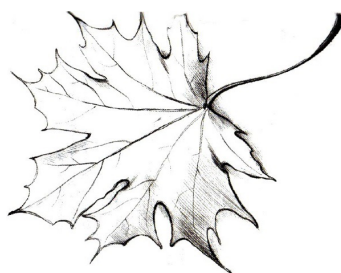


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ЯНКИ КУПАЛЫ»
ГРОДНЕНСКИЙ ОБЛАСТНОЙ КОМИТЕТ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

Сборник научных статей



Гродно
ГрГУ им. Янки Купалы
2026

УДК 502(08)
ББК 20.1
А43

Рекомендовано Редакционно-издательским советом
учреждения образования
«Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»

Редакционная коллегия:
О. В. Янчуревич (гл. ред.), И. Б. Заводник, Е. И. Гляковская

Рецензенты:
Емельянчик С. В., доктор биологических наук, заведующий кафедрой экологии
учреждения образования
«Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»;
Дорошкевич Е. И., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий кафедрой ботаники и физиологии растений
учреждения образования
«Гродненский государственный аграрный университет»

Для подготовки издания авторские фотографии предоставили
О. В. Созинов, А. Н. Воронко, А. С. Кельник

Актуальные проблемы экологии : сб. науч. ст. / М-во образования
А43 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, Е. И. Гляковская. – Гродно :
ГрГУ, 2026. – 254 с.

ISBN 978-985-582-756-7

В издании, подготовленном по итогам XXI Международной научно-практической конференции (Гродно, 1–2 октября 2026 г.), представлены статьи исследователей из Беларуси, России, Таджикистана, Зимбабве, посвященные теоретическим и практическим аспектам использования и повышения устойчивости водных и почвенных ресурсов, ресурсов атмосферы в условиях изменения климата. Рассматривается широкий спектр вопросов сохранения биоразнообразия, влияния факторов окружающей среды на биологическую активность организмов, совершенствования методов экологического мониторинга. Значительное внимание уделяется вопросам развития пищевых технологий, направленного на достижение Целей устойчивого развития. Представлен опыт деятельности по экологическому образованию и просвещению в интересах устойчивого развития. Адресуется студентам, магистрантам, аспирантам и преподавателям средних и высших учебных заведений, научным сотрудникам.

УДК 502(08)
ББК 20.1

© Учреждение образования
«Гродненский государственный университет
имени Янки Купалы», 2026

ISBN 978-985-582-756-7

РАЗДЕЛ 1.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

УДК 574.5

Ю. К. Верес, Б. В. Адамович
Белорусский государственный университет

ЭЛЕМЕНТЫ УГЛЕРОДНОГО БАЛАНСА ОЗЕРА НАРОЧЬ (БЕЛАРУСЬ)

По результатам многолетних гидробиологических наблюдений, а также специально выполненных исследований был составлен углеродный баланс озера Нарочь. Определен количественный вклад элементов баланса в общий бюджет углерода водоема. В годовом цикле озеро Нарочь аккумулирует углерод из внешней среды, объем накопления составляет 1348,2 т/год или 16,9 г С/м²/год, что равняется 74 % от внешнего поступления.

Ключевые слова: озеро Нарочь, парниковые газы, макрофиты, органический углерод, цикл углерода, притоки.

Круговорот углерода, как основного элемента органического вещества, является одним из ключевых факторов функционирования экосистем земного шара. Особенную актуальность проблема изучения углеродного цикла приобрела в последние годы, в связи с анализом многочисленных данных о существенных изменениях в атмосфере Земли и влиянии на эти процессы парниковых газов, основным из которых является диоксид углерода. При этом основное внимание при изучении водных объектов было сконцентрировано на углеродном цикле Мирового океана, занимающего 70 % поверхности планеты. Исследований, посвященных озерным экосистемам, занимающим около 2 % площади Земли, значительно меньше [1]. Однако в отдельных областях, где озера могут составлять большую часть общей площади, углеродный обмен является значимым компонентом углеродного цикла [2]. Так в Национальном парке «Нарочанский» озера занимают 19 % территории и являются структурообразующим элементом региона.

На современном этапе развития гидробиологических исследований роль пресноводных экосистем в распределении углерода в окружающей среде окончательно не установлена, в силу отсутствия достаточной информации, а также высокой гетерогенности изучаемых объектов. Для определения роли озерной экосистемы в углеродном цикле и направленности, происходящих в них процессов трансформации и потоков углерода наиболее эффективным, но при этом крайне трудозатратным, является подход, предполагающий составление общего баланса углерода в экосистеме озера, т. е. учет всего попадающего в озеро углерода и выходящего из него. Несмотря на достаточно хорошую изученность отдельных звеньев углеродного цикла, углеродный баланс в лимнических системах разного геоморфологического и трофического типа является одним из главных вопросов на современном этапе развития лимнологии и гидроэкологии. Комплексные исследования углеродного баланса в конкретно взятых водоемах являются существенным вкладом в развитие современной теории функционирования водных экосистем.

Озеро Нарочь – самый большой по площади естественный водоем Республики Беларусь, располагается на северо-западе Беларуси на территории Национального парка «Нарочанский», являясь его природным ядром [3]. В ходе комплексной работы коллектива гидробиологов биологического факультета БГУ за период 2016–2020 гг. были установлены и рассчитаны количественные значения основных элементов углеродного баланса оз. Нарочь.

Поступление углерода в оз. Нарочь с водосборной территории происходит с атмосферными осадками, ручьевым стоком с частного водосбора и стоку из вышележащих водоемов (озер Мястро и Баторино) по р. Скема. С атмосферными осадками в оз. Нарочь поступает в год 130,7 т углерода, или 1,64 г С/м²-год. С ручьевой приточностью в озеро попадает 135,8 т

углерода в год, т. е. $1,71 \text{ г С/м}^2\cdot\text{год}$. По р. Скема в водоем попадает $207,5 \text{ т}$ углерода, что соответствует $2,6 \text{ г С/м}^2\cdot\text{год}$.

В результате фотосинтетической деятельности полупогруженных макрофитов, использующих углекислый газ из атмосферы, образуется значительная фитомасса, которая захоранивается в озере и служит источником углерода в экосистеме. Было установлено, что за год в озеро поступает $1208,3 \text{ т}$ углерода с продукцией воздушно-водных макрофитов, или $15,2 \text{ г С/м}^2\cdot\text{год}$.

Обмен углеродсодержащих газов – углекислого газа и метана – с атмосферой через поверхность оз. Нарочь в течение вегетационного сезона распределен следующим образом: углекислый газ направлен в озеро с результирующей разницей за сезон, составившей $130,1 \text{ т С}$, или $1,6 \text{ г С/м}^2\cdot\text{год}$; метан выходит из озера в общем объеме за вегетационный сезон, составившей 136 т С , или $1,7 \text{ г С/м}^2\cdot\text{год}$. Основной вынос углерода приходится на единственный вытекающий из озера водоток – реку Нарочанка. С речной водой выносятся $328,2 \text{ т}$ углерода, или $4,1 \text{ г С/м}^2\cdot\text{год}$.

Если принимать во внимание антропогенное вмешательство, то в балансе следует еще учитывать изъятие углерода из экосистемы озера с выловом рыбы и заготовкой тростника. В оз. Нарочь с 2012 года разрешен только любительский лов рыбы. По данным за 2015 г. [4] общий годовой вылов рыбы рыболовами-любителями был оценен в 500 кг . Учитывая, что содержание органического вещества в пресноводной рыбе составляет около 20% и $2,15 \text{ мг}$ органических веществ соответствует 1 мг углерода [5], из озера с выловом рыбы выносятся $4,65 \text{ т С/год}$, или $0,06 \text{ г С/м}^2\cdot\text{год}$. По данным компании «Экостроитель», осуществляющей заготовку тростника в оз. Нарочь, в 2016 г. было скошено и соответственно вынесено из озера 32 тонны , в 2017 г. – 65 т . Учитывая, что заготовка и кошение тростника осуществляется в зимний сухой период, этот вес можно приближенно считать воздушно-сухим. То есть в среднем за период исследований из оз. Нарочь в результате человеческой деятельности изымается 49 т продукции полупогруженных макрофитов в год (в ВСМ), что составляет $44,1 \text{ т}$ абсолютно сухой массы или 22 т углерода, или $0,28 \text{ г С/м}^2\cdot\text{год}$.

Таким образом, в оз. Нарочь приходная часть баланса составляет $1812,4 \text{ т}$, или $22,8 \text{ г С/м}^2\cdot\text{год}$, расходная часть – $464,21 \text{ т}$, или $5,8 \text{ г С/м}^2\cdot\text{год}$. Объем аккумулированного за год углерода составляет $1348,2 \text{ т}$, или $16,9 \text{ г С/м}^2\cdot\text{год}$. Аккумуляция органического вещества составляет 74% внешнего поступления. Если вычесть углерод, изымаемый из экосистемы с любительским выловом рыбы и коммерческой заготовкой тростника, то объем аккумулированного за год углерода в оз. Нарочь составит $1321,5 \text{ т}$, или $16,6 \text{ г С/м}^2\cdot\text{год}$. Исходя из полученных данных, аккумуляция углерода из воздуха воздушно-водными растениями и последующее его попадание в водную толщу при отмирании побегов является основным путем вноса углерода в экосистему оз. Нарочь.

Список использованных источников

1. Wetzel, R. G. Limnology / R. G. Wetzel. – Philadelphia : Saunders, 1983. – 860 p.
2. Carbon source/sink function of a subtropical, eutrophic lake determined from an overall mass balance and a gas exchange and carbon burial balance / H. Yang, Y. Xing, P. Xie [et al.] // Environmental Pollution. – 2008. – Vol. 151. – P. 559–568.
3. Водные ресурсы Национального парка «Нарочанский» : справ. / А. Г. Аронов [и др.] ; под общей ред. В. С. Люштыка, Т. В. Жуковой. – Минск : РИФТУР ПРИНТ, 2012. – 128 с.
4. Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мястро, Баторино (2015 год) / Т. В. Жукова [и др.] ; под общ. ред. Т. М. Михеевой. – Минск : БГУ, 2016. – 99 с.
5. Биохимический состав тела сеголетков форели / М. В. Книга, Я. И. Шейко, М. Н. Тютюнова, Л. М. Вашкевич, Д. А. Микелевич [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». – Минск, 2007. – Вып. 23. – С. 69–74.

THE CARBON BALANCE ELEMENTS OF LAKE NAROCH (BELARUS)

The results of long-termed limnological observations and special investigations formed the basis for compiling the carbon balance of the Naroch lake's ecosystem (Belarus). The quantitative contribution of each element of the balance to the total carbon budget of the waterbody was established. In the annual cycle, Lake Naroch accumulates carbon from the environment, the accumulation volume is 1348,2 t C or 16,9 g C/m²·year. It evaluates 74 % of carbon input into the ecosystem of the lake Myastro.

Keywords: lake Naroch, greenhouse gases, macrophytes, organic carbon, carbon cycle, tributaries.

УДК 504.06:622.5

Е. И. Верех-Белоусова

Луганский государственный университет имени Владимира Даля

АНАЛИЗ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ШАХТНЫХ ВОД НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Исследованы основные гидрохимические показатели вод шахтного водоотлива по показателям жесткости общей и минерализации, pH, щелочности, а также содержания железа и сульфатов. Доказана необходимость проведения мониторинга окружающей среды в угледобывающих регионах, контроля процесса шахтного водоотлива и закрытия шахт.

Ключевые слова: шахты, шахтные воды, загрязнение, геологическая среда, минерализация.

Закрытие шахт в Луганской Народной Республике вызывает целый ряд экологических проблем. И одной из главных здесь выступает влияние вод шахтного водоотлива на окружающую среду, сброс которых в водные объекты составляет 63 % от общего по Республике [1]. Еще более негативное влияние оказывает прекращение водоотлива на закрытых шахтах, в результате чего происходит подъем уровня шахтных вод, повышение минерализации и загрязнение подземных вод карбоновых и четвертичных отложений, подтопление сельскохозяйственных и селитебных территорий, засоление почв, угнетение растительности и т. п. В связи с этим существует необходимость проведения мониторинга гидрохимического состава и режима подземных вод в угледобывающих районах ЛНР, контроля процесса шахтного водоотлива и закрытия шахт.

Цель – анализ по основным гидрохимическим показателям негативного влияния шахтных вод на окружающую среду ЛНР.

Для исследований были отобраны пробы шахтной воды действующей шахты «Белореченская» (Лутугинский р-н ЛНР) и закрытой шахты «Должанская-Капитальная» (Свердловский р-н ЛНР). На обоих шахтах водоотлив осуществляется круглосуточно. Основными исследуемыми показателями выступили: жесткость общая (Ca^{2+} и Mg^{2+}) и карбонатная (CO_3^{2-} и HCO_3^-), минерализация общая, показатель pH, щелочность общая и свободная, железо общее и также содержание сульфатов. Результаты исследования показателей жесткости и минерализации представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исследование показателей жесткости и минерализации проб шахтной воды

Шахта	Жесткость общая, мг·экв/дм ³	Ca^{2+} , мг·экв/ дм ³	Mg^{2+} , мг·экв/ дм ³	Жесткость карбонатная, мг·экв/ дм ³	Минерализация, г/л
«Должанская- Капитальная»	5,06	3,34	1,72	10,3	1,47
«Белореченская»	8,4	6,4	2,0	9,2	2,34

Результаты показывают, что шахтная вода круглосуточного водоотлива имеет среднюю жесткость, общая минерализация не превышает 2,5 г/л. Обычно шахтные воды имеют тен-

денцию к высокой минерализации (3–8 г/л) [2], однако ее показатель требует уточнения в том случае, если водоотлив при разработке горизонта ведется постоянно [2; 3]. В этом случае, на протяжении эксплуатации горизонта происходят изменения в балансе воды, так как часть воды, поступающей из геологических структур, уменьшается вследствие выработки статичных запасов. При этом в балансе откаченных вод увеличивается часть инфильтрационной воды верхних, отработанных горизонтов со значительно меньшей минерализацией, что и объясняет невысокий уровень минерализации исследуемой шахтной воды. Анализ показателя рН и щелочности шахтной воды представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Исследование показателей рН и щелочности проб шахтной воды

Шахта	рН	Щелочность общая, ммоль /дм ³	Щелочность свободная, ммоль /дм ³
«Должанская-Капитальная»	7,24	12,8	0
«Белореченская»	8,35	9,2	0,23

Необходимо отметить, что нейтральный рН проб воды по закрытой шахте «Должанская-Капитальная» позволяет принять показатель свободной щелочности (обусловленный OH^- анионами) равным нулю. Показатель свободной щелочности проб шахтной воды шахты «Белореченская» составил 0,23 ммоль/дм³, что обусловлено наличием небольшого количества OH^- анионов при показателе рН 8,35. Все это является верным подтверждением вышеуказанного факта разбавления откачиваемой шахтной воды инфильтрационными водами верхних горизонтов. Показатель общей щелочности по обеим шахтам, обусловленной анионами слабых кислот, составил 12,8 и 9,2 ммоль/дм³, что значительно превышает норматив (6,5 ммоль/дм³) для сброса в поверхностные воды.

Так как подстилающие породы углей Донбасса приставлены сульфидными минералами (пирит, марказит и др.), а добываемые марки угля содержат серу, то шахтные воды вмещают значительное количество железа и сульфатных водорастворимых солей (таблица 3). Содержание железа в обоих пробах шахтных вод превысило норматив (0,3 мг/л) для сброса в природные воды. Содержание сульфатов не превысило установленные нормативы для сбросов.

Таблица 3 – Исследование содержания железа общего и сульфатов в шахтной воде

Шахта	Железо общее, мг/л	Сульфаты (SO_4^{2-}), мг/л
«Должанская-Капитальная»	108	130
«Белореченская»	121	150

На площади закрытых шахтных полей поднятие шахтных вод приводит также к неблагоприятным геологическим и гидрохимическим процессам, так как горнодобывающие предприятия представляют собой в большинстве случаев единую гидравлическую систему, поэтому прекращение водоотлива на одних шахтах, приводит к повышению прилива и ухудшения качества воды на смежных работающих шахтах, что доказывает сложность решения проблем шахтного водоотлива и необходимости проведения мониторинга.

Выводы. На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что воды шахтного водоотлива как действующих шахт, так и закрытых относятся к категории загрязненных за счет их минерализации, щелочности, наличия железа и сульфатов. Проведенные исследования показывают, что проблема влияния шахтных вод на окружающую среду является не решенной, т. е. требует дальнейших исследований и разработок современных математических моделей и прогнозов.

Список использованных источников

1. Луганщина – край нашей любви и надежды (по материалам годового отчета состояния окружающей среды в Луганской области в 2013 году) / под ред. А. О. Арапова. – Луганск, 2013. – 187 с.
2. Техногенные последствия закрытия угольных шахт : моногр. / под ред. Ю. М. Гавриленко, В. Н. Ермакова. – Донецк : ДонНТУ, Норд-Пресс, 2004. – 631 с.
3. Техногенез в геологической среде : моногр. / под ред. И. Н. Малахова. – Кривой Рог : ННПМ НАН, 2003. – 252 с.

E. I. Verekh-Belousova

Lugansk Vladimir Dahl State University

ANALYSIS OF THE NEGATIVE IMPACT OF MINING WATERS ON THE ENVIRONMENT IN THE LUGAN PEOPLE'S REPUBLIC

The main hydrochemical indicators of mine drainage water were studied in terms of total hardness and mineralization, pH, alkalinity, and the content of iron and sulfates. The necessity of conducting environmental monitoring in coal-mining regions, controlling the mine drainage process, and closing mines has been proven.

Keywords: mines, mine drainage water, pollution, geological environment, mineralization.

УДК 543.426

A. A. Gushchina-Tsittel, E. I. Korotkova

National Research Tomsk Polytechnic University

ADVANTAGES OF THE FLUORIMETRIC METHOD FOR ENVIRONMENTAL MONITORING OF RESERVOIR WATERS

Reservoir waters of oil and gas condensate fields are complex multicomponent systems with high mineralization, the lithium content in which can reach 505 mg/dm³, which requires reliable environmental control. The advantages of the fluorimetric method with hydroxyanthraquinone dyes are considered: low detection limit, expressness, simplicity of sample preparation, and the possibility of creating portable test systems. The method is recommended for routine monitoring of water objects in the conditions of oil and gas production enterprises.

Keywords: fluorimetry, environmental monitoring, reservoir water, hydroxyanthraquinones, analytical control.

Reservoir water, which is extracted to the surface along with hydrocarbon raw materials, is one of the main sources of anthropogenic pollution of water bodies in oil and gas production areas [1]. Its chemical composition is extremely complex, with a mineralization of up to 400 g/dm³, and it contains numerous inorganic and organic compounds. According to literature data, the lithium content in reservoir water can range from 28 to 505 mg/dm³ [2], making it not only an object of environmental control but also a promising source of this strategically important element. However, high concentrations of lithium and related components in water bodies lead to salinization and contamination with heavy metals and toxic compounds, which requires systematic monitoring. The choice of analysis method is determined not only by its sensitivity and selectivity, but also by its practical applicability in field conditions.

Table – Concentrations of the main ions in reservoir waters of oil and gas condensate fields

Ions	Concentration (mg/dm ³)
Chloride ion	> 100000
Sulfate ion	> 300
Nitrate ion	> 1000
Bromide ion	> 2000
Ammonium ion	> 300
Potassium	> 8000
Sodium	> 8000
Magnesium	> 3000
Strontium	> 1000
Calcium	> 20000
Total iron	> 100

The complex matrix composition of reservoir water poses significant challenges for most analytical methods. High concentrations of chlorides, sulfates, organic matter, colloidal particles, and variable pH values significantly affect the measurement results. Table shows the concentrations of the main ions in reservoir waters.

As can be seen from the presented data, the concentrations of macronutrients such as sodium, potassium, calcium, magnesium, and chloride ions are orders of magnitude higher than the concentrations of micronutrients, resulting in significant matrix effects. Many common methods, such as flame photometry, atomic absorption spectrometry, and ion-selective electrodes [3], require multiple stages of sample preparation, which increases the analysis time and the potential for systematic errors. The expensive equipment also limits their use in field conditions. Ion chromatography and capillary electrophoresis, while highly selective, have stringent requirements for calibration, expensive reagents, and long analysis times, which is critical for monitoring a large number of samples.

Fluorimetric methods are based on measuring the intensity of luminescence when the analyte interacts with organic ligands. Hydroxyanthraquinone dyes, such as quinizarin, which forms fluorescent compounds with metal cations, are promising [4]. Fluorimetry offers several advantages. The detection limit is in the tens and hundreds of parts per million, which allows for the detection of toxic components at ultra-low concentrations. The selectivity of the method, when the conditions are properly selected (pH, dye concentration, and preparation time), allows for the determination of the target component in the presence of other ions with concentrations that are orders of magnitude higher. The analysis time for a single sample does not exceed 30 minutes, while chromatographic and electrophoretic methods require significantly longer analysis times. The sample preparation is minimal, often requiring only simple dilution. The availability of equipment and low operating costs make the method cost-effective: fluorimeters are cheaper than chromatographs, mass spectrometers, and capillary electrophoresis systems, the consumption of reagents is minimal, there is no need for expensive columns, gas cylinders, and imported reagents. There are portable models for field conditions. In modern analytical chemistry, fluorimetry is recognized as a promising direction for creating mobile systems for rapid analysis [5].

The fluorimetric method has a combination of advantages that make it a promising tool for environmental monitoring of reservoir water in oil and gas condensate fields and industrial wastewater. The combination of high sensitivity, selectivity, speed, and availability of equipment makes it suitable for routine analysis in stationary and field laboratories. Further development of the method involves expanding the range of compounds that can be detected and creating portable test systems for rapid monitoring of water quality¹.

References

1. Neff, J. Produced Water: Overview of Composition, Fates, and Effects / J. Neff, K. Lee, E.M. DeBlois // Produced Water / ed. K. Lee, J. Neff. – New York : Springer, 2011. – P. 3–54.
2. Yu, X. Origin of lithium in oilfield brines in continental petroliferous basin: Insights from Li and Sr isotopes in the Jiangnan Basin, central China / X. Yu, C. Wang, H. Huang, K. Yan // Marine and Petroleum Geology. – 2024. – Vol. 160. 106576.
3. Aliasgharpour, M. Evaluation of lithium determination in three analyzers: flame emission, flame atomic absorption spectroscopy and ion selective electrode / M. Aliasgharpour, H. Hagani // North American Journal of Medical Sciences. – 2009. – Vol. 1, № 5. – P. 244–246.
4. Cuadros Rodriguez, L. Specific fluorescence detection of lithium ion using quinizarin and extraction in TBP / L. Cuadros Rodriguez, C. Jimenez Linares, M. Roman Ceba // Analytical Letters. – 1994. – Vol. 27, № 8. – P. 1569–1577.
5. Chaudhry, A. H. Analytical determination techniques for lithium – A review / A. H. Chaudhry [et al.] // Reviews in Analytical Chemistry. – 2024. – Vol. 44. – P. 1–18.

¹**Acknowledgements.** The research was carried out with the support of the State. Tasks «Science» Project no. FSWW-2026-0045 and the TPU development program.

ПРЕИМУЩЕСТВА ФЛУОРИМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПЛАСТОВЫХ ВОД

Пластовые воды нефтегазоконденсатных месторождений представляют собой сложные многокомпонентные системы с высокой минерализацией, содержание лития в которых может достигать 505 мг/дм³, что требует надёжного экологического контроля. Рассматриваются преимущества флуориметрического метода с гидроксидантрахиноновыми красителями: низкий предел обнаружения, экспрессность, простота пробоподготовки и возможность создания портативных тест-систем. Метод рекомендуется для рутинного мониторинга водных объектов в условиях нефтегазодобывающих предприятий.

Ключевые слова: флуориметрия, экологический мониторинг, пластовая вода, гидроксидантрахиноны, аналитический контроль.

УДК 574.635

А. В. Егорова, О. Ю. Козека, Г. Г. Юхневич
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА НИТЧАТЫХ БАКТЕРИЙ В АКТИВНОМ ИЛЕ АЭРОТЕНКОВ

Выявлены особенности таксономической структуры сообщества нитчатых микроорганизмов активного ила аэротенков очистных сооружений канализации г. Гродно. Длиннонитевые формы *Microthrix parvicella* и типа 0211, а также локальные очаги развития нитчатых микроорганизмов создают прямые риски инициации процессов нитчатого вспухания активного ила.

Ключевые слова: активный ил, нитчатые бактерии, нитчатое вспухание активного ила, таксономическая структура сообщества нитчатых микроорганизмов, *Microthrix parvicella*, тип 0211.

В настоящее время биологическая очистка с использованием активного ила в условиях аэротенка является основной технологией для преобразования стоков городских систем канализации. Эффективность этой технологии напрямую зависит от способности активного ила к агрегации и седиментации, что определяет качество очищенной воды и стабильность работы очистных сооружений [1; 2].

Низкие седиментационные свойства активного ила аэротенков приводят к снижению производительности системы очистных сооружений, увеличению капитальных и эксплуатационных затрат на очистку сточных вод, определяют ухудшение качества очищенных сточных вод вследствие выноса хлопьев ила из очистных сооружений в поверхностные водоемы [1; 3].

Распространённой патологией очистки сточных вод с использованием активного является его вспухание. Выделяют нитчатое и гелевое вспухание. Нитчатое вспухание возникает при чрезмерном развитии нитчатых микроорганизмов, которые выходят за пределы флокул, формируют пространственный каркас, мешают уплотнению хлопьев и препятствуют нормальному осаждению ила [4]. Гелевое вспухание отличается от нитчатого по механизму и морфологическим признакам [4; 5]. В данном случае основным фактором становится избыточное накопление водосвязывающих внеклеточных полимеров, приводящее к формированию слизистых, гидратированных и плохо седиментирующих хлопьев [6; 7].

Материалом для исследования послужили пробы активного ила из четырёхкоридорных аэротенков-вытеснителей очистных сооружений канализации г. Гродно. Отбор проб производился трехкратно на входе (коридор 1) и выходе (коридор 4) аэротенка № 1 и № 3 сооружений I и II очереди соответственно. В пробах иловой смеси определялись морфометрические параметры, родовая принадлежность и встречаемость нитчатых микроорганизмов.

Исследование морфометрических параметров филаментов проводили путем микропипетирования при увеличении 120×. Использовали метод «раздавленной» капли. Иловую смесь разбавляли в 10 раз, тщательно перемешивали и отбирали микропипеткой 0,1 см³, переносили на предметное стекло и перемешивали с каплей метиленового синего, после накрывали

покровным стеклом 24×24 мм. Просматривали 10 полей зрения по методу конверта в 3-х повторностях на каждую пробу. Фотографирование полей зрения осуществляли при помощи программы TourView. В этой же программе при помощи инструмента ломанная определили длины отдельных филаментов.

Для определения родовой принадлежности нитчатых микроорганизмов проводилась микроскопия окрашенных фиксированных препаратов. Иловую смесь разбавляли в 10 раз, тщательно перемешивали и отбирали микропипеткой 0,1 см³, переносили на предметное стекло и фиксировали в пламени спиртовки. Из каждой пробы окрашивали три фиксированных препарата по методу Грама и по методу Нейссера [8]. Микрокопирование проводилось с иммерсионной системой и объективом 100×.

При ранжировании флокул по количеству филаментов было выявлено, что в аэротенке № 1 преобладали флокулы с 3 филаментами как на входе, так и на выходе. В аэротенке № 3 на входе – с 2 филаментами, а на выходе – с 5–6 филаментами. Встречались флокулы с аномально высоким числом нитей (до 35–38 шт./флокулу), что указывает на локальные очаги развития нитчатых микроорганизмов, способных инициировать вспухание активного ила и может спровоцировать ухудшение осаждения иловой смеси.

В активном иле аэротенка № 3 встречаемость длиннопонитевых бактерий типа 0211 достигала 36 %, *Microthrix parvicella* – 24 %, тогда как в иле аэротенка № 1 доминировали короткопонитевые бактерий типа 0041 – до 42 % и типа 1863 – до 30 % (таблице).

Таблица – Коэффициент встречаемости нитчатых бактерий активного ила в аэротенках-вытеснителях очистных сооружений канализации г. Гродно, %

Тип нитчатых бактерий	Аэротенк № 1		Аэротенк № 3	
	вход	выход	вход	выход
<i>Microthrix parvicella</i>	6-20	4-20	10-24	8-18
Тип 0211	8-20	6-23	12-28	16-36
Тип 0041	20-32	15-42	12-20	10-18
Тип 0675	10-18	10-16	5-12	6-10
Тип 0914	-	-	1-8	-
Тип 1851	-	-	1-3	1-2
Тип 021N	6-20	4-20	5-6	4-16
Тип 1701	-	-	1-3	1-4
Тип 1863	10-30	12-28	-	-
Тип 0803	-	-	11-38	9-42

Показано, что формирование локальных очагов развития нитчатых микроорганизмов и доминирование длиннопонитевых форм создают прямые риски инициации процессов нитчатого вспухания активного ила в аэротенках. Если короткопонитевые бактерии выполняют каркасную функцию и стабилизируют структуру флокул, то избыточное развитие длиннопонитевых форм приводит к деструкции иловых агрегатов. За счет создания пространственного барьера они ухудшают седиментационные свойства активного ила, что снижает общую эффективность работы очистных сооружений.

Список использованных источников

1. Кузнецов, А. Е. Прикладная экобиотехнология : учеб. пособие : в 2 т. Т. 1 / А. Е. Кузнецов, Н. Б. Градова, С. В. Лушников [и др.]. – 4-е изд., электрон. – М. : Лаборатория знаний, 2020. – 672 с.
2. Ручай, Н. С. Экологическая биотехнология : учеб. пособие для студентов специальности «Биоэкология» / Н. С. Ручай, Р. М. Маркевич. – Минск : БГТУ, 2006. – 312 с.
3. Харькина, О. В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод / О. В. Харькина. – Волгоград : Панорама, 2015. – 433 с.
4. Wanner, J. Activated sludge : bulking and foaming control / J. Wanner. – [S. l.] : Technomic Publishing, 1994. – 338 p.

5. Liu, Y. The essential role of hydrodynamic shear force in the formation of biofilm and granular sludge / Y. Liu, J. H. Tay // *Water Research*. – 2002. – Vol. 36, No. 7. – P. 1653–1665.
6. Sheng, G.-P. Extracellular polymeric substances (EPS) of microbial aggregates in biological wastewater treatment systems: A review / G.-P. Sheng, H.-Q. Yu, X.-Y. Li // *Biotechnology Advances*. – 2010. – Vol. 28, No. 6. – P. 882–894.
7. Zartarian, F. Spatial arrangement of the components of activated sludge flocs / F. Zartarian, C. Mustin, J. Y. Bottero, G. Villemin, F. Thomas, L. Aillères, M. Champenois, P. Grulois, J. Manem // *Water Science and Technology*. – 1994. – Vol. 30, No. 11. – P. 243–250.
8. Методическое руководство по гидробиологическому контролю нитчатых микроорганизмов активного ила : ПНД Ф СБ 14.1.92-96. – Допущено для целей государственного экологического контроля. – М., 1996.

A. V. Yahorava, A. Y. Kazeka, H. G. Yukhnevich
Yanka Kupala State University of Grodno

FEATURES OF THE COMPOSITION OF FILAMENTOUS BACTERIA IN ACTIVATED SLUDGE OF AERATION TANKS

The features of the taxonomic structure of the filamentous microorganism community in the activated sludge of aeration tanks at the Grodno wastewater treatment plant have been identified. Long-filamentous forms of *Microthrix parvicella* and type 0211, as well as local zones of filamentous microorganism growth, create direct risks for the initiation of activated sludge filamentous bulking processes.

Keywords: activated sludge, filamentous bacteria, activated sludge filamentous bulking, taxonomic structure of filamentous microorganism community, *Microthrix parvicella*, type 0211.

УДК 551.588:556.3:504.07

Т. П. Марчик, К. Ю. Крамарчук

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ГОРОДА МОСТЫ МЕТОДАМИ БИОИНДИКАЦИИ

Определено качество воздушной среды в городе Мосты (Беларусь) на дорогах с разной интенсивностью движения автотранспорта методами фитоиндикации. Рассчитаны среднегодовая суточная, наибольшая часовая, максимальная часовая и максимальная суточная интенсивность движения автотранспорта и валовые выбросы загрязняющих веществ за 2025 год в разные сезоны года. Регрессионный анализ показал статистически достоверную сильную линейную зависимость между интенсивностью движения и валовыми выбросами на всех исследуемых улицах. Из использованных методов фитоиндикации наибольшая зависимость от автотранспортной нагрузки и выбросов отмечена для площади листовых пластин и содержания хлорофилла *Betula pendula*, где статистически значимые отличия от контроля отмечены на всех исследуемых улицах.

Ключевые слова: автомобильная нагрузка, выбросы, загрязняющие вещества, фитоиндикация.

Уровень загрязнения атмосферы напрямую влияет на состояние окружающей среды, здоровье людей и эффективность экономического развития. В Беларуси, как и в других странах, проблема ухудшения экологической ситуации в городских районах приобретает особую актуальность в связи с ростом автомобилизации, расширением транспортных коридоров и промышленным развитием. Перспективным подходом является использование методов оценки состояния окружающей среды с помощью растений и их особенностей.

В данной статье представлены возможности оценки состояния воздушной среды города Мосты (Беларусь) с помощью трех методов фитоиндикации: по площади, флуктуирующей асимметрии (ФА) листовой пластины и содержанию хлорофилла в листьях березы повислой (*Betula pendula*) [1–2]. Исследования проводили в 2025 году на территории города Мосты (Гродненская область, Беларусь) с расчетом среднегодовой суточной, наибольшей часовой, максимальной часовой и максимальной суточной интенсивностью движения автотранспорта [3] и валовыми выбросами загрязняющих веществ (ЗВ) в разные сезоны года. Для исследования были выбраны улицы (ПП) с различной интенсивностью движения автотранспорта и произрастающими на этих улицах деревьями *Betula pendula* (образцы листьев $n = 100$ с одной пробной площади).

ПП 1: улица Цветочная – частная застройка. ПП 2,3: улица 30 лет ВЛКСМ – одна из главных и длинных улиц города, находится ОАО «Мостовдрев», автовокзал Мосты, жилые дома, магазины, железная дорога, пять автобусных остановок. ПП 4: улица Советская также одна из самых длинных улиц (республиканского значения), где располагаются жилые дома, магазины, больница, стадион, Белоруснефть, 4 автобусных остановки, 6 стояночных карманов. ПП 5: улица Станционная – жилые дома, нет остановок, стояночных карманов. ПП 6: улица Волковича – жилые дома, хлебозавод, одна остановка. ПП 7: условный контроль – лесной массив на юго-восточной окраине города Мосты.

Анализ средней суточной интенсивности транспортного потока показал значительную пространственную и сезонную вариабельность (рисунок). Наибольшая транспортная нагрузка наблюдается на улицах ПП 2, 3, где в летний период она достигает 9456 и 7521 тысяч авт./сут. Высокие показатели также характерны ПП 4 (6400 авт./сут.). Минимальная интенсивность движения зафиксирована на улице Станционной (642 авт./сут.). Во всех точках максимальная активность транспорта отмечается в весенне-летний период, а минимальная – осенью и зимой.

Расчет выбросов ЗВ от автотранспорта выявил минимальное значение валовых выбросов на ПП 5 (132,56 т/год), максимальное – на ПП 2 (1276,77 т/год) с преобладанием веществ второго класса опасности. Регрессионный анализ показал сильное достоверное влияние интенсивности движения на валовые выбросы ЗВ ($r = 0,993\text{--}0,999$, $\eta^2 = 0,9986$ до $0,9999$, $P < 0,05$).

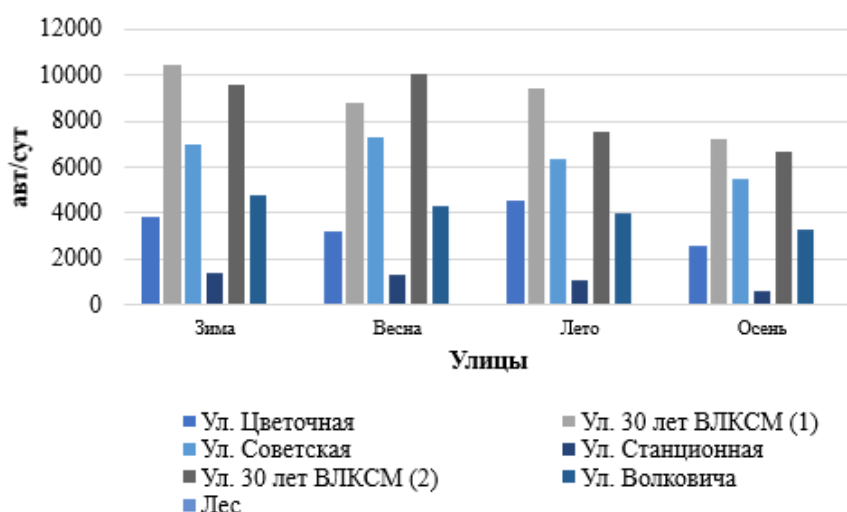


Рисунок – Среднесуточная интенсивность движения по сезонам в г. Мосты

Площадь листовой пластины *Betula pendula* максимальна на ПП 5 (18,84 см²), наименьшая – на ПП 2 (12,41 см²), что может свидетельствовать о существенном влиянии антропогенной нагрузки на данный морфометрический показатель берёзы повислой. ПП 7 достоверно отличается от всех городских улиц ($p = 0,001\text{--}0,015$), подтверждая существенное влияние урбанизации на морфометрические параметры листьев. По ФА наиболее неблагоприятная обстановка зафиксирована также на ПП 2, где показатель составил 0,06 и состояние среды оценивается как «критическое». По показателю ФА достоверные различия установлены между всеми улицами и контролем.

Анализируя полученные данные по содержанию пигментов, отмечено, что на улицах с максимальной транспортной нагрузкой (ПП 2, 3, 4) наблюдается снижение содержания хлорофиллов «а» + «б» (4,52–6,27 мг/100 г) по сравнению с ПП 7 (контроль – 9,30 мг/100 г), что свидетельствует об угнетении фотосинтетического аппарата.

Полученные данные свидетельствуют о перспективности использования изученных показателей в качестве биоиндикатора состояния городской среды.

Список использованных источников

1. Наумова, А. А. Методика оценки флуктуирующей асимметрии листовых пластинок на примере берёзы повислой (бородавчатой) (*Betula pendula* Roth.) / А. А. Наумова, А. Б. Стрельцов // Вест. КГУ. – 2020. – № 3. – С. 303–310.
2. Туманов, В. Н. Качественные и количественные методы исследования пигментов фотосинтеза : лаб. практикум / В. Н. Туманов, С. Л. Чирук. – Гродно : ГрГУ, 2007. – 61 с.
3. ДМД 02191.5.004-2007 «Рекомендации по учету и расчету интенсивности движения на автомобильных дорогах общего пользования» : утв. и введ. в действие Департаментом «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь 9 окт. 2007 г. № 215. – Минск, 2007. – 14 с.
4. Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов механическими транспортными средствами в населенных пунктах: ТКП 17.08–03–2006 (02120): введ. 01.09.06. – Минск : Минприроды, 2011. – 26 с.

T. P. Marchik, K. Yu. Kramarchuk
Yanka Kupala State University of Grodno

ASSESSMENT OF AIR QUALITY IN THE CITY OF MOSTY USING BIOINDICATION METHODS

The quality of the air environment in the city of Mosty (Belarus) was determined on roads with different traffic intensities using phytodindication methods. The average annual daily, the highest hourly, maximum hourly, and maximum daily traffic intensities, as well as gross emissions of pollutants for 2025 across different seasons, were calculated. Regression analysis showed a statistically significant strong linear correlation between traffic intensity and gross emissions on all studied streets. Among the methods of phytodindication used, the greatest dependence on vehicle load and emissions was observed for the area of leaf plates and chlorophyll content of *Betula pendula* leaf plates, where statistically significant differences from the control were noted on all investigated streets.

Keywords: vehicle load, emissions, pollutants, phytodindication.

УДК 502(08)

D. Masawi, S. Manyere, D. T. Ruziwa, F. C. Ndaba
*Harare Polytechnic, BTech Chemical Technology Department in collaboration
with National University of Science and Technology, Harare, Zimbabwe*

DEVELOPMENT OF COMPOSITE BIOSORBENT FROM CHEMICALLY TREATED BREWER'S SPENT GRAIN AND WASTE GLASS FOR INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT

This study developed a composite biosorbent from chemically treated brewer's spent grain and waste glass for industrial wastewater treatment. The composite exhibited surface area of 125.8 m²/g and achieved >90 % removal of Pb²⁺ and methylene blue at pH 5.5, dosage 1.0 g/L, and 120 min contact time. Langmuir isotherm best described adsorption ($q_m = 151.51$ mg/g for Pb²⁺). Kinetics followed pseudo-second-order model ($R^2 > 0.99$), confirming chemisorption. Thermodynamics confirmed spontaneous ($\Delta G^\circ = -2.52$ kJ/mol), exothermic ($\Delta H^\circ = -15.8$ kJ/mol) adsorption. The composite biosorbent offers sustainable, cost-effective wastewater treatment while addressing waste management challenges.

Keywords: brewer's spent grain, waste glass, composite biosorbent, wastewater treatment, heavy metals.

Introduction. Industrial wastewater containing heavy metals such as lead, cadmium, and chromium poses significant environmental and health risks due to their non-degradable nature and bioaccumulation potential [1; 2]. In Zimbabwe, limited access to advanced treatment technology exacerbates these challenges [3]. Conventional methods exhibit limitations including high energy consumption and secondary waste generation [4; 5]. Biosorption using agricultural and industrial by-products offers a sustainable, cost-effective alternative [6; 7].

Brewer's spent grain (BSG) is the most abundant brewing by-product, constituting up to 85 % of solid residues. BSG is lignocellulosic (cellulose 17–29 %, hemicellulose 20–35 %, lignin 12–28 %) with functional groups capable of binding heavy metals and dyes [8; 9]. Waste glass with high silica content (60–80 %) can be transformed into effective adsorbents through chemical activation [10; 11]. Combining BSG and waste glass into composite biosorbents valorises two major

waste streams while creating functional materials for water purification [12]. This study aimed to develop and characterise a composite biosorbent from treated BSG and waste glass for industrial wastewater treatment.

Materials and Methods. BSG and waste glass were sourced from Delta Beverages Belmont Plant, Bulawayo, Zimbabwe. BSG was washed, dried at 60 °C for 24 hours, ground, and sieved (<2 mm). Alkali activation used 1M NaOH (1:10 w/v) for 24 hours, followed by washing and drying. Waste glass was crushed, ground (<150 µm), and acid-activated with 2M H₂SO₄ (1:20 w/v) at 90 °C for 2 hours, washed, and dried at 100 °C.

Activated BSG and waste glass were combined at 70:30 ratio with 10 % sodium silicate binder. The paste was air-dried for 24 hours, oven-dried at 105 °C for 4 hours, and thermally activated at 400 °C for 2 hours. The cooled composite was crushed and sieved to 0.5–1.0 mm.

Surface area was determined by BET analysis. Functional groups were identified using FTIR (4000–400 cm⁻¹). Batch experiments studied biosorbent dosage (0.2–1.8 g/L), pH (2.0–9.0), and contact time (5–180 min) at 25 °C. Residual Pb²⁺ and methylene blue concentrations were analysed by FAAS and spectrophotometry, respectively.

Results and Discussion.

Characterization. BET analysis revealed the composite exhibited surface area of 125.8 m²/g, significantly enhanced compared to raw BSG (0.85 m²/g) and activated glass (55.4 m²/g). Total pore volume was 0.201 cm³/g with average pore diameter 6.4 nm, confirming mesoporous structure. FTIR confirmed hydroxyl (-OH), carboxyl (-COOH), amine (-NH₂), and silanol (-SiOH) groups. Composite spectra displayed peaks from modified BSG (3400 cm⁻¹ for -OH, 1650 cm⁻¹ for -OOH) and activated glass (1100 cm⁻¹ for Si-O-Si), confirming successful hybridisation.

Adsorption Studies. Wastewater analysis showed COD at 857–967.5 mg/L with initial Pb²⁺ and methylene blue at 50 mg/L each. Table 1 results indicate that optimal removal occurred at pH 5.5 (95.6 % for Pb²⁺, 91.3 % for methylene blue). Removal efficiency increased with dosage up to 1.0 g/L; higher doses showed marginal improvement. Rapid uptake occurred within 30 minutes (>80 % removal), with equilibrium at 120 minutes.

