоками углерода. Важной составляющей, связывающей химические процессы с государственным управлением, является концепция углеродного следа. Его количественная оценка невозможна без понимания стехиометрии реакций горения основных видов

ископаемого топлива. Так, будущий управленец должен уметь интерпретировать данные выбросов не как абстрактные тонны «загрязнений», а как результат конкретных технологических процессов, описываемых химическими уравнениями. Например, знание того, что при сгорании метана ( $\text{CH}_4$ ) образуется меньше  $\text{CO}_2$  на единицу энергии по сравнению с углем, обосновывает политику поддержки перехода на сжиженный природный газ как промежуточную меру декарбонизации. Не менее важным является понимание различий в потенциале глобального потепления различных парниковых газов. Химическая природа молекул метана, оксида азота(I) или фторсодержащих газов (гексафторид серы(VI) или полифторированные углеводороды) обуславливает их значительно более высокую способность улавливать тепло в атмосфере по сравнению с  $\text{CO}_2$ . Такие химические знания трансформируются в политические решения через механизм пересчета выбросов в  $\text{CO}_2$ -эквивалент, что позволяет корректно оценивать вклад различных отраслей (сельского хозяйства, промышленности, энергетики) и выстраивать приоритеты их регулирования.

Таким образом, химический блок дисциплины должен быть структурирован вокруг нескольких главных модулей:

1. *Химия парниковых газов и углеродного цикла.* Рассмотрение физико-химических свойств  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , методы получения этих газов и методы их утилизации, особенности их фотохимии и различные виды деструкции.

2. *Энергетика и химия горения.* Анализируется химизм сжигания углеводородов, расчет выбросов, химические основы технологий повышения эффективности и снижения выбросов (кatalитические нейтрализаторы, процессы в двигателях).

3. *Химические основы технологий декарбонизации.*

– *CCUS (Улавливание, использование и хранение углерода):* изучаются химические методы улавливания  $\text{CO}_2$  (аминовые скруббера), процессы минерализации и химического использования (синтез метанола, карбамида);

– *водородная энергетика:* производство «зеленого», «голубого» и «серого» водорода (электролиз, паровая конверсия метана) с точки зрения химических процессов и сопутствующих выбросов;

– *возобновляемая химия:* получение биотоплива и биогаза, принципы циркулярной экономики и химической переработки  $\text{CO}_2$ .

Интеграция этих знаний в программу подготовки управленцев позволяет перейти от абстрактных экологических целей к конкретным и реализуемым планам действий. Выпускник, понимающий химическую суть процессов, способен: *критически оценивать* заявления предприятий и технологические дорожные карты на предмет их научной обоснованности; *разрабатывать эффективные меры регулирования*, основанные на глубоком понимании отраслевой специфики (например, почему для цементной промышленности CCUS критически важен, а для авиационного сектора акцент делается на SAF – sustainable aviation fuel – так называемое «устойчивое авиационное топливо»); *осуществлять осознанный выбор технологий* для государственной или корпоративной стратегии декарбонизации, взвешивая их по критериям эффективности, стоимости и потенциальному снижению выбросов; *участвовать в формировании системы углеродного регулирования* (налоги, торговые квоты), понимая экономические последствия тех или иных решений. Таким образом, дисциплина «Карбоновая политика и охрана окружающей среды» является наглядным примером того, как фундаментальные естественнонаучные знания становятся основой для выработки взвешенной государственной политики в XXI веке. Преодоление искусственного барьера между «физиками» и «лириками» является насущной необходимостью.

Подготовка специалистов, способных говорить на языке как химии, так и экономики, права и управления, – это ключевой фактор обеспечения национальной безопасности, технологического суверенитета и устойчивого развития государства в условиях глобальных климатических вызовов. Интеграция жестких научных данных в процесс принятия управленческих решений – это именно то, что делает такую политику не просто декларацией о намерениях, а реальным инструментом преобразований.

**Н. С. Ступень, В. В. Коваленко**  
БрГУ имени А. С. Пушкина, Республика Беларусь

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ВВЕДЕНИЕ В ОБЩУЮ ХИМИЮ»**

Дисциплина «Введение в общую химию» является дисциплиной учреждения высшего образования (факультатив) и предусмотрена учебным планом подготовки студентов по специальности 6-05-0113-03 «Природоведческое образование (биология и химия)» в Брестском государственном университете имени А.С. Пушкина. Содержание учебной дисциплины основывается на базе знаний по химии, физике и математике в объеме программы средней школы и является необходимой базой для изучения, прежде всего общей и неорганической химии.

Среди дисциплин химического цикла для студентов биолого-химического профиля, в том числе будущих учителей химии, дисциплина «Общая и неорганическая химия» является одной из ведущих предметных дисциплин. В результате ее изучения у выпускников педагогических специальностей вуза должны быть сформированы знания основных понятий и законов химии, системно организованные представления о неорганических веществах и химических процессах с их участием, научное и методическое осмысление, являющиеся основой успешной профессиональной деятельности и дальнейшего самообразования [1]. Но часто студенты первого курса не готовы воспринимать фундаментальные темы раздела «Общая химия» на должном уровне и приходится уделять много времени повторению основных разделов школьной программы.

Факультатив «Введение в общую химию» является связующим звеном между довузовским и вузовским этапом химического образования. Изучение данной учебной дисциплины должно обеспечить у студентов владение основными понятиями и законами общей химии для осуществления учебной деятельности. Дисциплина реализуется в лекционных и практических занятиях, в организации познавательной деятельности слушателей используются словесные и практические *методы обучения*. Используемые *формы обучения*: групповая, индивидуальная; монологическая и диалогическая. Контроль усвоения знаний, навыков и умений осуществляется в устной и письменной (тестовые задания, контрольные работы) формах.

По нашему мнению, методика преподавания факультативного курса «Введение в общую химию» для студентов биолого-химического профиля должна включать индуктивный и дедуктивный подходы, а также разнообразные методы обучения (анализ, синтез, сравнение, моделирование, обобщение), с акцентом на практическую значимость химии для дальнейшего изучения биологии. Важно использовать наглядность, интерактивные формы и, по возможности, связь с будущей профессией, чтобы сформировать у студентов понимание фундаментальных химических понятий и законов в контексте их специальности.

Для более эффективного освоения материала студентами на кафедре биологических и химических технологий разработан учебно-методический комплекс (УМК), который включает в себя компонент учебной программы (содержание учебного материала), теоретический материал, практические занятия, вопросы для самоконтроля, тестовые задания, примеры решения задач, упражнения и расчетные задачи для самостоятельной работы, список литературы. В УМК представлены теоретические законы и концепции, составляющие фундамент всей системы химических знаний. Изучаемые темы «Классификация веществ в химии», «Классификация химических реакций», «Окислительно-восстановительные реакции» формируют у студентов представления о строении вещества. Особое место при изучении данной дисциплины занимают темы «Валентность», «Составление формул веществ по валентности»

и «Классификация и номенклатура неорганических веществ». Знание классификации, способов получения и свойств каждого из классов неорганических соединений является фундаментом для успешного усвоения химии элементов.

При разработке практических занятий соблюден принцип практико-ориентированной подготовки будущих учителей химии. В учебно-методическом комплексе представлены примеры решения основных типов математических задач, предусмотренных школьной программой по химии, как на базовом, так и на усложнённом уровне. Предложенные упражнения и задачи, тестовый контроль знаний по темам являются несложными с точки зрения методики их выполнения, но способствуют формированию навыков написания уравнений химических реакций, решения математических химических задач. Приобретенные умения и навыки математических расчетов позволят успешно осваивать решение задач при изучении общей и неорганической, органической, физической и колloidной химии.

Важным аспектом успешного овладения знаниями любой дисциплины химического цикла является правильно организованная самостоятельная работа студентов, особенно это важно для студентов 1 курса, которых надо научить учиться. Внеаудиторная самостоятельная работа предполагает индивидуальный, личностный подход к поиску нужного материала, отбора необходимой информации в соответствии с индивидуальными потребностями и возможностями. Здесь важен самоконтроль и самоорганизация, но, тем не менее, не исключается контроль со стороны преподавателя. Помимо этого студент должен был быть ориентирован и заинтересован в организации самостоятельной деятельности. Преподаватель должен не просто давать указания на выполнение самостоятельной работы, а мотивировать студента на эту деятельность [1].

Изучение дисциплины «Введение в общую химию» предполагает промежуточную аттестацию – зачет. Для проверки теоретических знаний основ общей химии мы предлагаем студентам в течении семестра сдать основные умения и навыки химического письма:

- составление формул бинарных соединений;
- современная номенклатура неорганических соединений, написание графических формул кислот, оснований, солей;
- химические свойства и способы получения основных, кислотных и амфотерных оксидов,
- химические свойства и способы получения кислот;
- химические свойства и способы получения оснований;
- химические свойства и способы получения амфотерных гидроксидов;
- химические свойства и способы получения средних, кислых и основных солей
- написание уравнений электролитической диссоциации кислот, оснований, солей;
- написание уравнений процессов гидролиза солей;
- анализ окислительно-восстановительных реакций и расставление коэффициентов методом электронного баланса.

Освоение навыков химического письма перечисленных выше процессов позволит студентам успешно изучать весь блок химических дисциплин, предусмотренных учебным планом подготовки будущих учителей биологии и химии.

### **Список использованных источников**

1. Ступень, Н. С. Роль самостоятельной роли студентов при изучении дисциплины «Химия элементов» // Н. С. Ступень, В. В. Коваленко / Менделеевские чтения 2022 : сб. материалов Респ. науч. практ. конф. по химии и хим. образованию с международным участием, Брест 25 февр. 2022 : БрГУ, 2022. – С. 193–195.
2. Стрижак, С. В. Формирование профессионально-педагогической компетентности будущих учителей химии / С. В. Стрижак // Международный журнал экспериментального образования. № 4, 2015. С. 236–238.

**B. A. Ткач, Н. И. Дроздова**

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

## **АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЫ НА ТЕРРИТОРИЯХ СОПРЕДЕЛЬНЫХ С ПОЛИГОНОМ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ ГОРОДА ГОМЕЛЯ**

Неконтролируемая урбанизация XXI века привела к значительному увеличению как объема, так и разнообразия твердых коммунальных отходов (ТКО). В Республике Беларусь основная часть этих отходов утилизируется посредством захоронения на специализированных полигонах, и, по всей видимости, эта практика сохранится в ближайшем будущем. В настоящее время рост количества отходов, включая ТКО, представляет собой одну из наиболее острых экологических проблем во всем мире. Загрязнение ТКО негативно влияет на экологическое состояние окружающей среды, так как в ходе их хранения на территории полигонов и прилегающей территории аккумулируются тяжёлые металлы, которые могут изменять биологические показатели состояния почв [1].

Следует отметить, что загрязнение может распространяться не только в пределах санитарно-защитных зон (СЗЗ) полигонов, но и выходить за их пределы – за счёт аэрального переноса загрязняющих веществ, а также миграции загрязнений с грунтовыми водами. Для объективной оценки воздействия полигонов ТКО на окружающую среду необходим комплексный мониторинг состояния почвы и других природных компонентов как в пределах СЗЗ, так и на прилегающих территориях.

Одним из ключевых этапов такого мониторинга является исследование физико-химических показателей почвы, которые служат индикатором уровня загрязнения и его потенциального влияния на экосистему [2].

Цель исследования заключалась в оценке изменений физико-химических показателей почвы на территориях, прилегающих к полигону ТКО г. Гомеля.

Объекты исследования: образцы дерново-подзолистой супесчаной почвы, отобранные в районе полигона ТКО г. Гомеля вблизи д. Уза и д. Сосновка Гомельского района.

Отбор почвенных проб был произведен в июле 2025 года с глубины 0–20 см на пробных площадках, расположенных на расстоянии 500–1000 м от границы тела полигона ТКО. Контрольный участок размещался в районе д. Сосновка (около 2,5 км от полигона). Пробные площадки для исследования были заложены как на участках естественного фитоценоза, так и на окультуренных землях, расположенных к востоку и северо-востоку от полигона на расстоянии около 500–1000 м. Характеристика пробных площадок представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика пробных площадок

№ пробной площадки	Удаленность от границы тела полигона, м	Характер напочвенного покрова	Тип преобладающей растительности
1	2	3	4
1	500	Естественное залужение	Сем. мятыковые (75–80 %), гречишные (10–15 %), астровые (5–10 %)
2	650	Окультуренная почва	Сем. мятыковые (просо посевное)
3	850	Окультуренная почва	сем. мятыковые (просо посевное)
4	850	Естественное залужение	Сем. мятыковые (75–80 %), астровые (10–15 %), разнотравье (5–10 %)

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
5	1000	Окультуренная почва	Сем. мятликовые (ежовник обыкновенный)
6	1000	Естественное залужение	Сем. астровые (60–75 %), мятликовые (20–25 %), осоковые, капустные (5–10 %)
7	2500	Естественное залужение	Сем. мятликовые (75–85 %), осоковые (15–20 %), разнотравье (5 %)
8	2500	Окультуренная почва	Сем. мятликовые (тритикале)

Значения актуальной кислотности находились в диапазоне от 6,67 до 7,48, что превышало типичный для дерново-подзолистых почв интервал pH, составляющий 5,5–6,5. Результаты свидетельствуют о смещении реакции среды в нейтральную и слабощелочную сторону. Отмечена тенденция по снижению уровня pH по мере удаления пробных площадок от границы тела полигона ТКО. На участках, расположенных на расстояниях 850 м, 1000 м и 2500 м от полигона для почв сельскохозяйственного использования фиксировали более высокие значения pH по сравнению с неокультуренными территориями, что может быть связано с использованием средств химизации (таблица 2).