Table 1 – Adsorption performance of composite biosorbent

Parameter	Optimal Value	Pb ²⁺ Removal, %	Methylene Blue Removal, %
pH	5.5	95.6	91.3
Dosage	1.0 g/L	95.6	91.3
Time	120 min	95.1	90.8

Isotherms and Kinetics. Langmuir isotherm provided excellent fit ($R^2 = 0.9968$) with maximum adsorption capacity of 151.51 mg/g for Pb²⁺. Pseudo-second-order model showed superior fit ($R^2 > 0.99$) versus pseudo-first-order, confirming chemisorption as rate-limiting step [13; 14].

Table 2 – Thermodynamic parameters

T, K	ΔG° , kJ/mol	ΔH° , kJ/mol	ΔS° , J/mol·K
298	-2.52	-15.8	+44.5
308	-2.97		
318	-3.42		

Thermodynamic parameters as shown in Table 2 confirmed spontaneous adsorption ($\Delta G^\circ = -2.52$ kJ/mol), exothermic nature ($\Delta H^\circ = -15.8$ kJ/mol), and increased randomness ($\Delta S^\circ = +44.5$ J/mol·K).

The surface area enhancement results from porous structure of activated glass and thermal treatment [15]. Adsorption capacity exceeds values reported for modified BSG (65.83 mg/g) and recycled waste glass (11.68 mg/g), demonstrating synergistic effects [12; 16]. Langmuir fit suggests homogeneous active sites enabling monolayer adsorption, while pseudo-second-order kinetics confirms chemisorption through surface complexation and ion exchange [17].

Conclusion. A novel composite biosorbent from chemically treated BSG and waste glass was successfully developed for industrial wastewater treatment. The composite exhibited enhanced surface area (125.8 m²/g), abundant functional groups, and excellent adsorption performance for Pb²⁺ (151.51 mg/g) and methylene blue. Optimal conditions (pH 5.5, 1.0 g/L, 120 min) achieved >90 % removal. Adsorption followed Langmuir isotherm and pseudo-second-order kinetics, confirming chemisorption. Thermodynamic analysis confirmed spontaneous, exothermic adsorption. This sustainable biosorbent addresses both waste management and wastewater treatment challenges, supporting circular economy principles.

References

1. Sharma, A. V. *Materials* / A.V. Sharma [et al.]. – 2021. – Vol. 16, No. 16. – P. 4702.
2. Dancker, P. *Brewing Science* / P. Dancker, K. Glas, M. Gastl. – 2025. – Vol. 78. – P. 47–54.
3. Gwenzi, W. *Waste Management* / W. Gwenzi [et al.]. – 2017. – Vol. 60. – P. 1–10.
4. Sravan, J. S. *Bioengineering* / J. S. Sravan, L. Matsakas, O. Sarkar. – 2024. – Vol. 11, No. 3. – P. 281.
5. Taleb, M. A. *Int. J. Mater. Technol. Innov.* / M. A. Taleb [et al.]. – 2022. – Vol. 2, No. 1. – P. 5–19.
6. Lugo-Arias, J., et al. *Water* / J. Lugo-Arias. – 2024. – Vol. 16, No. 11. – P. 1543.
7. Tang, K. H. D. *Water Emerging Contam. Nanoplastics* / K. H. D. Tang. – 2024. – Vol. 3, No. 25.
8. Morales-Barrera, L. *Environ. Technol. Rev.* / L. Morales-Barrera, E. Cristiani-Urbina. – 2020. – Vol. 9, No. 1. – P. 1–25.
9. Nyhan, L. J. *Agric. Food Chem.* / L. Nyhan [et al.]. – 2023. – Vol. 71, No. 28. – P. 10543–10564.
10. Wang, X. J. *Cleaner Prod.* / X. Wang, H. Chen, J. Wang, Z. Zhang. – 2021. – Vol. 280. – P. 124366.
11. Rovani, S. *ACS Omega* / S. Rovani, J. Santos, P. Corio, D. A. Fungaro. – 2018. – Vol. 3, No. 3. – P. 2618–2627.
12. Dancker, P. J. *Am. Soc. Brew. Chem.* / P. Dancker [et al.]. – 2025. – P. 1–10.
13. Beni, A. A. *Environ. Technol. Innov.* / A. A. Beni, A. Esmaeli. – 2019.
14. Wierzba, S. J. *Cleaner Prod.* / S. Wierzba, A. Klos. – 2019. – Vol. 225. – P. 112–120.
15. Dutta, A. J. *Environ. Manage.* / A. Dutta, S. Paul, M. Basu. – 2023. – Vol. 345. – P. 118843.
16. Inyang, U. E. *IRE Journals* / U. E. Inyang, E. N. Bassey, J. D. Inyang. – 2022. – Vol. 6, No. 5. – P. 1–8.
17. Mhlanga, N. J. *Chem. Eng. Process Technol.* / N. Mhlanga, C. Musara, S. Chipunza. – 2023. – Vol. 14, No. 3. – P. 1–9.

D. Masawi, S. Manyere, D. T. Ruziwa and F. C. Ndaba

Harare Polytechnic, BTech Chemical Technology Department

in collaboration with National University of Science and Technology, Harare, Zimbabwe

DEVELOPMENT OF COMPOSITE BIOSORBENT FROM CHEMICALLY TREATED BREWER'S SPENT GRAIN AND WASTE GLASS FOR INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT

Разработан композитный биосорбент из химически обработанной пивной дробины и отходов стекла для очистки промышленных сточных вод. Композит имел площадь поверхности 125,8 м²/г и показал эффективность удаления Pb²⁺ и метиленового синего более 90 % при pH 5,5, дозе 1,0 г/л и времени контакта 120 мин. Адсорбция описывается изотермой Ленгмюра ($q_m = 151,51$ мг/г для Pb²⁺) и моделью псевдо второго порядка ($R^2 > 0,99$), что указывает на хемосорбцию. Термодинамические параметры подтвердили самопроизвольный ($\Delta G^\circ = -2,52$ кДж/моль), экзотермический ($\Delta H^\circ = -15,8$ кДж/моль) процесс. Разработанный биосорбент является эффективным и экономичным средством очистки воды.

Ключевые слова: пивная дробина, отходы стекла, композитный биосорбент, очистка сточных вод, тяжёлые металлы.

D. Masawi, S. Manyere, D. T. Ruziwa, N. Bvukuta

*Harare Polytechnic, BTech Chemical Technology Department in collaboration
with National University of Science and Technology, Harare, Zimbabwe***UTILISATION OF EUCALYPTUS WOOD SHAVINGS BIOCHAR FOR REMOVAL
OF CALCIUM AND MAGNESIUM IONS FROM BOILER FEEDWATER**

This study investigated sulphonated biochar from eucalyptus wood shavings for removing Ca^{2+} and Mg^{2+} from boiler feedwater. Sulphonation enhanced hardness removal from 64.7 % to 91.3 %. Langmuir isotherm best described adsorption ($q_m = 7.00 \text{ mg/g}$ at 298 K). Kinetics followed pseudo-second-order model ($R^2 = 0.9688$), confirming chemisorption. Thermodynamics confirmed spontaneous ($\Delta G^\circ = 5.26 \text{ kJ/mol}$), endothermic ($\Delta H^\circ = +28.13 \text{ kJ/mol}$) adsorption. Optimum conditions: pH 10, 2.00 g dose, 80–110 min contact time. Sulphonated biochar offers sustainable, cost-effective water softening while addressing wood waste disposal.

Keywords: biochar, boiler feedwater, water hardness, adsorption, sulphonation.

Introduction. Calcium (Ca^{2+}) and magnesium (Mg^{2+}) ions in boiler feedwater precipitate on heat transfer surfaces, forming scale that reduces thermal efficiency and may cause tube failure [1; 2]. At Manica Boards and Doors, Zimbabwe's sole hardboard manufacturer untreated feedwater causes scaling, while eucalyptus wood shavings waste poses environmental concerns [3]. Conventional water softening methods have limitations: lime-soda produces sludge [4]; ion exchange generates brine waste [5]; reverse osmosis has high energy costs [6]; activated carbon relies on non-renewable coal [7]. Biochar, produced via biomass pyrolysis, offers a sustainable alternative [8]. Sulphonation introduces $-\text{SO}_3\text{H}$ groups, increasing cation exchange capacity and adsorption performance [9]. This study evaluated sulphonated eucalyptus biochar for Ca^{2+} and Mg^{2+} removal.

Materials and Methods.

Eucalyptus cloeziana wood shavings were collected, ground ($\leq 5 \text{ mm}$), washed, and oven-dried at 80°C . Pyrolysis was conducted at $300\text{--}650^\circ\text{C}$ for 6 hours under limited oxygen. Sulphonation used 30 g biochar with 2 L 2M H_2SO_4 at 180°C for 1 hour, followed by washing to neutral pH [10]. FTIR spectra ($400\text{--}4000 \text{ cm}^{-1}$) and XRD patterns were recorded. Synthetic hard water (870 mg/L as CaCO_3) was prepared. pH_{pzc} was determined by pH drift method [11]. Effects of pH (2–12), adsorbent dose (0.30–4.00 g), temperature (298–318 K), and contact time were studied. Residual Ca^{2+} and Mg^{2+} were measured by EDTA titration. Data were fitted to Langmuir and Freundlich isotherms, pseudo-first-order and pseudo-second-order kinetic models, with thermodynamic parameters from Van't Hoff plots.

Results and Discussion.

Characterisation. FTIR confirmed sulphonation with peaks at 3482 cm^{-1} (O-H), 1635 cm^{-1} (C=O), and 1106 cm^{-1} (S=O) [12]. XRD showed amorphous carbon at $2\theta = 22.3^\circ$ with quartz impurities at 31.7° [13].

Hardness Removal. Sulphonated biochar achieved 91.3 % removal versus 64.7 % for pristine, attributed to increased surface area and functional groups [14].

Adsorption Studies. pH_{pzc} was 8.0. Maximum removal (93.7 %) occurred at pH 10 [15]. Optimum dose was 2.00 g; higher doses caused particle aggregation [16].

Isotherms. From Table 1 results Langmuir model showed superior fit ($R^2 = 0.9958, 0.9795, 0.9780$) versus Freundlich ($R^2 = 0.8906, 0.9023, 0.957$), indicating monolayer adsorption. q_m increased with temperature: 7.00 (298 K), 9.89 (308 K), 12.22 mg/g (318 K), confirming endothermic adsorption [17].

Thermodynamics. Table 2 results indicate Positive ΔH° ($+28.13 \text{ kJ/mol}$) confirmed endothermic adsorption. Positive ΔS° ($+76.65 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$) indicated increased randomness. Negative ΔG° ($5.26 \rightarrow 3.72 \text{ kJ/mol}$) confirmed spontaneity. $\Delta H^\circ > 20 \text{ kJ/mol}$ suggests chemisorption [18].

Table 1 – Langmuir and Freundlich parameters for hard ion sorption onto sulphonated biochar

Isotherm Model	Parameter	298 K	308 K	318 K
Langmuir	qm (mg/g)	7.00	9.89	12.22
	b (L/mg)	0.0359	0.0309	0.0284
	RL	0.0737	0.0846	0.0914
	R ²	0.9958	0.9795	0.9780
	Kf	0.94	1.02	0.98
Freundlich	n	2.70	2.35	2.07
	R ²	0.8906	0.9023	0.9570

Table 2 – Thermodynamic parameters

Temperature (K)	ΔG° (kJ/mol)	ΔH° (kJ/mol)	ΔS° (J/mol·K)
298	5.26	+28.13	+76.65
308	4.59		
318	3.72		

Table 3 – Kinetic parameters for hard ion sorption onto sulphonated biochar

Kinetic Model	Parameter	100 mg/L	150 mg/L	200 mg/L
Pseudo-first-order	k ₁ (min ⁻¹)	2.133×10 ⁻⁴	1.755×10 ⁻⁴	1.074×10 ⁻⁴
	qe (mg/g)	2.265	2.656	2.920
	R ²	0.6081	0.4690	0.2978
Pseudo-second-order	k ₂ (g/mg·min)	1.462×10 ⁻²	6.296×10 ⁻³	2.909×10 ⁻³
	qe (mg/g)	3.789	6.085	8.389
	R ²	0.9688	0.9698	0.9693

Kinetics. Table 3 Pseudo-second-order model showed excellent fit ($R^2 = 0.9688$ – 0.9693) versus poor fit for pseudo-first-order ($R^2 = 0.2978$ – 0.6081), confirming chemisorption as rate-limiting step [19]. Equilibrium times: 80 min (100 mg/L), 90 min (150 mg/L), 110 min (200 mg/L)

Conclusion. Sulphonated biochar from eucalyptus wood shavings effectively removes Ca²⁺ and Mg²⁺ from boiler feedwater. Optimum conditions: pH 10, 2.00 g dose, 80–110 min contact time. Adsorption follows Langmuir isotherm and pseudo-second-order kinetics, confirming monolayer chemisorption. Thermodynamics confirmed spontaneous, endothermic adsorption. This sustainable approach addresses both water treatment and wood waste management. Pilot-scale studies and regenerability testing are recommended for practical implementation.

References

1. Ind. Eng. Chem. / T. M. Abdel-Fattah [et al.]. – 2015. – Vol. 22. – P. 103–109.
2. Arachchige, U. Int. J. Chem. Stud. / U. Arachchige, S. Sandupama. – 2019. – Vol. 6, No. 4. – P. 634–635.
3. Forests / O. Asamoah [et al.]. – Vol. 11. – No. 9. – 2020. – P. 1–15.
4. Water Treatment Plant Performance / J. T. O'Connor [et al.]. – 2009. – P. 33–40.
5. Interdisc. Environ. Rev. / K. Singh [et al.]. – 2017. – Vol. 18, No. 2. – P. 124.
6. Appl. Sci. Environ. Manage. / P. Akhantor [et al.]. – 2017. – Vol. 21, No. 2. – P. 246.
7. Energies / N. Anderson [et al.]. – 2021. – Vol. 14, No. 24. – P. 1–19.
8. Energies / N. Anderson [et al.]. – 2013. – Vol. 6, No. 1. – P. 164–183.
9. Sci. Total Environ. / W. Yu [et al.]. – 2021. – Vol. 750. – P. 141545.
10. J. Environ. Manage. / P. Ragmi [et al.]. – 2012. – Vol. 109. – P. 61–69.
11. Case Stud. Chem. Environ. Eng. / T. C. P. Tran [et al.]. – 2021. – Vol. 4.
12. Green Chem. / W. J. Liu [et al.]. – 2015. – Vol. 17, No. 11. – P. 4888–4907.
13. Gupta, G. K., Mondal, M. K. Manuscript, 2020.
14. Case Stud. Chem. Environ. Eng. / Tran Phuong [et al.]. – 2021. – Vol. 4.
15. Environ. Sci. Technol. / A. Yuniarto [et al.]. – 2018. – Vol. 01020. – P. 4–7.
16. Adv. Anal. Chem. / S. Mustapha [et al.]. – 2016. – No. 1. – P. 1–9.
17. Hazard. Mater. / B. H. Hameed [et al.]. – 2008. – Vol. 158, No. 1. – P. 65–72.
18. Appl. Surf. Sci. / M. N. Sepehr [et al.]. – 2013. – Vol. 274. – P. 295–305.
19. Environ. Technol. / R. D. R. Silva [et al.]. – 2020. – Vol. 41, No. 17. – P. 2210–2218.

UTILISATION OF EUCALYPTUS WOOD SHAVINGS BIOCHAR FOR REMOVAL OF CALCIUM AND MAGNESIUM IONS FROM BOILER FEEDWATER

Изучено применение сульфонированного биочара из древесной стружки эвкалипта для удаления ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} из питательной воды котлов. Сульфонирование увеличило эффективность удаления жёсткости с 64,7 до 91,3 %. Адсорбция описывается изотермой Ленгмюра ($q_m = 7,00$ мг/г при 298 K) и моделью псевдо второго порядка ($R^2 = 0,9688$), что указывает на хемосорбцию. Термодинамические параметры подтвердили самопроизвольный ($\Delta G^\circ = 5,26$ кДж/моль), эндотермический ($\Delta H^\circ = +28,13$ кДж/моль) процесс. Сульфонированный биочар является эффективным сорбентом для умягчения воды.

Ключевые слова: биочар, питательная вода котлов, жёсткость воды, адсорбция, сульфонирование.

УДК 504.55:551.4

О. Н. Ратникова, Ю. Ю. Навоша, Т. И. Макаренко, А. Т. Борш

Институт природопользования НАН Беларуси

ФОРМИРОВАНИЕ БЛОКА «НЕДРА» ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТЫ БОЛОТА ЕЛЬНЯ

ГИС-технологии позволяют эффективно визуализировать данные о торфяниках. Комплексная визуализация геологической информации (рельефа, залежи) повышает точность размещения мониторинговых пунктов, обеспечивая достоверность данных. Визуализация экологической информации ускоряет анализ, выявление рисков и принятие управленческих решений по охране торфяников.

Ключевые слова: торфяник, геоинформационные системы, база данных, устойчивое использование, электронная карта.

Растет потребность в картографической информации для различных сфер. Развитие информационных технологий стимулирует спрос на цифровую картографическую информацию, интегрированную в компьютерные системы, поскольку традиционные бумажные носители уже не могут удовлетворить информационные потребности.

В настоящее время в рамках выполнения задания *государственной программы* создается электронная карта болота Ельня, расположенного в Миорском и Шарковщинском районах Витебской области. Электронная карта включает четыре информационных блока: «Недра», «Вода», «Водная среда» и «Биота». Цель данной работы – создание слоев блока «Недра», характеризующих геологический режим болота.

Методы исследования: космическое зондирование, полевые работы (отбор проб торфа), камеральные работы (анализ фондовых материалов, использование ГИС, тестирование ПО, сравнительный анализ).

На первом этапе создания электронной карты был сформирован блок «Недра», характеризующий геологические особенности объекта исследования. В данный блок включены следующие слои: рельеф поверхности, минеральное дно, мощность торфяной залежи и стратиграфические колонки.

Слой «Рельеф поверхности торфяного месторождения Ельня» был создан на основе данных топографических карт масштаба 1:100 000, планов местности более крупного масштаба, материалов рекогносцировочной разведки болота Ельня [1] и собственных исследований [2]. Материалы разведки содержали данные об отметках высот и мощностях торфяной залежи в пунктах отбора проб. Данные высот над уровнем моря и значения мощности залежи торфа в точках отбора проб были оцифрованы и представлены в виде точечных шейп-файлов с географической привязкой к территории ВБУ Ельня в программном обеспечении QGIS 3.44.

С использованием инструментов SAGA GIS 9.11.1 было выполнено интерполирование данных и построена растровая модель поверхности болота и мощности торфяной залежи (рисунки 1 и 2). Растровая модель минерального дна торфяного месторождения Ельня была

рассчитана путем вычитания раstra мощности залежи из раstra поверхности болота (рисунок 3). При расчете учитывалось, что значение мощности залежи торфа по контуру болота и в точках, расположенных в границах водных объектов, равно нулю (согласно материалам исследования озер). При вычитании растров значения мощности залежи в пределах водной поверхности были заменены значениями глубин.

Для изучения торфяной залежи был создан слой стратиграфических колонок, основанный на данных рекогносцировочной разведки и результатах собственных мониторинговых исследований о состоянии торфяной залежи, проводимых в 2023 и 2025 гг. На рисунке 4 представлена визуализация данных по профилю стратиграфической колонки.

Разработанный блок электронной карты повышает эффективность работы с картографическими объектами, обеспечивая масштабирование, оперативный доступ, изменение информации, построение маршрутов и измерение.

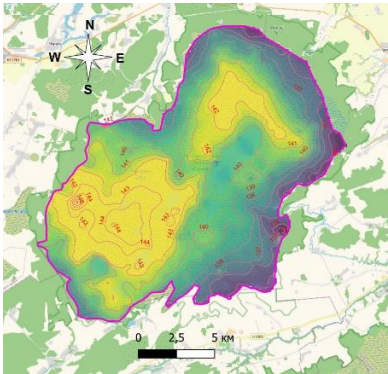


Рисунок 1 – Слой карты «Рельеф поверхности торфяного месторождения Елья»

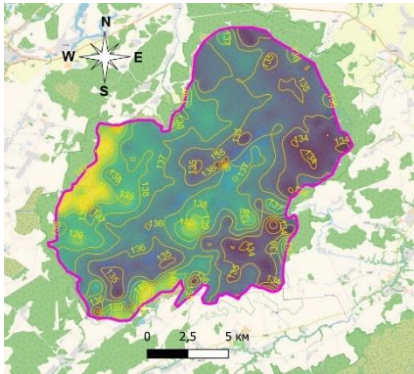


Рисунок 2 – Слой карты «Рельеф минерального дна торфяного месторождения Елья»

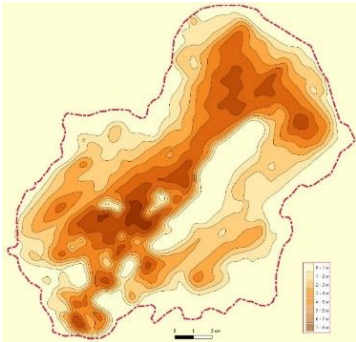


Рисунок 3 – Слой карты «Мощность торфяной залежи торфяного месторождения Елья»

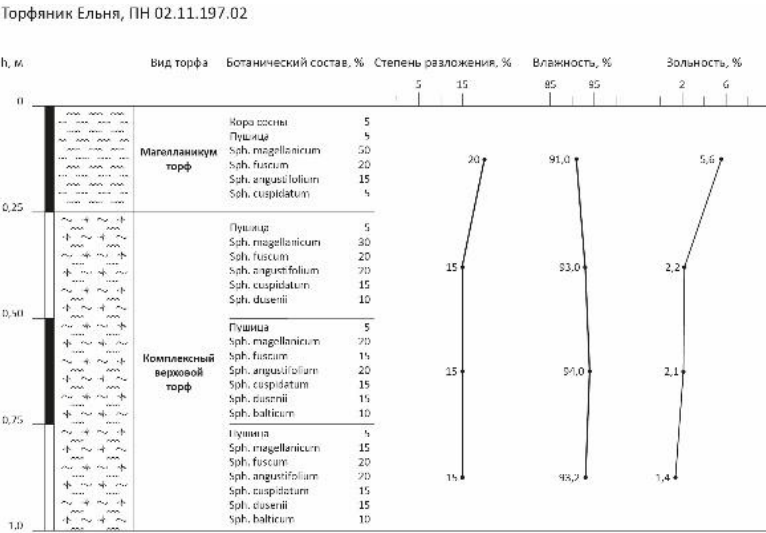


Рисунок 4 – Стратиграфическая колонка

На сегодняшний момент обилие влаги, особенности рельефа и характер подстилающих пород создают благоприятные условия для продолжения процессов заболачивания и торфообразования. Однако эти процессы осложняются посттехногенным и постпирогенным воздействием. Формирование ГИС позволяет лучше понять экологическое значение торфяника, его роль в гидрогеологии и сохранить экосистемы, формируя картографические продукты для органов управления природными ресурсами.

Список использованных источников

1. Рекогносцировочная разведка болота Ельня Ленинградского отделения проектно-изыскательского института «Росторфразведка» 1951 года. – 126 с.
2. Тановицкая, Н. И. Создание автоматизированной системы наблюдений за гидрологическим режимом на болоте Ельня / Н. И. Тановицкая, Ю. Ю. Навоша, О. Н. Ратникова // Природопользование. – 2013. – Вып. 23. – С. 56–61.
3. Создание пользовательских интерактивных карт. – URL: <https://appmaster.io/ru/blog/sozdavat-pol-zovatel-skie-interaktivnye-karty> (дата обращения 05.05.2026).

O. N. Ratnikova, Yu. Yu. Navosha, T. I. Makarenko, A. T. Borsh
Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus

FORMATION OF THE «NEDRA» BLOCK FOR THE ELECTRONIC MAP OF THE YELNYA BOG

Digital GIS technologies open up broad possibilities for presenting data on peatland formation. Comprehensive visualization of geological information, including maps of surface relief, peat deposit, and other objects, allows for increased accuracy in determining optimal locations for monitoring points. This contributes to ensuring the representativeness and reliability of collected data on the condition of peat deposits. The visualization of environmental information in the form of graphical representations of monitoring data and other GIS elements facilitates operational analysis, identification of potential environmental risks, and accelerates the decision-making process aimed at the conservation and rational use of peatlands.

Keywords: peatland, geographic information systems, database, sustainable use, electronic map.

УДК 579.222.2:579.695

М. А. Толкач, Я. С. Волчецкая, И. М. Колесник, Г. Г. Юхневич
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

ОЦЕНКА АКТИВНОСТИ БАКТЕРИЙ ПРИ ДЕСТРУКЦИИ КОМПОНЕНТОВ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ

Систематизированы результаты научных исследований, посвященных активности бактерий-деструкторов применительно к промышленным сточным водам. Рассматриваются ключевые таксономические группы микроорганизмов, их субстратная специфичность, эффективность деградации в условиях высоких концентраций поллютантов. В лабораторном эксперименте показано, что штаммы *Bacillus subtilis* ассимилировали изопропанол и этанол в разведениях от 1:16, а *Pseudomonas putida* – в разведениях от 1:32.

Ключевые слова: бактерии, сточные воды, деградация.

Сточные воды предприятий являются одним из наиболее опасных источников антропогенного загрязнения природных сред, так как характеризуются высокой концентрацией органических соединений, в том числе токсичных. Наличие в промышленных стоках галогензамещенных фенолов, алкилфенолэтоксилатов, полициклических ароматических углеводородов и других ксенобиотиков создает серьезные проблемы для систем биологической очистки. Многие из этих соединений обладают высокой устойчивостью к биodeградации и способностью к биоаккумуляции, что делает их приоритетными загрязнителями.

Использование бактерий-деструкторов рассматривается как перспективное направление биоремедиации промышленных стоков. Бактерии обладают широкой метаболической пластичностью, что позволяет им утилизировать различные органические соединения в качестве источников углерода и энергии.

Эффективность биodeградации зависит от видового состава микроорганизмов, их ферментных систем, условий культивирования и концентрации поллютантов. Среди бактерий-деструкторов наибольшую активность проявляют представители родов *Rhodococcus*,

Pseudomonas, *Acinetobacter*, *Bacillus*. Ряд культур характеризуются высокой метаболической пластичностью и широким спектром деградируемых субстратов. Например, штамм *Pseudomonas putida* 131, выделенный из загрязненных фенолом почв ОАО «Газпромнефтехим Салават», проявляет высокую эффективность деструкции фенольных соединений [1] в сульфидно-щелочных стоках. Он обладает высокой адаптационной способностью и рекомендован для очистки сточных вод нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. Штамм *Pseudomonas aeruginosa* 21SG, выделенный из почвы предприятия-производителя синтетических дубителей [2], в условиях периодической культуры приводил к снижению содержания фенола в культуральной жидкости на 84 % от начального уровня за 4 суток. Штамм рекомендован для доочистки промышленных стоков нефтехимического производства и производства дубильных экстрактов.

В исследованиях, проведенных в Институте микробиологии НАН Беларуси, показано, что консорциумы микроорганизмов, включающие штаммы рода *Bacillus*, позволяют достигать высокой флокулирующей активности (92–98 %) и эффективно очищать сточные воды от сложных органических соединений [3].

Штаммы этого рода продуцируют протеазы, липазы и амилазы, которые активно гидролизуют белки и жиры, присутствующие в стоках мясомолочной промышленности. Для успешного применения бактерий-деструкторов в промышленных условиях необходим учет специфики сточных вод, которые характеризуются сложным составом и часто содержат вещества, ингибирующие микробный метаболизм. В исследовании Tang и соавт. (2023) показано, что комбинированный метод регуляции, включающий ко-субстратный метаболизм (добавление легкоусвояемых органических веществ – глюкозы, метанола) и усиление доминирующей микробиоты, позволяет повысить эффективность удаления ароматических соединений из сточных вод углехимической промышленности [4].

Эффективным способом сохранения деструктивной активности в течение длительного времени является иммобилизация бактерий на различных носителях. Использование бактерий, иммобилизованных на базальтовом волокне, позволяет проводить непрерывную очистку промышленных стоков. Адсорбция микроорганизмов на волокнистых материалах создает условия для формирования биопленок, устойчивых к высоким концентрациям токсикантов [10].

Цель данной работы – оценка интенсивности роста штаммов бактерий *Bacillus subtilis* и *Pseudomonas putida* из коллекции кафедры экологии ГрГУ имени Янки Купалы в бульонных культурах при воздействии растворов этилового и изопропилового спиртов. Модельные растворы спиртов готовили методом «перекатов» до разведения 1:128. Характер роста определяли в течение суток путём измерения оптической плотности суспензий в 96-луночном полистироловом планшете на фотометре «Ф 300» при длинах волн 492 нм и 540 нм. Согласно полученным данным, в культуре *Bacillus subtilis* значения оптической плотности при обеих длинах волн через 17 часов и 21 часов увеличивались относительно исходных суспензий в присутствии обоих спиртов в разведении от 1:16 и выше, что указывает на способность бактерий использовать данные субстраты в качестве дополнительного питательного компонента. Эффект спиртов на *Pseudomonas putida* также был дозо-зависимым: при высоких концентрациях (разведения 1:2 – 1:16) – бактерицидный, при низких концентрациях (разведения от 1:32) – метаболизация спирта с ростом численности микроорганизмов.

Таким образом, разработанная схема модельного эксперимента позволяет определить минимальную ингибирующую и бактерицидную концентрации спиртов и в целом физиологическую активность штаммов бактерий. Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение взаимодействия микроорганизмов в консорциуме.

Список использованных источников

1. Штамм бактерий *Pseudomonas putida* 131 ВКПМ В-10894, осуществляющий деструкцию фенольных соединений : пат. 2463344 Рос. Федерация / А. Б. Лившиц [и др.]. – Оpubл. 10.10.2012. – URL: <https://patents.google.com/patent/RU2463344C1/ru>. – Дата обращения: 12.07.2026.
2. Коробов, В. В. Применение штамма-деструктора фенола *Pseudomonas aeruginosa* 21SG для очистки промышленных сточных вод / В. В. Коробов, Е. Ю. Журенко, Н. В. Жарикова, Т. Р. Ясаков, Т. В. Маркушева // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16. Биология. – 2018. – № 3. – С. 185–190.
3. Чирикова, М. С. Комплексная биологическая очистка сточных вод предприятий мясомолочной промышленности / М. С. Чирикова, Е. М. Глушень, И. И. Алешкевич, К. А. Губчик // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2023. – № 1. – С. 59–66.
4. Tang, H. Regulation methods and enhanced mechanism on the efficient degradation of aromatics in biochemical treatment system of coal chemical wastewater / H. Tang [et al.] // Journal of Environmental Management. – 2023. – Vol. 348. – P. 119358.
5. Пономарева, Е. В. Интенсификация биологической очистки сточных вод НПЗ от трудноокисляемых органических соединений с применением иммобилизованных микроорганизмов / Е. В. Пономарева, А. С. Турутов, Д. А. Базин, Н. С. Буйлова, С. В. Сапронов, А. А. Савельев // Экспозиция. Нефть. Газ. – 2026. – № 1. – С. 94–99.

M. A. Tolkach, Ya. S. Volchetskaya, I. M. Kalesnik, H. G. Yukhnevich

Yanka Kupala State University of Grodno

ASSESSMENT OF BACTERIAL ACTIVITY IN THE DEGRADATION OF INDUSTRIAL WASTEWATER COMPONENTS BACTERIAL ACTIVITY IN THE DESTRUCTION OF COMPONENTS OF INDUSTRIAL WASTEWATER

The results of scientific research on the activity of destructive bacteria in relation to industrial wastewater are systematized. The key taxonomic groups of microorganisms, their substrate specificity, and degradation efficiency under conditions of high concentrations of pollutants are considered. In a laboratory experiment, *Bacillus subtilis* strains assimilated isopropanol and ethanol in dilutions of 1:16, and *Pseudomonas putida* in dilutions of 1:32.

Keywords: bacteria, waste water, destruction.

РАЗДЕЛ 2.

УСТОЙЧИВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

УДК 574.42:630(476.7)

И. В. Абрамова

Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина

СОВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ЛЕСОВ ПИНСКО-ПРИПЯТСКОГО ГЕОБОТАНИЧЕСКОГО РАЙОНА

Проанализирована современная структура лесов Пинско-Припятского геоботанического района. По состоянию на 2025 г. покрытая лесом площадь Пинско-Припятского района – 496,6 тыс. га, из них 46,8 % занимают сосняки. Доминируют черничный (20,4 %), мшистый (15,8 %) и осоковый (15,3 %) типы леса. Возрастная структура не соответствует оптимальной: острый дефицит молодняков (15,8 %) при избытке средневозрастных (36,6 %) и припевающих (26,7 %) насаждений.

Ключевые слова: Пинское Полесье, структура лесов, лесообразующие породы, типы леса, возрастная структура.

Пинско-Припятский геоботанический район относится к Бугско-Полесскому геоботаническому округу подзоны широколиственно-сосновых лесов. Он занимает западную часть Пинского Полесья [1]. Включает леса Ганцевичского, Домановского, Луинецкого, Полесского, Столинского и Телеханского лесхозов. По данным кадастра лесов Брестского ГПЛХО, на 1 января 2025 г. общая площадь земель лесного фонда Пинско-Припятского района составляет 629,2 тыс. га. Покрытые лесом земли составляют 496,6 тыс. га (78,9 %), из них 302,5 тыс. га (60,9 %) – эксплуатационные леса, включая 80,0 тыс. га лесных культур и 11,5 тыс. га вырубков, что свидетельствует об интенсивном лесопользовании. Природоохранные леса занимают 229,3 тыс. га (в т. ч. 154,5 тыс. га – покрытые лесом земли). Особенностью лесов этой категории является большая площадь нелесных земель (71,6 тыс. га), что обусловлено высокой долей болотных экосистем в составе ООПТ – республиканских заказников: «Борский», «Еловский», «Лунинский», «Морочно», «Подвеликий мох», «Выгонощанское», «Средняя Припять» и «Ольманские болота». Защитные леса произрастают на площади 38,2 тыс. га, рекреационно-оздоровительные леса – 11,5 тыс. га.

Формационный состав лесов геоботанического района отражает сложную мозаику почвенно-гидрологических условий. Самой распространенной лесообразующей породой является сосна обыкновенная (232,4 тыс. га, 46,8 %). Наибольшие массивы сосняков сосредоточены в Телеханском (55,5 тыс. га), Луинецком (45,9 тыс. га) и Ганцевичском (43,6 тыс. га) лесхозах. Еловые леса занимают 10,3 тыс. га (2,1 %), основные участки ельников находятся в северных и восточных частях района, достигая максимума в Ганцевичском (3,4 тыс. га) и Телеханском (3,1 тыс. га) лесхозах. Широколиственные леса представлены в основном дубравами (21,2 тыс. га, 4,3 %), грабняки произрастают на площади 1,5 тыс. га, небольшие площади занимают ясеневые, кленовые, липовые и другие леса. Главным резерватом дубовых лесов выступают Луинецкий (8,3 тыс. га) и Столинский (5,3 тыс. га) лесхозы. Доля мелколиственных лесов составляет 44,2 % от лесопокрытой площади, преобладающими являются березовые (130,0 тыс. га) и черноольховые насаждения (83,6 тыс. га). На протяжении последних 50 лет наблюдается уменьшение доли хвойных лесов (с 68,0 до 48,9 %), при этом выросла доля березняков (с 13,0 до 26,2 %), черноольховых лесов (с 11,6 до 16,8 %) и дубрав (с 2,9 до 4,3 %) [2].

В районе представлены 27 типов леса. Около одной пятой всех лесов района (20,4 %) относится к черничному типу, около одной шестой (15,8 %) – к мшистому. Значительные площади занимают переувлажненные типы леса: осоковый, папоротниковый, долгомошный и др. (в сумме на них приходится более 32,0 % лесопокрытой площади), что является типич-

ным для заболоченных равнин. На богатых супесчаных почвах с нормальным увлажнением формируются высокопродуктивные леса орлякового и кисличного типов, они занимают в общей сложности 11,2 % лесопокрытой площади.

Распределение лесов по классам возраста по Пинско-Припятскому району (таблица) демонстрирует определенный дисбаланс относительно теоретического оптимума [2]. Средний возраст лесов составляет 55 лет, что свидетельствует о преобладании насаждений, находящихся в стадии активного роста и формирования. Наибольшую долю имеют средневозрастные (36,6 %) и приспевающие насаждения (26,7 %), Доля спелых и перестойных насаждений (21,0 %) также превышает оптимальные значения, а доля молодняков (15,8 %) в 2 раза ниже оптимальных показателей. Такая структура указывает на «старение» лесного массива при недостаточных темпах естественного или искусственного лесовосстановления.

Таблица – Возрастная структура лесов Пинско-Припятского района

Формация	Покрытые лесом земли по группам возраста, %									Средний возраст, лет
	молодняки		средне- возрастные		приспевающие		спелые и перестойные		в т. ч. перестой- ные	
	район	опти- мум ¹	район	опти- мум ¹	район	опти- мум ¹	район	опти- мум ¹		
сосна	19,4	36,6	31,1	36,5	33,0	18,2	16,6	8,7	2,5	63
ель	22,4	36,6	29,1	36,5	30,2	18,2	18,3	8,7	9,3	56
дуб	11,3	31,0	45,0	31,0	25,3	15,5	18,4	22,5	2,5	77
береза	13,8	26,8	47,6	26,8	18,0	13,4	20,6	33,0	0,8	45
ольха черная	9,2	31,0	34,7	31,0	22,4	15,5	33,6	22,5	2,4	48
осина	12,2	40,0	11,4	40,0	25,3	20,0	51,2	–	13,6	45
все леса	15,8	33,0	36,6	32,0	26,7	18,0	21,0	17,0	2,3	55

¹Примечание. Оптимальные значения приведены по [2]

¹Примечание. Оптимальные значения приведены по [2]

Таким образом, основную часть лесного фонда Пинско-Припятского района составляют эксплуатационные леса (60,9 %). К основным лесообразующим породам относятся сосна обыкновенная, ель европейская, дуб черешчатый, березы бородавчатая и пушистая, ольха черная. В сумме на них приходится 477,5 тыс. га (96,2 %). Главной лесообразующей породой является сосна обыкновенная (на нее приходится 46,8 % лесопокрытой площади). В районе представлены 27 типов леса, наиболее распространенными типами являются черничный, мшистый и осоковый, в сумме на них приходится 56,5 % лесопокрытой площади. Возрастная структура лесов района характеризуется высокой долей приспевающих хвойных и спелых мелколиственных насаждений. Это создает благоприятные условия для видов, связанных с поздними стадиями сукцессии. Однако выявленный дефицит молодняков дуба (11,3 % против 31 % оптимальных) и ольхи черной (9,2 % против 31 %) требует немедленной корректировки стратегии лесовосстановления для предотвращения деградации ценных лесных экосистем в будущем².

Список использованных источников

1. Энциклопедия природы Беларуси : у 5 т. Т. 1 : Ааліты – Гасцінец / рэдкал.: І. П. Шамякін (гал. рэд.) [і інш.]. – Мінск : БелСЭ, 1983. – С. 346–347.
2. Багинский, В. Ф. Определение оптимальной возрастной структуры лесного фонда Республики Беларусь / В. Ф. Багинский // Известия Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины. – 2007. – № 6 (45). – С. 12–20.

²Работа выполнена в рамках НИР «Оценка влияния различных видов рубок леса на биоразнообразие в эксплуатационных сосняках искусственного происхождения Брестской области» подпрограммы «Биоразнообразие и биоресурсы» ГПНИ «Рациональное природопользование» на 2026–2030 годы (номер государственной регистрации 20261546 от 10.06.2026).

MODERN FOREST STRUCTURE OF THE PINSK-PRIPYAT GEOBOTANICAL DISTRICT

The modern forest structure of the Pinsk-Pripyat geobotanical district is analyzed in the article. As of 2025, the forested area of the Pinsk-Pripyat district amounts to 496.6 thousand hectares, with pine forests accounting for 46,8 %. The dominant forest types are bilberry (20,4 %), moss (15,8 %), and sedge (15,3 %). The age structure deviates from the optimal one: there is an acute deficit of young-growth stands (15,8 %) coupled with an excess of middle-aged (36,6 %) and approaching-maturity (26,7 %) stands.

Keywords: Pinsk Polesie, forest structure, forest-forming species, forest types, age structure.

УДК 582.28:582.29(476)

И. М. Болсун¹, А. Г. Цуриков^{1, 2, 3}

¹Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

²Гомельский государственный медицинский университет

³Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королёва

НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ЛИХЕНОФИЛЬНОГО ГРИБА *ARTHONIA MOLENDI* В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В ходе работы в лихенологическом гербарии Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины выявлено 6 образцов лишайников рода *Xanthoria*, на слоевищах которых был обнаружен лихенофильный гриб *Arthonia molendoi*. На основании анализа распространения данного вида авторы впервые указывают *Arthonia molendoi* для Витебской, Гродненской и Минской областей.

Ключевые слова: биоразнообразие, новые находки, лихенофильный гриб, лишайники, *Xanthoria parietina*.

Род *Arthonia* Ach. s.l. относится к семейству Arthoniaceae Rchb. порядка Arthoniales D. Hawksw. & O. E. Erikss. класса Arthoniomycetes O. E. Erikss. & Winka отдела Ascomycota Caval.-Sm. [1] и отличается высокой гетерогенностью и полифилетизмом [2]. Данный род включает более 500 видов, принадлежащих к различным экологическим формам: лишайникам, свободно живущим нелихенизированным и паразитическим лихенофильным грибам. К последним в настоящее время относят 164 вида [3].

К настоящему времени в Республике Беларусь известно 3 вида лихенофильных грибов рода *Arthonia* – *Arthonia coronate* Etayo, *A. molendoi* (Frauenf.) R. Sant. и *A. phaeophysciae* Grube & Matzer [4–6]. Вид *Arthonia coronate* был приведен впервые для страны в 2016 году и произрастал на лишайнике *Cladonia coniocraea* (Flörke) Spreng. [4]. В 2017 году был выявлен вид *Arthonia phaeophysciae* на слоевище *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg [5]. В 2026 году был приведен третий для страны вид рода *Arthonia* – *A. molendoi*, лишайником-хозяином которого является вид *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. [6]. Следует отметить, что все указанные виды ранее приводились только для территории Гомельской области.

На основе пересмотра гербарных материалов рода *Xanthoria* (Fr.) Th. Fr., хранящихся в гербарии Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины (GSU), были выявлены новые образцы *Arthonia molendoi*, собранные на территории Республики Беларусь. В настоящей работе мы впервые указываем *Arthonia molendoi* для Витебской, Гродненской и Минской областей. Ниже приводим список исследованных образцов.

Исследованные образцы. ВИТЕБСКАЯ ОБЛАСТЬ, Браславский район, г. Браслав, ул. Дачная, 55°38'N, 27°01'E, на *Xanthoria parietina*, произрастающей на камне, А. Г. Цуриков, 20.08.2021 (GSU-2416); **ГОМЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ**, Гомельский район, г. Гомель, окр. завода «Кристалл», 52°22'N, 31°02'E, в зоне широколиственных деревьев на *Xanthoria parietina*, произрастающей на *Betula pendula* Roth, А. И. Коваленко, 12.09.2018 (GSU-2411); Лельчицкий район, д. Острожанка, 51°59'N, 28°33'E, на *Xanthoria parietina*, произрастающей на *Populus tremula* L., О. А. Селеня, 08.11.2014 (GSU-2402); Петриковский район, НП «Припятский», Снядинское л-во, кв. 29, 52°03'N, 28°17'E, на *Xanthoria parietina*, произрастающей

на *Populus tremula*, О. П. Шахрай, 26.02.1975 (GSU-2410); **ГРОДНЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ**, Островецкий район, 1 км ЮЗ д. Ворона, 54°44'N, 25°56'E, в сосняке черничном на *Xanthoria parietina*, произрастающей на *Sorbus aucuparia* L., А. Г. Цуриков, 10.09.2021 (GSU-2413); **МИНСКАЯ ОБЛАСТЬ**, Столбцовский район, д. Засулье, 53°34'N, 26°49'E, на *Xanthoria parietina*, произрастающей на бетонном столбе, Ю. Гишняк, 02.07.2018 (GSU-2412).

Таким образом, дальнейшее изучение лихенофильных грибов позволит расширить данные о видовом разнообразии и распространении отдельных видов лихенофильной микобиоты на территории Беларуси.

Список использованных источников

1. The 2024 Outline of Fungi and fungus-like taxa / K. D. Hyde, M. T. Noorabadi, V. Thiyagaraja [et al.] // Mycosphere. – 2024. – Vol. 15, № 1. – P. 5146–6239.
2. Lichenicolous species of the genus *Arthonia* (Ascomycetous fungi) from India / J. Yogesh, P. Bansal, S. Bisht [et al.] // Lindbergia. – 2024. – P. 25275.
3. Diederich, P. The 2025 classification and checklist of lichenicolous fungi: documenting a rapidly growing knowledge of diversity / P. Diederich, J. D. Lawrey, D. Ertz // Bryologist. – 2025. – Vol. 128, № 4. – P. 765–870.
4. Tsurykau, A. New or otherwise interesting records of lichens and lichenicolous fungi from Belarus. II / A. Tsurykau, A. Suija, B. Heuchert, M. Kukwa // Herzogia. – 2016. – Vol. 29, № 1. – P. 164–175.
5. 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.
6. New cryptogamic records. 17 / V. M. Kotkova, O. M. Afonina, S. M. Alverdiyeva [et al.] // Novosti sistematiki nizshikh rastenii – 2026. – Vol. 60, № 1. – P. R1–R23.

I. M. Bolsun¹, A. G. Tsurykau^{1, 2, 3}

¹Francisk Skorina Gomel State University

²Gomel State Medical University

³Samara National Research University

NEW DATA ON THE DISTRIBUTION OF THE LICHENICOLOUS FUNGUS *ARTHONIA MOLENDI* IN BELARUS

Six specimens of the lichenicolous fungus *Arthonia molendoi* growing on lichen thalli of *Xanthoria* were identified during a study of material stored in lichen herbarium of Francisk Skorina Gomel State University. Based on an analysis of the distribution of this species we are reporting *Arthonia molendoi* as new to the Vitebsk, Grodno, and Minsk regions.

Keywords: biodiversity, new records, lichenicolous fungus, lichens, *Xanthoria parietina*.

УДК 630:239

Н. А. Гераймович, В. А. Савченкова

Мытищинский филиал Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)»

ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ БИОСТИМУЛЯТОРОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СЕЯНЦЕВ ХВОЙНЫХ ПОРОД

Предпосевная обработка семян является наиболее распространенным и технологичным способом применения стимуляторов роста. Многочисленные исследования подтверждают, что замачивание семян в растворах биологически активных веществ позволяет повысить энергию прорастания и лабораторную всхожесть.

Ключевые слова: сосна, ель, лиственница, препараты, замачивание.

Цель исследования – оценить стимулирующее действие на всхожесть и рост всходов хвойных пород, используя препараты «Циркон» [3; 5; 7; 9; 10; 12; 13], «Феровит» [8], «Вэрваль» [9; 10], «Рибав-экстра» [11], «Эпин-экстра» [12] и «НВ-101» при предпосевной обработке семян сосны обыкновенной, ели сибирской, ели европейской и лиственницы сибирской [13], заготовленных в различных лесосеменных районах.

Объекты и методы исследования. Полевой эксперимент начат 27 мая 2025 г. на территории дендрария Мытищинского филиала МГТУ им. Н. Э. Баумана. Учёт высот проводили еженедельно в течение сезона.

Контрольный вариант – замачивание семян в растворе перманганата калия. Опытные варианты предпосевной обработки: для сосны обыкновенной – «Циркон» 0,02 % (3 часа) и «Феровит» 0,15 % (3 часа); для ели европейской и ели сибирской – «Вэрва-ель» 0,25 мл/л (3 часа) и «Феровит» 0,1 мл/л (3 часа); для лиственницы сибирской – «Рибав-экстра» 0,001 % (3 часа), «Эпин-экстра» 0,002 % (3 часа), «НВ-101» 0,05 % (5 часов).

Результаты и обсуждение. В ходе исследования было выявлено, что для сосны обыкновенной препарат «Феровит» в концентрации 0,15 % при экспозиции 3 часа обеспечивал выраженный стимулирующий эффект появления всходов, в нескольких опытах увеличивая их численность до +76,9 % по сравнению с контролем. К концу вегетации средняя высота сеянцев в опыте с применением «Феровита» составляла 5,1–5,7 см, что указывает на формирование относительно выровненного посадочного материала при достаточной сохранности растений.

Более сбалансированный характер действия был выявлен у препарата «Циркон» в концентрации 0,02 % при экспозиции 3 часа. Он обеспечивал не только раннюю стимуляцию прорастания, но и значительное повышение сезонной сохранности для происхождений 16, 18 и 19 лесосеменных районов. К концу вегетации средняя высота сеянцев в опыте с применением «Циркона» составляла 5,2–5,7 см, что указывает на формирование относительно выровненного посадочного материала при достаточной сохранности растений.

Для ели сибирской и ели европейской опытные варианты с применением «Феровита» и «Вэрва-ель» характеризовались высокими стартовыми значениями всходов, что подтверждает стимулирующее влияние препаратов на ранние стадии прорастания. Однако к финальному учёту была зафиксирована полная гибель растений во всех вариантах, включая контроль, что указывает на доминирование неблагоприятных условий среды над действием биостимуляторов. Наиболее вероятными причинами такой динамики могли быть переувлажнение или колебания водного режима, патогенная нагрузка и микрорельефная неоднородность участка.

Для лиственницы сибирской препараты «Рибав-экстра» и «Эпин-экстра» существенно увеличивали стартовую численность всходов, однако не предотвращали их последующую гибель к концу сезона. Наиболее перспективным вариантом оказался «Эпин-экстра» в концентрации 0,002 % при экспозиции 3 часа, при начальном количестве 28 всходов по сравнению с 0 в контроле, к концу наблюдений все опытные всходы погибли, что говорит о том, что препарат стимулировал только ранние этапы прорастания, но не обеспечил сохранность растений в неблагоприятных условиях среды.

Заключение. Наибольшую результативность в исследуемых условиях продемонстрировал «Циркон», обеспечивший сочетание ранней стимуляции всходов с повышением сезонной сохранности и формированием более выровненного посадочного материала. «Феровит» проявил преимущественно стартовый стимулирующий эффект, который в большинстве случаев не сопровождался сопоставимым ростом конечной выживаемости, тогда как для ели и лиственницы решающим фактором оставались неблагоприятные условия среды, нивелировавшие действие большинства обработок. Таким образом, полученные данные подтверждают, что биостимуляторы следует рассматривать как элемент комплексной технологии выращивания сеянцев, а их применение должно носить целенаправленный характер с учётом породы, происхождения семян и почвенно-климатического состояния участка.

Список использованных источников

1. Галдина Т. Е. Оценка влияния биостимуляторов на состояние и качество сеянцев ели европейской (*Picea abies*) / Т. Е. Галдина, К. В. Шевченко // Сборник статей Студенческого научного форума IV международной студенческой электронной научной конференции. – Воронеж : ВГЛТА, 2012. – С. 1–9.

2. Кавоси, М. Р. Результаты изучения влияния современных биологических препаратов на прорастание семян и развитие всходов сосны и ели // Лесной вестник. – 2006. – № 2. – С. 161–166.
3. Острошенко, В. В. Влияние предпосевной обработки семян стимуляторами роста на их посевные качества / В. В. Острошенко, Л. Ю. Острошенко // Вестн. Краснояр. гос. аграр. ун-та. – 2011. – № 5. – С. 12–15.
4. Пентелькина, Н. В. Выращивание сеянцев хвойных пород в условиях Севера и Дальнего Востока с использованием стимуляторов роста / Н. В. Пентелькина, Л. Ю. Острошенко // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2005. – № 12. – С. 125–129.
5. Влияние биостимуляторов и микроудобрений на рост сеянцев хвойных пород / Н. Е. Проказин, Е. Н. Лобанова, Н. В. Пентелькина [и др.] // Лесохозяйственная информация. – 2013. – № 2. – С. 9–15.
6. Скозарева, И. А. Эффективность применения стимуляторов роста при выращивании сеянцев сосны обыкновенной / И. А. Скозарева, А. И. Чернодубов // Лесотехнический журнал. – 2019. – № 3. – С. 87–95.
7. Тюкавина, О. Н. Биологически активные препараты для стимуляции роста сеянцев хвойных / О. Н. Тюкавина, Н. А. Демина // Вестн. Бурят. гос. сельскохозяйств. акад. им. В. Р. Филиппова. – 2023. – № 1 (70). – С. 122–133.
8. Агеев, А. А. Комплексное применение биостимуляторов при выращивании сеянцев ели (*Picea obovata* L.) / А. А. Агеев, Ю. В. Салцевич, Л. В. Бурак // Известия вузов. Лесной журнал. – 2023. – № 2. – С. 73–87.
9. Использование биопрепаратов при выращивании сосны обыкновенной в Свердловской области / Е. М. Андреева, С. К. Стеценко, Г. Г. Терехов [и др.] // Хвойные бореальной зоны. – 2024. – Т. XLII, № 5. – С. 23–28.
10. Семенчина, А. А. влияние двух биопрепаратов на семена и сеянцы *Pinus sylvestris* L. и *Picea abies* (L.) Н. Karst / А. А. Семенчина, Е. А. Голышева, Г. Г. Романов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – № 11 (30).
11. Острошенко, В. Ю. Влияние стимуляторов на всхожесть семян и рост сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / В. Ю. Острошенко, Л. Ю. Острошенко // Известия вузов. Лесной журнал. – 2023. – № 4. – С. 93–104.
12. Гапонько, Е. А. Оценка влияния стимуляторов на энергию прорастания и всхожесть семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) / Е. А. Гапонько, Л. В. Каницкая // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 8. – С. 46–51.
13. Ковылина, О. П. Изучение влияния регуляторов роста на прорастание семян лиственницы сибирской / О. П. Ковылина, Н. В. Ковылин, Е. С. Кеня, П. Ш. Познахирко // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2014. – № 38. – С. 93–97.

N. A. Geraimovich, V. A. Savchenkova
Mytischki Branch of Bauman Moscow State Technical University

EFFECT OF BIOSTIMULATORS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF CONIFER SEEDLINGS

Pre-sowing seed treatment is the most common and technologically advanced method of using growth stimulants. Numerous studies have shown that soaking seeds in solutions of biologically active substances can increase germination energy and laboratory germination.

Keywords: pine, spruce, larch, preparations, soaking.

УДК 582.29(476)

В. В. Голубков

ПРИРОДООХРАННАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РЕДКИХ И ИСЧЕЗАЮЩИХ ВИДОВ ЛИШАЙНИКОВ, НЕ ВКЛЮЧЁННЫХ В КРАСНЫЕ КНИГИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Приводятся таксоны редких и исчезающих в Европе и в мире лишайников, рекомендованных для включения в последующие (4-е и 5-е) издания Красной книги Республики Беларусь. К сожалению, они не вошли в состав списков этих изданий, а также не стали объектами профилактической охраны. Отмечается, что как индикаторы древних и старовозрастных лесов эти лишайники не утратили свою природоохранную значимость, особенно при выделении и обосновании особо охраняемых природных территорий.

Ключевые слова: Красная книга Республики Беларусь, созологический анализ, природоохранная значимость.

Наличие богатого лишайникового покрова, а также редких и исчезающих видов лишайников на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) значительно повышают их природоохранную значимость. Ранее, неоднократно было отмечено, что сохранить криптогамы можно лишь сохраняя природные комплексы в целом [1]. В результате соэкологического анализа лишайников ООПТ, собранных в период 1982–1987 гг. был составлен список видов, нуждающихся в охране, из которых 17 были рекомендованы [1] и, в дальнейшем, включены во 2-е издание Красной книги Республики Беларусь (КК РБ) [2]. В 3-м издании КК РБ список был расширен до 24 видов. 30 редких и исчезающих видов лишайников были приведены как нуждающихся в профилактической охране, а 12 как, вероятно, исчезнувшие за последних 100–150 лет [3]. В последние 2 десятилетия (2005–2025 гг.) в результате соэкологического анализа на территории Беларуси дополнительно было установлено свыше 20 таксонов лишайников (*Bryoria capillaris*, *B. furcellata*, *B. fuscescens*, *B. kuemmerleana* [4], *Hypotrachyna afrorevoluta*, *Parmotrema perlatum*, *Punctelia jeckeri* [5; 6], *Usnea barbata*, *U. cavernosa*, *U. intermedia* [7], *Heterodermia speciosa* [8], *Dermatocarpon miniatum* [9], *Leptogium rivulare* [10] и др., рекомендованных для включения в последующие (4-е и 5-е) издания КК РБ. Все они, как оказалось, являются еще и объектами красных книг и красных списков многих стран Европы, а *Leptogium rivulare* был единственным в республике видом с международным (глобальным) статусом охраны [10], который при составлении списка кандидатов последующих (4-го и 5-го) изданий КК РБ оказался вне зоны внимания [11]. К сожалению, представители выше перечисленных лишайников, впоследствии, так и не стали объектами последующих 4-го и 5-го изданий КК РБ [12; 13], хотя до настоящего времени, являясь индикаторами древних и старовозрастных лесов, все еще не утратили свою природоохранную значимость, особенно при их выделении и обосновании ООПТ.

Список использованных источников

1. Голубков, В. В. Лишайники охраняемых природных территорий Белоруссии (Эколого-флористическая характеристика) : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05, 03.00.24 / В. В. Голубков. – СПб., 1992. – 18 с.
2. Голубкоў, У. У. Лішайнікі у кн. «Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь: Рэдкія і тыя, што знаходзяцца пад пагрозай знікнення віды жывёл і раслін» / У. У. Голубкоў. – Мінск : Беларус. Энцыкл., 1993. – С. 531–551.
3. Голубков, В. В. Лишайники / В. В. Голубков, Н. Н. Кобзарь // Красная книга Республики Беларусь. Растения: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / Беларуская Энцыклапедыя імяні Пётруся Бровкі; отв. ред. Г. П. Пашков [и др.]. – Минск, 2005. – С. 354–383.
4. Цуриков, А. Г. Лишайники рода *Bryoria* национального парка «Припятский» / А. Г. Цуриков, В. В. Голубков., П. Н. Белый, И. М. Болсун // Матэрыялы VI Міжнар. навук. канф. (9–13 кастр., 2023, Мінск – Ляскавічы, Беларусь) / Нац. акад. навук Беларусі [і інш.]; рэдкал.: А. В. Пугачэўскі (адк. рэд.) [і інш.]. – Мінск : ІВЦ Мінфіна, 2023. – С. 331–333.
5. Tsurukau, A. The genera *Hypotrachyna*, *Parmotrema* and *Punctelia* (Parmeliaceae, lichenized Ascomycota) in Belarus / A. Tsurukau, V. Golubkov, P. Bely // Herzogia. – 2015. – Vol. 28. – P. 736–745.
6. Голубков, В. В. Ревизия и анализ лишайников рода *Punctelia* (Parmeliaceae, Lichenized Ascomycota) в Беларуси / В. В. Голубков, П. Н. Белый, А. Г. Цуриков // Ботаника (исследования). – Минск : Коллоград, 2017. – Вып. 46. – С. 313–321.
7. Голубков, В. В. О природоохранном статусе лишайников рода *Usnea*, включенных в 4-е издание Красной книги Республики Беларусь / В. В. Голубков, А. Г. Цуриков, П. Н. Белый, И. М. Болсун // Флора и растительность в меняющемся мире: проблемы изучения, сохранения и рационального использования : материалы II Междунар. науч. конф. (Минск, 24–27 сент. 2024 г.) / Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купчевича НАН Беларуси. – Минск : ИВЦ Минфина, 2024. – С. 56–61.
8. Белый, П. Н. Новые данные о распространении *Heterodermia speciosa* (Physciaceae, Lichenes) в Беларуси / П. Н. Белый, В. В. Голубков // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук. – 2009. – № 3. – С. 19–22
9. Голубков, В. В. Мониторинг редкого вида *Dermatocarpon miniatum* (L.) W. Mann. (Verrucariaceae) Zenker на территории Беларуси / В. В. Голубков, П. Н. Белый, М. Н. Вашкевич // Флора и растительность в меняющемся мире: проблемы изучения, сохранения и рационального использования : материалы II Междунар. науч. конф. (Минск, 24–27 сент. 2024 г.) / Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купчевича НАН Беларуси. – Минск : ИВЦ Минфина, 2024. – С. 62–64.
10. Randle, T. *Leptogium rivulare* / T. Randle // The IUCN Red List of Threatened Species. – 2015. – <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T71598929A71599036.en>.

11. Голубков, В. В. Созологический анализ видов, включённых в Красную книгу Республики Беларусь. *Leptogium rivulare* (Ach.) Mont. (краткое сообщение) / В. В. Голубков // Актуальные проблемы экологии : сб. науч. ст. / 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, Е. И. Гляковская. – Гродно : ГрГУ, 2025. – С. 55–56.

12. Пугачевский, А. В. Лишайники / А. В. Пугачевский, А. П. Яцына // Красная книга Республики Беларусь. Растения: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / Беларусь. Энцикл. імя Пётруся Броўкі ; редкол.: В. В. Андриевич (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – С. 325–354.

13. Яцына, А. П. Лишайники / А. П. Яцына // Красная книга Республики Беларусь. Растения: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / Беларусь. Энцикл. імя Пётруся Броўкі ; редкол.: А. Н. Карлюкевич (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2025. – С. 354–425.

V. V. Golubkov

CONSERVATION IMPORTANCE OF RARE AND ENDANGERED LICHEN SPECIES OMITTED FROM THE RED DATA BOOK OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Rare and endangered lichens of European and global conservation concern that were recommended for inclusion in the subsequent (4th and 5th) editions of the Red Data Book of the Republic of Belarus are presented. Unfortunately, they were not included in these editions and left without targeted preventive conservation measures. It is noted that as indicators of ancient and old-growth forests, they retain high conservation value, particularly for the designation and justification of specially protected natural areas.

Keywords: Red Book of the Republic of Belarus, sozological analysis, environmental significance.

УДК 581.557

И. С. Жебрак, В. С. Талерчик, С. Л. Чирук, О. В. Созинов
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

РАЗНОГОДИЧНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МИКОТРОФНОСТИ *VACCINIUM ULIGINOSUM* БОЛОТНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

Микотрофность *Vaccinium uliginosum* в болотных сосняках западной части ландшафтного заказника «Озёры» в июле 2019 года была значительно ниже ($F = 70,7\%$; $C = 34,6\%$), чем в мае 2024 года ($F = 94,4\%$; $C = 54,7\%$), что, по-видимому, связано с фенологией растений, эдафическими и погодными факторами.

Ключевые слова: *Vaccinium uliginosum*, голубика обыкновенная, эрикоидные микоризные грибы, частота встречаемости микоризных грибов, микоризация, микотрофность.

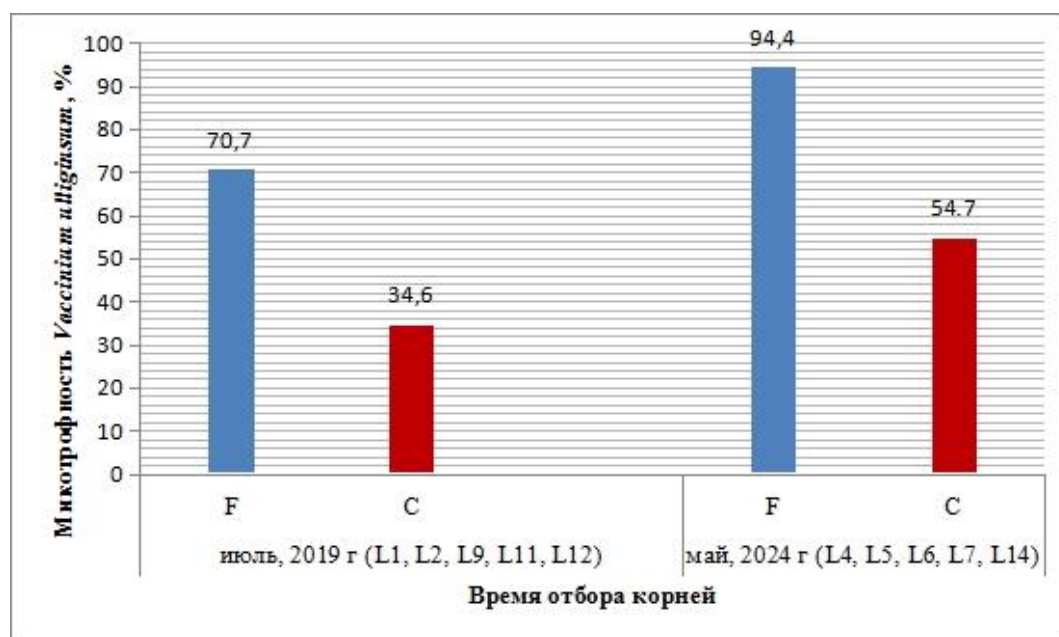
Эрикоидная микориза обеспечивает реализацию ростовой и репродуктивной функций вересковых кустарников и кустарничков в олиготрофных экосистемах, а также выполняет протекторную роль, ингибируя развитие фитопатогенов в ризосфере [1].

Цель работы – провести анализ изменчивости микотрофности голубики обыкновенной (*Vaccinium uliginosum* L.) болотных фитоценозов на временном градиенте в условиях ландшафтного заказника «Озёры».

Исследование микотрофности *Vaccinium uliginosum* проводили в болотных сосняках Республиканского ландшафтного заказника «Озёры» – болото Чёртово с одноименным озером (Гродненский и Щучинский районы Гродненской области, Беларусь). Образцы корней *Vaccinium uliginosum* ($n = 5$ в каждом фитоценозе) отбирали в июле 2019 года и мае 2024 года в болотных сосняках. В 2019 году в фитоценозах в окрестных дистрофного озера Чёртово (в радиусе 0,5 км) в сосняках багульниковых (С баг) и в 2024 г. в болотных сосняках, удалённых от Чёртова озера на 1–1,5 км и, соответственно, менее обводнённые: L4 – сосняк багульниково-клюквенно-сфагновый (С ос-сф); L5 – сосняк березово-чернично-сфагново-мшистый (С мш); L6 – сосняк елово-чернично-сфагново-мшистый (С дм); L7 – сосняк березово-голубично-чернично-мшистый (С баг); L14 – сосняк березово-багульниково-чернично-сфагново-мшистый (С баг) [2]. После изъятия корней голубики, их фиксировали в 50 % спирте, проводили мацерацию, окрашивали анилиновым синим и готовили 125 препаратов

из корней 125 растений. Методом И. А. Селиванова определяли микотрофность (частоту встречаемости эрикоидных грибов (F, %); интенсивность микоризации (C, %)) *Vaccinium uliginosum* [3].

В результате анализа полученных данных, нами показало, что микотрофность растений собранных в разные периоды времени сильно разнятся. В корнях голубики обыкновенной собранной в мае 2024 года степень микоризации значительно выше (средний показатель частоты встречаемости эрикоидных микоризных грибов в пяти фитоценозах составлял 94,4 %; интенсивность микоризации – 54,7 %) по сравнению с корнями, собранными в июле 2019 года (средний показатель частоты встречаемости эрикоидных микоризных грибов составлял 70,7 %; интенсивность микоризации – 34,6 %) (рисунок). На наш взгляд, более высокая микотрофность *Vaccinium uliginosum* в мае 2024 года связана с фенологией голубики – в это период голубика цвела, а в июле 2019 года *Vaccinium uliginosum* плодоносила, с чем, возможно, связано снижение микотрофности растений. Различие между сравниваемыми ценопопуляциями голубики было и по погодным условиям сезонов исследования: в мае 2024 года, когда наблюдалась более высокая микотрофность, сложился иной температурно-влажностный режим: отмечались более высокие дневные температуры (+22 °C против +18 °C) при более низких ночных (+10 °C против +13 °C) и значительно меньшем количестве дождливых дней (5 против 15). Вероятно, сочетание умеренной влажности и значительного суточного перепада температур в мае 2024 года создавало более благоприятные условия для развития эрикоидных микоризных грибов, тогда как избыточное увлажнение и меньший суточный температурный градиент в июле 2019 года могли сдерживать формирование микоризы.



Фитоценозы в окрестностях озера Чёртово: L1 – сосняк берёзово-пушицево-клюквенно-сфагновый; L2 – сосняк берёзово-багульниково-клюквенно-сфагновый; L9 – сосняк берёзово-багульниково-клюквенно-сфагновый; L11 – сосняк берёзово-багульниково-пушицево-сфагновый; L12 – сосняк берёзово-чернично-сфагновый.

Пробные площади, удаленные на 1–15 км от озера Чёртово: L4 – сосняк багульниково-клюквенно-сфагновый; L5 – сосняк берёзово-чернично-сфагново-мшистый; L6 – сосняк елово-чернично-сфагново-мшистый; L7 – сосняк берёзово-голубично-чернично-мшистый; L14 – сосняк берёзово-багульниково-чернично-сфагново-мшистый.

Рисунок – Частота встречаемости эрикоидных микоризных грибов (F) и интенсивности микоризации (C) в корнях *Vaccinium uliginosum* болотных сосняков

Биотопическая дифференциация изученных ценопопуляций, на наш взгляд, так же сыграла свою роль в степени микоризации голубики: в менее обводнённых фитоценозах встречаемость и степень микоризации корневых систем голубики была выше (рисунок).

Таким образом, микотрофность *Vaccinium uliginosum* представляет собой динамичный показатель, зависящий от комплекса взаимодействующих сезонных (фенологических) и средовых (погодных и биотопических) условий, что необходимо учитывать при оценке функционального состояния ценопопуляций данного вида на эколого-ценотических градиентах болотных экосистем³.

Список использованных источников

1. Tedersoo, L. How mycorrhizal associations drive plant population and community biology / L. Tedersoo, M. Bahram, M. Zobel. – Science. 2020 Feb 21;367(6480):eaba1223. doi: 10.1126/science.aba1223. PMID: 32079744.
2. Созинов, О. В. Оптимизация оценки урожайности сырья *Ledum palustre* (Ericaceae) на ключевом участке / О. В. Созинов // Растительные ресурсы – 2015. – Т. 55, вып. 2. – С. 213–220.
3. Бетехина, А. А. Микротехнические исследования на базе современного оборудования. Руководство к практ. занятиям / А. А. Бетехина, И. А. Уткина. – Екатеринбург : Урал. гос. ун-т им. А. М. Горького, 2008. – 110 с.

I. S. Zhebrak, V. S. Talerchik, S. L. Chiruk, O. V. Sozinov

Yanka Kupala State University of Grodno

ANALYSIS OF VACCINIUM ULIGINOSUM MYCOTROPHICITY IN BORDERS' PHYTOCENOSES AT DIFFERENT TIME PERIODS

The micorophony of *Vaccinium uliginosum* in five phytocenoses near Chertovo Lake in July 2019 was significantly lower ($F = 70,7 \%$; $C = 34,6 \%$) than in five marsh phytocenoses distant from Devil's Lake in May 2024 ($F = 94,4 \%$; $C = 54,7 \%$), which appears to be due to plant vegetation stage, edaphic and climatic factors.

Keywords: *Vaccinium uliginosum*, common blueberry, ericoid mycorrhizal fungi, frequency of mycorrhizal fungi occurrence, mycorrhization, mycotrophy.

УДК 574.583

М. П. Зданович, Н. С. Прибыловская

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ФИТОПЛАНКТОНА РЕКИ ЛОСОСНА (ГРОДНЕНСКИЙ РАЙОН)

Представлены результаты таксономического анализа фитопланктона малой реки Лососна. Выявлено 37 видов водорослей, относящихся к 5 отделам, 8 классам, 19 порядкам, 29 семействам и 30 родам. Наиболее богатыми таксонами являются класс Pennatophyceae и семейство Closteriaceae. Таксономический спектр соответствует хлорофитово-диатомовому комплексу, типичному для рек умеренной зоны.

Ключевые слова: фитопланктон, таксономический анализ, река Лососна, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, видовое разнообразие.

Изучение таксономического состава фитопланктона является фундаментальной основой для понимания структуры и функционирования водных экосистем. Фитопланктон, как первичное звено трофической сети, чутко реагирует на изменения абиотических и биотических факторов, поэтому его таксономический состав служит важным индикатором состояния водных объектов [1–3]. Река Лососна – малый водоток, являющийся левым притоком Немана и протекающий по территории Гродненского района. Несмотря на свою небольшую длину (46 км), она испытывает разнообразное антропогенное влияние, включая рекреационную нагрузку и поступление биогенных элементов с сельхозугодий [4]. Целью данной работы являлся детальный таксономический анализ фитопланктона реки Лососна для выявления его систематической структуры и индикаторной значимости.

³Исследование микотрофности *Vaccinium uliginosum* проведено в 2024 году в рамках проекта БРФФИ (Б26-046).

Отбор проб фитопланктона проводили на двух станциях реки Лососна: станция № 1 (д. Немейши, выше водохранилища Юбилейное) и станция № 2 (г. Гродно, ул. Димитровка, ниже водохранилища) в период с мая по сентябрь 2025 года. Пробы объёмом 1 л отбирали с поверхности воды, фиксировали раствором Уотермеля и концентрировали осадочным методом [5]. Камеральную обработку осуществляли с использованием светового микроскопа при увеличениях $\times 200$, $\times 400$ и $\times 1000$. Таксономическую принадлежность водорослей определяли по определителям [1, 6] и в соответствии с «Таксономическим каталогом» Т. М. Михеевой [7]. Для каждой таксономической группы рассчитывали количество видов и их долю в общем списке.

В ходе проведённых исследований в фитопланктоне реки Лососна было выявлено 37 видов водорослей, относящихся к 5 отделам, 8 классам, 19 порядкам, 29 семействам и 30 родам (таблица). Выявленный таксономический спектр свидетельствует о значительном разнообразии фитопланктонного сообщества малой реки.

Таблица – Таксономическая структура фитопланктона реки Лососна

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид
<i>Cyanophyta</i>	<i>Cyanophyceae</i>	3	4	4	5
<i>Bacillariophyta</i>	<i>Centrophyceae</i>	3	3	3	3
	<i>Pennatophyceae</i>	6	12	13	14
<i>Dinophyta</i>	<i>Dinophyceae</i>	2	2	2	2
<i>Euglenophyta</i>	<i>Euglenophyceae</i>	1	1	1	1
<i>Chlorophyta</i>	<i>Chlorophyceae</i>	2	4	4	5
	<i>Ulvophyceae</i>	1	1	1	1
	<i>Conjugatophyceae</i>	2	2	2	6
Итого:	8	19	29	30	37

Абсолютное доминирование по числу видов принадлежит двум отделам: *Bacillariophyta* (диатомовые) – 17 видов (45,9 % от общего числа видов) и *Chlorophyta* (зелёные) – 12 видов (32,4 %). Такое соотношение характерно для речных экосистем умеренной зоны и согласуется с данными, полученными для малых рек Беларуси [4, 8]. Диатомовые водоросли, обладающие кремниевым панцирем, лучше адаптированы к турбулентному режиму рек, что объясняет их высокое таксономическое разнообразие. Зелёные водоросли представлены большим разнообразием жизненных форм и широко распространены в условиях нестабильного гидрологического режима.

Среди классов наибольшим видовым богатством отличаются *Pennatophyceae* (14 видов) и *Conjugatophyceae* (6 видов). В составе *Pennatophyceae* наиболее разнообразны семейства *Naviculaceae*, *Gomphonemataceae* и *Fragilariaceae*, что типично для обрастаний и бентосных сообществ, которые являются основным источником планктонных форм в реках. Особого внимания заслуживает высокое разнообразие рода *Closterium* (5 видов) – *C. moniliferum*, *C. acerosum*, *C. aciculare*, *C. gracile*, *C. intermedium*. Представители этого рода, относящиеся к классу *Conjugatophyceae*, часто встречаются в зарослях макрофитов и являются индикаторами слабокислых, хорошо аэрируемых вод.

Постоянное присутствие во всех пробах *Euglena gracilis* имеет индикаторное значение. *E. gracilis* – широко распространенный вид, характерный для вод с повышенным содержанием органических веществ [1].

Таксономический анализ фитопланктона реки Лососна позволил установить, что его основу составляет хлорофитово-диатомовый комплекс (29 видов из 37, 78,4 %). Выявлено высокое таксономическое разнообразие класса *Pennatophyceae* и рода *Closterium*, что отражает экологические особенности реки. Наличие индикаторных видов органического загрязнения указывает на присутствие антропогенной нагрузки. Полученные данные расширяют представления о таксономическом составе фитопланктона малых рек Беларуси и могут служить основой для дальнейшего мониторинга.

Список использованных источников

1. Водоросли. Справочник / С. П. Вассер, Н. В. Кондратьева, Н. П. Масюк [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1989. – 608 с.
2. Леонтьев, В. В. Краткий курс лекций по гидробиологии : учеб. пособие / В. В. Леонтьев. – Елабуга : Изд-во Елабуж. ин-та КПФУ, 2015. – С. 90.
3. Барсукова, Н. Н. Фитопланктон и качество воды некоторых притоков реки Оби / Н. Н. Барсукова, О. П. Баженова, Л. Г. Колесниченко. – Петрозаводск, 2023. – С. 14.
4. Прибыловская, Н. С. Фитопланктонные сообщества малых водотоков урбанизированных экосистем (на примере реки Лососна, г. Гродно, Беларусь) / Н. С. Прибыловская, Т. П. Марчик, Е. А. Таранова // Социально-экологические технологии. – 2020. – Т. 10, № 1. – С. 63–75.
5. Лях, А. М. Обзор методов количественного учета фитопланктона / А. М. Лях, А. М. Суворов, Ю. В. Брянцева // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь, 2002. – С. 39–47.
6. Топачевский, А. В. Пресноводные водоросли Украинской ССР / А. В. Топачевский, Н. П. Масюк ; под ред. А. В. Топачевского. – Киев : Вища школа, 1984. – 336 с.
7. Михеева, Т. М. Альгофлора Беларуси : Таксономический каталог / Т. М. Михеева. – Минск : БГУ, 1999. – 396 с.
8. Прибыловская, Н. С. Фитопланктон рек Молчадь и Неман (Гродненская область) / Н. С. Прибыловская, А. А. Лукашевич // Проблемы устойчивого развития регионов Республики Беларусь и сопредельных стран : сб. науч. ст. Второй Междунар. науч.-практ. конф. – Могилев, 2012. – С. 268–271.

M. P. Zdanovich, N. S. Pribylovskaya
Yanka Kupala State University of Grodno

TAXONOMIC STRUCTURE OF PHYTOPLANKTON IN THE LOSOSNA RIVER (GRODNO DISTRICT)

The results of a taxonomic analysis of phytoplankton from the small Lososna River are presented. Thirty-seven algal species belonging to five divisions, eight classes, 19 orders, 29 families, and 30 genera were identified. The most taxonomically diverse are the class Pennatophyceae and the family Closteriaceae. The taxonomic spectrum corresponds to the chlorophyte-diatom complex typical of temperate zone rivers.

Keywords: phytoplankton, taxonomic analysis, Lososna River, Bacillariophyta, Chlorophyta, species diversity, indicator species.

УДК 574.5

А. Ю. Карпаева

*Государственное научно-производственное объединение
«Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам»*

ОЦЕНКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЁР РАЗНОГО ТРОФИЧЕСКОГО СТАТУСА БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ

Исследование показало, что видовое разнообразие и структура фитопланктона напрямую связаны с трофическим статусом водоёмов. Максимальное видовое богатство характерно для эвтрофных и гиперэвтрофных озёр, однако наибольшее структурное разнообразие и выравненность сообществ отмечаются в мезотрофных водоёмах. Гиперэвтрофные экосистемы, несмотря на высокое число видов, характеризуются снижением устойчивости и упрощением структуры фитопланктонных сообществ, вследствие доминирования ограниченного круга таксонов.

Ключевые слова: фитопланктон, численность, таксономическое разнообразие, трофический статус.

Введение. Взаимосвязь между биоразнообразием и экологическим функционированием является центральным вопросом в экологии пресноводных экосистем [1], однако до сих пор недостаточно изученным является вопрос изменений структурных характеристик сообщества фитопланктона в зависимости от трофического статуса.

Целью данной работы было оценить биоразнообразие фитопланктона озёр разного трофического статуса Белорусского Поозерья с использованием экологических индексов.

Материалы и методы. Материалом для работы послужили пробы фитопланктона, отобранные на 11 озерах Белорусского Поозерья с различным трофическим статусом в период с мая по сентябрь 2023–2025 гг. Всего отбирали по две пробы каждый сезон в мае, июле и сентябре. Для оценки количественного развития фитопланктона в работе использовали стандартные методы гидробиологии [2].

Результаты исследования. Исследование показало, что общее число видов варьировало от 39 до 65, при этом максимальные значения отмечены в эвтрофных и гиперэвтрофных водоёмах (озёра Потех – 65 видов, Черствятское – 62, Великое – 60), тогда как минимальные значения были характерны для мезотрофных озёр с чертами олиготрофии (Волос Северный – 39, Кривое – 43) (таблица).

В то же время анализ структурных индексов выявил следующие закономерности: значимых различий по индексу Шеннона между группами озёр не выявлено ($p > 0.09$), однако наблюдалась тенденция к более высоким значениям в мезотрофных водоёмах. В то же время индекс выравненности Пиелу был статистически значимо выше в мезотрофных озёрах по сравнению с эвтрофными и гиперэвтрофными (критерий Манна-Уитни, $p = 0,034$), что указывает на более равномерное распределение видов и меньшее доминирование отдельных таксонов. Аналогичная закономерность наблюдается и случае с индексом Симпсона, который был статистически значимо выше в мезотрофных озёрах по сравнению с эвтрофными и гиперэвтрофными (критерий Манна-Уитни, $p = 0,0019$), что указывает на меньшее доминирование отдельных видов и более устойчивую структуру сообществ. Индекс видового богатства Маргалефа показал наибольшие статистически значимые различия и был значительно выше в мезотрофных озёрах по сравнению с эвтрофными и гиперэвтрофными (критерий Манна-Уитни, $p < 0.001$), что свидетельствует о существенном снижении видового разнообразия при эвтрофикации.

Таблица – Таксономический состав фитопланктона озёр разного трофического статуса

Озеро (трофический статус)	Общее количество видов	Индекс Шеннона	Индекс Пиелу	Индекс Симпсона	Индекс Маргалефа
Черствятское (гиперэвтрофное)	62	1,94±0,29	0,53±0,07	0,37±0,05	7,07±0,61
Ильменок (гиперэвтрофное)	53	2,35±0,18	0,71±0,04	0,45±0,012	9,69±2,34
Великое (гиперэвтрофное)	60	2,26±0,43	0,65±0,12	0,38±0,08	7,65±0,80
Потех (эвтрофное)	65	2,57±0,08	0,75±0,04	0,42±0,02	14,49±5,86
Отолово (эвтрофное)	55	2,12±0,38	0,65±0,09	0,41±0,025	10,17±4,05
Горушка (эвтрофное)	56	2,54±0,27	0,75±0,05	0,45±0,004	15,97±2,58
Обстерно (мезотрофное)	49	2,55±0,11	0,78±0,05	0,45±0,02	33,68±11,6
Вечелье (мезотрофное)	51	2,39±0,16	0,72±0,04	0,46±0,01	11,56±1,47
Кривое (мезотрофное)	43	2,31±0,04	0,74±0,03	0,45±0,034	18,35±3,37
Волос Северный (мезотрофное с чертами олиготрофии)	39	2,13±0,23	0,68±0,05	0,45±0,029	17,97±3,71
Волос Южный (мезотрофное с чертами олиготрофии)	44	2,52±0,07	0,77±0,003	0,46±0,007	23,73±6,45

Выводы. Проведённое исследование показало, что видовое разнообразие и структура фитопланктона напрямую связаны с трофическим статусом водоёмов. Максимальное видовое богатство характерно для эвтрофных и гиперэвтрофных озёр, однако наибольшее структурное разнообразие и выравненность сообществ отмечаются в мезотрофных водоёмах. Гиперэвтрофные экосистемы, несмотря на высокое число видов, характеризуются снижением устойчивости и упрощением структуры фитопланктонных сообществ вследствие доминирования ограниченного круга таксонов.

Список использованных источников

1. Meng, F. Phytoplankton alpha diversity indices response the trophic state variation in hydrologically connected aquatic habitats in the Harbin Section of the Songhua River / F. Meng, Z. Li, L. Li [et al.] // Sci Rep 10, 21337 (2020). – <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78300-7>
2. Mikheyeva, T. M., 1989. Methods of quantitative enumeration of nanophytoplankton (review) / T. M. Mikheyeva // Hydrobiological Journal. – 1989. – № 25. – P. 3–21.

A. U. Karpaeva

State Scientific and Production Association «Scientific and Practical Center
of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources»

ASSESSMENT OF PHYTOPLANKTON BIODIVERSITY IN LAKES OF DIFFERENT TROPHIC STATUS IN THE BELARUSIAN LAKE REGION USING ECOLOGICAL INDICES

The study demonstrated that species diversity and the structure of phytoplankton communities are directly related to the trophic status of water bodies. The highest species richness was observed in eutrophic and hypertrophic lakes; however, the greatest structural diversity and evenness were recorded in mesotrophic systems. Despite supporting a high number of species, hypertrophic ecosystems are characterized by reduced stability and simplified community structure due to the dominance of a limited range of taxa.

Keywords: phytoplankton, abundance, taxonomic diversity, trophic status.

УДК 58.02

А. С. Кельник, А. А. Сакович

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОМИНИРУЮЩИХ ВИДОВ ЭПИФИТНЫХ МОХООБРАЗНЫХ *CARPINUS BETULUS* L. (ЛЕСОПАРК «РУМЛЁВО», ГРОДНО)

На территории исторической и северо-восточной частей лесопарка «Румлёво» проведены бриологические исследования эпифитного бриокомпонента. Выполнен эколого-ценотический анализ наиболее часто встречающихся исследуемых видов мохообразных.

Ключевые слова: мохообразные, эпифиты, лесопарк «Румлево», экспозиция, обилие, встречаемость.

Мохообразные эпифиты представляют собой уникальные природные комплексы, играющие ключевую роль в поддержании экологического баланса урбанизированных территорий. Важным чувствительным компонентом лесных сообществ является эпифитный моховой покров: поселяясь на коре деревьев, мхи выступают ценными биоиндикаторами состояния окружающей среды. Кора граба обыкновенного (*Carpinus betulus* L.) обладает уникальными химическими и физическими свойствами (гладкая текстура поверхности, повышенная кислотность) способствующие формированию специфических условий для поселения эпифитных мохообразных. Вместе с тем следует отметить, что работ, посвящённых эпифитным мохообразным на грабе обыкновенном, по сравнению с других форофитами (дуб, клён, липа), значительно меньше. В Беларуси граб занимает довольно малое распространение (0,19 % всей лесопокрытой площади). Таким образом, изучение бриокомпонента в составе грабняков имеет особую научную и практическую ценность [1].

Цель исследования – выявить эколого-ценотическую структуру эпифитных видов мохообразных в условиях лесопарка «Румлёво» на примере видов с высокой встречаемостью.

В ходе исследования изучены мохообразные исторической и северо-восточной частей лесопарка «Румлёво» (г. Гродно). На территории памятника природы заложено 10 постоянных пробных площадей (ПП) размером 20 × 30 м: пять из них расположены в грабняке снытевом (историческая часть), еще пять – в грабняке кисличном (северо-восточная часть). Методом учётных площадок обследовано 96 экземпляров *C. betulus*. Всего заложено 1194 учётные площадки. Подробное описание методик приведено в работе [1].

Камеральная обработка бриологических образцов проводилась при помощи общепринятого анатомо-морфологического подхода. В работе применяли микроскоп ЛОМО МИК-МЕД-1 с объективом К15×, а также бинокляр МБС – 10/8×. При определении использовали [2; 3]. Сборы инсерированы, гербарный материал оформлен и хранится в Гербарии Гродненского государственного университета имени Янки Купалы (GRSU). Среднее проективное покрытие вида рассчитывали через взвешивание на встречаемость. Провели экологический анализ используя электронную базу данных «Биоэкология и география мохообразных Беларуси» [5].

На примере наиболее часто встречающихся видов *Brachythecium velutinum*, *Hypnum cupressiforme* и *Radula complanata* нами проведена характеристика их эколого-ценотической структуры.

B. velutinum является видом широкой экологии и характеризуется умеренной требовательностью к влаге и богатству субстрата питательными веществами; форма роста – плоский ковер. Вид отмечен на 55 ед. *C. betulus* (57 %). Наиболее часто отмечен в составе северной экспозиции – 30 %, а наименее – в составе южной – 20 %. Достигает высоких показателей обилия в составе I высотной группы. При этом максимальное обилие отмечено с восточной экспозиции (среднее проективное покрытие 8,9 %/дм²), минимальное – с южной (4,98 %/дм²). Общее среднее проективное покрытие в пределах I высотной группы составляет 6,74 %/дм². Значительно меньше представлен во II и III высотных группах – общее среднее проективное покрытие на которых составляет 0,89 %/дм² и 0,0026 %/дм².