Таблица 2 – Агрохимическая характеристика исследуемых проб почв

№ пробной площадки	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	ОВП, мВ	Нитрат-ионы, мг/кг	Хлориды, мг/кг
1	7,48±0,19	6,93±0,54	394,0±25,2	19,71±0,47	19,40±1,17
2	7,13±0,13	6,81±0,19	399,5±22,1	8,05±0,90	14,12±0,11
3	7,25±0,19	6,83±0,35	491,0±18,9	5,05±0,21	11,48±0,49
4	7,02±0,57	6,61±0,44	452,0±25,2	4,72±0,31	12,48±0,73
5	6,76±0,44	6,65±0,66	446,0±37,9	2,56±0,21	7,80±0,33
6	6,67±0,70	6,56±0,35	437,5±9,5	2,70±0,26	8,06±0,37
7	6,80±0,57	6,29±0,25	453,0±25,2	3,58±0,13	6,87±0,28
8	6,71±0,95	4,78±0,25	451,0±25,2	13,78±0,34	8,04±0,57

Значения pH солевой вытяжки варьировались от 4,78 до 6,93. Таким образом, лишь 25 % образцов (контрольные участки) соответствовали диапазону pH 4,5–5,5, типичному для дерново-подзолистых почв. Наиболее высокие значения pH (приближенные к нейтральным) отмечены на первой пробной площадке, расположенной на расстоянии 500 м от границы тела полигона. Установленные диапазоны вариации концентрации хлорид-ионов (6,87–19,40 мг/кг) и нитрат-ионов (2,56–19,71 мг/кг) в исследуемых почвах находились в пределах допустимых значений.

Показатель ОВП, характеризующий направленность протекающих в почве окисительно-восстановительных процессов, находился в пределах 394–491 мВ, что соответствует характерному для дерново-подзолистых почв диапазону (300–500 мВ).

Установлены статистически значимые различия для проб почвы отобранных на расстоянии 500–1000 м от границ тела полигона по сравнению с контрольными участками по таким показателям как потенциальная кислотность, содержание хлорид- и нитрат-ионов.

#### Список использованных источников

1. Оценка влияния токсического действия твёрдых коммунальных отходов на экологическое состояние почвы / А. В. Кучерова [и др.] // Гигиена окружающей среды. – 2024. – Т. 103, № 1. – С. 22–30

2. Особенности химического состава почв в пределах зоны влияния места захоронения отходов / Д. В. Плохих [и др.] // Ученые записки Брянского государственного университета. – 2022. – № 1. – С. 47–51

УДК 378.147

*A. H. Требенок, B. B. Марченко*

*Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка,  
Республика Беларусь*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ГОТОВНОСТИ СТУДЕНТОВ К РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ МОБИЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ В ПЕДАГОГИЧЕСКОМ ВУЗЕ**

В настоящее время информационно-коммуникационные технологии прочно проникли в сферу образования, делая процесс обучения более удобным и эффективным. В ряде исследований показана полезность использования смартфонов для обучения [1, 2]. Вместе с тем, организация мобильного обучения в вузе – сложный процесс, требующий дальнейшего изучения в условиях стремительной информатизации образования.

В соответствии с предложенной в работе [3] схемой выявления готовности студентов к мобильному обучению нами в 2023 и в 2024 годах было проведено анкетирование среди студентов 1 курса специальности 6-05-0113-03 «Природоведческое образование (биология и химия)» факультета естествознания Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка. Общее число респондентов составило 105 человек.

По данным анкетирования, все опрошенные студенты в настоящее время имеют смартфон, который полностью подходит для использования в учебных целях (просмотр текстовых данных, запись и воспроизведение видео- и аудиоматериалов, работа с графическими объектами, поиск информации в интернете, возможность работы с сервисами Google, системами дистанционного обучения, коммуникация в социальных сетях и мессенджерах, работа с электронными книгами, участие в видеоконференциях), причем 81 % опрошенных первокурсников считает свой смартфон современным высокой производительности и удобства, а 19 % – средней производительности, при этом 90,5 % респондентов имеют доступ к высокоскоростному безлимитному интернету. 66,6 % оценили свои компетенции по использованию базовых функций и возможностей применения смартфонов для обучения как «очень высокого уровня» и еще 10,5 % – «высокого уровня». Результаты говорят о хорошей технической оснащенности студентов 1 курса к мобильному обучению и о наличии у них базовых умений применять свои смартфоны для обучения.

Далее исследовался уровень мотивации и заинтересованности к участию в реализации технологии мобильного обучения в педагогическом университете. Анкетирование показало, что 66,7 % студентов считают, что хорошо знают технологию мобильного обучения, при этом большинство активно используют свои смартфоны в учебе: 57,1 % пользуются смартфонами ежедневно (как при подготовке к занятиям, так и на занятиях с разрешения преподавателей), около 33,3 % студентов использую смартфоны не каждый день, обычно 3–4 раза в неделю, остальные 9,5 % пользуются реже, 1–2 раза в неделю.

При этом абсолютное большинство студентов (90,5 %) положительно относятся к возможному обязательному широкому внедрению технологии мобильного обучения в образовательный процесс. При этом отзывы студентов об уже имеющемся подобном опыте преимущественно положительные.

Далее исследовались возможные наиболее предпочтительные для студентов варианты мобильного обучения. Наиболее важными оказались просмотр видеолекций (85,8 %), доступ к электронным лекциям (85,8 %), лабораторным работам (76,2 %), материалам к семинарским и практическим занятиям (74,3 %), к примерам и алгоритмам решения задач (76,2 %), выполнение тренировочных тестов и заданий (71,4 %), выполнение домашних заданий (71,4 %), изучение дополнительных материалов (71,4 %), выполнение отдельных заданий на учебных занятиях с помощью смартфона (66,7 %). Возможность выполнения рейтинговых контрольных работ на учебном занятии техническими средствами смартфона отметили важным только 57,1 % первокурсников.

Следует отметить, что крайне важным студенты отметили необходимость наличия оперативной обратной связи «студент-преподаватель» не только по учебным вопросам, но и по вопросам организации образовательного процесса, а именно: дополнительное информирование об изменениях в расписании и планировании написания контрольных мероприятий (100 %), отслеживание текущей успеваемости и результатов рейтинговых работ (90,5 %), вопросы, касающиеся отработки пропущенных занятий поуважительной причине (90,5 %), возможность проявить себя во внеучебных мероприятиях и акциях воспитательного, культурно-массового характера, проявить свои творческие способности удаленно (71,4 %).

61,9 % респондентов указали важность возможности удаленного онлайн-консультирования с преподавателями по учебной дисциплине средствами социальных сетей и мессенджеров. 85,8 % опрошенных хотели бы иметь дополнительный доступ к специализированному закрытому образовательному каналу в одной из популярных социальных сетей или мессенджеров, посвященному изучению конкретной дисциплины, администраторами которой будут преподаватели данной дисциплины, в котором в течение семестра будут согласно учебному плану будут размещаться электронные конспекты лекций и видеолекции, методички по выполнению и оформлению лабораторных работ, вопросы и материалы по подготовке к семинарским и практическим занятиям, примеры решения задач, тренировочные тесты и задания для самоподготовки и подготовки к рейтинговым контрольным работам, необходимые для подготовки к экзамену. Совместно в ходе исследования нами была определена и наиболее подходящая (по мнению студентов) для данных целей площадка, использовать которую они хотели бы для коммуникации с преподавателями для обучения. Такой площадкой 90,5 % студентов назвали мессенджер Telegram, другие мессенджеры и социальные сети оказались менее популярными и востребованными.