H. cupressiforme также является видом широкой экологии, однако в отличие от *B. velutinum* проявляет меньшую требовательность к влаге и является ксеромезофитом. Но также, как и *B. velutinum* является мезотрофом. Для вида характерна форма роста плоский ковер. Встречался на 67 экземплярах *Carpinus betulus* (70 %). Чаще всего отмечен с северной экспозиции (49 %), менее всего с южной (30 %). Этот вид наиболее обилен в составе I высотной группы. Максимальные показатели обилия отмечены с северной экспозиции (15,86 %/дм²), а наименьшие с западной (13,28 %/дм²). Общее среднее проективное покрытие – 14,71 %/дм². Обилие в составе II и III высотных групп значительно падает (общее среднее проективное покрытие составляет 6,11 %/дм² и 1,26 %/дм² соответственно).

Radula complanata – облигатный эпифит. Так же, как и вышеперечисленные виды, он является мезотрофом, однако по требовательности к влаге занимает промежуточное положение, являясь мезоксерофитом. Жизненная форма – плоский ковёр. Вид обнаружен на 69 исследованных деревьях (72 %). Высокая встречаемость отмечена на северной экспозиции (58 %), минимальная – на южной (48 %). Максимальные показатели обилия зарегистрированы во II высотной группе на северной экспозиции (17,38 %/дм²), минимальные – на южной (14,88 %/дм²); общее среднее проективное покрытие здесь составляет 16,14 %/дм². В III высотной группе значения обилия снижаются почти вдвое: вид наиболее обилен на восточной экспозиции (10,11 %/дм²), наименее – на южной (5,40 %/дм²), а общее среднее проективное покрытие равно 8,39 %/дм². Меньше всего вид представлен в I высотной группе, где общее среднее проективное покрытие составляет 6,64 %/дм².

Изученные доминанты эпифитного компонента *C. betulus* лесопарка «Румлёво» являются мезотрофами с жизненной формой «плоский ковёр», что обусловлено морфологическими особенностями гладкой и относительно бедной питательными веществами коры *C. betulus*. При этом *Brachytheciastrum velutinum* и *Hypnum cupressiforme* выступают как факультативные эпифиты с широкой экологической амплитудой, а *Radula complanata* – как облигатный эпифит. Для всех трех видов оптимальной является северная экспозиция (встречаемость от 30 до 58 %), тогда как минимальная частота встречаемости приурочена к южной стороне стволов (21 %), что связано со световым и гидротермическим режимами субстрата. Факультативные эпифиты *B. velutinum* и *H. cupressiforme* доминируют в комлевой части (I высотная группа, среднее проективное покрытие 6,74 % и 14,71 % соответственно) с рез-

ким снижением обилия к кроне. Облигатный эпифит *R. complanata*, напротив, достигает максимума во II высотной группе (16,14 %) и сохраняет высокую представленность в III группе (8,39 %), уступая по обилию в основании ствола (6,64 %).

Список использованных источников

1. Кельник, А. С. Эколого-географический анализ бриокомпонента исторической части лесопарка «Румлёво» (Гродно, Беларусь) / А. С. Кельник ; науч. рук. А. А. Сакович // Наука – 2025 [Электронный ресурс] : сб. науч. ст. – Гродно : ГрГУ, 2025. – С. 23–25.
2. Флора Беларуси. Мохообразные : в 2 т. / под ред. В. И. Парфенова. – Минск : Тэхналогія, 2004. – Т. 1 : *Andreopsida – Bryopsida* / Г. Ф. Рыковский, О. М. Масловский. – 2004. – 437 с.
3. Игнатов, М. С. Флора мхов Средней России : в 2 т. Т. 1. *Sphagnaceae – Hedwigiaceae* / М. С. Игнатов, Е. А. Игнатова. – М. : KMK Scientific Press Ltd, 2003. – 608 с.
4. Сакович, А. А. Биоэкологическая база данных мохообразных Беларуси / А. А. Сакович, Г. Ф. Рыковский // Актуальные проблемы экологии : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. (Гродно, 1–3 окт. 2014 г.). В 2 ч. Ч. 1 / ГрГУ им. Янки Купалы [и др.] ; редкол.: В. Н. Бурдь (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2014. – С. 39–40.

A. S. Kelnik, A. A. Sakovich

Yanka Kupala State University of Grodno

COMPARATIVE ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DOMINANT SPECIES OF EPIPHYTIC *CARPINUS BETULUS* L. (RUMLEVO FOREST PARK, GRODNO)

Bryological studies of the epiphytic bryocomponent were conducted in the historical and northeastern parts of the Rumlyovo forest park. An ecological and coenotic analysis of the most frequently encountered moss species was performed.

Keywords: mosses, epiphytes, «Rumlevo» Forest Park, exposure, abundance, occurrence.

УДК 581.5;626.86

А. Ю. Комар, М. В. Ермохін

Інстытут эксперыментальнай батанікі імя В. Ф. Купрэвіча НАН Беларусі

ВЫКАРЫСТАННЕ ІНДЭКСА ЗМЕНЛІВАСЦІ ПРЫРОСТУ У ВЫЯЎЛЕННІ ПЕРЫЯДУ АСУШЭННЯ ЛЯСОЎ

Разгледжаны асаблівасці выкарыстання метадаў вызначэння рэзкіх змен у радыяльным прыросце (Abrupt Growth Change) на прыкладзе антрапагенна-трансфармаваных лясоў Налібоцкай пушчы. Атрымалася выявіць перыяды асушэння і сувязь радыяльнага прыросту дрэў хвой на балоце са зменамі гідралагічнага рэжыму тэрыторыі.

Ключавыя словы: Налібоцкая пушча, *Pinus sylvestris*, дрэвава-кольцавыя храналогіі, асушэнне, датаванне.

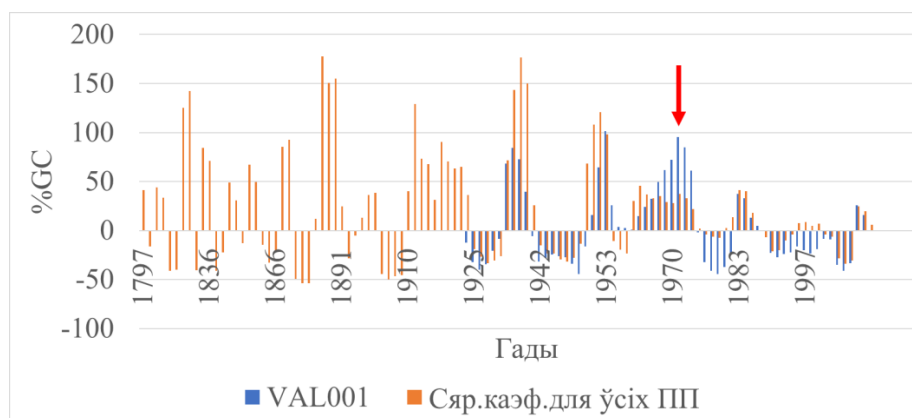
Метад вызначэння рэзкіх змен у радыяльным прыросце (Abrupt Growth Change, % GC), распрацаваны Nowacki і Abrams у 1997 годзе, з’яўляецца эфектыўным інструментам для выяўлення перыядаў трансфармацыі лясных экасістэм пад уплывам розных фактараў [1]. Метад грунтуецца на параўнанні штогадовага прыросту дрэва з сярэднім значэннем за папярэднія 10 гадоў. Значнае і ўстойлівае адхіленне ад гэтага базавага ўзроўню сведчыць аб рэзкім зруху ў дынаміцы росту, што дазваляе выяўляць перыяды ўздзеяння знешніх фактараў, такіх як асушэнне, пажары ці змяненне клімату. У кантэксце вывучэння асушальных меліярацый гэты метада дазваляе дакладна ідэнтыфікаваць час пачатку ўздзеяння асушэння на дрэвы, ацаніць яго інтэнсіўнасць і прасачыць дынаміку аднаўленчых працэсаў. У нашым даследаванні на тэрыторыі заказніка «Налібоцкі» метада % GC быў выкарыстаны для аналізу 31 дрэвава-кольцавай храналогіі хвой звычайнай (*Pinus sylvestris* L.).

Працэдура вызначэння «года асушэння» мае сваю спецыфіку, паколькі ў дэндрахраналагічных даследаваннях гэты тэрмін не заўсёды супадае з календарным годам будаўніцтва гідралесамеліярацыйнай сеткі. Фактычна «годам асушэння» даследчыкі

назваюць той год, які папярэднічае году, калі асушэнне рэальна паўплывала на радыяльны прырост дрэў. Гэта адбываецца таму, што рэакцыя дрэва на змены ўзроўню грунтавых вод не з'яўляецца імгненнай і залежыць ад шэрагу фактараў.

Пры аналізе крывых зменлівасці прыросту становіцца відавочным, што індэксы прыросту ў розных дрэвастоях былі аднолькава дадатнымі або аднолькава адмоўнымі ў тыя ж самыя перыяды. Гэта сведчыць пра існаванне рэгіянальнага фактара, які ўплывае на ўсе фітацэнозы.

Калі ж індэксы прыросту (малюнак) для асобнага дрэвастоя (сіні колер на малюнку) значна адрозніваюцца ад сярэдняга значэння па ўсіх пробных плошчах (аранжавы колер) і выпадаюць на 1960–1980-я гг., то тут можна казаць пра ўплыў менавіта асушальнай меліярацыі. Уплыў высечак і пажараў можа мець падобны эфект, але іх верагоднасць у нізкапрадукцыйных неасушаных лясах крайне нізкая.



Малюнак – Прыклад вызначэння года асушэння на ПП Val001

Адлегласць да асушальных каналаў з'яўляецца адным з ключавых фактараў, які вызначае хуткасць рэакцыі дрэвастоя. Калі дрэвастой расце непасрэдна каля канала, уплыў асушэння на радыяльны прырост праяўляецца практычна адразу, і «год асушэння» супадае з рэальным годам будаўніцтва канала. Аднак калі дрэвастой знаходзіцца на адлегласці 100 і больш метраў ад канала, змены ў гідралагічным рэжыме дасягаюць яго са значным запазненнем. Таму эфект уплыву асушэння на радыяльны прырост становіцца заўважным толькі праз 2–3 гады пасля будаўніцтва канала.

Гэта добра ілюструецца прыкладам дрэвастояў на пробных плошчах VAL017, VAL018, VAL023 і VAL025, якія растуць у межах аднаго верхавога балота. Першыя дзве з іх (VAL017 і VAL018) размешчаны на значнай адлегласці ад магістральнага канала, таму будаўніцтва асушальнай сеткі паўплывала на іх у нязначнай ступені, і змены ў радыяльным прыросце сталі фіксавацца толькі ў 1971 годзе. У той жа час VAL023 і VAL025 знаходзяцца непасрэдна каля магістральнага канала, дзякуючы чаму ўздзеянне асушэння на радыяльны прырост праявілася значна раней – ужо ў 1969 годзе.

Такім чынам, выкарыстанне метаду % GC дазваляе не толькі выявіць рэгіянальныя кліматычныя сігналы ў радыяльным прыросце балотнай хвоі, але і дакладна ідэнтыфікаваць лакальныя ўздзеянні асушальнай меліярацыі. Аналіз адхіленняў індэксаў прыросту канкрэтных пробных плошчаў ад сярэднярэгіянальных значэнняў у 1960–1980-я гады служыць надзейным крытэрыем для вызначэння года асушэння. Пры гэтым было ўстаноўлена, што час праяўлення эфекту меліярацыі на радыяльным прыросце вызначаецца адлегласцю да асушальных каналаў: непасрэдна каля канала рэакцыя фіксуецца ўжо ў год будаўніцтва, а на адлегласці больш за 100 м – з запазненнем у 2–3 гады. Гэта наглядна пацвердзіла параўнанне храналогій на пробных плошчах аднаго верхавога балота, дзе розны

тэрмін рэакцыі на адзінае меліярацыйнае мерапрыемства быў абумоўлены менавіта прасторавым фактарам. Такі падыход дазваляе аб'ектыўна адрозніваць антрапагенныя змены ў дынаміцы фітацэнозаў ад натуральных ваганняў гідратэрмічнага рэжыму і з'яўляецца важным інструментам для рэканструкцыі гісторыі гаспадарчага ўздзеяння на лясныя экасістэмы.

Спіс выкарыстаных крыніц

1. Nowacki, J. G. Radial-growth averaging criteria for reconstructing disturbance histories from presettlement-originoaks / J. G. Nowacki, M. D. Abrams // Ecological Monographs. – 1997. – Vol. 67, No. 2. – P. 225–249.

A. Y. Komar

V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus

**USE OF THE ABRUPT GROWTH CHANGE INDEX
IN IDENTIFYING THE PERIOD OF FOREST DRAINAGE**

The features of applying methods for detecting abrupt growth changes in radial growth were examined using the example of anthropogenically transformed forests of the Naliboki Forest. Periods of drainage were identified, and a relationship was found between the radial growth of pine trees in the peatlands and changes in the hydrological regime of the area.

Keywords: Naliboki Forest, Scots pine (*Pinus sylvestris*), tree-ring chronologies, drainage, dating.

УДК 581.5;58.002

С. А. Комар

Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купрэвіча НАН Беларусі

**АСАБЛІВАСЦІ РАСПАЎСЮДЖАННЯ ЧОРНААЛЬХОВЫХ ЛЯСОЎ
У БЕЛАРУСКІМ ПАЛЕССІ**

Разгледжаны асаблівасці распаўсюджвання чорнаальховых лясоў на поўдні Беларусі. Для мадэльных лясгасаў Брэсцкай і Гомельскай абласцей прааналізаваны ўзроставая і тыпалагічная структура чорнаалешнікаў.

Ключавыя словы: вольха чорная, балотны лес, поўдзень Беларусі, узроставая і тыпалагічная структура дрэвастояў, асушальная меліярацыя.

Чорнаальховыя лясы, ці чорнаалешнікі шырока распаўсюджаны на тэрыторыі Беларусі. Па звестках Дзяржаўнага ляснога кадастра на 01.01.2026 яны займаюць плошчу 792 тыс. га, што складае 9,5 % ад занятых лесам земляў [1]. Карэнныя лясы з вольхі чорнай галоўным чынам прыстасаваны да ўмоў нізінных балот, асноўныя масівы якіх знаходзяцца ў Беларускім Палессі [2]. Гэты рэгіён ахоплівае плошчу каля 61 км², што складае 29,4 % ад тэрыторыі краіны, і мае свае адметныя кліматычныя, геамарфалагічныя, гідралагічныя і тыпалагічныя асаблівасці [3]. Варта адзначыць, што масавая асушальная меліярацыя, якая ў Палессі праводзілася з канца XIX і да другой паловы XX стагоддзя, значна паўплывала на фітацэнатычнае аблічча і тыпалагічную структуру лясоў, асабліва чорнаалешнікаў [4; 5].

Чорнаальховыя лясы ў Беларускім Палессі займаюць 13 % лесаўзятых плошчы рэгіёна, дзе іх распаўсюджванне дасягае максімуму адносна іншых раёнаў шырокага арэала вольхі чорнай і звязана з высокай забалочанасцю тэрыторыі і перавагай эўтрофнага працэсу балотаўтварэння [6]. Дрэвастоі з дамінаваннем *Alnus glutinosa* фарміруюцца на паніжаных элементах рэльефу, адрозніваюцца складанасцю фітацэнатычнай структуры і багаццем фларыстычнага саставу раслінных ярусоў, а таксама маюць важнае водаахоўнае і водарэгулявальнае значэнне [7].

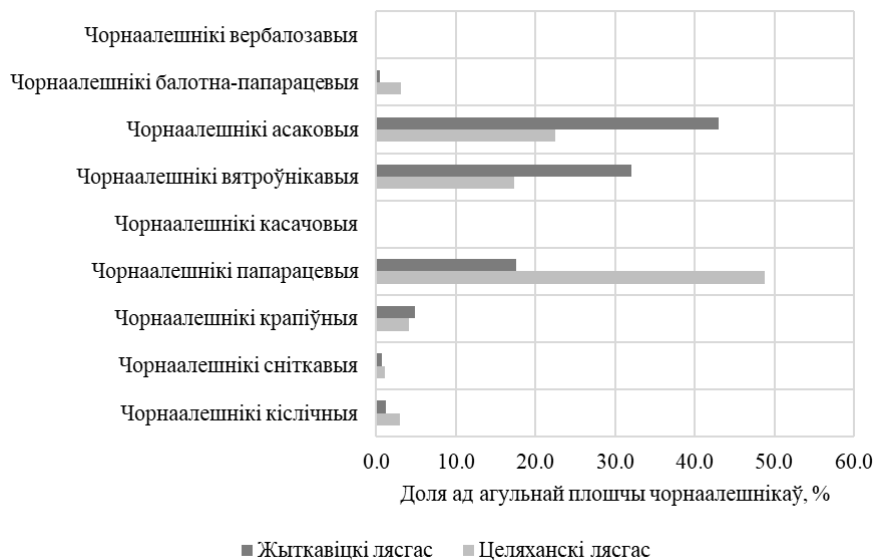
Найбольш цікавымі для даследавання ўз'яўляюцца натуральныя высокаўзроставыя чорнаальховыя лясы, якія з'яўляюцца найбольш адчувальнымі да ўздзеяння кліматычных і антрапагенных фактараў, бо займаюць спецыфічную экалагічную нішу ва ўмовах пастаяннага лішкавага ўвільгатнення тэрыторыі.

Чорнаальховыя лясы на тэрыторыі Беларусі сустракаюцца паўсюдна, але нераўнамерна. Найбольш шырока чорнаалешнікі распаўсюджаны на тэрыторыі Брэсцкай і Гомельскай абласцей, дзе на іх долю прыпадае па 24 % ад плошчы ўсіх чорнаальховых лясоў краіны. У Беларускай Палесі найбольшую плошчу (10 тыс. га і больш) чорнаалешнікі займаюць на тэрыторыі Ганцавіцкага, Івацэвіцкага, Кобрынскага, Лунінецкага, Ляхавіцкага, Маларыцкага, Столінскага і Целяханскага лягасаў Брэсцкай вобласці, Васілевіцкага, Жыткавіцкага, Чачэрскага лягасаў Гомельскай вобласці. Таксама лясы з вольхі чорнай шырока распаўсюджаны на тэрыторыі НП «Прыпяцкі» (больш за 18 тыс. га) і Палескага ДзРЭЗ (каля 15 тыс. га).

Для Жыткавіцкага і Целяханскага лягасаў, якія маюць плошчу занятых лесам земляў 101,5 і 92,7 тыс. га адпаведна і плошчу чорнаалешнікаў 16,0 і 14,1 тыс. га адпаведна, быў праведзены параўнальны аналіз ўзроставай і тыпалагічнай структуры чорнаальховых дрэвастояў.

У Жыткавіцкім лягасе чорнаалешнікі па групам узросту размеркаваны раўнамерна, дзе на маладнякі прыпадае 23,9 %, на сярэднеўзроставыя дрэвастой – 19,3 %, перадспелыя – 20,0 %, спелыя – 22,2 %, перастойныя – 14,7 %. У Целяханскім лягасе чорнаальховыя маладнякі займаюць 13,9 %, сярэднеўзроставыя дрэвастой – 4,9 %, перадспелыя – 13,6 %, спелыя – 44,0 %, перастойныя – 23,6 % ад занятых лесам чорнаалешнікаў. Такое размеркаванне можа быць звязана з цяжкасцю правядзення лесагаспадарчых мерапрыемстваў у маладаступных спелых чорнаальховых дрэвастоях.

Экалага-фітацэнатычны шэраг ольсаў Беларусі прадстаўлены 9 асноўнымі тыпамі лесу [7]. У Жыткавіцкім лягасе пераважаюць чорнаалешнікі асаковыя (43 %), вятроўнікавыя (32,1 %), папарацевыя (17,5 %), у Целяханскім лягасе – чорнаалешнікі папарацевыя (48,8 %), асаковыя (22,5 %), вятроўнікавыя (17,3 %). Чорнаальховыя лясы балотна-папарацевага, крапіўнага, кіслічнага і снітковага тыпаў нязначна распаўсюджаны на тэрыторыі двух лягасаў, а чорнаалешнікі вербалозавыя і касачовыя ўвогуле адсутнічаюць.



Малюнак – Тыпалагічная структура чорнаальховых лясоў мадэльных лягасаў

Праведзены аналіз паказаў, што асноўныя масівы чорнаальховых лясоў Беларусі сканцэнтраваны ў палескім рэгіёне, дзе геамарфалагічныя (перавалодванне нізін, якія збіраюць вялікія масы паверхневых і грунтовых водаў), кліматычныя (параўнальна цёплы і вільготны клімат) і гідралагічныя (добра развітая гідраграфічная сетка) умовы асабліва спрыяльныя для развіцця эўтрофнай стадыі балотаўтваральнага працэсу і, адпаведна, для росту вольхі чорнай.

Спіс выкарыстаных крыніц

1. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2026 / Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь, Лесоустроительное республиканское унитарное предприятие «Белгослес». – Минск, 2026. – 55 с.
2. Юркевич, И. Д. Растительность Белоруссии: ее картографирование, охрана и использование / И. Д. Юркевич, Д. С. Голод, В. С. Адериho. – Минск : Наука и техника, 1979. – 248 с.
3. Астапович, А. В. Леса Белорусского Полесья / А. В. Астапович // Европейское Полесье – хозяйственная значимость и экологические риски : материалы Междунар. семинара, Пинск, 19–21 июня 2007 г. – Минск : Минсктиппроект, 2007. – С. 84–87.
4. Юркевич, И. Д. Особенности типов лесов Полесья и некоторые хозяйственные мероприятия / И. Д. Юркевич, Л. П. Смоляк // Сборник научных трудов. – Минск : Государственное издательство БССР, Редакция научно-технической литературы, 1957. – Вып. X. – С. 69–76.
5. Энцыклапедыя прыроды Беларусі : у 5 т. / рэдкал.: І. П. Шамякін (гал. рэд.) [і інш.]. – Мінск : Беларуская савецкая энцыклапедыя, 1983–1986. – Т. 5 : Стаўраструм – Яшчур / І. П. Шамякін [і інш.]. – 1986. – 583 с.
6. Юркевич, И. Д. Леса Белорусского Полесья / И. Д. Юркевич, Н. Ф. Ловчий, В. С. Гельтман. – Минск : Наука и техника, 1977. – 287 с.
7. Юркевич, И. Д. Типы и ассоциации черноольховых лесов / И. Д. Юркевич, В. С. Гельтман, Н. Ф. Ловчий. – Минск : Наука и техника, 1968. – 367 с.

S. A. Komar

V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus

FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF BLACK ALDER FORESTS IN THE BELARUSIAN POLESIE

The distribution patterns of black alder forests in southern Belarus are examined. The age and typological structure of black alder forests are analyzed for model forestry enterprises in the Brest and Gomel regions.

Keywords: black alder, swamp forest, southern Belarus, age and typological structure of forest stands, drainage reclamation.

УДК 630*22

М. Н. Кочева

*Сыктывкарский лесной институт (филиал) Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова»*

ЗЕЛЁНЫЙ БАЛАНС РЕСПУБЛИКИ КОМИ: ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ КАК НОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ ДЛЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЕЙ

Анализируется проблема устойчивого лесопользования в Республике Коми в контексте деятельности крупнейших лесозаготовительных и перерабатывающих предприятий (ООО «Лузалес», АО «СЛПК»). Рассмотрены экологические последствия сплошных рубок, включая деградацию почв и утрату биоразнообразия. Особое внимание уделено существующим компенсационным механизмам и предложен комплексный переход к интенсивной модели воспроизводства лесов с применением современных цифровых технологий и ужесточением контроля за лесовосстановлением.

Ключевые слова: Республика Коми, лесозаготовка, лесовосстановление, компенсационное лесоразведение, биоразнообразие, ООО «Лузалес», АО «СЛПК», устойчивое управление лесами, углеродный баланс.

Леса Республики Коми занимают почти 39 млн гектаров, что составляет около 3,5 % лесных ресурсов всей России. Это колоссальный экологический щит планеты и одновременно – база для экономики целого региона. По данным Министерства природных ресурсов Коми, ежегодно в республике заготавливается около 8 млн кубометров древесины. За этими цифрами стоят не только кубометры и прибыль, но и гектары вырубок, которые требуют немедленного и качественного восстановления [1].

Сегодня фокус внимания смещается с объемов заготовки на качество восполнения ресурса. В авангарде этого процесса идут два ключевых игрока – АО «Сыктывкарский ЛПК»

(СЛПК), ООО «Лузалес». Их практики формируют современную повестку устойчивого лесопользования в регионе.

Прежде чем говорить о восстановлении, важно понимать, с какими последствиями сталкивается экосистема после ухода тяжелой техники.

Таблица 1 – Ключевые риски для растительного мира при лесозаготовке

№ п/п	Тип воздействия	Экологическое последствие	Проявление в условиях Республики Коми
1.	Уничтожение напочвенного покрова	Гибель кустарничков (черника, брусника), мхов и лишайников, составляющих основу таежной флоры	На супесчаных почвах приводит к эрозии, на глинистых – к заболачиванию
2.	Нарушение гидрологического режима	Подъем уровня грунтовых вод из-за прекращения транспирации деревьями	Массовое вымокание корней оставшегося подроста и образование «мертвых зон»
3.	Химическое загрязнение	Разливы ГСМ и захламление порубочными остатками	Долговременная деградация почвенной микрофлоры, невозможность роста растений в течение 5–10 лет

Группа компаний ООО «Лузалес» (Прилузский район) демонстрирует пример создания вертикально-интегрированного лесопользования. Ключевой элемент их стратегии устойчивости – компенсационное лесовосстановление на промышленной основе.

В 2023–2024 годах компания сделала серьезную ставку на сеянцы с закрытой корневой системой (ЗКС). На базе тепличного комплекса выращивается посадочный материал, который имеет принципиальные преимущества перед традиционными сеянцами с открытым корнем.

Таблица 2 – Сравнение технологий лесовосстановления, применяемых в Коми (опыт ООО «Лузалес»)

№ п/п	Параметр	Сеянцы с открытой корневой системой (ОКС)	Сеянцы с закрытой корневой системой (ЗКС)
1.	Приживаемость	60–75 % (сильная зависимость от погоды)	90–97 % (ком земли защищает корень)
2.	Сезонность посадки	Строго весна / осень (2–3 недели)	Весь вегетационный сезон (с мая по октябрь)
3.	Период до смыкания крон	10–12 лет	6–8 лет
4.	Устойчивость к заглушению травой	Низкая (требует частых агроуходов)	Высокая (стартовый запас питания в субстрате)

Однако переход только на хвойные монокультуры (ель/сосна) создает риски для биоразнообразия. Для повышения устойчивости лесов рекомендуется введение до 20 % примеси лиственных пород (береза, осина) и кустарников, что улучшает структуру гумуса и защищает посадки от вредителей.

Далее АО «Сыктывкарский ЛПК», входящий в Mondi Group (а ныне Segezha Group), исторически был драйвером внедрения скандинавских стандартов лесопользования. Их подход базируется на интенсивной модели «управляемого леса»: получить максимум сырья с гектара, оставляя другие участки под строгую охрану.

В 2024–2025 годах в практике АО «СЛПК» акцент сделан на:

- Выделение ключевых биотопов (КБТ).
- Сохранение семенных куртин. Оставление групп деревьев (20–30 штук на гектар) для естественного обсеменения вырубки.

Для перехода к действительно устойчивому использованию растительного мира Коми необходима консолидация усилий бизнеса и государства по трем направлениям:

1. Единая цифровая платформа арендатора:

- Предлагается создать региональный модуль, куда предприятия (ООО «Лузалес», АО «СЛПК» и др.) в обязательном порядке загружают геопривязанные данные: от актов рубки до фотоотчетов о приживаемости культур на третий год. Это позволит отслеживать историю каждого гектара в динамике.

2. Банк семян коренных пород:

- На базе тепличных комплексов ООО «Лузалес» и лесных питомников предлагается сформировать стратегический запас семян не только сосны и ели, но и «сопутствующих» видов (лиственница сибирская, кедровая сосна), а также лесных трав для восстановления напочвенного покрова на сложных участках (бывшие карьеры, волок).

3. Экономические механизмы:

- Внедрение повышающего коэффициента к арендной плате или квотам на заготовку для тех компаний, которые используют только сеянцы с улучшенными наследственными свойствами (ЗКС) и добровольно сертифицируют свои лесосеки по жестким стандартам, исключающим химическое загрязнение [2].

Растительный мир Республики Коми – это не просто ресурс, это возобновляемый, но крайне уязвимый капитал. Опыт передовых предприятий, таких как ООО «Лузалес» и АО «СЛПК», доказывает, что технологичное лесовосстановление – это выгодно и реально. Устойчивое управление лесами начинается не с саженца, а с ответственности за каждое движение грейфера лесозаготовительной машины.

Список использованных источников

1. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми. Доклад об итогах лесовосстановительных работ за 2024 год и плановый период 2025–2026 годов. – Сыктывкар : Минприроды РК, 2025. – 48 с.

2. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 29.12.2025). – Ст. 61 «Общие положения о воспроизводстве лесов» [Электронный ресурс]. – URL: <https://sudact.ru/law/lesnoi-kodeks-rossiiskoi-federatsii-ot-04122006-n-glava-4/statia-61/> (дата обращения: 10.07.2026).

M. N. Kocheva

Syktывkar Forestry Institute (branch) of the S. M. Kirov Saint Petersburg State Forest Engineering University
(SFI (branch) of the S. M. Kirov Saint Petersburg State Forest Engineering University)

GREEN BALANCE OF THE KOMI REPUBLIC: REFORESTATION AS A NEW REALITY FOR LOGGERS

This article analyzes the issue of sustainable forest management in the Komi Republic in the context of the operations of the largest logging and processing enterprises (ООО Luzales, JSC SLPK). The environmental impacts of clear-cutting, including soil degradation and biodiversity loss, are examined. Particular attention is paid to existing compensatory mechanisms and a comprehensive transition to an intensive forest restoration model is proposed, using modern digital technologies and stricter reforestation controls.

Keywords: Komi Republic, logging, reforestation, compensatory afforestation, biodiversity, ООО Luzales, JSC SLPK, sustainable forest management, carbon balance.

УДК 582.284(476)

В. Г. Кравчук, М. А. Лукьянчик

Государственное природоохранное учреждение «Национальный парк «Беловежская пуца»

НОВЫЕ ВИДЫ КСИЛОТРОФНЫХ ГРИБОВ ПОРЯДКА POLYPORALES ДЛЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»

Представлены результаты инвентаризации грибов порядка Polyporales, проведённой на территории Национального парка «Беловежская пуца» в полевые сезоны 2024–2026 гг. В ходе исследований впервые для данного особо охраняемого природного комплекса выявлено 28 видов полипоровых грибов, относящихся к 11 семействам. Таксономический спектр демонстрирует доминирование семейств Polyporaceae (7 видов) и Fomitopsidaceae (6 видов). Отмечено присутствие резупинатных форм из семейств Meruliaceae, Phanerochaetaceae и Steccherinaceae, что указывает на высокую репрезентативность выборки в отношении крипто- и микроксилотрофов. Среди выявленных таксонов 8 видов имеют охранный статус в региональных и нацио-

нальных Красных книгах стран Европы. Полученные данные существенно дополняют региональную микобиоту и служат основой для мониторинга редких таксонов и разработки природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: полипоровые грибы, таксономия, новые находки, Беловежская пуца, биологическое разнообразие.

Введение. Национальный парк «Беловежская пуца» представляет собой уникальный в мировом масштабе лесной массив, сохранивший черты первобытного равнинного леса. Этот объект Всемирного наследия ЮНЕСКО является эталоном естественной лесной динамики, где процессы деструкции древесины протекают в отсутствие антропогенного вмешательства. Ключевую роль в этих процессах играют грибы порядка Polyporales – трутовые и близкие к ним формы, специализированные на разложении древесного субстрата. Несмотря на длительную историю микологических исследований в регионе, многие таксоны этой группы оставались неучтёнными.

Настоящая работа восполняет этот пробел, представляя результаты целевых инвентаризационных исследований 2024–2026 гг. [1; 2].

Цель исследования – составить таксономический каталог видов порядка Polyporales, впервые выявленных на территории Национального парка «Беловежская пуца».

Материалы и методы исследования. Полевые работы проводились маршрутным методом в 2024–2026 гг. на всех основных лесных формациях парка. Сбор и гербаризация образцов осуществлены по стандартным микологическим методикам. Идентификация видов выполнена на основе макроскопических признаков плодовых тел и микроскопического изучения с использованием определителей [1]. Таксономическая номенклатура соответствует базе Index Fungorum [3, 4].

Результаты исследования. В результате проведённых исследований на территории парка впервые зарегистрировано 28 видов Polyporales. Ниже приведён полный перечень таксонов в систематическом порядке по семействам:

Семейство Dacrybolaceae – *Dacryobolus sudans* (Alb. & Schwein.) Fr., *Postia pychogaster* (F. Ludw.) Vesterh.

Семейство Fomitopsidaceae – *Antrodia heteromorpha* (Fr.) Donk, *Cystidiopostia hibernica* (Berk. & Broome) B. K. Cui, L. L. Shen & Y. C. Dai, *Fomitopsis mellita* (Niemelä & Penttilä) Niemelä & Miettinen, *Resinoporia cretacea* (Runnel, Spirin & A. Lõhmus) Audet, *Resinoporia piceata* (Runnel, Spirin & Vlasák) Audet.

Семейство Incrustoporiaceae – *Skeletocutis carneogrisea* A. David.

Семейство Irpicaceae – *Irpex latemarginatus* (Durieu & Mont.) C. C. Chen & Sheng H. Wu.

Семейство Meripilaceae – *Meripilus giganteus* (Pers.) P. Karst.

Семейство Meruliaceae – *Bulbillomyces farinosus* (Bres.) Jülich, *Phlebia livida* (Pers.) Bres., *Scopuloides rimosa* (Cooke) Jülich.

Семейство Phanerochaetaceae – *Climacodon pulcherrimus* (Berk. & M.A. Curtis) Nikol., *Diplomitoporus crustulinus* (Bres.) Domański, *Porostereum spadiceum* (Pers.) Hjortstam & Ryvarden, *Rhizochaete filamentosa* (Berk. & M. A. Curtis) Gresl., Nakasone & Rajchenb.

Семейство Polyporaceae – *Cyanosporus cyanescens* (Miettinen) B. K. Cui & Shun Liu, *Erastia aurantiaca* (Rostk.) Miettinen & Niemelä ex Zíbarová, Kout & Tejklová, *Favolus pseudobetulinus* (Murashk. ex Pilát) Sotome & T. Hatt., *Fomes inzengae* (Ces. & De Not.) Cooke, *Neofavolus suavissimus* (Fr.) Seelan, Justo & Hibbett, *Szczepkamycetes campestris* (Quél.) Zmitr., *Yuchengia narymica* (Pilát) B.K. Cui, C. L. Zhao & K. T. Steffen.

Семейство Schizophyllaceae – *Schizophyllum amplum* (Lév.) Nakasone.

Семейство Steccherinaceae – *Metuloidea fragrans* (A. David & Tortiç) Miettinen, *Steccherinum oreophilum* Lindsey & Gilb., *Steccherinum robustius* (J. Erikss. & S. Lundell) J. Erikss. Список демонстрирует таксономическую структуру 28 выявленных видов порядка

Polyporales в Беловежской пушче. Ведущими семействами являются Polyporaceae (7 видов, 25 % от общего числа) и Fomitopsidaceae (6 видов, 21,4 %), что характерно для бореальных и неморальных лесов Европы.

Остальные 9 семейств представлены 1–4 видами.

Обращает на себя внимание присутствие семейств с преобладанием резупинатных форм (Meruliaceae, Phanerochaetaceae, Steccherinaceae), что свидетельствует о полноте выборки, включающей не только макроскопически заметные трутовики, но и крипто- и микросилотрофы.

Проведённый анализ 28 видов порядка Polyporales, выявленных в Беловежской пушче, показал высокое таксономическое разнообразие и наличие значительного числа видов, имеющих охранный статус в региональных и национальных Красных книгах стран Европы. Все выявленные виды являются редкими, в том числе 8 из них имеют подтверждённый статус уязвимости (*Fomitopsis mellita*, *Resinoporia piceata*, *Diplomitoporus crustulinus*, *Erastia aurantiaca*, *Neofavolus suavissimus*, *Steccherinum oreophilum*, *Yuchengia narymica*, *Favolus pseudobetulinus*).

Это подтверждает высокую природоохранную значимость Беловежской пушчи как одного из ключевых рефугиумов биологического разнообразия в Европе. Находки указанных видов также свидетельствуют о сохранности старовозрастных лесных массивов с непрерывным поступлением мёртвой древесины разных пород и стадий разложения.

Заключение. Полученные данные существенно расширяют представления о таксономическом составе Polyporales Национального парка «Беловежская пушча». Выявленные 28 видов являются новыми для данной территории и пополняют региональную микобиоту. Высокая доля редких таксонов подчёркивает уникальность этого лесного массива как одного из последних убежищ для многих ксилотрофных базидиомицетов в равнинной Европе.

Список использованных источников

1. Инвентаризация макромицетов территории Национального парка «Беловежская пушча» : отчет о НИР (заключ.) / ГПУ НП «Беловежская Пушча» ; рук. Я. И. Венскович ; исполн.: В. Г. Кравчук. – Каменюки, 2025. – 103 с. – № ГР 20241562.
2. Кравчук, В. Г. Находки редких и новых для Беловежской пушчи видов грибов / В. Г. Кравчук, В. В. Кравчук, В. А. Самусенко, А. Н. Кузьмицкий // Беловежская пушча. Исследования : сб. науч. ст. ГПУ НП «Беловежская пушча». Вып. 19. – Брест : Альтернатива, 2024. – С. 45–68.
3. Index Fungorum: [database]. – URL: <http://www.indexfungorum.org> (дата обращения: 10.07.2026).
4. GBIF: [database]. – URL: <https://www.gbif.org> (дата обращения: 10.07.2026).

V. G. Kravchuk, M. A. Lukyanchik
State Environmental Protection Institution
«Belovezhskaya Pushcha National Park»

NEW SPECIES OF XYLOTROPHIC FUNGI OF THE ORDER POLYPORALES FOR THE BELOVEZHSKAYA PUSHCHA NATIONAL PARK

The paper presents the results of an inventory of fungi of the order Polyporales carried out in the National Park «Belovezhskaya Pushcha» during the field seasons of 2024–2026. As a result of the research, 28 species of polypore fungi belonging to 11 families were recorded for the first time in this specially protected natural complex. The taxonomic spectrum demonstrates the dominance of the families Polyporaceae (7 species) and Fomitopsidaceae (6 species). The presence of resupinate forms from the families Meruliaceae, Phanerochaetaceae and Steccherinaceae indicates a high representativeness of the sampling with respect to crypto- and microxylotrophs. Among the identified taxa, 8 species have conservation status in the regional and national Red Lists of European countries. The data obtained significantly complement the regional mycobiota and serve as a basis for monitoring rare taxa and developing conservation measures.

Keywords: Polypore fungi, taxonomy, new records, Belovezhskaya Pushcha, biodiversity.

Н. В. Лиханова

Сыктывкарский лесной институт (филиал) Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова»

СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА И ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В ПРОДУКЦИИ ФИТОМАССЫ РАСТЕНИЙ НА 10-ЛЕТНИХ ВЫРУБКАХ СРЕДНЕТАЁЖНЫХ ЕЛЬНИКОВ

Представлены результаты оценки углерода и элементов минерального питания в продукции растительного органического вещества на 10-летних вырубках ельников (черничного влажного и долгомошно-сфагнового типов леса) после сплошнолесосечных рубок. Установлено, что пул углерода, аккумулированный в приросте фитомассы, достигает 2,1 т/га в год. При этом доля растения напочвенного покрова составляет 63–76 %, а оставшаяся принадлежит древесным растениям. Растениям ценозов вырубек ежегодно на формирование продукции потребуется 116–229 кг/га азота и зольных элементов. В данных ценозах режим накопления элементов в продукции фитомассы растений – азотно-калиево-кальциевый.

Ключевые слова: Север России, средняя тайга, еловые леса, продукция фитомассы, сплошнолесосечная рубка, углерод растительного органического вещества, азот, зольные элементы

Вырубка лесов – один из ключевых антропогенных факторов, влияющих на экосистемы бореальной зоны, где сосредоточено значительное количество глобального углеродного пула. На месте вырубленных коренных еловых лесов формируется гетерогенная мозаика производных сообществ, различающихся по площади и конфигурации, видовому составу, возрасту, товарной и технической ценности, а также по темпам роста и биологической продуктивности [1; 2]. Такие рубки приводят к перестройке экосистем, включая изменения в циклах углерода и элементов минерального питания (азота, калия, кальция и др.), что влияет на продуктивность, биоразнообразие и устойчивость лесов.

Цель данной работы – проанализировать содержание углерода и элементов минерального питания в продукции фитомассы растений на 10-летних вырубках двух типов среднетаёжных ельников: черничного влажного и долгомошно-сфагнового, произрастающих на торфянисто-подзолисто-глеевой иллювиально-гумусово-железистой почве.

Исследования выполнены на территории государственного казенного учреждения Республики Коми «Чернамское лесничество» Сыктывдинского района (62° 17' с. ш., 50° 30' в. д.). Объем вывезенной деловой древесины составлял 186 м³/га (для ельника долгомошно-сфагнового) и 193 м³/га (для ельника черничного влажного), где хвойные породы (ель, сосна) занимали 71–85 %, лиственные (береза) – 15–29 %. Количество древесных растений и запасы древесины представлены в таблице. В травяно-кустарничковом ярусе (ТКЯ) пасечных участков вырубки ельника черничного влажного преобладают осока шаровидная, марьянник луговой, линнея северная, иван-чай узколистный, а также кустарнички в виде черники обыкновенной и брусники обыкновенной, хвощ лесной отмечается реже. Характерно высокое изобилие ожики волосистой и кислицы обыкновенной. Мохово-лишайниковый ярус (МЛЯ) в основном состоит из *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* Brid., *Polytrichum commune* и *Sphagnum russowii* Warnst. Изредка встречаются *Dicranum polysetum* Sw., *Sphagnum girgensohnii* Russ. и *S. wulfianum* Girg. В зоне волока ТКЯ определяется осокой шаровидной, хвощом лесным, черникой обыкновенной и брусникой обыкновенной. Встречаются в меньшей степени иван-чай узколистный, голокучник обыкновенный, линнея северная и седмичник европейский, появляется морощка приземистая. МЛЯ формируется видами *Polytrichum commune*, *Pleurozium schreberi*, *Sphagnum wulfianum*, *S. girgensohnii*. Отмечается присутствие *S. russowii*, а также наблюдается полное исчезновение *Dicranum polysetum*.

Таблица – Количество деревьев и запасы древесины на вырубке ельников

Порода	Недоруб				Подлесок		Самосев		Подрост	
	Число деревьев, экз./га		Запас древесины, м ³ /га		Число деревьев, экз./га		Число деревьев, экз./га		Число деревьев, экз./га	
	Черн. влаж.	Долг. сфаг.	Черн. влаж.	Долг. сфаг.	Черн. влаж.	Долг. сфаг.	Черн. влаж.	Долг. сфаг.	Черн. влаж.	Долг. сфаг.
Ель	145	344	12	40	-	-	605	176	2395	1566
Сосна	1	25	1	8	-	-	370	5	15	55
Береза	90	94	22	13	-	-	1994	1642	9071	4158
Рябина	-	-	-	-	1340	181	-	-	-	-
Ива	-	-	-	-	15	25	-	-	-	-
Итого	236	463	35	61	1355	206	2969	1823	11481	5779

На 10-летней вырубке ельника долгомошно-сфагнового. На пасечных участках в ТКЯ встречаются осока шаровидная, хвощ лесной, линнея северная, а также кустарнички: черника обыкновенная и брусника обыкновенная. Марьянник луговой наблюдается редко. Моховый ярус характеризуется доминированием *Sphagnum girgensohnii* и *S. russowii*, за которыми следуют *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune*. В зоне волока ТКЯ включает осоку шаровидную, линнею северную, голокучник обыкновенный, с добавлением иван-чая узколистного, кустарничков черники обыкновенной и брусники обыкновенной. Здесь также появляется марьянник луговой. МЛЯ формируется *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune*, *Sphagnum girgensohnii* и *S. russowii*.