Таким образом, полученные результаты показывают высокий уровень готовности студентов 1 курса к применению смартфонов в обучении и перспективности реализации технологии мобильного обучения в педагогическом вузе.

### **Список использованных источников**

1. Бектурганова, М. К. Мобильное обучение как новый подход в вузовском образовании / М. К. Бектурганова, Е. Е. Син // Научный форум: Педагогика и психология : сб. ст. по материалам V междунар. науч.-практ. конф. – М. : МЦНО, 2017. – № 3 (5). – С. 24–30.
2. Голицына, И. Н. Мобильное обучение как новая технология в образовании / И. Н. Голицына, Н. Л. Половникова // Образовательные технологии и общество. – 2011. – № 1. – С. 205–211.
3. Касаткина, Н. Н. Исследование готовности студентов вузов к мобильному обучению / Н. Н. Касаткина // Ярославский педагогический вестник. – 2017. – № 6. С. 133–138.

A. B. Хаданович, E. B. Громыко

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь

## ПРОТОЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ В ХОДЕ СОРБЦИИ ИОНОВ МЕДИ (II) И СВИНЦА (II)

В современных условиях функционирования экосистем немаловажное значение имеет изучение состояния почвы. Почва представляет собой сложную систему, обладающую мощнейшими буферными свойствами.

Применение метода рК-спектроскопии в исследовании протолитических свойств почв представляет безусловный интерес в связи с разнообразием их функций в биологических и технологических процессах, обусловленных высокой лабильностью структурных формирований в системе почва-почвенный раствор и связанным с этим варьированием энергии химических связей донорно-акцепторной и электростатической природы.

Цель работы – определение протолитических свойств дерново-подзолистой песчаной почвы в ходе сорбции ионов меди (II) и свинца (II), определение участия функциональных групп почвенного поглощающего комплекса почвы в поглотительных процессах.

Объектом исследования являлась дерново-подзолистая песчаная почва, отобранная на глубине 0–20 см (на правом берегу реки Сож, г. Гомеля). В ходе исследований использовали методы – потенциометрический, фотоколориметрический, метод рК-спектроскопии. К навеске почвы массой 2 г добавляли 20 мл раствора индифферентного электролита нитрата натрия 0,1 н с целью создания постоянной ионной силы в системе. Вносили соль меди ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) и свинца ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) в дозах 1 и 3 ПДК, оставляли на 24 часа для взаимодействия. С использованием pH-метра (pH=150M), проводили серию потенциометрических титрований. Проведен агрохимический анализ изучаемой почвы с применением стандартных методик [1].

Основные агрохимические показатели исследуемой почвы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Агрохимические показатели почвы

Почва	pH	Гумус, %	$\text{P}_2\text{O}_5$ , мг/кг	$\text{K}_2\text{O}$ , мг/кг	$\text{CaO}$ , мг/кг	$\text{MgO}$ , мг/кг
Дерново-подзолистая песчаная	6,06	1,3	459	300	963	228

По результатам потенциометрического титрования образцов вытяжек почвы построены кривые титрования с целью получения данных, характеризующих протолитическую емкости сорбента.

На рисунке 1 представлены зависимости приращения протолитической емкости сорбента от значений рК функциональных групп ППК (почвенного поглощающего комплекса) почвы в ходе сорбции ионов меди. Максимум приращения протолитической емкости сорбента соответствует вовлечению в поглотительные процессы функциональных групп, имеющих значение 8,4, что составило 44 процента от внесенного количества металла (1ПДК). Функциональные группы ППК, имеющие значение рК 5,8 не включались в процессы сорбции ионов меди (II) ( $\Delta q$  – отрицательное значение). При увеличении вносимой в почву дозы токсиканта в три раза, наибольшее значение протолитической емкости сорбента достигалось при участии функциональных групп сорбента (рК 8,6). Процент сорбции составил 66 от общего количества металла. Функциональные группы сорбента, имеющие значения 7,8; 5,2; 3,4, максимально участвовали в процессах поглощения изучаемого металла. Процент сорбции составил – 50; 16; 14 соответственно.

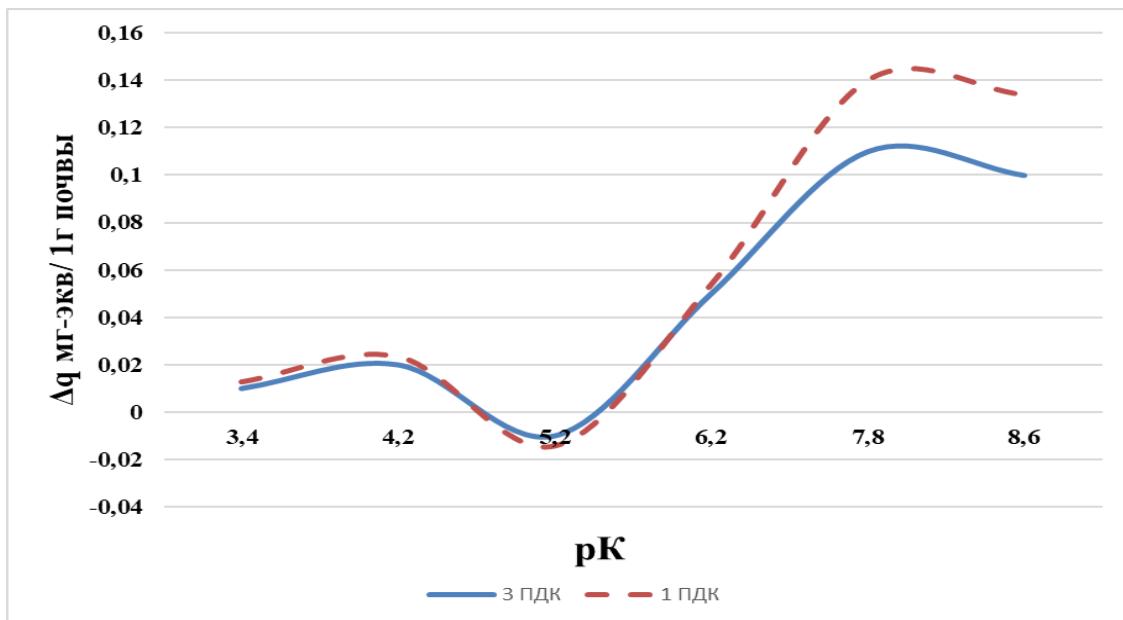


Рисунок 1 – Зависимость приращения протолитической емкости сорбента от значений рК функциональных групп ППК почвы (доза  $Cu^{2+}$  – 1ПДК и 3ПДК)

На рисунке 2 представлены данные, характеризующие связывание ионов свинца (II) функциональными группами ППК изучаемой почвы.