На вырубке ельника черничного влажного прирост растительного ОВ составлял 4,5 т/га (2,1 тС/га), что соответствует фитомассе 44,4 т/га (21,1 тС/га). На вырубке ельника долгомошно-сфагнового этот показатель равен 4,6 т/га (2,1 тС/га), при фитомассе 51 т/га (24,2 тС/га). Показатели прироста растительного ОВ и фитомассы на 10-летних рубках ельников практически сопоставимы. Это объясняется значительным снижением годичной продукции фитомассы растений напочвенного покрова (2992 кг/га или 1317 кгС/га) на вырубке ельника долгомошно-сфагнового в сравнении с вырубкой ельника черничного влажного, для которого этот показатель составляет 3433 кг/га или 1583 кгС/га. На рубках ельников распределение углерода в приросте фитомассы между ярусами следующее: доля растений напочвенного покрова составляла 76 % (ельник черничный влажный) и 63 % (долгомошно-сфагновый), тогда как доля древесных растений – 24 и 37 % соответственно.

Исследования рубок показали, что ежегодное потребление элементов минерального питания растениями для формирования продукции растительного ОВ составляло 116–229 кг/га. Важно подчеркнуть, что на 10-летних рубках интенсивное вовлечение в образование прироста растительного ОВ происходит за счет N, K, Ca и Si (82–87 %), что свидетельствует об азотно-калиево-кальциевом режиме потребления. Повышенное содержание K, Si и P в рядах выноса элементов на формирование продукции массы ОВ в ценоозах объясняется сменой растительного покрова после рубки древостоев. Травянистые растения и мхи вносят значительную долю Si и K в продукцию растительного ОВ. Виды, такие как осока шаровидная и хвощ лесной, характеризуются высокой массовой долей Si в фитомассе. Активное потребление P самосевом, подростом ели и березы способствуют его высокому содержанию в продукции фитомассы растений.

Таким образом, восстановление растительности способствует постепенному увеличению в приросте углерода фитомассы и элементов минерального питания. Результаты исследования важны при разработке моделей круговорота веществ лесных сообществ, особенно в контексте лесовозобновления после рубок ельников. Дополнительные исследования вторичных ценозов рубок ельников послужат основой для более точного прогнозирования круговорота углерода и элементов минерального питания в растительном ОВ и структурных изменений в лесных сообществах.

Список использованных источников

1. Наквасина, Е. Н. Неоднородность почвенно-растительного покрова при постагрогенной восстановительной сукцессии всредней подзоне тайги / Е. Н. Наквасина, Т. А. Парина, А. Г. Волков, Л. В. Голубева // Экология. – 2023. – № 1. – С. 22–34. – DOI: <https://doi.org/10.31857/S0367059723010080>.
2. Паутов, Ю. А. Техногенная структура вырубок – основа технологии лесовосстановления / Ю. А. Паутов. – Сыктывкар : Коми НЦ УрО РАН, 1992. – Вып. 345. – 24 с.

N. V. Likhanova

Saint-Petersburg State Forest Technical University, Syktyvkar Forest Institute

CARBON CONTENT AND MINERAL NUTRIENT ELEMENTS IN PLANT PHYTOMASS PRODUCTION ON 10-YEAR-OLD CLEAR-CUT AREAS OF MIDDLE-TAIGA SPRUCE FORESTS

This paper presents the results of assessment of carbon and mineral nutrient elements in plant organic matter production on 10-year-old clear-cut of spruce forests (moist blueberry spruce forest and polytric-sphagnum spruce forest). It has been shown that the carbon pool accumulated in the increase of phytomass clear-cuts of these spruce forests is 2,1 t/ha per year. Ground-cover plants accounts for 76 and 63 % of this total, while the remaining share belongs to woody plants. The plant communities at these clear-cut sites require 116–229 kg/ha of nitrogen and ash elements annually for biomass production. In these communities, the pattern of nutrient accumulation in plant phytomass follows nitrogen-potassium-calcium sequence.

Keywords: North Russia, middle taiga, spruce forests, production phytomass, clear-cutting, organic carbon, nitrogen, ash elements

УДК 58.009

С. Ю. Митуль, А. А. Сакович

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

БРИОКОМПОНЕНТ ЕЛЬНИКОВ КИСЛИЧНЫХ (PICEETUM OXALIDOSUM) В ОКРЕСТНОСТЯХ АГРОГОРОДКА БЕНЯКОНИ

В ельниках черничных Беняконского лесничества Лидского лесхоза (Вороновский район, Гродненская область) выявлено 24 вида мохообразных, относящихся к двум отделам (Bryophyta и Marchantiophyta). Проведен таксономический, эколого-ценотический и экологический анализ бриокомпонента, установлено доминирование семейства Brachytheciaceae, а также мезотрофных и мезофитных видов. Особое внимание уделено субстратной приуроченности мхов к различным стадиям разложения КДО.

Ключевые слова: мохообразные, бриофлора, еловые леса, Бенякони, эпиксилы, валеж, стадии разложения, экологические группы.

Мохообразные представляют собой важный компонент лесных фитоценозов, обладающий высокой экологической пластичностью и чувствительностью к изменению условий окружающей среды. В связи с нарастающей антропогенной нагрузкой и климатическими флуктуациями, изучение локальных бриофлор хвойных лесов приобретает особую актуальность для мониторинга и сохранения биологического разнообразия. Бриокомпонент многих конкретных лесных массивов, в частности в окрестностях аг. Бенякони Гродненской области, до настоящего времени оставался изученным недостаточно.

Целью данной работы является выявить таксономическую и экологическую структуру мохообразных еловых лесов в окрестностях аг. Бенякони.

Бриофлористические исследования проводились в 2025 г. на территории Беняконского лесничества ГЛХУ «Лидский лесхоз» (квартал 35, выделы 17, 18). Сбор материала осуществлялся маршрутным методом и методом тотального учета мохообразных на 10 пробных площадях (ПП), заложенных в различных типах ельников кисличных. Всего было собрано и проанализировано 59 гербарных образцов. Стадии разложения валежа оценивали по шкале В. А. Спирина и А. И Широкова. Определение – по книге Г. Ф. Рыковского «Современная таксономическая структура бриофлоры Беларуси» [2]. Таксономический анализ проводили по циклу фундаментальных изданий «Флора Беларуси. Мохообразные. Том 1, 2» [4–5].

В результате проведенных исследований бриокомпонент ельников черничных составил 24 вида, из которых 22 относятся к отделу Bryophyta и 2 вида (*Cephalozia bicuspidata* (L.) Dumort. и *Radula complanata* (L.) Dumort.) – к отделу Marchantiophyta (печеночники). Выявленные таксоны распределены по 4 классам, 10 порядкам, 14 семействам и 20 родам.

Ведущее положение в таксономической структуре занимает порядок Hypnales (54,2 % видового состава). Наиболее крупным по числу видов является семейство Brachytheciaceae (5 видов), среди родов доминирует род *Dicranum* (3 вида). По частоте встречаемости преобладают виды с единичной частотой (41,7 % видов). Высокой частотой встречаемости характеризуются три вида напочвенного покрова: *Hypnum cupressiforme* Hedw., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. и *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp.

Эколого-ценотический анализ показал, что видовое богатство бриокомпонента строго зависит от структуры и мозаичности биотопа. Минимальное число видов (4–5) отмечено в ельниках кисличных без валежа. Максимальное разнообразие (7–11 видов) зафиксировано в ельниках черничных с примесью сосны (ПП № 2, № 3).

В экологической структуре бриофлоры по отношению к фактору питания преобладают мезотрофы (54,2 % видов), доля эвтрофов (*Rhodobryum roseum* (Hedw.) Limpr., *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst. и др.) составляет 25 %, олиготрофы и олигомезотрофы занимают 16,7 %. В спектре гидроморф доминируют мезофиты, занимая 45,8 % (*Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp.), ксеромезофиты и мезогигрофиты представлены по 5 видов, гигрофиты – 3 видами.

Распределение мохообразных по субстратным группам показало доминирование эпигейных видов (напочвенных) – 11 видов (45,8 %). Эпифитная группа включает 8 видов (33,3 %), эпиксильная – 7 видов (29,2 %). Группа эпилитов в исследованных бриоценозах не обнаружена из-за отсутствия каменистого субстрата. Ряд видов проявляет высокую экологическую пластичность: например, *Hypnum cupressiforme* Hedw. и *Dicranum montanum* Hedw. успешно осваивают все три типа субстратов.

При изучении распределения эпиксильных видов по стадиям разложения валежа выявлена смена видового состава по мере разложения древесины. На свежем валеже первой стадии эпиксильные виды полностью отсутствуют. На второй стадии отмечены *Sciuro-hypnum starkei* (Brid.) Ignatov et Huttunen, *Dicranum montanum* Hedw. и *Hypnum cupressiforme* Hedw. На третьей стадии к перечисленным видам присоединяется *Plagiothecium laetum* Schimp. На четвертой стадии зафиксированы *Herzogiella seligeri* (Brid.) Iwats., *Serpoleskea subtilis* (Hedw.) Loeske, *Cephalozia bicuspidata* (L.) Dumort., а также *H. cupressiforme* Hedw. И *P. laetum* Schimp. На пятой стадии – *Tetraxis pellucida* Hedw., *Herzogiella seligeri* (Brid.) Iwats., *Serpoleskea subtilis* (Hedw.) Loeske и *Cephalozia bicuspidata* (L.) Dumort.

В наших исследованиях отмечен эпифит – *Serpoleskea subtilis* (Hedw.) Loeske. Его нахождение на таких поздних стадиях разложения скорее всего связано с отсутствием конкуренции на субстрате и низкой скоростью эпиксильной сукцессии, так как чаще всего данный вид не встречается на рыхлом и подвижном субстрате, предпочитая более плотный – древесный и каменистый [2].

Наличие на поздних стадиях разложения (4–5 стадии) таких специализированных лесных эпиксиллов, как *Tetraxis pellucida* Hedw., *Herzogiella seligeri* (Brid.) Iwats., свидетельствует о высокой степени естественности и сохранности исследуемых лесных экосистем Белянского лесничества.

Таким образом, бриофлора еловых лесов аг. Белянки представлена типичными бореальными видами с преобладанием мезотрофных мезофитов, а её структура отражает мозаичность экологических условий и высокую роль крупных древесных остатков в поддержании видового разнообразия мохообразных.

Список использованных источников

1. Малько, М. С. Структура бриокомпонента хвойных лесов Беларуси: таксономия, биоморфология, экология, география, соэкология / М. С. Малько, Г. Ф. Рыковский ; науч. ред. В. И. Парфенов. – Минск : Беларуская навука, 2020. – 312 с.
2. Рыковский, Г. Ф. Современная таксономическая структура бриофлоры Беларуси / Г. Ф. Рыковский, М. С. Шабета // Ботаника (исследования) : сб. науч. тр. / Ин-т эксперимент. ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси. – Минск : Институт радиологии, 2015. – Вып. 44. – С. 85–102.
3. Стороженко, В. Г. Датировка разложения валежа ели / В. Г. Стороженко // Экология. – 1990. – № 6. – С. 66–69.
4. Рыковский, Г. Ф. Флора Беларуси. Мохообразные / Г. Ф. Рыковский, О. М. Масловский ; под ред. В. И. Парфенова. – Минск : Беларус. навука, 2009. – 213 с.
5. Рыковский, Г. Ф. Флора Беларуси. Мохообразные / Г. Ф. Рыковский, О. М. Масловский ; под ред. В. И. Парфенова. – Минск : Тэхналогія, 2004. – 437 с.

S. Yu. Mitul, A. A. Sakovich

Yanka Kupala State University of Grodno

BRYOFLORA OF SPRUCE FORESTS IN THE VICINITY OF AGROTOWN BENYAKONI

The article presents the results of bryofloristic studies of spruce forests of the Benyakoni forestry of the Lida forestry enterprise (Voronovo district, Grodno region). 24 species of bryophytes belonging to two divisions (Bryophyta and Marchantiophyta) were identified. A detailed taxonomic, ecological-coenotic and ecological analysis of the local bryoflora was carried out. The dominance of the order Hypnales, as well as mesotrophic and mesophytic species, was established. Special attention is paid to the substrate confinement of mosses and successional processes on coarse woody debris of various stages of decomposition. The high indicator role of the bryocomponent in assessing the naturalness of forest ecosystems is shown.

Keywords: bryophytes, bryoflora, spruce forests, Benyakoni, epixyles, logs, decomposition stages, ecological groups.

УДК 581.52.2+574.1

А. М. Мухля¹, У. М. Овчинникова¹, Я. В. Маковская¹, А. В. Фролов²

¹Минский государственный туристско-экологический центр детей и молодёжи

²Белорусский государственный университет иностранных языков

О ПРИСУТСТВИИ И РАСПРОСТРАНЁННОСТИ ЗАНОСНЫХ РАСТЕНИЙ В СОСТАВЕ ФЛОРЫ ЭКОТОНОВ ОСТРОВНЫХ ЛЕСОВ ОЛЫШАНСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Экотоны островных лесов пригодны в качестве модели контрольной выборки при проведении исследований по проверке концепции Ч. Элтона в естественных условиях. Получены данные, которые дают основания полагать, что большое видовое фитообразие экотонных островных лесов является фактором их устойчивости к растительным инвазиям.

Ключевые слова: видовое разнообразие, флора, островной лес, экотон, чужеродные инвазивные виды.

Введение. Активизировавшееся в современных условиях проникновение в естественные фитоценозы растительных видов, чужеродных для местной флоры, и их количественное приумножение, как показывает практика, способно трансформировать природные сообщества в направлении уменьшения их видового состава и упрощения структуры. По имеющимся оценкам, более полуста из распространившихся к настоящему времени на территории Республики Беларусь заносных растительных видов уже представляют реальную опасность для аборигенной флоры и местных биоценозов. Такие виды, расцениваемые как особо вредоносные, стало принятым называть инвазивными [1 и др.]. Заносные виды растений сегодня встречаются в составе дикорастущей флоры во всех регионах нашей страны. Однако имеющиеся данные об их распространённости разрозненны. При этом присутствие растений-вселенцев в составе местной растительности динамично, что обуславливает необходимость постоянного наблюдения за изменяющейся ситуацией и обновления информации.

Проблемными и дискутируемыми также являются причины конкурентоспособности и успешности многих из заносных видов растений [2 и др.]. Для изучения вопроса необходимо изучение феномена растительной инвазии в фитоценозах разных типов. Интересные и полезные данные позволяет получить изучение инвазии в фитоценозах островных лесов, которых на территории нашей страны в последние десятилетия становится всё больше.

Целью нашей работы явилось установление видового присутствия заносной растительности в экотонах островных лесов в зависимости от их видового фиторазнообразия.

Материал и методы исследования. Летом 2025 года в ходе экологической экспедиции был изучен видовой состав флоры экотонов четырнадцати островных лесов, произрастающих на территории Минской и Гродненской областей в пределах Ольшанской возвышенности. Леса характеризовались различающимся, преимущественно смешанным породным составом деревьев и имели разный возраст. Рабочей гипотезой исследования явилась концепция Ч. Элтона о большей устойчивости к внедрению чужеродных видов многовидовых сообществ в сравнении с менее видовыми [3]. Работа явилась продолжением изучения присутствия и распространённости растений-вселенцев в составе флоры экотонов островных лесов, которое мы начали в 2024 г. проведением аналогичных исследований на территории Птичь-Свислочского междуречья [4]. Исследование видового состава растительности экотонов проводилось на четырёх-семи участках (квадратах) каждого из островных лесов. Участки определялись пропорционально размерам островного леса из расчёта один участок (квадрат) на два километра опушки леса. Лесная часть участка составляла 20 м вдоль и 10 м вглубь леса, опушечная часть – 20 м вдоль опушки леса и 10 м от леса по его опушке.

Идентификация таксономической принадлежности растительного материала осуществлялась с использованием атласов-определителей и специализированных интернет-ресурсов. Обилие растений определялось по шкале О. Друде (1890) в модификации В. М. Понятовской (1964).

Результаты и обсуждение. Анализ данных, полученных в результате исследований состава растительности экотонов островных лесов Ольшанской возвышенности, показал, что они, в целом, согласуются с результатами исследований, проведенных нами ранее в экотонах лесов Птичь-Свислочского междуречья. Установлено, что в составе флоры экотонов островных лесов, характеризующихся более богатым видовым составом растений, присутствие и распространённость как травянистых, так и кустарниковых растений-вселенцев достоверно меньше в сравнении с экотонами тех лесов, которым присуще меньшее видовое фитообразие. При этом общее количество видов травянистых растений-вселенцев, обнаруженных в экотонах островных лесов Ольшанской возвышенности, также оказалось достоверно меньшим по сравнению с числом травянистых видов-вселенцев, встреченных нами ранее в экотонах островных лесов Птичь-Свислочского междуречья.

Особенностью состава флоры экотонов островных лесов Ольшанской возвышенности также явилось то, что во всех исследованных экотонах, независимо от насыщенности их традиционными для местной флоры видами растений, а также возраста островного леса, было обнаружено присутствие только травянистых и кустарниковых заносных растений. Древесные растения-вселенцы, в отличие от экотонов лесов Птичь-Свислочского междуречья, в экотонах островных лесов Ольшанской возвышенности отсутствовали.

Заключение. На наш взгляд, полученные данные дают дополнительные основания полагать, что большее видовое фитообразие экотонов островных лесов является значимым фактором их устойчивости к растительным инвазиям. И также подтверждают высказанное нами ранее [4] мнение об оправданности и перспективности использования экотонов островных лесов в качестве модельных контрольных выборок при проведении натурных исследований по проверке концепции Ч. Элтона⁴.

⁴Авторы выражают благодарность членам туристического клуба «Странник» Минского моторного завода за помощь в сборе ботанического материала.

Список использованных источников

1. Чёрная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения / Д. В. Дубовик [и др.] ; под общ. ред. В. И. Парфёнова, А. В. Пугачевского ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. Купревича. – Минск : Беларуская навука, 2020. – 407 с.
2. Виноградов, Ю. К. Чёрная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России / Ю. К. Виноградов, С. Р. Майоров, Л. В. Хорун. – М. : ГЕОС, 2010. – 512 с.
3. Элтон, Ч. Экология нашествий животных и растений / Ч. Элтон ; пер. с англ. Ю. И. Лашкевича ; под ред. и с предисл. проф. Н. П. Наумова. – М. : Изд. иностр. лит., 1960. – 230 с.
4. Мухля, А. М. Некаторыя вынікі вывучэння відавага складу флоры экатонаў астраўных лясоў Пціч-Свіслацкага міжрэчча / А. М. Мухля, В. А. Маргевіч, А. В. Фралоў // Биолого-химические и экологические аспекты состояния и развития Полесского региона и сопредельных территорий: сб. науч. тр. / МГПУ им. И. П. Шамякина ; редкол.: Е. В. Тихонова [и др.]. – Мозырь : МГПУ им. И. П. Шамякина, 2025. – С. 38–41.

A. M. Mukhlya¹, U. M. Ovchinnikova¹, Y. V. Makouskaya¹, A. V. Fralou²

¹Minsk State Tourism and Ecological Center for Children and Youth

²Belarusian State University of Foreign Languages

ON THE PRESENCE AND DISTRIBUTION OF ALIEN PLANTS IN THE FLORA OF ECOTONES OF THE ISLAND FORESTS OF THE OLSHANSKAYA UPLAND

Island forest ecotones are suitable as a control sample model for studies testing Elton's concept in natural conditions. The data obtained suggest that the greater species diversity of island forest ecotones contributes to their resistance to plant invasions.

Keywords: species diversity, flora, island forest, ecotone, alien invasive species.

УДК 502.75

A. N. Myalik¹, M. M. Vabishchevich¹, A. A. Novik²

¹Центральный ботанический сад НАН Беларуси

²ОДО «ГЕОТОМ-88»

ФЛОРИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАКАЗНИКА «СКРИПУТЕВО» (ВИТЕБСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Представлена краткая характеристика флоры заказника местного значения «Скрипучево», расположенного на территории Толочинского района Витебской области. Установлено, что флора сосудистых растений насчитывает 247 видов из 182 родов и 65 семейств. Аборигенная фракция представлена 202 видами, адвентивная – 45. Из охраняемых видов отмечены *Hepatica nobilis* Mill., *Daphne mezereum* L., *Campanula persicifolia* L., *Digitalis grandiflora* Mill. и др.

Ключевые слова: сосудистые растения, охрана флоры, ООПТ, редкие виды.

В настоящее время работы по изучению состава и структуры локальных флор не теряют своей актуальности, так как необходимы для выявления фитогеографических особенностей более крупных природных регионов. Не является исключением и заказник местного значения «Скрипучево», созданный в 2008 г. на площади 27 га к западу от д. Волковичи Толочинского района Витебской области в долине реки Кривая с целью сохранения ландшафтного и биологического разнообразия, а также охраны гидрологического режима одноименного родника. В 2025 г. после проведения работ по преобразованию ООПТ была установлена площадь заказника 47,62 га в пределах кварталов 191, 192 и 193 Озерецкого лесничества государственного лесохозяйственного учреждения «Толочинский лесхоз» [1], а также получены актуальные сведения о флоре этой природной территории.

Данная территория, отличающаяся высокой степенью сохранности естественного растительного покрова, в полной мере отражает флористические особенности Оршанско-Приднепровского района Оршанско-Могилевского округа геоботанической подзоны дубово-темнохвойных лесов. Соответственно, актуальные сведения о составе и структуре флоры данной ООПТ имеют высокий теоретический интерес для исследований в области региональной флористики, а также могут быть использованы в природоохранной практике.

В современной структуре растительного покрова заказника более 98 % площади занимает лесная растительность, представленная тремя классами формаций – хвойными, широколиственными и мелколиственными лесами. Господствуют здесь еловые леса, площадь которых составляет 21,6 га (48 % всех земель рассматриваемой ООПТ). Незначительную площадь среди хвойных лесов занимают сосняки – всего около 1,8 га. Около 44 % площади заказника «Скрипучево» приходится на мелколиственные леса – березняки и черноольшаники, приуроченные к долине реки Кривая. Среди них наибольшую природоохранную ценность представляют черноольшаники, занимающие 7,9 га; на березняки приходится 26 % от общей площади ООПТ. Всего около 1,5 га занимают кленовые леса. Незначительная площадь заказника занята прибрежно-водной болотной растительностью, представленной в долине реки Кривая. Синантропная растительность получила развитие вдоль лесных дорог и троп.

Характеризуя флору сосудистых растений заказника «Скрипучево» следует отметить, что ввиду незначительного разнообразия растительного покрова этой территории она не отличается высоким видовым богатством. Всего здесь отмечено 247 видов сосудистых растений, которые относятся к 182 родам и 65 семействам. При этом аборигенное происхождение имеют 202 вида, а адвентивное – только 45. Большинство из них (*Cichorium intybus* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Berteroa incana* (L.) DC.) и др.) встречаются в небольшом количестве вдоль лесных дорог и троп и не оказывают значительного влияния на функционирование естественных природных фитоценозов ООПТ. Соответственно, уровень адвентизации флоры заказника «Скрипучево» оценивается как невысокий и составляет всего 18,2%, что свидетельствует о выполнении данной территорией своей функциональной роли – сохранении естественного биоразнообразия растительного мира в состоянии, близком к естественному.

Крупнейшими семействами по числу видов являются *Asteraceae* (24), *Fabaceae* и *Poaceae* (по 16), *Rosaceae* (15), *Caryophyllaceae* (14), *Apiaceae* и *Cyperaceae* (по 11). Ввиду отсутствия на территории заказника «Скрипучево» луговых и болотных фитоценозов, семейство *Cyperaceae* опускается здесь на 6–7 позицию, хотя обычно во флоре природных территорий Беларуси оно относится к числу крупнейших (2–3 позиция). По этой же причине в числе ведущих по количеству видов здесь отсутствует семейство *Juncaceae*. Этим самым определяется своеобразие таксономического состава рассматриваемой флоры, обусловленное преобладанием лесной растительности.

По результатам натурных обследований 2025 г. места произрастания редких видов сосудистых растений, имеющих категорию охраны Красной книги Республики Беларусь, на территории заказника «Скрипучево» не выявлены. Однако здесь обнаружены места произрастания охраняемого вида мохообразных *Neckera pennata* Hedw., а также охраняемого вида грибов *Fomitopsis rosea* (Alb. & Schwein.) P. Karst., что подтверждает природоохранную ценность рассматриваемой территории. Также на территории заказника «Скрипучево» отмечены виды, включенные в список дикорастущих растений и грибов, нуждающихся в профилактической охране. В их числе *Hepatica nobilis* Mill., *Daphne mezereum* L., *Campanula persicifolia* L., *Silene dioica* (L.) Clairv. и *Digitalis grandiflora* Mill., места произрастания которых свидетельствуют о высоком природоохранном значении территории рассматриваемого заказника.

В заказнике отмечены также некоторые инвазионные для флоры Беларуси виды (*Oenothera biennis* L., *Lupinus polyphyllus* Lindl., *Impatiens parviflora* DC., *Heracleum sosnowskyi* Manden., *Conyza canadensis* (L.) Cronquist, *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort., *Solidago canadensis* L.), свидетельствующие об антропогенном воздействии на растительный покров данной территории. Однако с учетом их небольшой численности, можно судить о незначительной степени антропогенной трансформации флоры ООПТ.

В целом следует отметить, что, несмотря на незначительную площадь заказника «Скрипучево», низкое разнообразие представленных здесь растительных сообществ (доминирование лесных фитоценозов), флора данной территории отличается относительно высоким видовым разнообразием, низким уровнем адвентизации, а также наличием редких и охраняемых видов растений, что подтверждает природоохранную ценность данной ООПТ.

Полный список отмеченных в пределах заказника растений опубликован в виде отдельного датасета в Глобальной информационной системе по биоразнообразию GBIF [2].

Список использованных источников

1. Научное и технико-экономическое обоснование преобразования заказника местного значения «Скрипучево» (Толочинский район, Витебская область) // Отчет № 78/25-Э от 24.03.2025. – Минск, 2025. – 66 с.
2. Mialik, A. List of vascular plant species of the Skrypuciova Nature Reserve (Talachyn District, Vicebsk Region, Republic of Belarus) [occurrence dataset] / A. Mialik, M. Vabishchevich. – Minsk : Central Botanical garden of NAS Belarus, 2026. – URL: <https://doi.org/10.15468/srhx4q> (date of access: 07.07.2026).

A. M. Mialik¹, M. M. Vabishchevich¹, A. A. Novik²

¹Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus

²LLC «GEOTOM-88»

FLORISTIC FEATURES OF THE SKRIPUTEVO NATURE RESERVE (VITEBSK REGION)

This article presents a brief description of the flora of the Skriputevo Local Nature Reserve, located in the Tolochin District of the Vitebsk Region. The vascular plant flora comprises 247 species from 182 genera and 65 families. The native fraction comprises 202 species, while the adventitious fraction comprises 45. Protected species include *Hepatica nobilis* Mill., *Daphne mezereum* L., *Campanula persicifolia* L., *Digitalis grandiflora* Mill., and others.

Keywords: vascular plants, flora conservation, protected areas, rare species.

УДК 51-76

С. А. Одиназода¹, С. Х. Мирзоев¹, О. В. Созинов²

¹Таджикский национальный университет,

²Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ УРОЖАЙНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ С УЧЁТОМ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Рассматривается актуальная проблема перехода длительного трудоемкого процесса полевых методов оценки урожайности лекарственного растительного сырья к автоматизированным цифровым системам с помощью математического моделирования. Построена математическая модель прогноза динамики ресурса лекарственных растений с учетом возрастной структуры и параметров растительного сырья. Сформулированы задачи сбора растительного сырья с антропогенным воздействием, с помощью энтропийного метода MaxEnt для оценки возможных участков высокой урожайности использовано моделирование экологических ниш (SDM – Species Distribution Modeling). Внедрение пространственной модели методом энтропии MaxEnt и возрастной структуры матричной модели предоставило возможность проведения высокоточной оценки и сценарного прогноза динамики запасов ресурса лекарственных растений на примере зверобоя шероховатого (*Hypericum scabrum* L.) и шалфея мускатного (*Salvia sclarea* L.) в неоднородных условиях горных экологических систем. С помощью математического моделирования было выяснено, что различные режимы изъятия биомассы позволяют выявить критические точки фитоценотической стабильности. Авторами предложена комплексная методология оптимизации оценки урожайности, интегрирующая пространственные ГИС-модели эффективности биогеоценоза на базе принципа максимума энтропии MaxEnt и динамические уравнения популяционной биологии. Рассмотрена задача оптимизации заготовительных квот, обеспечивающая устойчивое природопользование в условиях глобальных климатических изменений и антропогенного воздействия.

Ключевые слова: оптимизация, урожайность, лекарственное растение, математическая модель, прогноз, метод энтропии, фитоценоз, плотность популяции.

Введение. Дикорастущие лекарственные растения представляют собой стратегически важным ресурсом в отрасли фармацевтики и здравоохранения. Тем не менее, эффективное использование этого ресурса запрашивает достоверных и постоянно пополняемых сведений о величине эксплуатационного запаса и ежегодной урожайности ценопопуляций. Классические методы ресурсоведческих исследований, которые основаны на разбивке учетных площадей, имеют значительные недостатки и требуют значимые временные и финансовые рас-

ходы. Проведение ресурсоведческих исследований в условиях трудного горного рельефа зачастую связано с физической недосыгаемости. Внедрения технологий в этот процесс представляет возможность не только эффективно оценивать ресурсы на основе предела объема натуральных данных, но и прогноза динамику их продуктивности на фоне глобальных климатических изменений и антропогенного фактора [1].

Методы исследования. Для построения математического моделирования динамики численности биологических популяций основным математическим аппаратом служит нелинейные обыкновенные дифференциальные уравнения, т. е. уравнения динамики численности непрерывных по времени биологических популяций. Эти модели получили блестящие экспериментальные подтверждения при изучении динамики численности различных конкретных популяций [2–3]. Следует отметить работу Р. А. Полуэктова [4], в которой для одной изолированной популяции с учетом возрастного состава исследуются вопросы устойчивости стационарных решений. В работах А. Н. Колмогорова [5] и Ферхюльста [6] заложены фундаментальный математический аппарат и популяционная динамика. Динамическое моделирование урожайности и продуктивности фитоценозов было исследовано в работах [7–8]. Математическое моделирование прогноза динамики ресурса лекарственных растений с учётом возрастной структуры и параметров растительного сырья было изучено в работах [9–11]. Методы энтропии и оценки экологических ниш и пространственное построения прогностических карт были изучены в работах [9–10]. Математическое моделирование прогноза динамики ресурса лекарственных растений с учётом возрастной структуры и параметров растительного сырья были изучены в работах [11]. Исследование было проведено в Варзобском и Рамитском ущельях для видов зверобоя шероховатого (*Hypericum scabrum* L.) и шалфея мускатного (*Salvia sclarea* L.) в неоднородных условиях горных экологических систем [12].

Построение математической модели. Предположим, что через вектор $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t))^T$ определяется плотность численности индивида различных возрастных состояний, в зависимости в разных стадиях развития, к примеру, проростка p , ювенильного j , зрелого генеративного g_2 и сенильного s в момент времени t , T – прогнозируемый период. Динамика численности пишется следующим разностным уравнением:

$$x(t+1) = A(E, x) \cdot x(t) - H(t), \quad (1)$$

где $A(E, x)$ – обозначим проекционной матрицей ценопопуляции, E – элементы этой матрицы, которые зависят от экологических факторов среды, такие как температура, влажность, аридность биотопа, x – плотность популяции [8]:

$$A = \begin{pmatrix} f_1 & f_2 & \dots & f_{m-1} & f_m \\ s_1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & s_2 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & s_{m-1} & 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

где $f_i(E, x)$ – коэффициенты семенной продуктивности индивида i -го вида, $s_i(E, x)$ – возможность изменения индивида i -го состояния в $(i+1)$ -е за один вегетационный цикл.

Перейдем к конкретному виду проекционной матрицы A для изучаемых видов:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & f_{g1} & f_{g2} & 0 \\ s_p & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_j & s_v & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_{vg1} & s_{g1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & s_{g1g2} & s_{g2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & s_{g2s} & s_s \end{pmatrix} \quad (3)$$

где s_i – параметр, отражающий вероятность сохранения вида или перехода в следующий онтогенетический статус, f_i – отображает коэффициент фактической семенной продуктивности, упорядоченный на всхожесть семян и выносливость проростков в условиях климатических изменений.

Для перехода от численности к эксплуатационному запасу сырья введем величину суммарной сырьевой биомассы $W(t)$, которая определяет исход воздушно-сухого сырья и концентрацию целевых экстрактивных компонентов для каждой возрастной структуры. Наибольший выход активных компонентов осуществляется в репродуктивной фазе.

$$W(t) = \langle \omega, x(t) \rangle = \sum_{i=1}^m \omega_i \cdot x_i(t), \quad (4)$$

где ω – обозначает вектор весовых сырьевых коэффициентов, ω_i – коэффициент, означающий отражающую среднюю массу целевого органа на примере листа, соцветия, корня одного индивидуума i -го онтогенетического класса с поправкой на содержание экстрактивных веществ. Для ювенильных (p, j, v) и сенильных (s) состояний когда $\omega_i \rightarrow 0$ (коэффициент средней массы целевого органа стремится к нулю), тогда для зрелых генеративных состояний (g_2) коэффициент ω_i достигает своего максимума.

Теперь смоделируем результаты сбора сырья с антропогенным воздействием. Для оценки возможных участков высокой урожайности будем использовать моделирование экологических ниш (SDM – Species Distribution Modeling) с помощью энтропийного метода MAxEnt [10]. Модель будет связывать координаты (x, y) с экспериментально изученными ценнопопуляциями с массивом растровых экологических факторов [1].

Выходным параметром пространственной модели является безразмерный индекс пригодности местообитания ($HSI \in [0,1]$).

Пусть функция заготовки $H(t)$ в динамичной форме характеризует изъятие исключительно ресурснозначимых возрастных групп:

$$H(t) = A_{harvest} \cdot x(t), \quad (5)$$

где диагональная матрица заготовок $A_{harvest} = diag(0, \dots, q_k, \dots, 0)$ содержит интенсивность сбора $q_k \in [0,1]$ исключительно для генеративных фракций.

Алгоритм прогнозирования указывает, что в случае количество отбора переходит за пределы критической скорости пополнения популяции за счет элементов первой строки матрицы (3) ценнопопуляция перейдет в период зависимости. Применение сопряженных результатов наблюдений по фитоценозной интеграции разновидности дает возможность регулировать элементы матрицы (3) для горных ландшафтов, предоставляя достоверность на краткий срок от трех до пяти лет, на средний срок до десяти лет прогноза урожайности с минимальной погрешностью $\pm 7\%$.

Классический способ к оценке ресурса лекарственных растений, который основан на механическую экстраполяцию средней урожайности на общую площадь фитоценоза способствует к завышению допустимого запаса на 25–40 % в условиях горного рельефа.

Постановку задачи оптимизации для определенного сырьевого запаса лекарственных растений сформулируем как максимизацию суммарной вместимости заготовки с определенным прогнозируемым периодом $T = 50$ лет с учетом дисконтирования риска глобальных климатических изменений и строгих аргументированных биологических и ресурсных пределах:

$$\max_{q(t)} \int_0^T e^{-\gamma t} \cdot \langle \omega \cdot A_{harvest}(q(t)) \cdot x(t) \rangle dt. \quad (6)$$

Когда остаточная плотность генеративных особей после завершения заготовки в момент времени t не падает ниже критического порога, тогда она обеспечивает сбалансированный индекс регенерации ценнопопуляции:

$$\sum_{i \in \{g_1, g_2, g_3\}} x_i(t^+) \geq x_{crit} \quad (7)$$

При нарушении данного условия обнаруживается экспоненциальное падение коэффициента семенной продуктивности f_1 в матрице Лефковича и запускается непоправимый процесс пастбищно-промысловая дигрессия биотопа.

Введем коэффициент τ в качестве периода фитоценитического покоя и пусть $t_{harvest}$ – промежуток времени для полной регенерации биомассы сырья лекарственных растений и накопление целевых экстрактивных веществ после каждого года заготовки. Тогда функция интенсивности сбора урожая с учетом времени приобретает импульсный характер:

$$q(t) \cdot q(t + \delta) = 0, \forall \delta \in (0, \tau) \quad (8)$$

На основе данных [12] для зверобоя шероховатого оптимальное состояние периода фитоценитического покоя составляет $\tau = 2$ года, а для шалфея мускатного оптимальное состояние периода фитоценитического покоя равно $\tau = 3$ года.

Заключение. В статье рассматривается актуальная проблема перехода длительного трудоемкого процесса полевых методов оценки урожайности лекарственного растительного сырья к автоматизированным цифровым системам с помощью математического моделирования, исследована задача оптимизации заготовительных квот, обеспечивающая устойчивое природопользование в условиях глобальных климатических изменений и антропогенного воздействия. С помощью математического моделирования было выяснено, что различные режимы изъятия биомассы позволяет выявить критические точки фитоценотической стабильности. Внедрение пространственной модели методом энтропии MaxEnt и возрастной структуры матричной модели предоставило проведению высокоточной оценки и сценарного прогноза динамики запасов ресурса лекарственных растений на примере зверобоя шероховатого (*Hypericum scabrum* L.) и шалфея мускатного (*Salvia sclarea* L.) в неоднородных условиях горных экологических систем.

Список использованных источников

1. Одиназода, С. А. Информационное моделирование дикорастущих лекарственных растений Республики Таджикистан / С. А. Одиназода // Экономика, управление и финансы в XXI веке: тренды развития : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Саранск, 2024. – С. 218–221.
2. Юнуси, М. К. Исследования по математическому моделированию задачи охраны и оценки численности популяции экологических систем / М. К. Юнуси, С. А. Одинаева. – Душанбе : Изд-во ООО «Сармад Компания», 2013. – 136 с.
3. Вольтерра, В. Математическая теория борьбы за существование / В. Вольтерра. – М. : Наука, 1976. – 286 с.
4. Динамическая теория биологических популяций / под ред. Р. А. Полуэктова. – М. : Наука, 1974. – 455 с.
5. Колмогоров, А. Н. Исследование уравнения диффузии, соединенной с возрастанием количества вещества, и его применение к одной биологической проблеме / А. Н. Колмогоров, И. Г. Петровский, Н. С. Пискунов // Бюллетень МГУ. Секция А. – 1937. – Т. 1, № 6. – С. 1–26.
6. Verhulst, P. F. Notice sur la loi que la population poursuit dans son accroissement / P. F. Verhulst // Correspondence Mathematique et Physique. – 1838. – Vol. 10. – P. 113–121.
7. Wit, C. T. Simulation of Ecological Process. / C. T. de Wit, J. Goudriaan. – Wageningen : Pudoc, 1978. – 175 p.
8. Логофет, Д. О. Матричные модели популяций / Д. О. Логофет. – М. : Изд-во МГУ, 2013. – 134 с.
9. Phillips, S. J. Maximum entropy modeling of species geographic distributions / S. J. Phillips, R. P. Anderson, R. E. Schapire // Ecological Modelling. – 2006. – Vol. 190, № 3–4. – P. 231–359.
10. Elith, J. A Statistical explanation of MaxEnt for ecologists / J. Elith, S. J. Phillips, T. Hastie // Diversity and Distributions. – 2011. – Vol. 17, № 1. – P. 43–57.

11. Hijmans, R. J. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas / R. J. Hijmans, S. E. Cameron, J. L. Parra // International Journal of Climatology. – 2005. – Vol. 25, № 15. – P. 1965–1978.
12. Саттарав, Дж. С. Ресурсы и биоразнообразие дикорастущих лекарственных растений в некоторых районах Центрального Таджикистана : дис. ... д-ра биол. наук / Дж. С. Саттарав. – Душанбе, 2018. – 348 с.
13. Одиназода, С. А. Электронная база данных дикорастущих лекарственных растений Республики Таджикистан / С. А. Одиназода, Д. М. Давлатов // Свидетельство о государственной регистрации информационного ресурса. Государственная регистрация № 1202600600. – Душанбе, 2026.

S. A. Odinzoda¹, S. KH. Mirzoev¹, O. V. Sozinov²

¹Tajik National University

² Yanka Kupala State University of Grodno

MATHEMATICAL SOLUTION TO THE PROBLEM OF OPTIMIZING THE YIELD OF MEDICINAL PLANTS TAKING INTO ACCOUNT THE AGE STRUCTURE AND PARAMETERS OF PLANT RAW MATERIALS

This article examines the pressing issue of transitioning from time-consuming, labor-intensive field methods for assessing the yield of medicinal plant materials to automated digital systems using mathematical modeling. A mathematical model for predicting the dynamics of medicinal plant resources is developed, taking into account the age structure and parameters of plant materials. The objectives of collecting plant materials with anthropogenic impact are formulated, and ecological niche modeling (SDM – Species Distribution Modeling) is applied using the entropy method MaxEnt to assess potential high-yield areas. The implementation of a spatial model using the entropy method MaxEnt and the age structure matrix model enabled a highly accurate assessment and scenario-based forecast of the dynamics of medicinal plant resources using the example of St. John's wort (*Hypericum scabrum* L.) and clary sage (*Salvia sclarea* L.) in the heterogeneous conditions of mountain ecosystems. Mathematical modeling revealed that various biomass extraction regimes allow one to identify critical points of phytocenotic stability. The author proposes a comprehensive methodology for optimizing crop yield assessment, integrating spatial GIS models of biogeocenosis efficiency based on the MaxEnt maximum entropy principle and dynamic equations of population biology. The problem of optimizing harvesting quotas, ensuring sustainable nature management in the face of global climate change and anthropogenic impact, is considered.

Keywords: optimization, crop yield assessment, medicinal plant, mathematical model, forecast, entropy method, phytocenosis, population density.

УДК 581.55

Е. И. Паршина

*Сыктывкарский лесной институт (филиал) Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова»*

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ МЕСТООБИТАНИЙ БРУСНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*VACCINIUM VITIS-IDAEA* L.) В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ШКАЛ Д. Н. ЦЫГАНОВА

Проведён анализ экологических условий произрастания брусники в лесах Республики Коми. Установлено, что региональные условия по большинству шкал укладываются в экологическую амплитуду вида, однако по Tr и Nt зафиксированы отклонения, отражающие региональную специфику местообитаний и требующие проверки дополнительными методами.

Ключевые слова: брусника, шкалы Д. Н. Цыганова, Республика Коми, экология, ресурсоведение.

Одним из инструментов оценки условий местообитания ресурсных видов является фитоиндикация, основанная на использовании экологических шкал. Повышение точности оценки экологических условий местообитаний ресурсных видов растений является одной из ключевых задач ресурсоведения, геоботаники и других смежных областей современной науки. В связи с этим в научном сообществе активно обсуждается применение классических фитоиндикационных методов и поиск путей их совершенствования за счёт внедрения математико-статистических подходов. Это необходимо для объективной оценки состояния попу-

ляций под влиянием природно-антропогенных факторов, эффективного управления биологическими ресурсами и сохранения биоразнообразия [1–2].

Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.) является одним из ключевых ресурсов видов бореальной зоны. В настоящее время исследования данного вида в Республике Коми носят фрагментарный характер: внимание уделяется оценке влияния промышленных загрязнений, динамике восстановления популяций после нарушений и участию в процессах почвообразования, сведения о бруснике можно найти и в изданиях, посвященных характеристике лесных сообществ региона [3–7].

Между тем в научной базе ресурсосведения есть ряд работ, посвященных исследованию эколого-биологических характеристик брусники в лесах Кировской области, Архангельской области и Пермскому краю [8–10]. Однако специфика природных условий Республики Коми требует корректировки фитоиндикационных моделей с учётом региональной специфики.

В связи с малой информативностью о региональной фитоценотической приуроченности *Vaccinium vitis-idaea*, произрастающего на территории Республики Коми, несомненно, важным является изучение её ценокомплекса и ключевых экологических факторов, а также подбор методов обработки геоботанических данных для объективной оценки ресурсного потенциала и разработки мер охраны и рационального использования вида.

Целью данной работы является оценка экологических параметров местообитаний *Vaccinium vitis-idaea* в таёжных лесах Республики Коми с использованием шкал Д. Н. Цыганова.

Оценка экологических условий местообитаний *V. vitis-idaea* L. проведена на основе собственных геоботанических описаний с использованием амплитудных шкал Д. Н. Цыганова [11]. Описания растительных сообществ с участием брусники проводили согласно общепринятыми геоботаническими методами [12]. Исследования проведены вдоль географического градиента в средней и северной (Приполярный Урал) частях таёжной зоны Республики Коми: 61°40'40"–65°20' с. ш., 50°58'30"–60°43' в. д. Проективное покрытие вида от 0,1 до 35 %. При обработке данных был использован метод средневзвешенной середины интервалов программе Excel 2007.

Полученные значения типов режима местообитаний *Vaccinium vitis-idaea* в Республике Коми представлены в таблице. Значения климатических шкал Цыганова показали, что условия местообитания вида соответствуют мезобореальному/суббореальному материковому типу режима. Тип омброрежима – субаридный, криорежима – промежуточный (суровых / довольно суровых зим). Влагообеспеченность соответствует влажно-лесолуговому типу на небогатых, бедных азотом, сильноокислых / кислых почвах. Шкала освещенности/затенения отражает приуроченность к полуоткрытым пространствам (тип режима – промежуточный междуполуоткрытые пространства/светлые леса).