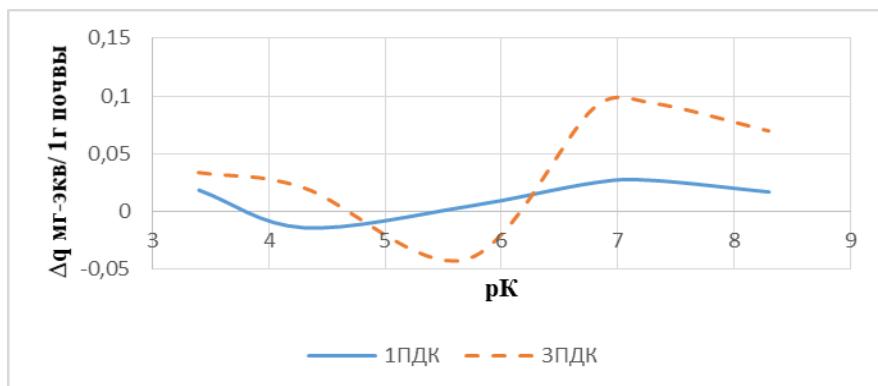


Рисунок 2 – Зависимость приращения протолитической емкости сорбента от значений рК функциональных групп ППК почвы (доза  $Pb^{2+}$  – 1ПДК и 3ПДК)

Максимум значений приращения протолитической емкости сорбента – 0,02 мг-экв/г почвы соответствовал вовлечению в процессы сорбции функциональных групп ППК, имеющих значение рК 6,8 (доза  $Pb^{2+}$  – 1ПДК). Процент поглощения составил 82 % от внесенного количества металла. Функциональные группы сорбента, имеющие значения рК 8,3; 4,3; 3,4, в результате серии экспериментов активно участвовали в процессах поглощения исследуемого металла, процент сорбции составил – 50; 35; 13 соответственно. Функциональные группы ППК, имеющие значение рК 4,3 не участвовали в процессах сорбции изучаемого иона. При увеличении дозы вносимого металла в три процент поглощения составил 86 от общего количества внесенного металла. В ходе серии экспериментов выявлено, что функциональные группы сорбента, имеющие значения рК 8,4; 5,8; 3,4, активно взаимодействовали с исследуемым металлом, при этом процент сорбции составил 59, 56 и 14 соответственно.

Проведенные эксперименты по изучению поглотительной способности почвы свидетельствуют о сложном характере протолитических свойств сорбента, о его полифункциональности.

## **Список использованных источников**

1. Минеев, В. Г. Агрохимия: учеб. / В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Г.П. Гамзиков под ред. В. Г. Минеева. – М.: Изд-во ВНИИА им.Д.Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.

УДК 37.091.33:54

**A. B. Хаданович**

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

### **ЭЛЕМЕНТЫ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ВЫСОКОМОТИВИРОВАННЫХ ШКОЛЬНИКОВ К ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОМУ ЭТАПУ РЕСПУБЛИКАНСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО ХИМИИ**

Кафедра химии биологического факультета ГГУ имени Франциска уделяет пристальное внимание подготовке школьников к заключительному туру республиканской олимпиады по химии. Система работы с одаренными школьниками эффективна, что подтверждается высокими результатами на протяжении продолжительного периода времени. Преподаватели кафедры химии совместно с учителями ведущих школ города и области одновременно выступают «партнерами», «наставниками» и «тренерами» и победа учеников на олимпиаде считается профессиональным достижением и важным показателем научно-методической работы.

Олимпиады способствуют привлечению как можно большего числа школьников к серьезному изучению химии и содействуют повышению уровня преподавания химии в школе в целом. Внекурочные виды занятий по химии: кружки, лектории, факультативы, школьные предметные конференции являются первыми ступенями процесса привлечения учеников к серьезному изучению предмета. Подготовку к олимпиадам можно считать основой различных внеурочных видов занятий по химии. Современные задания химических олимпиад выявляют не только наиболее способных, одаренных учеников, но и людей, умеющих решать нестандартные задачи. Проведение олимпиад различного уровня направлено на повышение интереса школьников к химии, углубление их знаний, на выявление одаренных учащихся, обладающих способностями и проявляющих интерес к химии.

Для общества олимпиады выступают как механизм развития интеллектуально одаренной молодежи. Для школьников участие в олимпиаде представляет важный этап не только в проверке учебных достижений, испытание собственных возможностей, но и признание интеллектуального успеха, что в дальнейшем ориентирует на будущую профессию. Школьнику для успешного участия в данном интеллектуальном соревновании необходимо иметь развитый химический кругозор, уметь решать химические задачи, владеть необходимым для этого математическим аппаратом, обладать практическими умениями и навыками.

Эффективная организация подготовки учеников к заключительному этапу республиканской олимпиады невозможна без использования инновационных технологий. Некоторые элементы технологий используются на занятиях в лабораториях кафедры химии, в частности, это использование компьютера для создания тематических презентаций с привлечением анимации. С помощью анимации каждое действие в уравнении реакций, решении задач можно показать методом пошаговой детализации. Например, при изучении темы «Комплексные соединения» реализуется видеометод: решение задач по алгоритму с привлечением мультимедийного теста, сопровождаемого оценивающими элементами и звуковыми положительными и отрицательными реакциями в зависимости от правильного решения задач.

При подготовке заданий для усвоения темы привлекаются различные компьютерные средства обучения: ресурсы Internet для сбора дополнительной информации по теме, компьютерное сопровождение, контролирующие компьютерные средства обучения, например, тесты, компьютерные презентации, подготовленные как индивидуально, так с помощью интерактивной

доски. Использование компьютерных технологий увеличивает качество усвоения темы, позволяет повысить темп занятия, помогает лучше усвоить логику рассуждений, эффективно проводить проверку усвоенных знаний.

Важное значение имеет использование творческих проектов, которые подразумевают следующие этапы: определение потребности, исследование, обозначение требований к объекту проектирования, выработка первоначальных идей, их анализ, планирование, изготовление, оценка (рефлексия). Репортаж используется как форма представления материала. В начале занятия перед учащимися ставится конкретная задача: имея необходимые реагенты провести синтез комплексных соединений, принадлежащих к различным типам. Предлагается, используя справочный материал, аргументировать возможность существования комплексных соединений. Привлекая теоретический материал, ученики должны на основании электронного строения комплексообразователей и лигандов сделать прогноз о существовании изомеров различных видов. Следующим этапом выполнения проекта является изучение свойств полученных соединений. С привлечением имеющихся химических реагентов учащимся предлагается изучить способность комплексов вступать в химические взаимодействия, а также условия разрушения комплексных соединений. В заключении проводится самостоятельная оценка полученных результатов. В качестве домашнего задания ученикам предлагается подготовить мультимедийную презентацию. Метод проектов ориентирован на достижение целей самих учащихся, он формирует невероятно большое количество умений и навыков, опыт деятельности.

Использование тестов на занятиях по подготовке школьников к олимпиаде по химии также занимает видное место в процессе внедрения новых технологий. Тестовая методика проверка знаний учащихся является универсальным средством и экономной целенаправленной и индивидуальной формой контроля. Она способствует прочному усвоению изучаемой темы, воспитывает сознательное отношение к учебе, формирует аккуратность, трудолюбие, целеустремленность, активизирует внимание, развивает способность к анализу. Тестовые задания разработаны по следующим категориям: «Основные положения координационной теории», «Характер химической связи в комплексных соединениях», «Номенклатура комплексных соединений», «Типы гибридизации комплексных ионов», «Магнитные свойства комплексных ионов», «Устойчивость комплексных ионов», «Равновесия в растворах комплексных соединений», «Комплексонометрия», «Реакции комплексных частиц в растворах». Вопросы в рамках каждой категории построены по принципу «от простого к сложному». Успешное выполнение тестов способствует качественному усвоению изучаемого материала и служит основой для практического использования полученных знаний в количественном анализе.

После выполнения тестов проводится обсуждение, в ходе которого выявляются вопросы, вызывающие затруднения у учащихся, предлагается решить те же задания альтернативным способом.

Проведение занятий по подготовке одаренных школьников к олимпиаде осуществляется с использованием индивидуально-дифференцированного подхода к учащимся на уровне углубленного изучения предмета для интересующихся, способных учеников. Обучение происходит на индивидуальном максимально возможном уровне трудности, где определяются направления собственной реализации на основании имеющихся способностей, склонностей, интересов. Использование элементов инновационных технологий и индивидуально-дифференцированного подхода в процессе подготовки школьников к олимпиаде позволяет научить учащихся использовать самостоятельно добытые знания при решении задач практического содержания.

### **Список использованных источников**

1. Куандыкова, Э. Т. Инновационные технологии обучения учителей химии / Э. Т. Куандыкова [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 8 (1). – С. 80–81.

*С. М. Пантелейеева*

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь*

## **СИСТЕМА ПОДГОТОВКИ УЧИТЕЛЕЙ ХИМИИ НА ПРИМЕРЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА**

8 ноября 1930 года состоялось торжественное открытие Гомельского педагогического института, в структуру которого вошли два отделения, одно из них было химико-биологическим. Через три года это отделение было переименовано в факультет естествознания. В дальнейшем (после 1957 года) специалистов подобного профиля готовили на химико-биологическом факультете. До 1975 года биологический факультет назывался биолого-почвенным.

С первого дня и по настоящее время биологический факультет на протяжении 95 лет является «кузницей» при подготовке учителей химии и биологии для учреждений образования Гомельской области. Наличие высококвалифицированных учителей и преподавателей актуально, так как в Гомельской области развита химическая промышленность.

Сейчас в учреждениях среднего образования учащиеся изучают химию пять лет, начиная знакомиться с этой наукой в седьмом классе. Кто-то к этому моменту заинтересовался математикой, кто-то – литературой и тому подобное. И вот здесь возникает перед учителем химии проблема: как увлечь учащихся своим предметом, как сделать так, чтобы они с нетерпением ждали уроки химии. Согласимся, что очень многое зависит от наставника. Сможет ли он «зажечь» искорку, которая будет катализатором в развитии интереса учащихся к химии. Если будет не интересно, этого не произойдет. Да, можно показать занимательные опыты, увлекая обучающихся на время. Но ведь надо получать теоретические знания, чтобы на практике понимать: что делать и для чего? И вот здесь возникают сложности, потому что для многих учащихся химия – сложный предмет.

В преодолении этих сложностей учащимся должен помочь учитель. Для этого его методическая подготовка, знание предмета, умение преподнести материал должны быть «на высоте». Это достигается творческим развитием личности от школы (может быть даже дошкольных учебных заведений) к вузу и далее через профессиональную деятельность.

На первом-втором курсе дисциплины химического профиля позволяют студентам углубить теоретические знания по неорганической, органической, аналитической, физической, биологической химии.

Химия – это экспериментальная наука, поэтому второй важной стороной обучения является приобретение обучающимися практических умений и навыков. Усиление практической направленности подготовки будущих учителей присутствует на лабораторных и практических занятиях. Здесь каждый студент должен приобрести достаточный практический «багаж», чтобы в своей профессиональной деятельности «не бояться» проведения демонстрационного опыта, а методически верно сопровождать проведение эксперимента теоретическими заданиями. Ведь теория и практика при изучении химических дисциплин – это две стороны одной «медали».

В помощь будущим работникам учреждений образования – дисциплина «Методика преподавания химии», включающая как теоретическую часть, так и лабораторные занятия. Лекционный курс – это методический фундамент для развития умений учащихся. На лабораторных занятиях студенты проигрывают проблемные ситуации, возникающие в ходе проведения химических опытов; демонстрируют их, сопровождая не только объяснением, но и вопросами, на которые учащимся необходимо ответить во время или после проведения эксперимента. Студенты знакомятся с концепцией учебного предмета «Химия», типами и этапами уроков, критериями оценки качества и эффективности урока, оценкой результатов учебной деятельности учащихся при осуществлении контроля с использованием десятибалльной шкалы. Все это способствует развитию методической грамотности будущих учителей химии.

В рамках дисциплины «Методика решения расчетных задач по химии» студенты углубляют свои знания в использовании теории при решении задач, так как на предстоящей педагогической практике им это будет необходимо. Если ученик может пересказать параграф учебника, но не может решить расчетную задачу по пройденной теме, значит можно сделать вывод о том, что он не овладел знаниями основ науки химии. В решении любой количественной задачи важны две ее стороны: химическая и математическая. При решении расчетных задач студенты должны вначале рассмотреть химическую составляющую, а потом перейти к расчетной части задачи. Такому алгоритму решения они учат учащихся на уроках химии в период педагогической практики. Студенты понимают, что задачи одного и того же типа, включаемые учителем в план урока, не должны быть однообразными по содержанию (с заменой цифр, названий веществ), т. к. это приведет к их механическому решению. Учитель должен выработать у учащихся умения решать задачи по химии при условии постоянного решения задач на основе созданной им постепенно усложняющейся системы. Для этого целесообразно показать учащимся решение расчетных задач несколькими способами, которые подойдут к разнообразным задачам программы. На практических занятиях по методике решения расчетных задач по химии будущие педагоги отрабатывают различные алгоритмы, предлагая математические расчеты с одним, двумя неизвестными, используя систему уравнений и так далее. В процессе решения задач реализуются межпредметные связи. Важным этапом в приобретении профессиональных компетенций является педагогическая практика. К сожалению, при переходе на 4-летнее обучение сроки педагогической практики сократились с десяти недель до четырех, что не могло не повлиять на возможность приобретения большого «багажа» в методическую копилку будущим учителем химии.