При этом отмечается значительный разброс значений (больше 4 баллов) и высокие значения коэффициента вариации по шкалам *Om*, *Cr*, *Nt* (соответственно, 21,8 %; 26,8 %, 43,7 %) что, вероятно, обусловлено комплексом взаимосвязанных факторов – прежде всего особенностями микрорельефа и мозаичной структурой растительного покрова, определяющими перераспределение влаги, снежного покрова и питательных веществ в пределах пробной площади. Высокие коэффициент вариации показали и значения по шкале кислотности и переменности увлажнения почв (46,2 и 54,2 % соответственно), что также свидетельствует о выраженной неоднородности участка и может отражать их сопряжённое действие.

Следует отметить, что количественные значения по шкале *fH* (переменность увлажнения) доступны менее чем для 50 % видов (данная неполнота связана не с особенностями сбора полевых данных, а с ограниченностью шкалы Д. Н. Цыганова по этому фактору) что сни-

жает надёжность итоговой оценки. Вследствие этого итоговые показатели по fH в данном случае рассматриваются как ориентировочные.

Анализ экологических условий местообитаний ценопопуляций вида по шкалам Д. Н. Цыганова показал, что по большинству шкал региональные диапазоны условий укладываются в экологическую амплитуду вида. Исключение составляют шкалы трофности почв (Tr) и богатство почв азотом (Nt): региональные значения по шкале Tr составляют 4,2–5,9, а по шкале Nt – 0,9–4,7, что близко к границам значений шкал и частично выходит за пределы амплитуды вида по этим факторам.

Это может отражать региональную специфику условий: в пределах исследуемого ареала вид осваивает более богатые (по трофности и азоту) местообитания, либо это свидетельствует о локальной адаптации ценопопуляций, либо о неполноте справочных оценок и требует осторожной интерпретации расчётных баллов по шкалам в условиях данного региона, дополнительного подтверждения независимыми методами (полевыми наблюдениями и лабораторным анализом почв), а также сопоставления результатов с оценками, полученными другими методами.

Перспективным инструментом для этого служит регрессионный анализ в трактовке О. В. Созинова и Г. Н. Бузук [1]: он позволяет дифференцировать влияние факторов и оценить чувствительность итоговых баллов к составу флористического списка, что особенно важно при наличии высокого разброса и мозаичности условий

Таблица – Общие и региональные экологические амплитуды *Vaccinium vitis-idaea*

Шкалы*	Диапазон шкал, балл	Экологическая амплитуда вида по шкалам Д. Н. Цыганова	Региональная амплитуда вида		
			$M \pm m$	min–max	C_v , %
Tm	1–17	1–10	$6,8 \pm 0,15$	6,2–7,6	6,3
Kn	1–15	3–15	$9,25 \pm 0,17$	8,5–9,9	5,3
Om	1–15	6–15	$7,1 \pm 0,55$	4,2–8,6	21,8
Cr	1–15	1–10	$4,5 \pm 0,42$	2,7–6,1	26,8
Hd	1–23	10–17	$13,5 \pm 0,15$	12,7–13,9	3,2
Tr	1–19	1–7	$5,1 \pm 0,20$	4,2–5,9	11,5
Nt	1–11	1–5	$3,0 \pm 0,46$	0,9–4,7	43,7
Rc	1–13	–	$3,7 \pm 0,6$	1,0–5,3	46,2
Lc	1–9	1–8	$4,6 \pm 0,16$	3,9–5,2	9,5
fH	1–11	1–6	$0,9 \pm 0,19$	0,4–1,7	54,2

Примечание: обозначения шкал: Tm (термоклиматическая), Kn (континентальности климата), Om (аридности/гумидности климата), Cr (криоклиматическая), Hd (увлажнения почв), Tr (трофности почв), Nt (богатства почв азотом), Rc (кислотности почв), Lc (освещенности/затенения), fH (переменности увлажнения почв).

В условиях Республики Коми *Vaccinium vitis-idaea* проявляет черты стенобионта: индекс толерантности по климатическим факторам (Tm , Kn , Om , Cr) равен 0,18, по почвенным (Hd , Tr , Nt , Rc , fH) – 0,19. Эти результаты отражают узкую экологическую нишу вида и его зависимость от относительно стабильных сочетаний климатических и почвенных условий.

Несмотря на достаточно широкую потенциальную экологическую амплитуду по факторам, изученные ценопопуляции брусники реализуют лишь небольшую её часть ($REV = 0,04 - 0,33$). Такой разрыв между потенциальными возможностями вида и фактическим использованием среды свидетельствует о том, что в пределах рассматриваемого фрагмента ареала экологические ниши осваиваются недостаточно полно.

Проведённая первичная оценка экологических условий местообитаний *Vaccinium vitis-idaea* в Республике Коми выявила неоднородность условий и частичное превышение региональных значений над справочной амплитудой по трофности почвы и содержанию в ней азо-

та в исследуемых ценопопуляциях. Полученные результаты указывают на необходимость дальнейших исследований. Для их углубления целесообразно расширить сеть геоботанических описаний в пределах регионального ареала вида, а также применить дополнительные методы обработки данных – в частности, регрессионный анализ по методикам О. В. Созинова и Г. Н. Бузук. Это позволит повысить надёжность оценок и детализировать экологическую характеристику вида.

Список использованных источников

1. Бузук, Г. Н. Регрессионный анализ фитоиндикации (на примере экологических шкал Д. Н. Цыганова) / Г. Н. Бузук, О. В. Созинов // Ботаника : исследования / Ин-т экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси ; отв. ред. А. В. Павлович. – Минск : Право и экономика, 2009. – Вып. 37. – С. 356–362.
2. Зубкова, Е. В. Использование методов фитоиндикации для оценки связи содержания азота в растениях с условиями их произрастания (на примере лесов южного Подмосковья) / Е. В. Зубкова, М. Н. Стаменов, И. В. Припутина, В. И. Грабовский // Ботанический журнал. – 2023. – Т. 108, № 10. – С. 896–913.
3. Осипов, А. Ф. Запасы и элементный состав растений напочвенного покрова в среднетаёжных сосняках послепожарного происхождения (Республика Коми) / А. Ф. Осипов, С. О. Манова, К. С. Бобкова // Растительные ресурсы. – 2014. – Т. 50, № 1. – С. 3–11.
4. Осипов, А. Ф. Запасы и элементный состав растений напочвенного покрова в среднетаёжных сосняках послепожарного происхождения (Республика Коми) / А. Ф. Осипов, С. О. Манова, К. С. Бобкова // Растительные ресурсы. – 2014. – Т. 50, № 1. – С. 3–11.
5. Бобкова, К. С. Потоки азота и зольных элементов в системе почва – фитоценоз на вырубках среднетаёжных ельников Республики Коми / К. С. Бобкова, А. Ф. Осипов // Лесоведение. – 2019. – № 6. – С. 512–523.
6. Дегтева, С. В. Лиственные леса подзон южной и средней тайги Республики Коми : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.05 / С. В. Дегтева ; Ин-т биологии Коми науч. центра УрО РАН. – Сыктывкар, 2002. – 36 с.
7. Леса Республики Коми = Forests of the Komi Republic / Российская академия наук, Уральское отделение, Коми научный центр, Институт биологии ; под ред. Г. М. Козубова, А. И. Таскаева. – М. : Дизайн. Информация. Картография, 1999. – 331 с.
8. Чиркова, Н. Ю. Эколого-биологическая и ресурсная характеристика ценопопуляций *Vaccinium vitis-idaea* L. в условиях южнотаёжных лесов Кировской области : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Н. Ю. Чиркова ; Вятская государственная сельскохозяйственная академия, Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова. – Киров, 2008. – 217 с.
9. Егошина, Т. Л. Эколого-биологическая и ресурсная характеристика ценопопуляций *Vaccinium vitis-idaea* L. в условиях южнотаёжных лесов Пермского края : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Т. Л. Егошина ; Перм. гос. пед. ун-т. – Пермь, 2005. – 182 с.
10. Шаврина, Е. В. Эколого-фитоценологические особенности брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.) и черники (*Vaccinium myrtillus* L.) и прогнозирование заготовок лекарственного сырья в лесах Архангельской области : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Е. В. Шаврина ; ЛГУ. – Архангельск, 1988. – 21 с.
11. Цыганов, Д. Н. Фитоиндикация режимов в лесах Европейской части СССР / Д. Н. Цыганов. – М. : Наука, 1983. – 197 с.
12. Миркин, Б. М. Курс общей экологии : учеб. пособие для студентов вузов / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова. – Уфа : Мир печати, 1998. – 264 с.
13. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Мир и семья-95, 1995. – 992 с.

E. I. Parshina

Syktvykar Forest Institute (branch) of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«St. Petersburg State Forest Technical University named after S. M. Kirov»

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF (*VACCINIUM VITIS-IDAEA*) L. HABITATS IN THE KOMI REPUBLIC USING D. N. TSYGANOV'S SCALES

The analysis of the ecological conditions of lingonberry growth in the forests of the Komi Republic was carried out. It was found that the regional conditions on most scales fit into the ecological amplitude of the species, but deviations were recorded on Tr and Nt, reflecting the regional specifics of habitats and requiring verification by independent methods.

Keywords: lingonberry, D. N. Tsyganov's scales, Komi Republic, ecology, resource science.

Е. И. Паршина, О. С. Путкова

Сыктывкарский лесной институт (филиал) Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова»

ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ И РЕСУРСНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БРУСНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*VACCINIUM VITIS-IDAEA* L.) В ПОДЗОНЕ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Целью настоящей работы является определение фитоценотической приуроченности *Vaccinium vitis-idaea* и оценка плотности запаса ее сырьевой надземной фитомассы (листья) в подзоне средней тайги Республики Коми. Проведенный первичный анализ данных показал, что в условиях Республики Коми вид является доминантом или субдоминантом травяно-кустарничкового яруса сосновых, еловых и березовых формаций. Величина воздушно-сухого сырья в исследуемых ценопопуляциях изменяется от 9,5 до 91,0 г/м².

Ключевые слова: лекарственные растения, брусника, Республика Коми, флора, продуктивность.

Среди лекарственных растений Республики Коми интерес представляет брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.), издавна используемая как мочегонное, спазмолитическое, дезинфицирующее и противовоспалительное средство [1; 2]. Последние исследования показали, что в листьях брусники содержатся высокие концентрации эссенциальных элементов таких как Mn, Ti, Zn, Ba, Ca, K, P, что несомненно отражает ценность и перспективность использования сырья при лечении микроэлементозов, изготовления препаратов оказывающих вяжущее и капилляроукрепляющее действие, повышающих эффективность антибиотиков и защитных сил организма, играющих важную роль при обеспечении функционирования сердечно-сосудистой системы, в процессах энергетического обмена веществ, контроле уровня холестерина [3; 4]. Кроме того, на современном рынке косметологии арбутин, содержащийся в листьях брусники, находит широкое применение как эффективный ингредиент в средствах по уходу за кожей, направленных на уменьшение темных пятен, гиперпигментации и неровного тона кожи [5].

К настоящему времени исследования эколого-фитоценотических особенностей *V. vitis-idaea*, оценки продуктивности ее надземной фитомассы (листья) в условиях подзоны средней тайги Республики Коми не проводились.

Для изучения распространения *V. vitis-idaea* на исследуемой территории, анализа распространения растительных сообществ с присутствием изучаемого вида были использованы собственные геоботанические описания и литературные источники (всего проанализировано 278 описаний). Описания растительных сообществ проводили согласно общепринятым геоботаническим методам [6; 7] на пробных площадях размером 20×20 м. Определение запасов надземного сырья (листья) брусники проводили методом проективного покрытия на 25 учетных площадках размером 1×1 м [8]. Все результаты были обработаны с использованием пакета программ MS Excel и STATISTICA.

Проведенный первичный анализ показал, что в условиях Республики Коми *V. vitis-idaea* является доминантом или субдоминантом травяно-кустарничкового яруса сосновых, еловых, березовых формаций и приурочен к ассоциациям: сосняк бруснично-лишайниковый, сосняк бруснично-долгомошный, сосняк бруснично-зеленомошно-лишайниковый, сосняк бруснично-зеленомошный, сосняк бруснично-разнотравно-зеленомошный, сосняк ерничково-зеленомошно-сфагновый, лиственничник бруснично-зеленомошный, лиственничник бруснично-хвощево-зеленомошный, ельник бруснично-зеленомошный, ельник бруснично-долгомошный, березняк бруснично-лишайниковый. Сомкнутость крон в указанных сообществах составляет от 0,3 до 0,7, почвы преимущественно подзолистые, глеево-подзолистые

песчаные и супесчаные, торфяно-подзолистые песчаные и сильно оподзоленные песчаные и супесчаные.

Наряду с другими видами *V. vitis-idaea* играет заметную ценоотическую роль в сосняках ерничко-зеленомошно-сфагновых и березняках луговиково-можжевельново-долгомошных (сомкнутость крон, соответственно, 0,4 и 0,5–0,6) на торфяно-подзолистых, торфяных и торфянисто-подзолисто-глееватых почвах. Заметную ценоотическую роль проявляет и в осинниках чернично-долгомошных с сомкнутостью крон 0,3–0,4.

В лесах лиственничной формации *V. vitis-idaea* не проявляет заметного участия в сложении травяно-кустарничкового яруса, за исключением лиственничников бруснично-зеленомошных (на скрыто-среднеподзолистых, легкого механического состава (пески, супеси) почвах с сомкнутостью крон – 0,5–0,6), лиственничников ерничко-зеленомошных (на развитых гумусированных суглинистых почвах, сомкнутость крон – 0,3–0,5), лиственничников бруснично-травяно-зеленомошных и кустарничково-зеленомошных (на хорошо гумусированных скрыто и неясноподзолистых супесчаных и суглинистых почвах, сомкнутость крон – 0,5–0,6).

В кедровых формациях вид не участвует в сложении травяно-кустарничкового яруса, за исключением ассоциаций кедровников бруснично-зеленомошных, в которых проявляет доминирующие позиции на слабо развитых щебенчатых или суглинистых супесчаных почвах с сомкнутостью крон 0,5–0,6 (в предгорных районах до 0,7). Проявляет себя как сопутствующий вид в кедровниках хвощево-долгомошных и встречается в небольшом количестве в кедровниках голубично-сфагновых, осоково-вейничково-сфагновых, хвощево-осоково-сфагновых и чернично-долгомошных.

Не входит в состав ассоциаций сероольшанников травянистых (за исключением сероольшаников звездчатковых на богатых почвах с сомкнутостью крон 0,3–0,8) и пихтовых формаций (за исключением пихтарников чернично-хвощево-зеленомошных, в которых на подзолистых со следами оглеения суглинистых избыточно увлажненных почвах с сомкнутостью крон не более 0,6 проявляет себя как сопутствующий вид).

С целью исследования ресурсных характеристик *V. vitis-idaea* было проведено определение величины надземной фитомассы (листья) в двух ценопопуляциях.

Первая ценопопуляция расположена в сосняке бруснично-зеленомошном (*Pinus sylvestris*-*Vaccinium vitis-idaea*-*Pleurozium* + *Hylocomium*). Древесный ярус сформирован *Pinus sylvestris* L., с примесью *Betula pubescens* Ehrh. и *Picea obovata* Ledeb. Степень сомкнутости крон 0,4–0,5. Подрост представлен преимущественно *Picea obovata*, редко – *Pinus sylvestris*, единично – *Betula pubescens*. Ярус подлеска представлен единичными экземплярами *Juniperus communis* L., *Sorbus aucuparia* L. Отмечен сухостой, поваленные деревья.

Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет от 45 % до 60 % (до 80 %). Доминирует *Vaccinium vitis-idaea* L. (неравномерное покрытие, пятнами с ПП от 10 до 60 %), сопутствующим видом является *Vaccinium myrtillus* L. К числу константных видов с низким обилием (5–10 %) относятся *Festuca ovina* L., *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin. Единично отмечены *Ledum palustre* L. (в пятнах до 5 %), *Antennaria dioica* (L.) Gaertn., *Calluna vulgaris*, *Carex globularis* L., *Empetrum nigrum* L., *Vaccinium uliginosum* L., *Lycopodium complanatum* L. Моховой покров неравномерный с ОПП от 60 до 80 % и представлен *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. Отмечены *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al., *Dicranum polysetum* (Mich.) Sw., *Sphagnum* sp. Участие лишайников незначительно (*Peltigera aphthosa* (L.) Willd., *Usnea* sp., *Parmelia* sp.).

Величина воздушно-сухого сырья в исследуемой ценопопуляции изменяется (с учетом проективного покрытия) от 13,0 до 70,2 г/м² при коэффициенте вариации (C_v) 41,8 % и в среднем составила 39,6±4,7 г/м².

Вторая ценопопуляция исследована в ельнике кустарничково-зеленомошном (*Piceeta fruticulosa-hylocomiosa*). В ярусе деревьев доминирует *Picea obovata* Ledeb. с примесью *Betula pubescens* Ehrh, *Pinus sylvestris* L. Сомкнутость крон 0,6–0,8. Подрост представлен доминированием *Picea obovata*. Подлесок редкий, сформирован единичными экземплярами *Sorbus aucuparia* L., *Juniperus communis* L., *Populus tremula* L. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет 60 % (до 80 %). Доминирует *Vaccinium vitis-idaea* L. (ПП 10–30 %) и *Vaccinium myrtillus* L. Константными с низким обилием являются *Carex globularis* L. (10 %), *Linnaea borealis* L. (5 %) *Avenella flexuosa* (L.) Drej. (3 %), единично – *Chamerion angustifolium* (L.) Holub, *Bistorta major* S. F. Gray, *Stellaria holostea* L., *Rubus idaeus* L. Мохово-лишайниковый ярус (ОПП 60 – 70 %) образован *Pleurozium schreberi* (Brid). Mitt (доминирует) и *Hylocomium splendens* (Hedw.). Внеярусная растительность представлена *Usnea* sp., *Parmelia* sp.

Величина воздушно-сухого сырья составила $36,4 \pm 4,0$ г/м² и варьирует (с учетом проективного покрытия) от 9,5 до 91,0 г/м² (C_v 61,5 %).

В рамках проведенного исследования нами не установлено достоверного отличия по продуктивности между исследуемыми ценопопуляциями ($P=0,6$). Однако отмечено, что выход массы сырья с 1 % проективного покрытия в ельнике кустарничково-зеленомошном выше ($P = 0,0$), чем в сосняке бруснично-зеленомошном.

Список использованных источников

1. Атлас лекарственных растений СССР : атлас географических карт / ред. Н. В. Цицин. – М. : Государственное издательство медицинской литературы, 1962. – 711 с.
2. Мартыненко, В. А. Лекарственные растения Коми АССР / В. А. Мартыненко ; Всесоюз. геогр. о-во. Коми филиал. – Сыктывкар : Коми кн. изд-во, 1964. – 44 с.
3. Белых, О. А. Исследование химического состава надземных органов брусники значение / О. А. Белых, Е. В. Чупарина // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2019. – Т. 9, № 1. – С. 118–124. – URL: http://journals.istu.edu/izvestia_biochemi (дата обращения: 02.04.2025).
4. Федосеев, А. П. Перспективы внедрения в медицинскую практику некоторых видов лекарственных растений Прибайкалья / А. П. Федосеев, Г. М. Федосеева, В. М. Мирovich, Е. Г. Горячкина, Г. И. Бочарова // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2001. – Т. 27, № 3. – С. 70–75.
5. Круглова, Л. С. Гиперпигментация кожи: современный взгляд на методы коррекции (часть 2) [Электронный ресурс] / Л. С. Круглова, Е. В. Иконникова // Российский журнал кожных и венерических болезней. – URL: <http://dx.doi.org/10.18821/1560-9588-2017-20-4-248-25> (дата обращения: 02.04.2025).
6. Миркин, Б. М. Фитоценология: принципы и методы / Б. М. Миркин, Г. С. Розенберг. – М. : Наука, 1978. – 211 с.
7. Шенников, А. П. Введение в геоботанику / А. П. Шенников. – Л. : ЛГУ, 1964. – 447 с.
8. Методика определения запасов лекарственных растений. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9032337?ysclid=m9zxs6re7759257370> (дата обращения: 02.04.2025).

E. I. Parshina, O. S. Putkova

Syktvykar Forest Institute (branch) of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov»

PHYTOCENOTIC OCCURRENCE AND RESOURCE CHARACTERISTICS OF LINGONBERRY (*VACCINIUM VITIS-IDAEA* L.) IN THE MIDDLE TAIGA SUBZONE OF THE KOMI REPUBLIC

The purpose of this work is to determine the phytocenotic occurrence of *Vaccinium vitis-idaea* and to estimate density of its raw aboveground phytomass (leaves) in the middle taiga subzone of the Komi Republic. The primary analysis of the data showed that in the conditions of the Komi Republic, the species is the dominant or subdominant of the grass-shrub layer of pine, spruce and birch formations. The value of air-dry raw material in the studied cenopopulations varies from 9.5 to 91.0 g/m².

Keywords: medicinal herbs, lingonberry, the Komi Republic, flora, productivity.

И. Н. Полина¹, М. В. Миронов¹, В. А. Белый²

¹Сыктывкарский лесной институт (филиал) Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова»

²Институт химии Коми научного центра Уральского отделения РАН

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМАССЫ *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN

Исследован состав продуктов окислительной термодеструкции топливных гранул из биомассы *Heracleum sosnowskyi* Manden, собранной в с. Вильгорт Республики Коми. Идентифицировано 39 низкомолекулярных соединений из 47 уловленных. Продукты деструкции сопоставимы с продуктами термического разложения лигноцеллюлозных материалов иного ботанического происхождения. Результаты применимы для оценки экологического влияния энергетического использования биомассы борщевика.

Ключевые слова: *Heracleum sosnowskyi* Manden, биомасса, топливные гранулы, окислительная термодеструкция, хромато-масс-спектрометрия, продукты деструкции, лигноцеллюлозное сырье

С позиции приоритетности высокой эколого-экономической эффективности растительное сырье зарекомендовало себя как эффективное энергетическое топливо. Пеллеты и брикеты прочно вошли в употребление став неотъемлемой частью топливно-энергетического комплекса страны, успешно решая экологические задачи деревообрабатывающей и сельскохозяйственной отраслей в контексте утилизации образующихся отходов. Универсальность технологии энергетического использования растительного сырья и его возобновляемость на фоне необходимости решения еще одной экологической задачи – использование борщевика Сосновского [1], может быть ограничена неблагоприятным воздействием продуктов горения на атмосферный воздух.

По этой причине исследование качественного и количественного компонентного состава продуктов окислительной термодеструкции топливных гранул из биомассы борщевика Сосновского является актуальным.

Топливные гранулы из измельченной биомассы борщевика Сосновского, запрессованные с усилием 10 кН, подвергались сжиганию в установке, состоящей из электрической трубчатой печи и криоловушки. Продукты окислительной термодеструкции анализировали на газо-жидкостном хроматографе с масс-селективным детектором GCMS-2010 plus, Shimadzu. Идентификацию компонентов осуществляли автоматически по аналогии с известными масс-спектрами образцов, заложенных в банк данных NIST 08. Компонентный состав смеси низкомолекулярных продуктов окислительной термодеструкции и их процентное содержание оценивали по времени удерживания и площади пиков ионной хроматограммы.

Всего уловлено 47 соединений, из которых 39 идентифицировано. Все соединения являются продуктами деструкции целлюлозы, гемицеллюлоз и лигнина. Анализ зависимости соединения–время удерживания показал, что в первую очередь деструкции подвергаются гемицеллюлозы и целлюлоза, а лигнин благодаря своей ароматической природе термически более стабилен. Термическая стабильность целлюлозы зависит от степени кристалличности и содержания низкомолекулярных полисахаридов и лигнина. Чем выше степень кристалличности, ниже степень делигнификации и содержание полисахаридов, тем выше термическая стабильность образца [2; 3; 4].

Химическая природа компонентов биомассы *Heracleum sosnowskyi* Manden безусловно предопределяет компонентный состав продуктов окислительной термодеструкции. 45 % всех уловленных соединений образуются вследствие деструкции гемицеллюлоз и целлюлозы, образуя в наибольшем количестве фуранкарбальдегид-3, 2-метилпропиловый эфир 2-метил-

пропановой кислоты, γ -кротонолактон, 2-гидроксиметилфуран, пентаналь и левоглюкозан и т. д. 49 % – приходится на продукты деструкции лигнина, в наибольшем количестве образуются сириггол, гваякол, 3,5-диметоксиацетофенон и 4-винилгваякол и т. д. На достоверность результатов идентификации указывает и рассчитанное соотношение основных мономерных структурных единиц лигнина G:S:H = 45.2:45.0:9.8.

Таким образом, определен качественный и количественный состав продуктов окислительной термодеструкции биомассы *Heracleum sosnowskyi* Manden методом хромато-масс-спектрометрии. Идентифицировано 39 (94,30 %) низкомолекулярных компонентов, являющихся продуктами деструкции гемицеллюлоз, целлюлозы и лигнина. В наибольшем количестве выявлены фуранкарбальдегид-3 (6,37 %), 2-метилпропиловый эфир 2-метилпропановой кислоты (4,94 %), γ -кротонолактон (4,38), 2-гидроксиметилфуран (4,24 %), пентаналь (3,43 %) и левоглюкозан (3,10 %), сириггол (11,98 %), гваякол (7,30 %), 3,5-диметоксиацетофенон (5,87 %) и 4-винилгваякол (4,95 %). Показано, что в первую очередь деструкции подвергаются гемицеллюлозы и целлюлоза, а лигнин является термически более стабильным [5]. Полученные данные имеют значение для оценки экологически безопасных направлений использования биомассы борщевика Сосновского как растительного сырья и могут учитываться при обосновании способов вовлечения инвазивной растительной массы в энергетическое использование.

Список использованных источников

1. Полина, И. Н. Термогравиметрическое и кинетическое исследование топливных гранул из биомассы *Heracleum sosnowskyi* Manden / И. Н. Полина, М. В. Миронов, В. А. Белый // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2021. – Т. 64, № 4. – С. 15–20. – DOI: 10.6060/ivkkt.20216404.6338.
2. Kinetic thermal degradation study of maize straw and soybean hull celluloses by simultaneous DSC–TGA and MDSC techniques / M. I. G. Miranda, C. I. D. Bica, S. M. B. Nachtigall [et al.] // *Thermochimica Acta*. – 2013. – Vol. 565. – P. 65–71. – DOI: 10.1016/j.tca.2013.04.012.
3. Термический анализ порошковых целлюлоз, полученных деструкцией сульфатной целлюлозы тетрагидридотитаном / С. В. Фролова, Л. А. Кувшинова, А. Ю. Бугаева, А. В. Кучин // *Химия растительного сырья*. – 2011. – № 1. – С. 43–46.
4. Структура и физико-химические свойства целлюлоз и нанокмпозитов на их основе / Л. А. Алешина [и др.]. – Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2014. – 240 с.
5. Исследование компонентного состава продуктов окислительной термодеструкции топливных гранул из биомассы *Heracleum sosnowskyi* Manden методом хромато-масс-спектрометрии / И. Н. Полина, М. В. Миронов, В. А. Белый, О. В. Броварова // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2022. – Т. 65, № 5. – С. 68–76. – DOI: 10.6060/ivkkt.20226505.6462.

I. N. Polina¹, M. V. Mironov¹, V. A. Belyy²

¹Syktvykar forest institute (branch) Federal state budgetary educational institution of higher education S. M. Kirov Saint-Petersburg state forest-technical university (SFI (branch) FSBEI HE S-PbFTU names of S. M. Kirov)

²Institute of chemistry of Komi scientific center of Ural branch of RAS

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF ENERGY UTILIZATION OF BIOMASS *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN

The composition of oxidative thermal degradation products of fuel pellets made from *Heracleum sosnowskyi* Manden biomass collected in Vylgort, Komi Republic, was studied. Thirty-nine low-molecular-weight compounds out of 47 captured products were identified. The degradation products were comparable to those formed during thermal decomposition of lignocellulosic materials of different botanical origin. The results can be used to assess the environmental impact of hogweed biomass energy use.

Keywords: *Heracleum sosnowskyi* Manden, biomass, fuel pellets, oxidative thermal degradation, gas chromatography-mass spectrometry, degradation products, lignocellulosic raw material.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВИДОВОГО СОСТАВА ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕРА КАМЕНКА (ГРОДНЕНСКИЙ РАЙОН)

Представлены результаты исследования фитопланктона озера Каменка (Гродненский район) в вегетационный период 2025 года. Выявлено 34 вида водорослей из 5 отделов. Основу флористического разнообразия составляют диатомовые (*Bacillariophyta* – 40,8 %) и зеленые (*Chlorophyta* – 17,6 %). Сезонная динамика видового разнообразия характеризуется двумя пиками – весенним (май) и осенним (сентябрь). Отсутствие массового развития цианобактерий может свидетельствовать об умеренном трофическом статусе водоема.

Ключевые слова: фитопланктон, озеро Каменка, сезонная динамика, видовой состав, диатомовые водоросли.

Фитопланктон является важнейшим компонентом водных экосистем, чутко реагирующим на изменения факторов среды. По видовому флористическому разнообразию и по динамике видового состава фитопланктона можно судить о качестве воды в исследуемой водной экосистеме [1]. В условиях возрастающей антропогенной нагрузки на водные объекты изучение закономерностей формирования и сезонной динамики фитопланктонных сообществ становится особенно актуальным.

Озеро Каменка расположено в Гродненском районе (Коптёвский сельсовет) в 1,5 км к северо-востоку от деревни Каменка. Водоем был создан искусственно путем подпора русла реки Каменка, о чем свидетельствует его правильная форма и наличие плотины. Однако на топографических картах он традиционно именуется озером. Площадь зеркала составляет около 0,12 км²; глубина – до 2–3 м.

Пробы фитопланктона отбирали в северо-восточной части озера с мая по сентябрь 2025 г. с периодичностью 14–16 дней. Отбор проводили с толщи воды в пластиковые бутылки объемом 1 л. Фиксацию проб осуществляли раствором Уотермея, концентрирование – осадочным методом [2]. Идентификацию видов проводили под микроскопом при увеличении ×600 с использованием определителей, систематический список составляли в соответствии с «Таксономическим каталогом» [3].

В результате обработки 9 проб идентифицировано 34 вида водорослей из 5 отделов: *Bacillariophyta* (20 видов), *Chlorophyta* (6 видов), *Euglenophyta* (4 вида), *Cyanophyta* (3 вида), *Xanthophyta* (1 вид). Основу флористического разнообразия создавали диатомовые (*Bacillariophyta* – 40,8 %) и зеленые (*Chlorophyta* – 17,6 %). Таксономический анализ показал, что ведущими семействами являются *Fragilariaceae* (6 видов) и *Naviculaceae* (5 видов), родами – *Navicula* (5 видов) и *Cymbella* (3 вида).

Сезонная динамика характеризовалась двумя пиками: поздневесенним (май) и раннеосенним (сентябрь). Весенний фитопланктон представлен диатомовыми (12 видов) и зелеными (5 видов); цианобактерии были представлены 2 видами.

Летний комплекс (июнь–июль) характеризовался снижением числа диатомовых (июнь – 1 вид, июль – 0) и увеличением доли эвгленовых (*Euglenophyta*) в июле (4 вида). Цианобактерии присутствовали в пробах в количестве 2–3 видов, «цветения» не наблюдалось. При этом не наблюдали летом классического увеличения видового разнообразия *Chlorophyta*, что может быть следствием облачной и дождливой погоды. Общее число видов фитопланктона в июне – 10, в июле – 8.

В конце августа наблюдаем рост видового разнообразия до 17 видов (в основном, за счет диатомовых водорослей). В сентябре нами уже выявлен 21 вид водорослей в планктоне озера Каменка. Зеленые водоросли в этот период представлены единичными экземплярами.

Сравнение полученных данных с результатами исследований других водоемов Гродненского района показывает некоторые отличия в сезонной сукцессии. Так, в озере Белое [4], расположенном в том же районе, отмечены весенний пик диатомовых и летнее доминирование

ние зеленых водорослей и цианобактерий. Не совсем типичное снижение видового разнообразия летнего фитопланктона в озере Каменка может являться следствием погодных условий летом 2025 года или характерной чертой этого водоема, что, несомненно, требует дальнейших исследований. Присутствие в пробах эвгленовых водорослей (*Euglena*, *Phacus*) может свидетельствовать о локальном органическом загрязнении, что согласуется с данными по прудам Коптевского сельсовета [5].

Таким образом, в фитопланктоне озера Каменка выявлено 34 видов водорослей, относящихся к 5 отделам, 10 классам, 17 порядкам, 28 семействам, 37 родам. Основу флористического разнообразия составляют отделы *Chlorophyta* (6 видов, 17,6 %) и *Bacillariophyta* (20 видов, 58,8 %). Сезонная динамика видового разнообразия характеризуется двумя пиками: весенним и осенним. Летний период (июнь – июль) характеризуется снижением числа видов до 8–10, что связано с неблагоприятными погодными условиями (дождливое лето) и выпадением из состава диатомовых водорослей. Основу флористического разнообразия составляют диатомовые и зеленые водоросли. Наиболее насыщенными видами семействами являются *Fragilariaceae* (6 видов) и *Naviculaceae* (5 видов), родами – *Navicula* (5 видов) и *Cymbella* (3 вида). Отсутствие массового развития цианобактерий в летний период может свидетельствовать об умеренном трофическом статусе водоема.

Список использованных источников

1. Трифонова, И. С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона / И. С. Трифонова ; отв. ред. И. Н. Николаев; Акад. наук СССР, Ин-т озераведения. – Л. : Наука. Ленинград. отд-ние, 1990. – 182 с.
2. Садчиков, А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона : методическое руководство / А. П. Садчиков. – М. : Университет и школа, 2003. – 157 с.
3. Михеева, Т. М. Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог / Т. М. Михеева. – Минск : БГУ, 1999. – 396 с.
4. Прибыловская, Н. С. Сезонные изменения фитопланктона озера Белое (Гродненский район) / Н. С. Прибыловская, Ж. А. Булак // Актуальные проблемы экологии : сб. науч. ст. по материалам IX Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 24–26 окт. 2013 г. – Гродно : ГрГУ, 2013. – С. 45 – 48.
5. Гресь, Я. А. Фитопланктон прудов Коптевского сельсовета (Гродненский район) / Я. А. Гресь, Т. А. Селевич // Студенческая наука – 2024 : материалы 79-й студ. науч.-практ. конф. – Гродно : ГрГУ, 2024. – С. 112 – 114.

D. A. Popko, N. S. Pribylovskaya
Yanka Kupala State University of Grodno

SEASONAL CHANGES IN THE PHYTOPLANKTON SPECIES COMPOSITION OF LAKE KAMENKA (GRODNO DISTRICT)

The results of a phytoplankton study of Lake Kamenka (Grodno District) during the 2025 growing season are presented. Thirty-four algal species from five phyla were identified. Diatoms (*Bacillariophyta* – 40,8 %) and green algae (*Chlorophyta* – 17,6 %) constitute the bulk of the floristic diversity. Seasonal dynamics of species diversity are characterized by two peaks: spring (may) and autumn (september). The absence of widespread cyanobacterial growth may indicate a moderate trophic status of the reservoir.

Keywords: phytoplankton, Lake Kamenka, seasonal dynamics, species composition, diatoms.

УДК 58.01/.07

О. С. Рымша

Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИТОЦЕНОЗОВ НИЗИННЫХ БОЛОТ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МЕХАНИЗИРОВАННОГО КОШЕНИЯ

Приведены данные по видовому разнообразию фитоценозов на участках низинного болота Споровское под влиянием механизированного кошения и в контроле. На контрольном участке (SP1-2) за 2016–2025 гг. выявлено значимое снижение индекса Шеннона ($R^2 = 0,92$, $p = 0,0027$) и индекса выравненности. На косимом участке (SP7-2) разнообразие оставалось стабильным, а индекс Шеннона во все годы превышал контрольные

значения. Показано постепенное увеличение количества лугово-болотных видов растений под действием кошения. Результаты свидетельствуют о стабильности структуры сообществ под влиянием кошения.

Ключевые слова: видовое разнообразие, низинные болота, механизированное кошение, индекс Шеннона, болото Споровское.

Введение. Низинные травяные болота Беларуси – это ценные природные комплексы, играющие ключевую роль в поддержании биоразнообразия, углеродного и водного баланса. В настоящее время данные экосистемы активно зарастают древесно-кустарниковой растительностью, так как происходит нарушение гидрологического режима, прекращение традиционного сенокоса и выпаса скота, а также естественные сукцессионные процессы, направленные на формирование лесной растительности на открытых участках. Как следствие, происходит исчезновение местообитаний редких и охраняемых видов флоры и фауны. Для устойчивого управления экосистемами низинных травяных болот применяются такие методы, как механизированное кошение, контролируемое выжигание, удаление древесно-кустарниковой растительности и восстановление гидрологического режима [1; 2].

Материалы и методы. Цель – сравнительный анализ эколого-ценотических групп и индексов видового разнообразия и богатства на косимом (SP7-2) и контрольном участках (SP1-2) в центральной части поймы болота Споровское. Использованы данные 2025 г. и архивные материалы за 2016–2018, 2020, 2021 гг. На постоянных пробных площадях (10×10 м) в 15 учетных площадках (1×1 м) определяли видовой состав и проективное покрытие [3]. Индексы Шеннона, Симпсона и выравненности рассчитаны в PAST 4.11 [4], эколого-ценотические группы – по Цвелеву [5]. Статистическую обработку (линейная регрессия, тест Манна–Кендалла) выполняли в R [6] с использованием пакета ggtext. Различия считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. На контрольном участке (SP1-2) индекс Шеннона значительно снизился с 2,184 (2016 г.) до 1,070 (2025 г.) ($R^2 = 0,92$, $p = 0,003$; $\tau = -0,87$), а также индекс выравненности – с 0,444 до 0,265 ($R^2 = 0,76$, $p = 0,024$; $\tau = -1,00$). Индекс Симпсона статистически значимо вырос с 0,222 до 0,603 ($R^2 = 0,87$, $p = 0,007$; $\tau = +0,87$), что указывает на олигодоминантность и снижение видового разнообразия. На участке с кошением (SP7-2) все три индекса оставались стабильными без значимых трендов ($p > 0,05$), а значения индекса Шеннона во все исследуемые сезоны выше относительно контрольного участка. Видовое богатство на контрольном участке (SP1-2) снизилось с 21 вида в 2016 г. до 16 видов в 2025 г., тогда как на косимом участке (SP7-2) оно оставалось стабильным (20–25 видов). Это согласуется с динамикой индекса Шеннона и указывает на стабильность видового богатства при регулярном кошении.

Таблица 1 – Значения индексов видового разнообразия и богатства на исследуемых ППП

Параметр	SP1(контроль)						SP7 (кошение)					
	2016	2017	2018	2020	2021	2025	2016	2017	2018	2020	2021	2025
Индекс Шеннона (H')	2,184	2,099	1,834	1,376	1,484	1,070	2,251	2,444	2,509	1,907	2,622	1,892
Видовое богатство, R/100 м ²	21	20	20	13	14	16	20	24	25	21	25	25
Индекс доминирования Симпсона (D)	0,222	0,276	0,363	0,533	0,498	0,603	0,185	0,162	0,151	0,253	0,133	0,242
Индекс выравненности (E)	0,444	0,408	0,329	0,305	0,294	0,265	0,475	0,480	0,492	0,321	0,551	0,442

Эколого-ценотическая структура в контроле стабильна: доминируют прибрежно-болотные виды (52,6–58,3 %), болотные – 13,3–15,8 %, сорные отмечены эпизодически (до 7,7 %). На участке с кошением доля прибрежно-болотных видов растений снизилась с 52,6 % до 40,0 %, а лугово-болотных выросла с 15,8 % до 26,7 %.

Таблица 2 – Доля участия эколого-ценотических групп на исследуемых ППП

	Доля эколого-ценотических групп, %											
	2016	2017	2018	2020	2021	2025	2016	2017	2018	2020	2021	2025
	SP1-2 (контроль)						SP7-2 (кошение)					
Прибрежно-болотная	57,9	52,6	52,6	53,8	53,3	58,3	52,6	45,5	52,2	52,6	47,8	40,0
Лугово-болотная	10,5	10,5	10,5	7,7	13,3	8,3	15,8	13,6	17,4	10,5	17,4	26,7
Болотная	15,8	15,8	15,8	15,4	13,3	16,7	10,5	4,5	13,0	15,8	13,0	13,3
Болотно-лесная	10,5	15,8	10,5	15,4	13,3	8,3	15,8	18,2	13,0	15,8	17,4	20,0
Прибрежно-водная	5,3	5,3	5,3	-	-	8,3	-	-	-	5,3	4,3	-
Прибрежно-луговая	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3	-	-	-
Сорная	-	-	5,3	7,7	6,7	-	5,3	18,2	-	-	-	-

Таким образом, в отсутствие кошения происходит снижение видового разнообразия и богатства, а также отмечается олигодоминантность, тогда как ежегодное кошение стабилизирует структуру сообщества и способствует увеличению доли лугово-болотных видов. Это согласуется с данными о том, что удаление биомассы снижает конкуренцию доминантов, уменьшает подстилку и улучшает световые условия, создавая возможности для менее конкурентоспособных видов [7; 8].

Заключение. За исследуемый период (2016–2025 гг.) на контрольном участке (SP1-2) отмечено снижение индекса Шеннона (H) (с 2,18 до 1,07), рост индекса доминирования Симпсона (D) (с 0,22 до 0,60) и снижения меры выравненности (E) (с 0,44 до 0,27), что указывает на доминирование одного-двух видов растений. На участке, где проводят мероприятия по кошению (SP7-2) показатели индексов остаются стабильными. Доля прибрежно-болотных видов растений снизилась с 52,6 % до 40,0 %, лугово-болотных – выросла с 15,8 % до 26,7 %. Таким образом, механизированное кошение эффективно предотвращает зарастание, поддерживает фиторазнообразие и стабильность структуры растительных сообществ⁵.

Список использованных источников

1. Скарбы прыроды Беларусі – Treasures of Belarusian Nature: Тэрыторыі, якія маюць міжнароднае значэнне для захавання біял. разнастайнасці / А. В. Казулін, В. Ч. Дамброўскі, У. В. Іваноўскі [і інш.]. – 2-е выд., перапрац., дап. – Мн. : Беларусь, 2005. – 215 с.
2. Методические рекомендации по повышению экологической эффективности мероприятий по управлению экосистемами низинных болот / Д. Г. Груммо, М. В. Максименков, А. В. Козулин [и др.] ; НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси. – Минск, 2022. – 44 с.
3. Ипатов, В. С. Описание фитоценоза: Методические рекомендации / В. С. Ипатов, Д. М. Мирин. – СПб. : СПбГУ, 2008. – 71 с.
4. Hammer, O. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis / O. Hammer, D. A. T. Harper, P. D. Ryan // Paleontological Electronica. – 2001. – Vol. 4, № 1. – P. 9.
5. Цвелев, Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области) / Н. Н. Цвелев. – СПб. : С.-Петерб. гос. хим.-фармацевт. акад., 2000. – 781 с.
6. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Foundation for Statistical Computing. – 2025. – URL: <https://www.R-project.org> (дата обращения: 25.05.2026).
7. Kołos, A. Mowing may bring about vegetation change, but its effect is strongly modified by hydrological factors / A. Kołos, P. Banaszuk // Wetlands Ecology and Management. – 2018. – Vol. 26. – P. 879–892.
8. Middleton, B. A. Biodiversity management of fens and fen meadows by grazing, cutting and burning / B. A. Middleton, B. Holsten, R. van Diggelen // Applied Vegetation Science. – 2006. – Vol. 9. – P. 307–316.

⁵Автор выражает искреннюю благодарность д-ру биол. наук Д. Г. Груммо, канд. биол. наук Н. А. Зеленкевич, Е. В. Мойсейчик, Д. Ю. Жилинскому, канд. биол. наук Р. В. Цвирко, д-ру биол. наук О. В. Созинкову за предоставление фондовых материалов лаборатории геоботаники и картографии растительности, а также за помощь в полевых исследованиях и обработке данных.

STRUCTURAL CHANGES IN MARSH PHYTOCOENOSES UNDER THE IMPACT OF MECHANIZED MOWING

The paper presents data on the species diversity of phytocoenoses in areas of the Sporovskoye marsh under the influence of mechanized mowing and in the control. In the control plot (SP1-2), a significant decrease in the Shannon index ($R^2 = 0.92$, $p = 0.0027$) and the evenness index was revealed for the period 2016–2025. In the mown plot (SP7-2), diversity remained stable, and the Shannon index exceeded the control values in all years. A gradual increase in the number of meadow-marsh plant species under the effect of mowing is shown. The results indicate the stability of the community structure under the influence of mowing.