Учителем, как и артистом, надо «родиться». Ведь это очень тяжелый труд, который не заканчивается после последнего урока. Вечером – проверка контрольных, практических, проверочных работ, составление планов-конспектов предстоящих уроков и так далее. Студенты, которые на восемь – десять знают химическую теорию, не всегда умеют ее объяснить учащимся доступно и понятно. Порой будущие учителя-стажёры, имеющие в университете средний балл шесть – семь, так увлекают школьников интересной подачей материала с уместными примерами, элементами игровых и других технологий обучения (которые они отработали на лабораторных и практических занятиях), что урок проходит как 45-минутный спектакль, где практически все участники активно задействованы. Наверно, это и есть счастье – заниматься любимым делом!

Выполнение курсовых и дипломных работ по тематике методики преподавания химии позволяет провести педагогические исследования с использованием элементов современных технологий обучения на уроках. Такие исследовательские работы посвящены не только изучению химии на уроках, но и во внеклассной деятельности; достаточно внимание уделяется таким вопросам, как развитие интереса к предмету, исследовательских умений и навыков, экологическое образование учащихся. Это положительно влияет на успешный профессиональный рост будущего педагога.

В период педагогической практики студенты, выполняющие дипломные работы по методической тематике, накапливают необходимый массив результатов за счет проведения большого количества уроков по предмету. Опробировав на педагогической практике различные формы, методы опроса, объяснения, закрепления, будущие учителя строят фундамент своих профессиональных компетенций. Последующая работа в учреждении образования даст им возможность на этом фундаменте построить из «кирпичиков» – проведенных уроков – здание своего профессионализма, которое может быть в архитектурном смысле красивым дворцом с открытыми дверьми и комнатами-секретами, а может быть одноэтажной «времянкой», откуда хочется убежать всем, кто приближается к этому строению.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	3
-------------------	---

### **БОТАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ. ЭКОЛОГИЯ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ**

#### **Багинский В. Ф., Лапицкая О. В.**

Особенности выращивания и учета смешанных насаждений на территории Белорусского Полесья .....	4
---	---

#### **Болсун И. М., Цуриков А. Г.**

История изучения лихенофильных грибов на территории Республики Беларусь .....	6
---	---

#### **Геращенко Е. Н.**

Оптимизация противопожарных мероприятий на территории лесного фонда Наровлянского специализированного лесхоза .....	8
---	---

#### **Дайнеко Н. М., Тимофеев С. Ф.**

Анализ флоры луговых экосистем поймы реки Сож .....	10
---	----

#### **Капенков А. М.**

Биологическое разнообразие лихенобиоты Национального парка «Браславские озёра».....	12
---	----

#### **Колодий Т. А., Трухоновец В. В., Колодий П. В., Родионов С. Ф., Плащинская Д. В.**

Рост и плодоношение штаммов съедобного гриба вешенки обыкновенной при экспенсивном культивировании	14
--	----

#### **Лазарева М. С., Мальцева Н. В., Булавкина И. А.**

Производные грабовые насаждения подзоны широколиственно-сосновых лесов .....	16
--	----

#### **Плащинская Д. В.**

Оценка экологического состояния лесов Гомельской области через изучение распространения трутовика серно-жёлтого <i>Laetiporus sulphureus</i> .....	18
--	----

#### **Потапенко А. М.**

Особенности аккумуляции цезия-137 в фитомассе древесных растений дальней зоны чернобыльских выпадений в отдаленный период после аварии на ЧАЭС (на примере гидроморфных почв).....	20
--	----

#### **Ходжсамамедов М. М.**

Влияние климатических изменений на структуру и динамику лесных сообществ .....	22
--	----

#### **Цалко О. С.**

Влияние наноудобрений на посевные качества семян сосны обыкновенной в лабораторных условиях.....	24
--	----

#### **Цуриков А. Г., Аверин В. С.**

Обоснование выбора и закладка стационарных площадок для осуществления долгосрочного экологического мониторинга территории воздействия Белорусской АЭС на основе лихеноиндикации .....	26
---	----

#### **Чижевская Т. П., Онищук С. В., Пасмурцев М. О.**

Использование GIS-технологий при проведении современных ботанических исследований в Национальном парке «Припятский».....	27
--	----

#### **Шван А. Е., Бачура Ю. М.**

Значение водорослей и цианобактерий в почве и возможности их прикладного использования .....	29
--	----

#### **Шуранкова О. А., Никитин А. Н., Калиниченко С. А., Сухарева Д. В., Тагай С. А., Короткевич П. Н.**

Соответствие содержания <sup>137</sup> Cs в древесине сосновых насаждений ПГРЭЗ республиканским допустимым уровням .....	31
--	----

**ЖИВОТНЫЙ МИР ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ.  
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ БИОТЕХНОЛОГИИ,  
ГЕНЕТИКИ И ФИЗИОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ**

<b>Азячикова Т. В.</b>	
К изучению дневных булавоусых чешуекрылых из семейств Nymphalidae, Pieridae, Satyridae луговых сообществ южной окраины города Гомеля.....	34
<b>Вегеро Ю. И.</b>	
Видовой состав и трофические связи шмелей Гомельского региона .....	36
<b>Воробьёва М. М., Попок А. С.</b>	
Резистентность тлей <i>Aphis pomi</i> de geer, 1773 к инсектицидам и оценка представленности в GenBank цитохромов Р450 .....	39
<b>Галиновский Н. Г., Потапов Д. В., Аверин В. С., Демиденко О. М.</b>	
Банк данных регионального реестра видов животных Гомельской области как инструмент оценки ущерба животному миру .....	41
<b>Галиновский Н. Г., Потапов Д. В.</b>	
Структура беспозвоночных на сельскохозяйственных полях, сопряженных с площадками добычи нефти .....	43
<b>Гончаренко Г. Г., Зятыков С. А., Крук А. В.</b>	
Популяционная геномика ценных шмелей юга Беларуси .....	44
<b>Гулевич Я. С., Гончаренко Г. Г.</b>	
Видовое разнообразие сообществ шмелей рода <i>Bombus</i> на примере природных и урбанизированных ландшафтов окрестностей Ченок .....	46
<b>Демянчик В. Т., Рабчук В. П., Демянчик В. В., Кунаховец Д. А.</b>	
Питание аиста белого ( <i>Ciconia ciconia</i> ) на Высоковской равнине.....	48
<b>Дроздов Д. Н., Гулаков А. В.</b>	
Особенности формирования дозы внутреннего облучения у <i>Capreolus capreolus L.</i> в отдаленный период аварии на ЧАЭС .....	50
<b>Иванцов Д. Н., Шаркевич В. А., Шестак А. Ч.</b>	
Результаты учета американской норки на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника .....	52
<b>Куницкий Д. Ф., Ризевский В. К., Лещенко А. В., Ермолаева И. А.</b>	
Пункты слежения за появлением в Беларуси чужеродных понто-каспийских видов рыб... 55	
<b>Кураченко И. В., Дубровская В. А.</b>	
Видовое разнообразие птиц открытых и околоводных биотопов Ченковского лесничества.....	57
<b>Лебедев Н. А., Радкевич А. А., Крук А. В.</b>	
Зараженность молоди красноперки и плотвы метацеркариями <i>Posthodiplostomum cuticola</i> в пойменном водоёме бассейна реки Припять .....	58
<b>Макаренко А. И.</b>	
Жизненные циклы чужеродных видов амфипод .....	62
<b>Можар А. С., Назарчук О. А.</b>	
Мирмекофауна лесных насаждений населенного пункта на примере деревни Дрозды.....	64
<b>Надина Н. Г.</b>	
Закономерности зараженности гельминтами восприимчивых к ним видам животных на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника.....	65
<b>Новикова А. А., Бачура Ю. М.</b>	
Биотехнологический потенциал цианобактерий в ремедиации сельскохозяйственных почв.....	67
<b>Островский А. М., Александрович О. Р.</b>	
Жужелицы (Coleoptera: carabidae) берегов реки Сож .....	69