Keywords: species diversity, marshes, mechanized mowing, Shannon index, Sporovskoye marsh.

УДК 57:581.9

А. И. Садковская^{1,2}, О. В. Созинов²

¹Белорусский государственный университет,

²Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

РЕАКТИВНОСТЬ И ПОРОГ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ *VACCINIUM VITIS-IDAEA* (БРУСНИКИ) В КУЛЬТУРАХ СОСНЯКА МШИСТОГО

Проведены многолетние мониторинговые геоботанические и ресурсоведческие исследования *Vaccinium vitis-idaea* в культурах сосняка мшистого Гродненской пуши (Беларусь). По реактивности и порогу чувствительности по проективному покрытию *Vaccinium vitis-idaea* в сосняках мшистых I–V классов возраста древостоя искусственного происхождения определен синэкологический оптимум по освещенности: сквозистость полога древостоя – 21–42 %.

Ключевые слова: брусника, *Vaccinium vitis-idaea*, сосняк мшистый, реактивность вида, порог чувствительности, *Pinetum pleuroziosum*.

Vaccinium vitis-idaea L. (брусника) – вечнозеленый кустарничек, с ползучим горизонтальным корневищем и прямостоячими ветвистыми стеблями [1]. Экологическая амплитуда распространения данного вида очень широка, особенно по отношению к влаге от светлых хвойных и смешанных лесов доверховых болот на кочках. Конкурентоспособна на бедных сильнокислых лесных почвах. *V. vitis-idaea* выступает эдификатором и доминантом напочвенного покрова в сосновых лесах, которые являются преобладающими на территории Республики Беларусь [2]. Данный вид является ценным дикорастущим ягодным и лекарственным растением для нашей страны [3].

Одним из способов, способствующих выявлению влияния экологических факторов на обилие *V. vitis-idaea* является определение реактивности (изменение признака на единицу изменения экологического фактора) и порога чувствительности (разница в значениях экологического фактора, которую вид способен различить, изменив значение признака) [4].

Мониторинговые ресурсоведческие изыскания и геоботанические описания фитоценозов с участием *V. vitis-idaea* проводили на территории Гродненской Пуши (Августовское лесничество Гродненского лесхоза, Беларусь, UTM: 34UFE₃) во второй половине августа 2018–2022 гг. на возрастном градиенте культур сосняка мшистого (A₂) (*Pinetum pleuroziosum*). Исследования осуществляли в пределах пробных площадей по 400 м² ($n = 68$) в пяти классах возраста древостоя сосняков мшистых: I (6, 18, 19 лет), II (28, 28 лет), III (51, 56 лет), IV (62, 66, 80, 82, 82 лет), V (82, 88, 92 лет). Средний возраст древостоя определяли в 2020 году на 33 пробных площадях при помощи приростного бура Пресслера на высоте 1,3 м: по одному керну из 20 деревьев *Pinus sylvestris* L. (сосна обыкновенная) в средневозрастных, приспевающих и перестойных древостоях. Всего отобранных кернов 534. В молодняках керны древесины не отбирали, а возраст деревьев определяли по количеству мутовок (+2 года). На учётных площадках (1 м², $n = 1360$ на 68 пробных площадях) глазомерно определяли проективное покрытие (%) *V. vitis-idaea*.

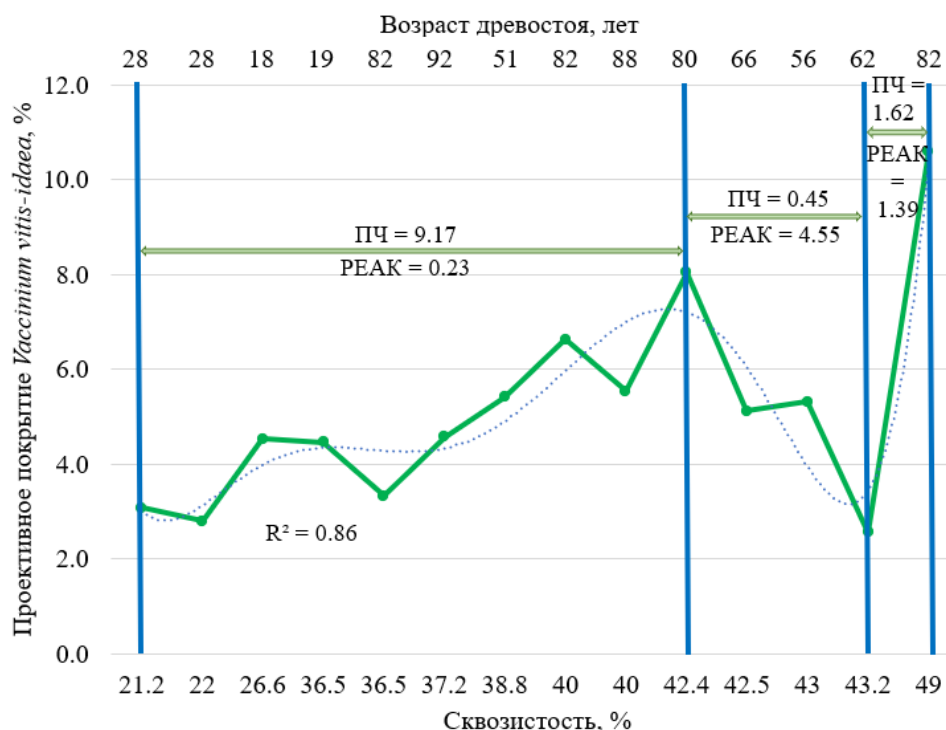
Сквозистость полога древостоя определяли по фотографиям с помощью смартфона методом конверта (в 5 точка: четырёх углах и по центру пробной площади) при помощи программы ImageJ[5].

Оценку реактивности и порога чувствительности *V. vitis-idaea* по обилию оценивали по [4]. Для оценки реактивности и порога чувствительности *V. vitis-idaea* из анализа исключено сообщество с возрастом древостоя 6 лет. Данное сообщество сформировано на месте сплошной рубки и за мониторинговый период *V. vitis-idaea* в значительной степени выгорела из-за действия сильной инсоляции.

В результате анализа полученных данных определены реактивность и порог чувствительности *Vaccinium vitis-idaea* по проективному покрытию на градиентах сквозистости полога культуры сосняка мшистого разных классов возраста (рисунок). Установлено, что диапазон сквозистости 21,2–42,4 % характеризуется минимальной реактивностью и максимальным порогом чувствительности. Это согласуется с концепцией В. С. Ипатова и Л. А. Кириковой [4] о близости данных условий к синэкологическому оптимуму вида, что также подтверждается нашими наблюдениями 2018–2019 гг. [4]. При росте сквозистости до 42,4–43,2 % зафиксирован резкий скачок реактивности (до 4,55 %) на фоне падения порога чувствительности (до 0,45 %). Дальнейшее осветление полога до 49 % приводит к снижению реактивности до 1,39 и незначительному росту порога чувствительности (до 1,62).

Сквозистость 21,2–42,4 %, на наш взгляд, является диапазоном синэкологического оптимума для *V. vitis-idaea*. Схожий диапазон оптимальной сквозистости для *V. vitis-idaea* нами отмечен в 2018 и 2019 годах в тех же фитоценозах [6].

Таким образом, в культурах сосняка мшистого Гродненской Пуши сквозистость полога древостоя 21–42 % формирует условия близкие синэкологическому оптимуму *V. vitis-idaea*, что подтверждают минимальные значения реактивности (0,23 %) и высокий порог чувствительности (9,17 %) ценопопуляций (по проективному покрытию). Субоптимальные условия для *V. vitis-idaea* характерны при сквозистости полога древостоя более 42 %.



Примечания: ПЧ – порог чувствительности, РЕАК – реактивность, R^2 – коэффициент детерминации

Рисунок – Изменчивость проективного покрытия *Vaccinium vitis-idaea* на градиенте освещённости в культурах сосняка мшистого

Список использованных источников

1. Чиркова, Н. Ю. Демографические характеристики ценопопуляций *Vaccinium vitis-idaea* L. в условиях южнотаежных лесов Кировской области / Н. Ю. Чиркова, Т. Л. Егошина // Вестн. ОУГ. – 2007. – № 12. – С. 96–101.
2. Морозов, О. В. Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.) сосновых лесов Беларуси / О. В. Морозов ; под ред. Ж. А. Рупасовой. – Минск : Право и экономика, 2006. – 114 с.
3. Государственная фармакопея Республики Беларусь. Общие и частные фармакопейные статьи. Разработан на основе Европейской Фармакопеи / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Респ. унитар. предприятие «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении». – Минск, 2007. – Т. II. – 471 с.
4. Ипатов, В. С. Реактивность и чувствительность видов к экологическим факторам / В. С. Ипатов, Л. А. Кирикова // Ботанический журнал. – 2001. – Т. 86, № 3. – С. 80–86.
5. ImageJ. – URL: <https://imagej.net/ij/> (дата обращения: 21.01.2026).
6. Садковская, А. И. Реактивность и порог чувствительности *Vaccinium vitis-idaea* в разновозрастных сообществах сосняка мшистого (заказник «Гродненская пуца») / А. И. Садковская // Наука – 2020 [Электронный ресурс] : сб. науч. ст./ ГрГУ им. Янки Купалы; редкол.: Ю. Я. Романовский (гл. ред.), А. С. Горный (зам. гл. ред.) [и др.]. – Объём электрон. дан. 12,0 Мбайт. – 73,0 уч.-изд. л. – Гродно : ГрГУ, 2020. – С. 27–30.

A. I. Sadkovskaya^{1,2}, O. V. Sozinov²

¹Belarusian State University

²Yanka Kupala State University of Grodno

REACTIVITY AND SENSITIVITY THRESHOLD OF VACCINIUM VITIS-IDAEA (COWBERRIES) IN THE CULTURES OF PINE FOREST WITH MOSSES

Long-term monitoring geobotanical and resource studies of *Vaccinium vitis-idaea* in pine forests with mosses of Grodno Forest (Belarus) have been conducted. The synecological optimum in terms of illumination was determined by the reactivity and sensitivity threshold for the projective cover of *Vaccinium vitis-idaea* in pine forests with mosses of grades I–V of the age of the stand of artificial origin. The draughtiness of the canopy of the stand is 21–42 %.

Keywords: lingonberry, *Vaccinium vitis-idaea*, pine forests with mosses, species reactivity, sensitivity threshold, Pinetum pleuroziosum.

УДК 547.1:[581.132:582.091/.095]

Е. Г. Тюлькова, Е. В. Лашкина

Гомельский государственный медицинский университет

ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПАРАМЕТРЫ АКТИВНОСТИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА В ЛИСТЬЯХ САЖЕНЦЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

В результате исследований установлено, что на всех этапах обработки смесью о-ксилола и бутилацетата наиболее устойчивыми видами явились береза повислая и клен остролистный, флуоресцентные параметры которых незначительно отличались от контроля. Липа мелколистная и особенно тополь пирамидальный были наиболее подвержены влиянию смеси.

Ключевые слова: о-ксилол, бутилацетат, береза повислая, клен остролистный, тополь пирамидальный, липа мелколистная, фотосинтетический аппарат.

Введение. Современное состояние окружающей природной среды в промышленно развитых регионах и городах отличается техногенным загрязнением, которое зачастую превышает допустимые гигиенические нормы. Актуальность исследований обусловлена тем, что совместное наличие органических соединений в составе техногенных выбросов промышленных предприятий может усиливать или, наоборот, ослабевать действие друг друга, что необходимо учитывать при оценке состояния загрязнения окружающей среды. Цель работы – проанализировать изменение параметров флуоресценции в листьях саженцев наиболее распространенных древесных растений при совместном воздействии отдельных летучих органических соединений на различных этапах эксперимента.

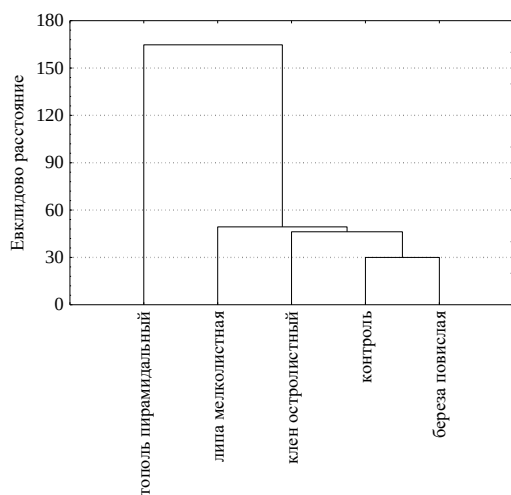
Материалы и методы исследований. Выбор березы повислой *Betula pendula* Roth., тополя пирамидального *Populus pyramidalis* Roz., клена остролистного *Acer platanoides* L.,

липы мелколистной *Tilia cordata* Mill. в качестве исследуемых объектов обусловлен широкой распространенностью растений в городских условиях. Использование смеси о-ксилола и бутилацетата обусловлено преобладающим количеством группы летучих органических соединений, представителями которой являются данные вещества, в выбросах отдельных промышленных предприятий г. Гомеля по сравнению с другими загрязняющими веществами. Листовые пластинки саженцев древесных растений обрабатывали водными растворами углеводов; используемые дозы углеводов рассчитывали исходя из установленных для атмосферного воздуха предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ [1].

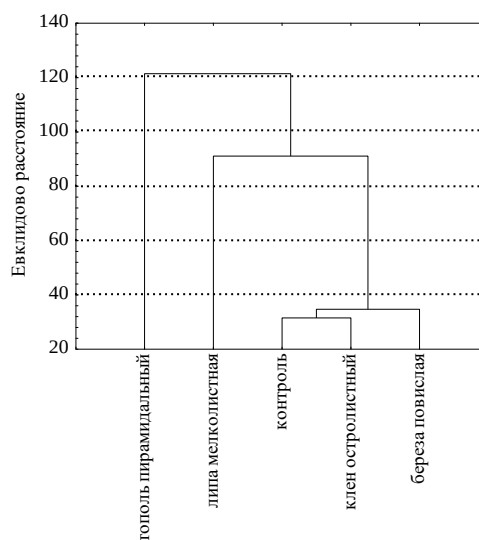
Активность функционирования фотосинтетического аппарата оценивали по параметрам флуоресценции хлорофилла и измеряли на флуориметре Dual-PAM 100 («Walz», Германия). Параметры флуоресценции хлорофилла $a \left(\frac{F_v}{F_m} \right)$ – потенциальный квантовый выход

фотохимических реакций фотосистемы II; $Y(II)$ – эффективный квантовый выход фотохимических реакций фотосистемы II; $ETR(II)$ – скорость фотосинтетического электронного транспорта; qN и qP – нефотохимическое и фотохимическое тушение флуоресценции; qL – количество открытых реакционных центров) определяли в трех биологических повторностях через один и три часа, одни и трое суток после однократной обработки саженцев древесных растений с помощью компьютерной программы.

Результаты исследования и их обсуждение. В целом через один, три часа и трое суток после обработки листовых пластинок наблюдалось одинаковая тенденция образования кластера наиболее устойчивых видов березы повислой и клена остролистного, флуоресцентные параметры которых незначительно отличались от контроля на этих этапах (рисунок 1), тогда как липа мелколистная и особенно тополь пирамидальный были наиболее подвержены влиянию смеси бутилацетата и о-ксилола в эти периоды.



а) через один час после обработки



б) через трое суток после обработки

Рисунок – Дендрограммы параметров активности фотосинтетического аппарата в листьях саженцев древесных растений после обработки смесью бутилацетата и о-ксилола

Через одни сутки наблюдалось резкое снижение величин флуоресцентных параметров липы мелколистной и образование двух достаточно устойчивых кластеров: береза повислая и контроль, а также клен остролистный и липа мелколистная. Тополь пирамидальный, в отли-

чие от березы повислой, характеризовался как вид, показатели флуоресценции которого были наиболее чувствительными к воздействию рассматриваемой смеси во всех случаях.

Совместная обработка смесью бутилацетата и о-ксилола обусловила возможность снижать токсическое влияние этих соединений по сравнению с их одиночным воздействием у березы повислой, клена остролистного и липы мелколистной в большинстве вариантов. У тополя пирамидального наблюдалось усиление влияния бутилацетата в присутствии о-ксилола и снижение активности о-ксилола при наличии бутилацетата.

Заключение. В результате эксперимента по обработке смесью летучих органических соединений листьев саженцев древесных растений установлено, что наиболее устойчивыми видами явились береза повислая и клен остролистный; липа мелколистная и особенно тополь пирамидальный были наиболее подвержены влиянию смеси.

Список использованных источников

1. Об утверждении гигиенических нормативов «Показатели безопасности и безвредности атмосферного воздуха»: постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 25.01.2021, № 37. – URL: <https://rspch.by/Docs/post-37-2021.pdf> (дата обращения: 20.07.2026).

E. G. Tyulkova, E. V. Lashkina
Gomel State Medical University

COOPERATIVE INFLUENCE OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS ON PARAMETERS OF PHOTOSYNTHETIC APPARATUS ACTIVITY IN LEAVES OF TREES PLANT SEEDLINGS

As a result of the research, it was found that at all stages of treatment with a mixture of o-xylene and butyl acetate, the most resistant species were hanging birch and holly maple, whose fluorescent parameters slightly differed from the control. Small-leaved linden and especially pyramidal poplar were the most affected by the mixture.

Keywords: o-xylene, butyl acetate, drooping birch, norway maple, pyramidal poplar, small-leaved linden, photosynthetic apparatus.

УДК 574.472,579.6,581.5,631.42,630*181,182

Л. Г. Ханина¹, М. В. Бобровский^{1, 2}

¹*Институт математических проблем биологии РАН –*

филиал Института прикладной математики имени М. В. Келдыша Российской академии наук

²*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения имени В. А. Ковды РАН,
ФИЦ «Пушкинский научный центр биологических исследований Российской академии наук»*

УВЕЛИЧЕНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ, БАКТЕРИЙ И ГРИБОВ НА ВЕТРОВАЛАХ В ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСАХ ЗАПОВЕДНИКА «КАЛУЖСКИЕ ЗАСЕКИ»

Выявлено значимое увеличение разнообразия растений, бактерий и грибов на валеже и в почве на участках массовых и единичных ветровалов заповедника «Калужские засеки».

Ключевые слова: старовозрастные леса, массовые и единичные ветровалы, флора, валеж, почва, секвенирование 16S рРНК и ITS 1-3.

Заповедник «Калужские засеки» создан в 1992 г. на территории Ульяновского района Калужской области (Россия) в целях сохранения и изучения уникальных старовозрастных широколиственных лесов на месте Заокской засечной черты, расположенной в северо-западной части Среднерусской возвышенности. На территории заповедника с момента его организации проводятся экологические исследования, посвященные разнообразным аспектам функционирования малонарушенных лесных сообществ [1]. Целью работ, проводимых с 2020 г., является исследование изменений характеристик валежа и почвы, динамики деструкторов в связи с массовыми и единичными ветровалами в многовидовых широколиственных лесах. Задачами

являлись (1) оценка скорости разложения валежа восьми видов деревьев (*Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Tilia cordata*, *Ulmus glabra*, *Acer platanoides*, *Populus tremula*, *Betula pendula* и *Picea abies*), (2) изменения физико-химических свойств древесины этих видов на пяти стадиях разложения, (3) изменения характеристик почв под валежом и рядом с валежом на массовых и единичных ветровалах (почвы Podzol, Retisol и Phaozem), (4) оценка динамики разнообразия микробиома валежа и почв на массовых и единичных ветровалах. Полевые исследования проводили на Южном участке заповедника, где находится как участок старовозрастного леса на покровных лёссовидных суглинках с многочисленными единичными вывалами деревьев, так и участки массового ветровала 2006 г., расположенные на суглинках и флювиогляциальных песках.

Исследования показали, что леса Калужских засек после массовых ветровалов достаточно быстро восстанавливают видовую структуру древесной синузии: в 2020 г. в подросте содоминировали *Acer platanoides*, *Tilia cordata* и *Populus tremula*. За 15 лет валеж потерял в среднем от 35 до 65 % массы [2; 3]. Потеря 90 % древесины происходит в интервале от 28 до 72 лет и сопровождается увеличением рН древесины, ростом содержания N, Mn, P, Cu, Zn и Ca [2; 4]. Более высокая скорость разложения показана для видов деревьев с рассеяннопористой древесиной (*Populus*, *Tilia*, *Betula*, *Acer*) по сравнению с видами с кольцесосудистой древесиной (*Ulmus*, *Fraxinus*, *Quercus*) [2]. Хвойный вид *Picea* по скорости разложения находится между этими двумя группами лиственных деревьев. Наличие валежа разных видов деревьев на разных стадиях разложения эффективно поддерживает циклы биофильных элементов [3; 5], статистически значимо увеличивает видовое и структурное разнообразие сосудистых видов растений [6] и ксилобионтных грибов [7]. Наличие крупного валежа и ветровально-почвенных комплексов, образованных в результате падения деревьев с выворачиванием корневой системы, значимо увеличивает общее разнообразие растительности за счет нетипичных для этих лесов видов растений – бореальных, нитрофильных и лугово-опушечных [6]. Профилирование бактериальных и грибных сообществ валежа и почвы при помощи секвенирования 16S рРНК и ITS 1-3 показало, что наличие стволов разных видов деревьев значимо увеличивает общее гамма-разнообразие сообществ деструкторов [8].

У всех рассмотренных видов деревьев наблюдалось значимое увеличение альфа-разнообразия грибного и бактериального сообществ между начальными и конечными стадиями разложения; практически у всех видов деревьев отмечался спад разнообразия исследуемых деструкторов на второй или третьей стадиях разложения. Упавшие стволы разных видов значимо увеличивали грибное разнообразие в почве всех типов и бактериальное разнообразие в суглинках [9]. При сравнении песчаных и суглинистых почв оказалось, что в подзолах наблюдались минимальные значения содержания бактериальной ДНК и минимальные значения гамма-разнообразия бактерий, но максимальные значения содержания грибной ДНК, особенно под валежными стволами. В суглинках наблюдались максимальные значения и содержания бактериальной ДНК, и гамма-разнообразия бактерий. Значимо более высокое разнообразие и бактерий, и грибов наблюдалось в фаоземах: максимальное содержание бактериальной ДНК наблюдалось на участках без крупного валежа, а гамма-разнообразие и грибов, и бактерий – под валежом крупных дубов.

Изучение многовидовых разновозрастных лесов, длительное время находящихся в спонтанном развитии без воздействий человека, позволяет получить знания о структуре и функционировании лесных сообществ, в наибольшей степени реализующих экосистемные функции; свидетельствует о высоком разнообразии различных групп биоты в этих лесах. Полученные результаты могут быть использованы при моделировании круговорота биофильных элементов в лесных экосистемах, для реализации целей углеродного регулирования экономики.

Список использованных источников

1. Восточноевропейские широколиственные леса / под ред. О. В. Смирновой. – М. : Наука, 1994.
2. Khanina, L. Wood decomposition, carbon, nitrogen, and pH values in logs of 8 tree species 14 and 15 years after a catastrophic windthrow in a mesic broad-leaved forest in the East European plain / L. Khanina, M. Bobrovsky, V. Smirnov, M. Romanov // *Forest Ecology and Management*. – 2023. – Vol. 545. – No. 121275.
3. Ханина, Л. Г. Динамика запасов биофильных элементов в валеже и почве после массового ветровала в широколиственном лесу на флювиогляциальных песках / Л. Г. Ханина, М. В. Бобровский, В. Э. Смирнов // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. – 2023. – № 62. – С. 29–52.
4. Khanina, L. G. The elemental composition of dead wood in different tree species and stages of decay in the broad-leaved forests of the Kaluzhskie Zaseki State Nature Reserve / L. G. Khanina, V. E. Smirnov, M. V. Bobrovskii // *Russian Journal of Ecology*. – 2023. – Vol. 54. – No. 7. – P. 658–670.
5. Ханина, Л. Г. Запасы углерода и азота в валеже и почве после единичных и массовых ветровалов в широколиственных лесах заповедника «Калужские засеки» / Л. Г. Ханина, М. В. Бобровский, В. Э. Смирнов // *Лесоведение*. – 2025. – № 5. – С. 576–591.
6. Khanina, L. G. Value of large *Quercus robur* fallen logs in enhancing the species diversity of vascular plants in an old-growth mesic broad-leaved forest in the Central Russian Upland / L. G. Khanina, M. V. Bobrovskii // *Forest Ecology and Management*. – 2021. – Vol. 491. – No. 119172.
7. Разнообразие ксилобионтных грибов на валеже в смешанном широколиственном лесу зависит от стадии разложения и видовой принадлежности упавших деревьев / Л. Г. Ханина, С. В. Волобуев, П. В. Шелякин [и др.] // *Математическое моделирование в экологии*. – Пущино : ФИЦ ПНЦБИ РАН, 2023. – С. 114–116.
8. Волобуев, С. Метагеномный анализ ксилобионтных грибов и бактерий в валежных стволах лиственных и хвойных деревьев разной степени разложения после массового ветровала в полидоминантном широколиственном лесу / С. Волобуев, П. Шелякин, М. Тутукина [и др.] // *Proc. of 11th MCCMB*. – М. : ИППИ РАН, 2023. – No. 147.
9. Changes in bacterial diversity and bacterial DNA load in the soil beneath deadwood of various tree species following windthrow in old-growth broadleaved forests / D. S. Savelyev, P. V. Shelyakin, M. N. Tutukina [et al.] // *Molecular Biology*, 2026. – Vol. 60, No. 4. – P. 589–603.

L. G. Khanina¹, M. V. Bobrovsky^{1,2}

¹Institute of Mathematical Problems of Biology of Russian Academy of Sciences

²V. A. Kovda Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science of RAS

INCREASED DIVERSITY OF VASCULAR PLANTS, BACTERIA, AND FUNGI IN WINDTHROW AREAS IN THE BROADLEAVED FORESTS OF THE «KALUZHSKIE ZASEKI» NATURE RESERVE

A significant increase in the diversity of plants, bacteria, and fungi was observed on coarse woody debris and in the soil in areas with mass and isolated windthrows within the «Kaluzhskie Zaseki» Nature Reserve.

Keywords: old-growth forests, mass and isolated windthrows, flora, coarse woody debris, soil, 16S rRNA and ITS 1-3 sequencing.

УДК 579.8+633.1:632.4

Е. А. Шляхотко¹, Л. И. Сапунова¹, Д. А. Давыденко²

¹Институт микробиологии НАН Беларуси

²Белорусский государственный технический университет

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МИЦЕЛИАЛЬНЫХ ГРИБОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ЗАРАЖЁННЫХ МИКОТОКСИНАМИ ОБРАЗЦОВ ЗЕРНА И КОМБИКОРМОВ

В результате исследования выявлено, что в содержащих микотоксины образцах зерна и комбикормов преобладают микромицеты отдела *Ascomycota*, порядков *Eurotiales* и *Hypocreales*, представленных родами *Penicillium*, *Aspergillus* и *Fusarium*. Доминирующим по количеству представленных видов является род *Penicillium*.

Ключевые слова: зерно, корма, микотоксины, мицелиальные грибы, идентификация.

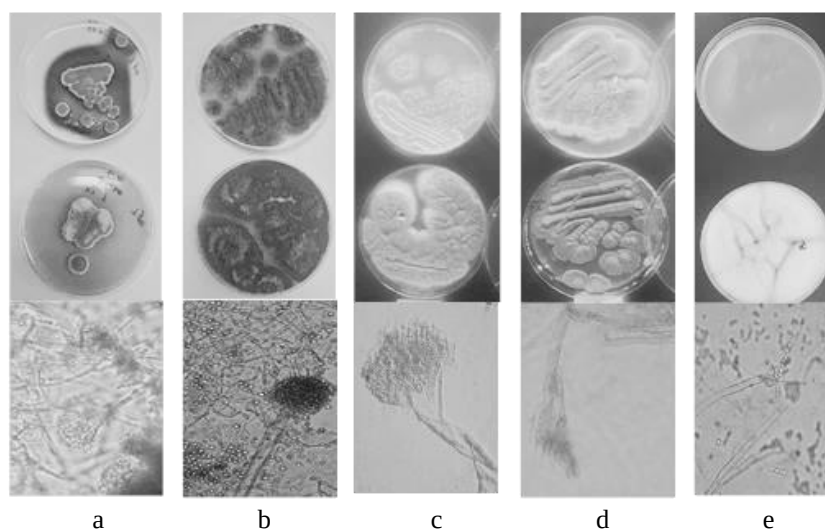
Введение. Микотоксины являются вторичными метаболитами грибов, которые вследствие своей токсичности для сельскохозяйственных животных и человека представляют серьезную угрозу безопасности пищевых продуктов и кормов. В соответствии с данными ФАО, около 25 % производимого в мире зерна содержит микотоксины [1]. В настоящее вре-

мя выявлено около 350 видов микромицетов, продуцирующих более 300 токсинов. Из них наиболее широко распространены и опасны афлатоксин, охратоксин А, Т-2-токсин, зеараленон, дезоксиниваленол (ДОН) и фузариозин [2]. В Беларуси максимально допустимые уровни их содержания нормированы техническими регламентами Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и 015/2011 «О безопасности зерна», ГОСТами и ТУ на различные виды кормов.

Целью настоящей работы явилось выделение из зерна и комбикормов чистых культур микроскопических грибов – возможных продуцентов микотоксинов и их идентификация.

Материалы и методы исследования. В работе использовали образцы зерна и кормов, в которых содержащиеся микотоксины приближались к верхней границе нормы или превышало ее. Количество охратоксина А, зеараленона, фузариозина, афлатоксина, токсина Т-2, дезоксиниваленола в исследуемых образцах определяли согласно [3]. Выделение чистых культур микроскопических грибов из образцов зерна и кормов осуществляли согласно [4–6]. Родовую принадлежность грибов определяли по морфологическим характеристикам колоний, строению мицелия и спорангиев с использованием определителей грибов [7–10], а также методом MALDI-TOF масс-спектропии их внутриклеточных белков.

Результаты и обсуждение. Проанализировано 26 образцов зерна и комбикормов на предмет содержания в них охратоксина А, зеараленона, фузариозина, афлатоксинов, токсина Т2, ДОН. Установлено, что в составе 35 % исследованных образцов содержание ДОН превышало предельно допустимую норму в 1,8–3,4 раза и в 5 % образцов – афлатоксина в 1,3–1,5 раза. Из исследованных образцов в чистую культуру выделено 82 изолята микромицетов, которые на основании анализа их культурально-морфологических особенностей и спектра внутриклеточных белков отнесены к порядкам *Eurotiales* (78 %), *Hypocreales* (8 %), *Hyphomicrobiales* (8 %), *Cladosporiales* (3 %) *Microascales* (3 %), *Mucorales* (3 %). Выделенные микромицеты предварительно идентифицированы как представители родов *Penicillium*, *Aspergillum*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Cladosporium* (рисунок). Наибольшим количеством видов в исследуемых образцах представлен род *Penicillium* (более 80 %). Полученные результаты позволяют предположить, что заражение микромицетами происходило как на этапе роста и развития зерновых культур (обнаружение в образцах микромицетов рода *Fusarium*), так и на этапе хранения зерна (преобладание представителей родов *Penicillium* и *Aspergillus*). Определение видовой принадлежности исследуемых изолятов будет продолжено с использованием современных методов идентификации [11].



a, d – род *Penicillium*, b, c – род *Aspergillus*, e – род *Fusarium*

Рисунок – Микромицеты, выделенные из образцов комбикормов

Заключение. В результате исследования в образцах зерна и комбикормов, зараженных микотоксинами, установлено преобладание микромицетов отдела *Ascomycota*, порядков *Eurotiales*, *Hypocreales* и представленных родами *Aspergillus*, *Fusarium* и *Penicillium* с доминированием количества последнего.

Дальнейшие исследования будут сосредоточены на оценке образования токсинов выделенными изолятами микроскопических грибов и определении их видовой принадлежности с использованием современных молекулярно-генетических методов анализа.

Список использованных источников

1. Монастырский, О. А. Микотоксины – глобальная проблема безопасности продуктов питания и кормов / О. А. Монастырский, М. Я. Искандеров // *Агрохимия*. – 2016. – № 6. – С. 67–71.
2. Микология с микотоксикологией. Основы ветеринарной микотоксикологии : учеб.-метод. пособие для студентов специальности «Ветеринарная медицина» / А. Г. Кошнеров [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2022. – 112 с.
3. ГОСТ 34108-2017. Определение содержания микотоксинов прямым твердофазным конкурентным иммуноферментным методом. – М. : Стандартинформ, 2017. – 23 с.
4. Методические указания к занятиям спецпрактикума по разделу «Микология. Методы экспериментального изучения микроскопических грибов» для студентов 4 курса дневного отделения специальности «Биология» / авт.-сост.: В. Д. Поликсенова, А. К. Храмов, С. Г. Пискун. – Мн. : БГУ, 2004. – 36 с.
5. ГОСТ 13496.6-71. Комбикорм. Метод выделения микроскопических грибов (с изменением № 1, 2). – М. : Стандартинформ, 2011. – 4 с.
6. ГОСТ 10444.12-2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. – М. : Стандартинформ, 2014. – 7 с.
7. Билай, В. И. Определитель токсинобразующих микромицетов / В. И. Билай, З. А. Курбацкая. – Киев : Наукова думка, 1990. – 236 с.
8. Билай, В. И. Аспергиллы / В. И. Билай, Э. З. Коваль. – Киев : Наукова думка, 1988. – 204 с.
9. Литвинов, М. А. Определитель микроскопических почвенных грибов (порядок *Moniliales*, за исключением подсемейства *Aspergillaceae*) / М. А. Литвинова. – Л. : Наука, 1967. – 304 с.
10. Identification and nomenclature of the genus *Penicillium* / C. M. Visagie, J. Houbraken [et al.] // *Studies in Mycology*. – 2014. – Vol. 78. – P. 343–371.
11. Шаров, Т. Н. Сравнительная характеристика методов типирования микроскопических грибов (обзор) / Т. Н. Шаров, М. А. Гришина, Г. А. Ткаченко, И. М. Шпак // *Проблемы медицинской микологии*. – 2012. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitel'naya-harakteristika-metodov-tipirovaniya-mikroskopicheskikh-gribov-obzor> (дата обращения: 15.04.2026).

Е. А. Shlakhoto¹, L. I. Sapunova¹, D. A. Davydenko²

¹Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus

²Belarusian State Technological University

IDENTIFICATION OF FILAMENTAL FUNGI ISOLATED FROM MYCOTOXIN-CONTAMINATED GRAIN AND FEED SAMPLES

The study revealed that mycotoxin-containing grain and feed samples were dominated by micromycetes of the phylum *Ascomycota*, orders *Eurotiales* and *Hypocreales*, represented by the genera *Penicillium*, *Aspergillus*, and *Fusarium*. The genus *Penicillium* was the most abundant.

Keywords: grain, feed, mycotoxins, mycelial fungi, identification.

РАЗДЕЛ 3.

УСТОЙЧИВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА

УДК 576.895.122:598.23(476)

Л. Н. Акимова

Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам»

БРЮХОНОГИЕ МОЛЛЮСКИ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ЦИРКУЛЯЦИИ ДИГЕНЕЙ (TREMATODA: DIGENEA), ПАРАЗИТИРУЮЩИХ У БАКЛАНОВ И ЦАПЕЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Баклан большой и два вида цапель (большая белая и серая) на территории Беларуси не обследовались на зараженность дигенейми. На территории Европы у данных видов рыбоядных птиц описано 73 вида дигеней, из которых 24 вида зарегистрированы в Беларуси у водных гастропод пяти семейств. На территории Беларуси гастроподы семейства Lymnaeidae участвуют в жизненном цикле дигеней, как первые промежуточные хозяева для 11 видов, Bithyniidae – для 6 видов, Planorbidae – для 5 видов, Valvatidae и Lithoglyphidae – для одного вида.

Ключевые слова: Digenea, Gastropoda, бакланы, цапли, Беларусь.

Рыбоядные птицы являются самой малоизученной группой животных фауны Беларуси в отношении их зараженности гельминтами. Для трех видов птиц-ихтиофагов – баклан большой *Phalacrocorax carbo* (Linnaeus, 1758); цапля большая белая *Ardea alba* Linnaeus, 1758; цапля серая *Ardea cinerea* Linnaeus, 1758) – на территории Беларуси ранее не проводились гельминтологические исследования и неизвестно какие виды трематод циркулируют с их участием. Гельминтологическое исследование птиц-ихтиофагов актуально, поскольку среди дигеней, развивающихся с их участием, имеются опасные для здоровья человека виды. Среди трематодозов, имеющих медико-ветеринарное значение, большинство относится к возбудителям природно-очаговых болезней, которые устойчиво циркулируют в природных условиях. Дигеней отличаются от остальных таксономических групп гельминтов сложностью жизненного цикла, протекающего не только со сменой хозяев, но и с чередованием поколений. Поскольку моллюски являются облигатными промежуточными хозяевами для них, изучение их зараженности позволяет в короткие сроки установить все видовое разнообразие дигеней и прояснить паразитологическую обстановку в изучаемом регионе. Наличие инвазии у моллюсков указывает на постоянное или периодическое присутствие в местах их обитания зараженных дигенейми окончательных хозяев, а малая подвижность моллюсков способствует установлению конкретных участков, посещаемых дефинитивными хозяевами. Таким образом, исследование моллюсков достоверно отражает разнообразие данных паразитов в изучаемой экосистеме и позволяет прогнозировать круг потенциальных окончательных хозяев.

Согласно литературным данным [1; 2] и электронным ресурсам удаленного доступа [3], таксономическое разнообразие дигеней, паразитирующих у баклана большого и двух видов цапель на территории Европы представлено 73 видами из 13 семейств, из которых 24 вида из 10 семейств зарегистрированы нами в Беларуси у представителей водных гастропод (Mollusca: Gastropoda) из пяти семейств [4; 5].

С участием гастропод семейства Lymnaeidae проходят жизненные циклы 11 видов дигеней из 6 семейств: Diplostomidae – *Diplostomum spathaceum* (Rudolphi, 1819), *Tylodelphys clavata* Nordmann, 1832, *Apatemon gracilis* (Rudolphi, 1819), *Cotylurus cornutus* (Rudolphi, 1808), *Codonocephalus urniger* (Rudolphi, 1819); Schistosomatidae – *Trichobilharzia ocellata* (La Valette St. George, 1855); Echinochasmidae – *Cathaemasia hians* Rudolphi, 1809; Echinostomatidae – *Echinoparyphium recurvatum* (Linstow, 1873), *Echinostoma revolutum* Fröhlich, 1802; Plagiorchiidae – *Plagiorchis elegans* (Rudolphi, 1802); Notocotylidae – *Notocotylus attenuatus* Rudolphi, 1809.

С участием гастропод семейства Bithyniidae проходят жизненные циклы 6 видов дигеней из 4 семейств: Opisthorchiidae – *Metor chisbilis* (Braun, 1790); Echinochasmidae – *Echinochasmus beleocephalus* (Linstow, 1893), *E. coaxatus* Dietz, 1909; Psilostomidae – *Psilochasmus oxyurus* Creplin, 1825; Prosthogonimidae – *Prosthogonimus cuneatus* (Rudolphi, 1809), *P. ovatus* (Rudolphi, 1803).

С участием гастропод семейства Planorbidae проходят жизненные циклы 5 видов дигеней из трех: Diplostomidae – *Posthodiplostomum brevicaudatum* (Nordmann, 1832), *P. cuticula* (Nordmann, 1832), *Tylodelphysex cavata* Rudolphi, 1803; Schistosomatidae – *Bilharziella polonica* (Kowalewski, 1895); Cyclocoelidae – *Cyclocoelum mutabile* Zeder, 1800.

Гастроподы семейства Valvatidae участвуют в жизненном цикле одного вида дигеней: Diplostomidae – *Ichthyocotylurus variegatus* (Creplin, 1825). Гастроподы семейства Lithoglyphidae также участвуют в жизненном цикле одного вида дигеней: Opisthorchiidae – *Apophallus muehlingi* (Jagerskiold, 1899).

На рисунке представлено соотношение количества видов дигеней, зарегистрированных у гастропод разных семейств.

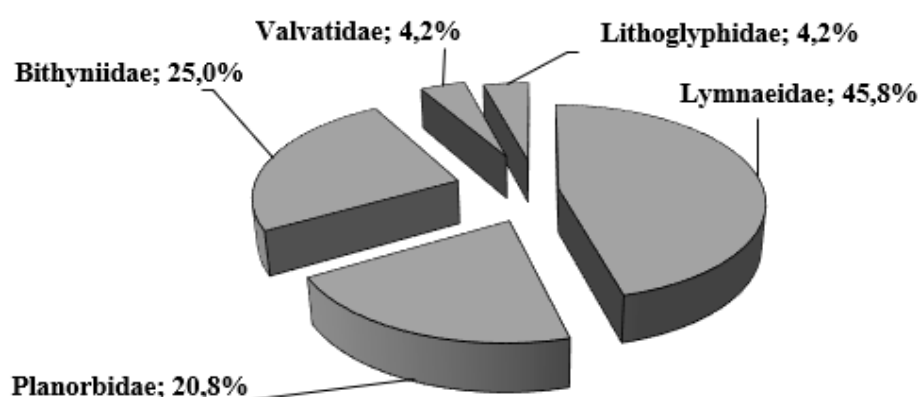


Рисунок – Соотношение количества видов дигеней, зарегистрированных у гастропод разных семейств

Согласно рисунку, максимальное количество видов дигеней, которые в Европе паразитируют у бакланов и двух видов цапель, на территории Беларуси развивается с участием гастропод семейства Lymnaeidae (45,8 %).

Исследования по участию конкретных видов гастропод в циркуляции дигеней, сопряженных с птицами-ихтиофагами в условиях Беларуси, позволит дать дифференцированную оценку конкретным видам гастропод в роли промежуточных хозяев данных паразитов и выявить виды доминанты, играющие ведущую роль в накоплении инвазионных элементов.

Список использованных источников

1. Определитель трематод рыбоядных птиц (брахилаймиды, клиностомиды, циклоцелиды, фасциолиды, нотокотилиды, плагиорхиды, шистосоматиды) / отв. ред. М. Д. Сонин. – М. : Наука, 1985. – 256 с.
2. Определитель трематод рыбоядных птиц (описторхиды, рениколиды, стригеиды) / отв. ред. М. Д. Сонин. – М. : Наука, 1986. – 216 с.
3. WoRMS (World Register of Marine Species). – URL: <https://www.marinespecies.org> (дата обращения: 10.07.2026)
4. Акимова, Л. Н. Современное состояние фауны дигеней (Trematoda: Digenea) брюхоногих моллюсков (Mollusca: Gastropoda) в водных экосистемах Беларуси / Л. Н. Акимова. – Минск : Беларуская навука, 2016. – 243 с.
5. Акимова, Л. Н. Класс Trematoda Rudolphi, 1808 / Л. Н. Акимова // Гельминты позвоночных животных и человека на территории Беларуси : каталог / Е. И. Бычкова, Л. Н. Акимова, С. М. Дегтярик, М. М. Якович ; Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по биоресурсам. – Минск : Беларуская навука, 2017. – С. 152–226.

L. N. Akimova

State Scientific and Production Association «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources»

GASTRIPODS PARTICIPATING IN THE CIRCULATION OF DIGENEA (TREMATODA: DIGENEA), PARASITIC IN CORMORANTS AND HERONS IN BELARUS

The digeneans of the great cormorant and two species of heron (great white egret and grey heron) have not been studied in Belarus. In Europe, 73 species of digeneans have been described in these fish-eating birds, of which 24 species have been recorded in Belarus in their first intermediate hosts – aquatic gastropods from five families (Lymnaeidae, Bithyniidae, Planorbidae, Valvatidae, and Lithoglyphidae).

Keywords: Digenea, Gastropoda, cormorants, herons, Belarus.

УДК 598.2

Е. А. Андрукович, О. В. Янчуревич

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

ОРНИТОФАУНА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДА ГРОДНО В ЗОНАХ С РАЗНЫМ ТИПОМ ЗАСТРОЙКИ

Выявлен видовой состав орнитофауны г. Гродно на учетных площадках с разной степенью антропогенной нагрузки. Наиболее богатым по видовому составу стал отряд Воробьинообразные (Passeriformes) – 68 %. Наибольшее сходство видового состава птиц отмечается в зонах старой многоэтажной застройки.

Ключевые слова: птицы, орнитофауна, видовое разнообразие, урбанизированные территории, антропогенная нагрузка, Гродно.