<b>Охременко Ю. И., Лещенко А. В., Ермолаева И. А., Гайдученко Е. С.</b>	
Филогенетическое положение сигов группы <i>Coregonus lavaretus</i> s.l. водных объектов Беларуси на основе данных митохондриальной ДНК .....	73
<b>Плескач А. С.</b>	
Таксономическая характеристика беспозвоночных гидробионтов в водоемах Гродненского района .....	75
<b>Потапов Д. В., Галиновский Н. Г.</b>	
Структура сообществ микромаммалей в условиях экосистем, сопряженных с площадками добычи нефти .....	77
<b>Рабчинский С. М., Кульша А. В., Рагойжса Е. Г., Володько А. А., Беньковский Р. А.</b>	
Фотосинтетическое связывание углекислого газа микроводорослью <i>Chlorella vulgaris</i> с целью ослабления антропогенного влияния на атмосферу и климат Земли	79
<b>Ризевский В. К., Лещенко А. В., Ермолаева И. А.</b>	
Динамика фауны рыб Беларуси .....	81
<b>Саварин А. А., Левицунова Л. А.</b>	
К методике поиска редких представителей микротериофауны (на примере хомяка обыкновенного <i>Cricetus cricetus</i> ) .....	83
<b>Сергевич А. С., Гайдученко Е. С., Звездин А. О., Колотей А. В.</b>	
Таксономический статус миног рода <i>Lampetra</i> в бассейне реки Западная Двина (Беларусь) .....	85
<b>Сосна А. В., Гайдученко Е. С.</b>	
Линейный рост плотвы <i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758) в водных объектах Беларуси .....	87
<b>Теребilenко Д. А.</b>	
Особенности изучения генетической структуры лишайника <i>Parmelia sulcata taylor</i> .....	89
<b>Ульянова В. В., Курак Е. М.</b>	
Влияния статической и динамической нагрузки на частоту сердечных сокращений у студенческой молодёжи биологического факультета .....	91
<b>Филипович В. В., Марчик Т. П.</b>	
Полиморфизм меланизированной окраски раковин <i>Seraea nemoralis</i> (Linnaeus, 1758) в убруэкосистемах города Гродно с различной степенью антропогенной нагрузки .....	93
<b>Цыганкова В. А., Лысенко А. Н.</b>	
Генетические портреты собак города Хойники .....	95
<b>Шакун В. В., Крищук И. А., Соловей И. А., Велигурев П. А., Ларченко А. И., Домбровский В. Ч., Кудин М. В.</b>	
Редкие виды диких млекопитающих и их распространение на территории Полесского радиационно-экологического заповедника .....	97
<b>Шатило Д. О.</b>	
Удельная активность $^{137}\text{Cs}$ и $^{90}\text{Sr}$ в кормовых компонентах европейского зубра полесской популяции .....	100
<b>Шестак А. Ч., Юрченко И. С., Шаркевич В. А., Шатило Д. О.</b>	
Удельная активность радионуклидов в тканях ресурсных видов животных Полесского государственного радиационно-экологического заповедника .....	102
<b>Юрченко И. С.</b>	
Эпизоотологический и резервуарный потенциалы диких животных в природных очагах гельминтозов в белорусской части зоны отчуждения Чернобыльской АЭС .....	104

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

<b>Белов Д. А., Флейшнер П. Ю., Фалетров Я. В.</b>	
Взаимодействие экстрактов растений <i>Glycyrrhiza glabra</i> и <i>Frangula alnus</i> с клетками дрожжей <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	106

<b>Боковец А. С., Новиков И. В., Комова З. А., Ляшкевич Д. А.</b>	
Получение pH-чувствительных биоразлагаемых пленок на основе природных антоцианов: работа с одаренными школьниками в УО «Национальный детский технопарк».....	108
<b>Воробьева Е. В.</b>	
Методы оценки антиоксидантной активности растительных экстрактов.....	110
<b>Зенкевич Ю. Д., Дроздова Н. И.</b>	
Анализ ферментативной активности почвы в условиях антропогенного воздействия ...	112
<b>Коваленко В. В., Ступень Н. С.</b>	
Формирование экологической компетенции в курсе общей и неорганической химии	114
<b>Кондрев В. С., Подзорова М. В.</b>	
О равенстве математических трактовок кривых кислотно-основного титрования.....	116
<b>Макаренко Т. В., Пырх О. В.</b>	
Анализ содержания тяжелых металлов в воздушно-водной растительности в водоеме пригородной зоны отдыха города Ветка.....	118
<b>Макаренко Т. В., Пырх О. В.</b>	
Изучение накопления некоторых тяжелых металлов в системе «моллюски – донные отложения» в водоемах города Гомеля и прилегающих территорий .....	120
<b>Подзорова М. В., Кондрев В. С.</b>	
Дисциплина «Карбоновая политика и охрана окружающей среды» как пример связи химии и государственных интересов .....	122
<b>Ступень Н. С., Коваленко В. В.</b>	
Методические аспекты преподавания дисциплины «Введение в общую химию» .....	124
<b>Ткач В. А., Дроздова Н. И.</b>	
Анализ изменения агрохимических показателей почвы на территориях сопредельных с полигоном твердых коммунальных отходов города Гомеля .....	126
<b>Требенок А. Н., Марченко В. В.</b>	
Исследование готовности студентов к реализации технологии мобильного обучения в педагогическом ВУЗе .....	128
<b>Хаданович А. В., Громыко Е. В.</b>	
Протолитические свойства почвы в ходе сорбции ионов меди (II) и свинца (II).....	130
<b>Хаданович А. В.</b>	
Элементы инновационных технологий при подготовке высокомотивированных школьников к заключительному этапу Республиканской олимпиады по химии.....	132
<b>Пантелейеева С. М.</b>	
Система подготовки учителей химии на примере биологического факультета.....	134

Научное электронное издание

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ  
И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Международная научно-практическая конференция  
(Гомель, 2–3 октября 2025 года)

Сборник материалов

Подписано к использованию 09.12.2025.

Объем издания 4,11 МБ.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования

«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».

Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,

распространителя печатных изданий в качестве:

издателя печатных изданий № 1/87 от 18.11.2013 г.;

распространителя печатных изданий № 3/1452 от 17.04.2017 г.

Ул. Советская, 104, 246028, Гомель.

<http://conference.gsu.by>