Птицы – один из самых заметных компонентов животного населения городов. В больших городах сформировалась специфическая фауна птиц. Значительную часть городской фауны составляют пролетные и залетные виды, лишь немногие виды птиц могут приспособиться к тем своеобразным условиям жизни, которые предлагает им современный город с его интенсивным уличным трафиком, шумом, ночным освещением [1].

Городская экосистема представляет собой результат сложного взаимодействия комплекса живых организмов со средой их существования [2]. Урбанизированные территории включают в себя целый комплекс разнообразных местообитаний, пригодных для сохранения и поддержания биологического разнообразия, в том числе и птиц [3].

Следует отдельно отметить водоплавающих птиц, которые зимуют в черте города. Подобную возможность они получают благодаря изменению температурного режима в черте промышленно-городских агломераций, что ведет к образованию незамерзающих участков на городских водоемах [4]. В последние десятилетия наблюдается активное проникновение диких птиц в урбанизированные ландшафты. Одним из ярких примеров такой адаптации служат чайки, всё чаще выбирающие для гнездования крыши жилых и промышленных зданий в городах.

Цель исследования – выявление видового разнообразия, распространения и встречаемости птиц на урбанизированных территориях города Гродно с разным типом застройки.

Полевые исследования проводили в 2025–2026 гг. на территории г. Гродно на пяти модельных площадках. Использовали стандартные методы площадных учетов птиц. Применяли акустические и визуальные методы определения видов птиц.

Для изучения орнитофауны города Гродно выбраны 5 учётных площадок (УП). Они отличаются плотностью застройки, шумовым фактором, типом растительности, степенью заселенности и др. УП1 – микрорайон Девятровка (зона новой многоэтажной застройки), УП2 – улица Терешковой (зона старой среднеэтажной застройки), УП3 – улица Лидская (зона старой застройки разной этажности), УП4 – улица Поповича (зона старой среднеэтажной застройки), УП5 – микрорайон Ольшанка (зона новой многоэтажной застройки). Для проведения сравнительного анализа населения популяций птиц на исследуемых учетных площадках рассчитали коэффициент Жаккара и индекс Шеннона.

По результатам проведенного исследования на пяти учетных площадках в г. Гродно нами выявлено 19 видов птиц, распределённых по 4 отрядам (Passeriformes, Columbiformes, Charadiiformes, Apodiformes) и 13 семействам. Наиболее богатым по видовому составу стал отряд Воробьинообразные (Passeriformes). На его долю приходится 68 % от всех зарегистрированных видов орнитофауны. Птицы отряда Passeriformes представлены 10 семействами. Наиболее часто на учетных площадках встречались представители семейства Врановые (Corvidae): серая ворона (*Corvus cornix*), галка (*Corvus monedula*), грач (*Corvus frugilegus*). Наиболее распространённым видом оказался голубь сизый (*Columba livia*), его доля составила 21,5 % от общего числа зарегистрированных особей. Чаще всего он регистрировался на УП1 – микрорайон Девятровка. К доминирующим видам так же относятся воробей домовый (*Passer domesticus*) – 12,4 % и воробей полевой (*Passer montanus*) – 12,5 %.

Реже всего встречались *Bombicilla garrulus* и *Motacilla alba* – единичные встречи по улице Поповича (УП4) и в микрорайоне Ольшанка (УП5) соответственно.

Всего на УП1 выявлено 14 видов птиц, на УП2 – 11 видов, на УП3 – 12 видов, на УП4 – 13 видов, на УП5 – 13 видов птиц.

Для оценки сходства видового состава птиц исследованных учетных площадок использовали индекс фаунистического сходства Жаккара. По данным анализа большое соответствие имеют УП2 и УП3 (учетные площадки старой застройки) – 0,91.

Для оценки видового разнообразия орнитофауны исследованных территорий рассчитан индекс Шеннона. Для пяти учетных площадок он варьирует от 3–3,3. Наибольшего значения $H=3,3$ достигает на учетной площадке № 5 – микрорайон Ольшанка, где наблюдались представители 13 видов.

Выделяют различные экологические группы птиц: по типу питания, по сезонной активности, по месту размножения.

По пищевой специализации птицы могут быть: насекомоядными, растительноядными, хищными и всеядными. Среди выявленных видов птиц на исследуемой городской территории доминируют всеядные птицы – 63 %. Доля насекомоядных видов составляет 21 %, растительноядных – 11 %, хищных – 5 %.

По сезонной активности выделяют три группы птиц: оседлые, кочующие и перелетные. Наибольшую долю составляют перелётные виды – 58 % от общего количества зарегистрированных птиц. Оседлые птицы составляют 32 % видового состава, кочующие – 10 %.

Таким образом, на территории г. Гродно выявлено 19 видов птиц, распределённых по 4 отрядам (Passeriformes, Columbiformes, Charadiiformes, Apodiformes) и 13 семействам. Наибольшее сходство видового состава птиц отмечается в зонах старой многоэтажной застройки. На исследованных учетных площадках по типу питания преобладают всеядные птицы (63 %), по сезонной активности – перелетные виды (58 %).

Список использованных источников

1. Нестерович, Ю. И. Видовое разнообразие и экологическая дифференциация орнитокомплексов урбанизированных территорий города Гродно / Ю. И. Нестерович // Природа, человек и экология [Электронный ресурс] : электрон. сб. тез. докл. XII респ. науч.-практ. конф. молодых ученых, Брест, 2 апреля 2025 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: С. Э. Кароза (отв. ред.) [и др.]. – Брест : БрГУ, 2024. – С. 140–141. – Режим доступа: <http://rep.brsu.by/handle/123456789/10358>.

2. Рахимов, И. И. Авифауна Среднего Поволжья в условиях антропогенной трансформации естественных природных ландшафтов: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00. 16 / Рахимов Ильгизар Ильясович ; Казанский гос. ун-т. – М., 2002. – 42 с.

3. Сахвон, В. В. Особенности формирования структуры населения птиц города Минска во временном аспекте / В. В. Сахвон, М. Е. Никифоров // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. – 2021. – Т. 66, №. 4. – С. 412–425.

4. Куранов, Б. Д. Гнездовая биология птиц в урбанизированном и техногенно загрязненном ландшафте: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.08 / Куранов Борис Дмитриевич; Уральский гос. ун-т. – Томск, 2009. – 50 с.

ORNITHOFAUNA OF URBANIZED AREAS IN THE TERRITORY OF GRODNO IN ZONES WITH DIFFERENT TYPES OF DEVELOPMENT

The species composition of the avifauna in Grodno was identified at the survey plots with varying degrees of anthropogenic load. The order Passeriformes proved to be the richest in species diversity, accounting for 68 % of the recorded species. The greatest similarity in the species composition of birds is noted in the zones of old multi-storey buildings.

Keywords: birds, avifauna, species diversity, urbanized areas, anthropogenic load, Grodno.

УДК 593.6-59.082.2

Л. А. Бильдя^{1,2}, Д. С. Юрчик^{1,2}, А. В. Рыжая¹

¹Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

²ГУК «Гродненский зоологический парк»

ОПТИМИЗАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ МОРСКОГО АКВАРИУМА С МЯГКИМИ КОРАЛЛАМИ

Представлен опыт эксплуатации двух морских аквариумов (49 л и 200 л) с мягкими кораллами. Исследована эффективность методики последовательных подмен воды, при которой вода из большего аквариума (200 л) используется для подмен в меньшем (49 л). Показано, что предложенный режим позволяет поддерживать стабильные гидрохимические параметры и хорошее состояние биоты на протяжении 24 месяцев.

Ключевые слова: морской аквариум, мягкие кораллы, подмена воды, осмотическая вода, NO₂, PO₄, Mg.

Содержание морского аквариума сопряжено с необходимостью поддержания узкого диапазона гидрохимических показателей (NO₂, NO₃, PO₄, Mg, KH). Одним из наиболее трудоёмких процессов является регулярная подмена воды.

Целью настоящего исследования является поиск наиболее оптимального и экономичного способа поддержания морского аквариума с мягкими кораллами при наличии двух и более аквариумов.

Исследование проводили в период с августа 2025 года по апрель 2026 года. Подмену воды начали проводить в марте 2024 года. В работе использованы следующие аквариумы (таблица):

- 49 л – нагреватель 50 Вт, лампа 10 Вт (белый + синий), подвесной фильтр с керамическими кольцами и живыми бактериями, дополнительная лампа синего спектра 7,2 Вт, ареометр.

- 200 л – нагреватель 300 Вт, скимер, самп (фильтр), специализированный светильник + лампы T9: 2 синего спектра + 2 фиолетового.

Таблица – Гидрохимические параметры в аквариумах

Показатели	Аквариумы																	
	49 л месяцы									200 л месяцы								
	08.2025	09.2025	10.2025	11.2025	12.2025	01.2026	02.2026	03.2026	04.2026	08.2025	09.2025	10.2025	11.2025	12.2025	01.2026	02.2026	03.2026	04.2026
Kh	6,4	5,3	5,9	6,2	5,1	6,2	6,2	7,3	7,3	4,8	3,9	4,2	4,2	4,8	4,2	3,8	5,4	5,4
NO ₃	10	10	10	5	15	15	10	15	10	10	5	5	10	5	15	10	10	5
NO ₂	0,02	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,02
PO ₄	1	0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,1	0,25	0,25	0,5	0,25	0,25
Mg	11,3	11,5	11,7	12	12,1	12,4	12,6	12,6	13,5	10,8	11	11	10,8	11,5	11,7	12	13,5	14,1

Методика подмен воды (экспериментальная схема): вдохновившись опытом аквариумиста-любителя, мы применили следующий подход:

В аквариуме на 200 л подмена 10 % (20 л) один раз в 2 недели. Сливаются 10 % воды от общего объема, затем замешивается морская аквариумная соль с дистиллированной водой в пропорции: 840 г на 20 л до плотности воды 1,024–1,026 г/л. Замешанная вода доливается в

200 л аквариум взамен слитой. Использованную воду не выливаем, а сохраняем для подмен в аквариуме на 49 л. В 49 л аквариуме подмена 10 % (5 л) один раз в неделю за счёт воды, взятой из 200 л аквариума после его подмены. Вода из 49 л аквариума используется для вывода рачков *Artemia salina*. Таким образом, малый аквариум получает «бывшую в употреблении», но биологически стабильную воду из аквариума большого объёма.

Результаты. На протяжении 24 месяцев в 49 л и в 200 л аквариуме наблюдались изменения следующих параметров (рисунок 1, рисунок 2). Все обитатели (мягкие кораллы – *Zoanthus* sp., *Entactmaea quadricolor*, *Heteroxenia fuscescens*, *Sarcophyton* sp., *Capnella* sp., *Palythoa* sp.; рыбы-клоуны (*Amphiprion ocellaris*), хризиптеры желтобрюхие (*Chrysiptera hemicyanea*), эксен (*Ecsenius midas*), голубой хирург (*Paracanthurus hepatus*)) чувствовали себя хорошо: наблюдался активный рост и деление коралловых полипов, рыбы чувствовали себя комфортно, отсутствовала гибель.

В 200 л аквариуме при подмене раз в 2 недели также не отмечено отклонений.

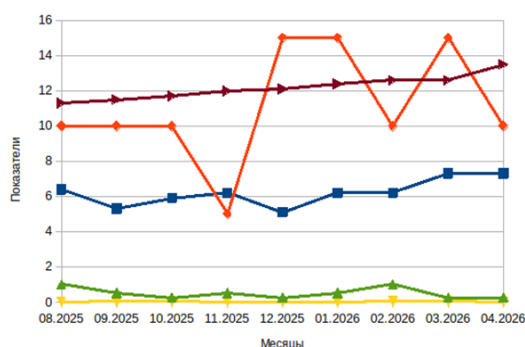


Рисунок 1 – Изменение показателей в аквариуме 49 л

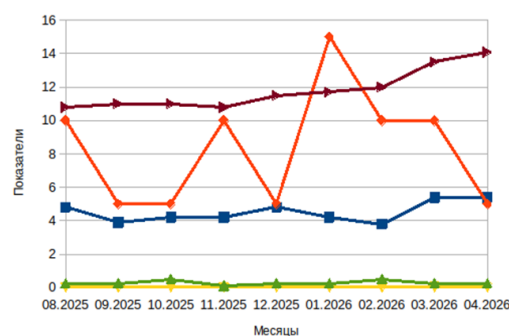


Рисунок 2 – Изменение показателей в аквариуме 200 л

Для содержания аквариума с морской водой рекомендуется подмена 10–20 % объёма еженедельно свежей солёной водой. Однако предложенный метод обладает рядом преимуществ:

1. Экономия соли и дистиллированной воды – для 49 л аквариума не требуется готовить новый раствор.
2. Стабильность микрофлоры – вода из 200 л аквариума уже содержит сбалансированный комплекс бактерий, микроэлементов и органики.
3. Снижение стресса – отсутствие резких перепадов осмоларности и температуры, так как вода поступает из той же системы.
4. Утилизация отработанной воды – повторное использование без ущерба для биоты, использование для разведения *Artemia salina*.

Выводы. 1. Использование воды из большего морского аквариума (200 л) для подмен в малом (49 л) является оптимальным и безопасным способом содержания мягких кораллов. 2. Предложенный режим (подмена в большом аквариуме раз в 2 недели 20 л, в малом – раз в неделю 5 л) позволяет поддерживать гидрохимические параметры в пределах нормы в течение 2 лет. 3. Данная методика рекомендуется для любителей, имеющих два и более морских аквариума, как экономичная и биологически обоснованная.

L. A. Bildya^{1,2}, D. S. Yurchik^{1,2}, A. V. Ryzhaya¹

¹Yanka Kupala State University of Grodno

²Grodno Zoological Park

OPTIMIZING THE MARINE AQUARIUM WITH SOFT CORALS MAINTENANCE

This article presents the operating experience of two marine aquariums (49 L and 200 L) with soft corals. The effectiveness of a sequential water change method is investigated, in which water from the larger aquarium (200 L) is used for water changes in the smaller aquarium (49 L). It is shown that the proposed regimen allows for the maintenance of stable hydrochemical parameters and good biota health for 24 months.

Keywords: marine aquarium, soft corals, water changes, osmotic water, NO₂, PO₄, Mg.

**СОВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА БЕСПОЗВОНОЧНЫХ-ФИТОФАГОВ
В ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ БОБРУЙСКОГО И ГРОДНЕНСКОГО РАЙОНОВ**

При обследовании зеленых насаждений разного типа на территории Гродненского и Бобруйского районов Гродненской области с 2021 по 2025 гг. установлен видовой состав членистоногих-фитофагов из 6 отрядов, 13 семейств, 38 родов и 56 видов. По количеству видов преобладает отряд *Lepidoptera* – 19 видов фитофагов (34 % от всего количества беспозвоночных-фитофагов). Проведен анализ стациального распределения, по результатам которого наибольшее число, 26 видов, фитофагов повреждают древесно-кустарниковые растения, произрастающие в Б1 (насаждения возле сельского Дома культуры, аг. Телуша, Бобруйский район).

Ключевые слова: фитофаги, видовой состав, зеленые насаждения, Бобруйский район, Гродненский район.

Введение. Древесно-кустарниковые насаждения в населенных пунктах Республики Беларусь являются элементов комфортной среды, защищая жителей от интенсивной солнечной радиации, шума, пыли, ветра. Однако в условиях антропогенного воздействия (промышленные выбросы, транспорт, пыль) регистрируется снижение декоративности зеленых насаждений, из-за чего те становятся более уязвимы к различным вредителям: бактериям, вирусам, грибам и членистоногим-фитофагам. Расширение ассортимента древесно-кустарниковых растений меняет состав фитофагов-вредителей, что требует регулярного мониторинга состояния насаждений в регионах Беларуси [1].

Материалы и методы. В основу работы положены результаты обследования зеленых насаждений разного типа на территории Бобруйского (Б1 – насаждения возле сельского Дома культуры, аг. Телуша; Б2 – насаждения вдоль ул. Жлобинская, д. Коймино; Б3 – насаждения вдоль ул. Жукова, д. Юрьево; Б4 – насаждения вдоль ул. Центральная, д. Новики; Б5 – парк культуры и отдыха, г. Бобруйск) и Гродненского районов (Г1 – территория вокруг биокорпуса, г. Гродно, переулок Доватора, 3/1; Г2 – насаждения вдоль улиц Первомайская, Рабочая, Пионерская, Краснопартизанская, возле озера Кань, аг. Озеры; Г3 – Коложский парк, г. Гродно) в период с 2021 по 2025 год [1].

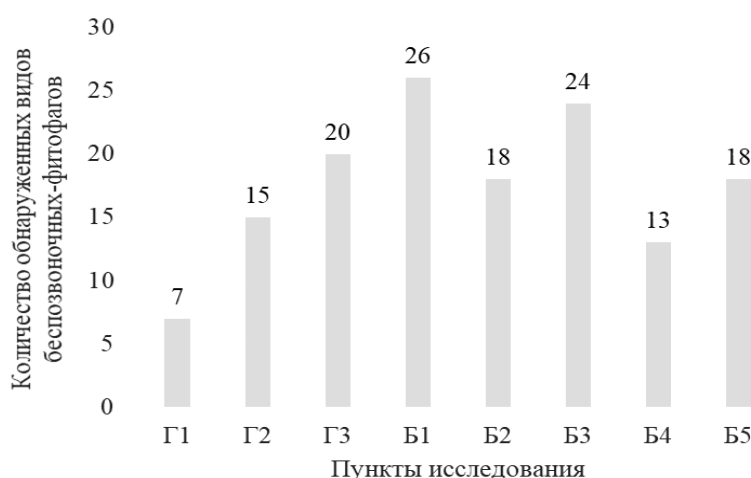
Наличие членистоногих-фитофагов или вызванные ими повреждения на листовых пластинках, побегах и черешках отмечали визуальным методом. Поврежденные экземпляры складывали в полиэтиленовые пакеты со струнным замком (*zip-lock*) для того, чтобы исключить преждевременное высушивание образцов. Дальнейшую идентификацию таксономической принадлежности фитофагов проводили в лабораторных условиях с использованием научной литературы, атласов-определителей и тематических интернет-порталов [2–3].

Результаты исследования и их обсуждение. За полевые сезоны, с мая по октябрь, 2021–2025 гг. в зеленых насаждениях разного типа на территории Бобруйского и Гродненского районов обнаружены повреждения древесных и кустарниковых растений, вызванные 56 видами беспозвоночных-фитофагов из 38 родов, 13 семейств и 6 отрядов. Фитофаги представлены 2 классами: *Arachnida* (отряд *Prostigmata* (Раститетельноядные клещи)) и *Insecta* (5 отрядов: *Coleoptera* (Жесткокрылые), *Diptera* (Двукрылые), *Hemiptera* (Гемиптероидные), *Hymenoptera* (Перепончатокрылые), *Lepidoptera* (Чешуекрылые)).

По количеству видов преобладает отряд *Lepidoptera* – 19 видов фитофагов (34 % от всего количества беспозвоночных-фитофагов). Из отряда *Hymenoptera* отмечено 17 видов (30 %). Среди *Prostigmata* обнаружено 6 видов (11 %). Отряды *Diptera* и *Coleoptera* и насчитывают по 5 видов (9 %) соответственно. В отряде *Hemiptera* обнаружено 4 вида (7 %) беспозвоночных-фитофагов.

Анализ стациального распределения показал, что наибольшее количество беспозвоночных-фитофагов отмечено в точке исследования Б1 (аг. Телуша) – 26 видов фитофагов. В Б3 (д. Юрьево) обнаружено 24 вида фитофагов, немногим меньше – 20 видов членистоногих

обнаружено Г3 (Коложский парк, Гродно). В пунктах Б2 (д. Коймино) и Б5 (парк, г. Бобруйск) найдено 18 видов фитофагов-вредителей соответственно, в Г2 (аг. Озера) – 15 видов, в Б4 (д. Новики) выявлено 13 видов беспозвоночных – фитофагов. В точке Г1 (территория биокорпуса, г. Гродно) обнаружено наименьшее количество фитофагов – 7 видов (рисунок).



Б1 – аг. Телуша, Б2 – д. Коймино, Б3 – д. Юрьево, Б4 – д. Новики, Б5 – парк в г. Бобруйск, Г1 – биокорпус, г. Гродно, Г2 – аг. Озера, Г3 – Коложский парк, г. Гродно

Рисунок – Стациональное распределение беспозвоночных-фитофагов в пунктах исследования

Заключение. Таким образом, из 56 зарегистрированных видов беспозвоночных – фитофагов, 26 видов повреждают древесные и кустарниковые растения в Б1 (аг. Телуша, Бобруйский район), а меньше всего, только 7 видов – в Г1 (территория биокорпуса, Гродненский район). Видовой и количественный состав беспозвоночных-фитофагов, повреждающих зеленые насаждения Бобруйского и Гродненского района не одинаков, не стабилен и зависит от породно-сортового состава. Полученные данные могут найти применение при выборе эффективных методов ограничения численности фитофагов – вредителей зеленых насаждений.

Список использованных источников

1. Бобкова, В. Г. Мониторинг видового состава членистоногих-фитофагов в зеленых насаждениях разного типа на территории Бобруйского и Гродненского районов / В. Г. Бобкова, Е. И. Гляковская // Природа, человек и экология [Электронный ресурс] : электрон. сб. материалов XIII Респ. науч.-практ. конф. молодых ученых, Брест, 9 апр. 2026 г. – Брест : БрГУ, 2026. – С. 28–30.
2. Willem, N. E. Leafminers and plant galls of Europe / N. E. Willem. – 2013. – URL: <http://www.bladmineerders.nl>. (date of access: 10.05.2026).
3. Петров, Д. Л. Тераформирующие членистоногие – вредители зеленых насаждений Беларуси / Д. Л. Петров, С. В. Буга. – Минск : БГУ, 2008. – 42 с.

V. G. Bobkova, E. I. Glyakovskaya
Yanka Kupala State University of Grodno

MODERN STRUCTURE OF THE COMPLEX INVERTEBRATE-PHYTOPHAGOUS IN GREEN STANDS OF THE BOBRUYSK AND GRODNO DISTRICTS

The species composition of phytophagous arthropods was determined during a survey from 2021 to 2025 in the various green stands in the Grodno and Bobruisk districts Grodno region. There are belongs to 6 orders, 13 families, 38 genera, and 56 species of phytophagous arthropods. The order Lepidoptera with 19 phytophagous species (34 % of all phytophagous invertebrates) predominates in terms of species number. A stationary distribution analysis revealed that the largest number (26 species) of phytophagous damage trees and shrubs growing in B1 (green stands near the rural house of culture, Telusha village, Bobruisk district).

Keywords: phytophagous, species composition, green stands, Bobruysk district, Grodno district.

Е. Г. Боброва

Государственное природоохранное учреждение
«Национальный парк «Беловежская пуца»»УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ БЕЛОВЕЖСКОЙ ПУЩИ
В СЕЗОН АКТИВНОСТИ КЛЕЩЕЙ

В течение первых шести месяцев 2026 года в семи лесничествах Беловежской пуцы был проведен учет иксодовых клещей. Представлены результаты численности клещей и видового состава. Сделаны выводы относительно устойчивого развития в период активности клещей и биобезопасности туристов.

Ключевые слова: иксодовые клещи, заболеваемость, Национальный парк «Беловежская пуца», устойчивое развитие.

Беловежская пуца представляет собой крупнейший остаток реликтового равнинного леса Европы, где сохраняется высокая плотность диких копытных животных (зубров, оленей, косуль). Эти животные являются основными прокормителями иксодовых клещей, что приводит к формированию устойчивых природных очагов трансмиссивных инфекций. Национальный парк «Беловежская пуца» является одним из наиболее значимых объектов туризма. Сравнивая данные по посещению Беловежской пуцы в 2015 году – 378 тысяч человек и в 2025 году – 643 тысячи человек, можем видеть, что количество посетителей увеличилось в 1,7 раза. Так как идёт непрерывное развитие инфраструктуры туризма на территории парка возрастает опасность контакта переносчиков возбудителей клещевых инфекций с многочисленными посетителями и туристами особенно при несоблюдении правил посещения природных объектов.

В НП «Беловежская пуца» около 40 экологических троп, в 2026 году создан экологический водный маршрут по реке Нарев и в планах разработка новых маршрутов. При несоблюдении правил поведения в природе люди могут стать объектом заражения клещевыми инфекциями.

Одной из основных угроз для здоровья населения считается клещевой энцефалит – острое вирусное заболевание, переносимое клещами семейства Ixodidae [2]. Клещи могут также переносить бактериальные, протозойные заболевания. На территории пуцы было зарегистрировано 6 видов иксодовых клещей (*Ixodes ricinus*, *I. apronopnorus*, *I. trianguliceps*, *I. crenulatus*, *Dermacentor reticulatus*, *Haemaphysalis concinna*) [1].

Автором статьи в НП «Беловежская пуца» были проведены учёты численности клещей в семи лесничествах за 6 месяцев 2026 года.

В Королёво-Мостовском, Новосёлковском лесничествах наблюдается превышение численности клещей *I. ricinus* – 16,15 экз. фл./км и 28 экз. фл./км соответственно, а в Сухопольском лесничестве – значительное превышение численности клещей *D. reticulatus*. – 103,7 экз. фл./км (таблица).

Таблица – Средняя численность учётных клещей рода *Ixodes* (*I. ricinus*) и *Dermacentor* (*D. reticulatus*) Беловежской пуцы за 6 месяцев 2026 года

№	Лесничество	Среднее значение численности клещей <i>I. ricinus</i>	Среднее значение численности клещей <i>D. reticulatus</i>	Среднее значение численности (всего) экз. фл./км
1	Белянское	6	0	6
2	Королёво-Мостовское	16,15	7,15	23,3
3	Никорское	6	1,6	7,6
4	Новосёлковское	28	24	52
5	Ощепское	1	0	1
6	Пашуковское	0,4	2,6	3
7	Сухопольское	0,3	103,7	104

Всего было собрано 746 экземпляров клещей из них 300 экземпляров определены как *I. ricinus* – 40,2 % и 446 экземпляров как *D. reticulatus*. – 59,8 % от общего количества.

В сборах два вида клещей *I. ricinus* и *D. reticulatus*. В данных учетах преобладают клещи рода *D. reticulatus* в 1,48 раза по сравнению с *I. ricinus*.

Учёты проводились ежедекадно начиная с 4 марта. Пик численности клещей в Беловежской пушче пришелся на третью декаду марта и составил 135,5 экз. фл./км.

Научные исследования территории Национального парка на заселённость клещей подчеркивают важность регулярного ухода за экологическими тропами для обеспечения биобезопасности туристов.

Устойчивое развитие Беловежской пушчи в условиях сезона активности клещей требует сочетания экологического просвещения и санитарных мер, снижающих риск заражения, при минимизации химической обработки леса, которая разрушает заповедную экосистему.

В парке и за его пределами ведутся экологические просветительские работы по профилактике заражений, передаваемыми иксодовыми клещами. Разрабатываются материалы (памятки), которые в дальнейшем используются посетителями для безопасного посещения объектов инфраструктуры НП «Беловежская пушча».

Работа проводится с целью создания картографических баз данных [3] распространения иксодовых клещей в Беловежской пушче, а также для обеспечения безопасности туристов и экологического просвещения.

Список использованных источников

1. Краткий очерк изучения клещевых инфекций, патогенных для человека, на территории Беловежской пушчи / Н. П. Мишаева [и др.] // 12-я Междунар. науч.-практ. конф. по истории медицины и фармации : сб. материалов конф. / редкол.: Э. А. Вальчук (отв. ред.), Е. М. Тищенко (отв. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГМУ, 2012. – С. 195–197.

2. Бычкова, Е. И. Иксодовые клещи (Ixodidae) в условиях Беларуси / Е. И. Бычкова, И. А. Федорова, М. М. Якович ; Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по биоресурсам. – Минск : Беларуская навука, 2015. – 191 с.

3. Королев, Ю. Ю. Использование свободно распространяемой ГИС QGIS в учебных и научных целях : учеб.-метод. пособие / Ю. Ю. Королев. – Минск : БГУ, 2018. – 63 с.

E. G. Bobrova

State Nature Protection Institution
«National Park “Belovezhskaya Pushcha”»

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF BELOVEZHSKAYA PUSHCHA DURING THE TICK SEASON

During the first six months of 2026, a tick census was conducted in seven forestry units of Belovezhskaya Pushcha. The results of the study present the tick population and species composition. Conclusions are drawn regarding sustainable development during tick activity and the biosecurity of tourists.

Keywords: ticks, morbidity, Belovezhskaya Pushcha National Park, sustainable development.

УДК 633.15:632.7:632.93:574.1

С. В. Бойко, М. Г. Немкевич

РУП «Институт защиты растений» НАН Беларуси

ЗАЩИТА КУКУРУЗЫ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ С СОХРАНЕНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ

Рассмотрены особенности защиты кукурузы от основных вредителей с учетом принципов устойчивого использования природных ресурсов и сохранения биологического равновесия в агроэкосистемах. Представлена характеристика наиболее значимых вредных организмов кукурузы, включая стеблевого кукурузного мотылька (*Ostrinia nubilalis* Hübner), западного кукурузного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte), проволочников (семейство Elateridae), тлей (семейство Aphididae) и других листогрызущих вредителей. Рассмотрены экологи-

чески безопасные методы регулирования численности вредных организмов, направленные на сохранение урожайности культуры, биологического разнообразия и устойчивости агроценозов.

Ключевые слова: кукуруза, *Zea mays*, вредители растений, интегрированная защита растений, биологический контроль, устойчивое земледелие, биоразнообразие.

Кукуруза (*Zea mays* L.) – одна из важнейших сельскохозяйственных культур мирового значения, широко используемая в пищевой промышленности, животноводстве, производстве кормов, биотоплива и других отраслях экономики. Благодаря высокой продуктивности, универсальности и значительному потенциалу урожайности она занимает важное место в современном аграрном производстве. Однако получение стабильных урожаев ограничивается воздействием комплекса вредных организмов, повреждающих корневую систему, листья, стебли и генеративные органы растений, что приводит к снижению их продуктивности, качества урожая и устойчивости к неблагоприятным факторам среды [6; 7].

Одной из основных задач современного растениеводства является разработка эффективных систем защиты растений, обеспечивающих контроль численности вредных организмов при одновременном сохранении экологического равновесия в агроэкосистемах. Полное уничтожение насекомых в агроценозах является невозможным и экологически неоправданным, поскольку многие виды выполняют важные функции в экосистемах, участвуют в регулировании численности вредных организмов и поддержании биологического разнообразия [1; 5; 7]. Современные подходы к защите растений основываются на принципах интегрированного управления вредными объектами, предусматривающего сочетание агротехнических, биологических и химических методов регулирования их численности. Такой подход позволяет снизить зависимость от применения инсектицидов, уменьшить антропогенную нагрузку на окружающую среду и сохранить полезную энтомофауну [1; 7].

Среди наиболее опасных вредителей кукурузы особое значение имеет стеблевой кукурузный мотылек (*Ostrinia nubilalis* Hübner). Его гусеницы повреждают листья, стебли и початки, нарушая транспорт питательных веществ, снижая прочность стеблей, вызывая полегание растений, ухудшение формирования урожая и повышая их восприимчивость к вторичным инфекциям [2]. Значительный ущерб посевам наносят проволочники – личинки жуков-щелкунов (Elateridae), повреждающие семена и корневую систему на ранних этапах развития растений. Это приводит к нарушению водного и минерального питания, ослаблению роста, снижению продуктивности и изреживанию посевов [3]. Существенную опасность представляют тли (Aphididae), питающиеся соком растений. Их массовое развитие вызывает деформацию листьев, снижение интенсивности фотосинтеза, ухудшение роста растений, а отдельные виды являются переносчиками вирусных заболеваний. Опасным инвазивным вредителем является западный кукурузный жук (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). Его личинки повреждают корневую систему, нарушая водоснабжение растений и повышая риск их полегания, тогда как взрослые особи питаются листьями и генеративными органами. Высокая экологическая пластичность и способность к расселению способствуют широкому распространению этого вида [4; 8; 9]. В условиях недостаточного увлажнения возрастает вредоносность листогрызущих фитофагов, в том числе красногрудой пядицы (*Oulema melanopus* L.). Повреждение листьев в сочетании с засухой снижает интенсивность фотосинтеза, усиливает стресс растений и приводит к уменьшению урожайности.

Особое внимание в современных системах защиты растений уделяется сохранению естественных механизмов сдерживания численности вредителей. Хищные насекомые, паразитические организмы и другие представители полезной фауны способны ограничивать развитие вредных видов и способствовать поддержанию экологического равновесия. Сохранение и использование природных регуляторов численности является одним из ключевых элементов устойчивого растениеводства [1; 7].

Традиционно основным способом контроля численности вредителей кукурузы является применение химических инсектицидов. Использование препаратов данной группы позволяет

оперативно снизить их плотность и предотвратить значительные потери урожая. Однако чрезмерное и нерациональное применение химических средств защиты растений может приводить к негативным последствиям для агроэкосистем. К ним относятся снижение численности полезных насекомых, загрязнение почвы и водных объектов, а также формирование устойчивости у популяций вредителей к действующим веществам инсектицидов [6; 7; 10]. По данным исследований, потери урожая кукурузы в результате воздействия вредных организмов в отдельных случаях могут достигать 20–30 %, что подтверждает необходимость разработки эффективных и экологически безопасных систем защиты растений [6]. Перспективным направлением является интегрированная защита растений, основанная на комплексном использовании различных методов регулирования численности вредных организмов. Данная система предусматривает постоянный мониторинг фитосанитарного состояния посевов, применение экономических порогов вредоносности, соблюдение севооборотов, использование устойчивых гибридов (сортов), оптимизацию агротехнических мероприятий, применение биологических средств защиты и рациональное использование химических препаратов [1; 7].

Таким образом, защита кукурузы от вредителей должна основываться на сочетании хозяйственно эффективных и экологически безопасных методов. Интегрированный подход позволяет снизить пестицидную нагрузку, сохранить полезные организмы и обеспечить стабильное производство сельскохозяйственной продукции.

Список использованных источников

1. Bereś, P. K. Pest management in integrated maize production / P. K. Bereś, G. Pruszyński // Journal of Plant Protection Research. – 2008. – Vol. 48, № 1. – P. 101–112.
2. Бойко, С. В. Регулирование наиболее опасных вредителей кукурузы при помощи эффективных инсектицидов / С. В. Бойко, М. Г. Немкевич // Защита растений : сб. науч. ст. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений ; редкол.: А. А. Запрудский (гл. ред.) [и др.]. – Вып. 49. – С. 118–129.
3. Немкевич, М. Г. Обработка семян кукурузы – эффективный прием защиты от проволочников / М. Г. Немкевич, С. В. Бойко // Защита и карантин растений. – 2025. – № 1. – С. 17–22.
4. Запрудский, А. Западный кукурузный жук. Внимание: карантинный объект! / А. Запрудский, М. Немкевич, С. Бойко // Белорусское сельское хозяйство. – 2025. – № 8 (280). – С. 120–130.
5. Жученко, А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы): теория и практика / А. А. Жученко. – М. : Агрорус, 2008. – 816 с.
6. Oerke, E.-C. Crop losses to pests / E.-C. Oerke // The Journal of Agricultural Science. – 2006. – Vol. 144, № 1. – P. 31–43. – DOI: 10.1017/S0021859605005708.
7. Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects / M. Meissle, P. Mouron, T. Musa [et al.] // Journal of Applied Entomology. – 2010. – Vol. 134, № 5. – P. 357–375. – DOI: 10.1111/j.1439-0418.2009.01491.x.
8. Krysan, J. L. Methods for the Study of Pest Diabrotica / J. L. Krysan, T. A. Miller. – New York : Springer-Verlag, 1986. – 260 p.
9. Spencer, J. L. Movement, dispersal and behavior of western corn rootworm adults in maize agroecosystems / J. L. Spencer, E. Levine, S. A. Isard, T. R. Mabry // Annual Review of Entomology. – 1999. – Vol. 44. – P. 219–243.
10. Ostlie, K. R. Bt Corn and European Corn Borer: Long-Term Success Through Resistance Management / K. R. Ostlie, W. D. Hutchison, R. L. Hellmich. – St. Paul : University of Minnesota, 1997. – 18 p.

S. V. Boyko, M. G. Nemkevich

Republican Scientific subsidiary Unitary Enterprise «Plant Protection Institute»

PROTECTING CORN FROM PESTS WHILE MAINTAINING BIOLOGICAL BALANCE IN AGROECOSYSTEMS

This article examines the specifics of protecting corn from major pests, taking into account the principles of sustainable use of natural resources and maintaining biological balance in agroecosystems. It presents characteristics of the most significant pests of corn, including the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hübner), the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte), wireworms (family Elateridae), aphids (family Aphididae), and other leaf-eating pests. Environmentally friendly methods for controlling pest populations aimed at preserving crop yield, biodiversity, and the stability of agroecosystems are discussed.

Keywords: corn, *Zea mays*, plant pests, integrated pest management, biological control, sustainable farming, biodiversity.

А. Н. Буневич, С. А. Коротя, Е. А. Горустович
Государственное природоохранное учреждение
«Национальный парк “Беловежская пуща”»

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ ЗУБРА В БЕЛОВЕЖСКОЙ ПУЩЕ

Проанализировано современное состояние популяции зубра в Национальном парке «Беловежская пуща», приведены сведения о численности, половозрастной и пространственной структуре.

Ключевые слова: зубр, Беловежская пуща, территориальное размещение, структура, популяция.

Теснимый человеком, ареал дикой популяции зубра в XIX в., который в начале второго тысячелетия охватывал всю Западную и Среднюю Европу, за исключением Пиренейского и Апеннинского полуостровов, сократился до границ Беловежской пущи, где его численность в то время находилась в пределах 600–800 особей. Но история распорядилась так, что в 1919 г. именно в Беловежской пуще погиб последний вольноживущий зубр.

Восстановление популяции зубра в белорусской части Беловежской пущи начали с 1946 года с привозом из Польши первых 5 помесных беловежско-кавказских зубров [1]. Этот год вошёл в историю как год начала возрождения зубров в белорусской или восточной части Беловежской пущи. Всего же для восстановления популяции в Беловежскую пущу в общей сложности было завезено 53 зубра беловежской линии (33♂ + 20♀).

Из 53 завезённых зубров на волю в разные годы было выпущено только 44 (83 %) от общего количества. Среди них преобладали самцы (26 ос.) над самками (18 ос.) [2]. Степень участия каждого зубра в воспроизводстве оценить трудно, но известно, что некоторые из них не оставили потомства или погибли вскоре после выпуска на свободу. С 1968 г. всякие работы, связанные с формированием стада зубров, были прекращены, и популяция в дальнейшем формировалась при незначительном вмешательстве человека. Это вмешательство заключалось только в зимней подкормке и элиминации отдельных обречённых особей. Необходимо отметить, что с годами в динамике численности зубров наблюдался стабильный рост поголовья.

По данным последних учётов к началу 2026 года численность зубров возросла до 784 особей со следующей половозрастной структурой: взрослые 555 (71,0 %), из них самцы 130 (16,6 %), самки 425 (54,2 %), молодняк 2-3-х лет 139 (17,7 %), сеголетки 90 (11,5 %). Отсюда следует, что на 1 взрослого самца приходится 3,3 половозрелые самки. Поголовье зубров выше оптимальной в 2,2 раза с нарушенной половозрастной структурой. Исходя из анализа многолетней данных динамики половозрастной структуры зубров Беловежской пущи и других показателей (плодовитость, эмиграция самцов при высокой их численности, растянутость сроков яра, соотношение полов у приплода) наиболее оптимальная половозрастная структура популяции должна быть: взрослые – 60 % (самцы – 25, самки – 35 %), молодняк 2–3-х лет – 25 % и сеголетки – 15 %. Предлагаемая структура популяции зубра близка к среднемноголетней польской.

В последние годы во всем беловежском фрагменте ареала зубров выделилось 5 различных по численности внутрипопуляционных группировок, каждая из которых занимает определённый участок территории. Исходя из мест обитания стад, мы их условно называем южная, юго-западная, центральная, северная и северо-восточная. Площадь участков обитания каждой из групп варьирует от 10 до 13 тыс. га и зависит не от их общей численности, а от состава лесонасаждений и кормности угодий [2]. В территориальном размещении зубров имеет место сезонность смены мест обитания животных. Так, в тёплый период года зубры предпочитают лесные угодья, в осенне-зимний период – открытые угодья сельхозпредприятий с посевами озимых культур. В последние годы, несмотря на проводимую осенне-

зимнюю подкормку, около 90 % зубров выходят в сельхозугодья агропредприятий, преимущественно на посевах травосмесей, ранних озимых зерновых культур и озимого рапса.

Воспроизводство – главная составляющая в динамике численности популяции. Следуя методике анализа воспроизводства популяции, для характеристики размножения зубров нами проанализированы два показателя: рождаемости (отношение телят текущего года рождения к общей численности популяции) и плодовитости (отношение сеголетков к числу половозрелых самок. Показатель рождаемости составил около 12 %, плодовитости – 24 %. Оба этих показателя находятся в пределах величины за последний 10 летний период.

Анализ плодовитости самок зубров в отдельных субпопуляциях Беловежской пуши показал, что их воспроизводительные показатели как в целом, так и по отдельным годам значительно различаются. Как и ранее, лучше реализовали свои воспроизводительные функции зубры за последние 5 лет, которые постоянно обитают в осенне-зимний период на сельскохозяйственных угодьях. Естественная смертность животных равна 2,7 %, что ниже средних многолетних показателей (3,2 %). Гибель зубров в результате ДТП зарегистрирована преимущественно на дорогах республиканского значения, проходящих по периферии Национального парка. Особенно травмоопасной оказалась объездная дорога вокруг Беловежской пуши. Селекционная работа с зубрами методом элиминации неполноценных особей направлена преимущественно на выбраковку старых самок и больных баланопоститом самцов.

Целью запланированных на ближайшее время (2025–2030 гг.) мероприятий являются постепенное приведение численности беловежской популяции зубра в экологически сбалансированное состояние в соответствии с имеющейся ёмкостью среды обитания, а также увеличения ёмкости среды за счёт комплекса биотехнических мероприятий, урегулирование конфликтных ситуаций со смежными землепользователями. С целью оптимизации численности и половозрастной структуры зубров изъятие зубров в беловежской микропопуляции может превышать естественный прирост.

Список использованных источников

1. Корочкина, Л. Н. Беловежский зубр / Л. Н. Корочкина // Труды заповедно-охотничьего хозяйства «Беловежская пуша». – Минск : Звезда, 1958. – Вып. 1. – С. 7–34.
2. Козло, П. Г. Зубр в Беларуси / П. Г. Козло, А.Н. Буневич ; науч. ред. В. П. Семченко. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 366 с.

A. N. Bunevich, S. A. Karotsia, E. A. Harustovich
National Park «Belavezhskaya Pushcha»

CURRENT STATUS OF THE EUROPEAN BISON POPULATION IN BELAVEZHSKAYA PUSHCHA

The current state of the European bison population in the National park has been analyzed, and data on population size, age-sex composition and spatial structure are presented.

Keywords: bison, Belavezhskaya pushcha, spatial distribution, structure, population.

УДК 591.531.1+591.95(476-21)

Е. И. Гляковская, А. В. Рыжая

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

ТРОФИЧЕСКИЕ СВЯЗИ И КОРМОВАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ЧЛЕНИСТОНОГИХ-ФИТОФАГОВ НА СЕЛИТЕБНЫХ И ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЗАПАДНОГО ЗООГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАЙОНА БЕЛАРУСИ

На селитебных и особо охраняемых природных территориях западного зоогеографического района Беларуси достоверно установлено обитание 270 видов членистоногих-фитофагов на 55 таксонах древесно-кустарниковых растений. Больше всего видов членистоногих-фитофагов повреждают *Quercus robur* L., 1753 как

на селитебных (20 видов), так и на особо охраняемых природных территориях (25 видов). Анализ трофической специализации членистоногих-фитофагов показал преобладание монофагов (183 видов, или 68 % от общего числа).

Ключевые слова: фитофаги, трофическая специализация, селитебные территории, особо охраняемые территории.

Мониторинг видового состава членистоногих – фитофагов на древесных и кустарниковых растениях, активно проводимый в последние десятилетия, показал увеличение числа видов вредителей, вследствие интродукции с посадочным материалом и адаптации фитофагов местной фауны к изменяющимся условиям окружающей среды [1].

Материалы и методы. В основу работы положены материалы проводившихся с мая по октябрь 2021–2025 годов энтомо-фитопатологических обследований [2; 3] древесных и кустарниковых растений на селитебных (парки, скверы, дендропарки г. Гродно, г. Мосты, г. Лида) и особо охраняемых природных территориях (Республиканские ландшафтные заказники «Озеры», «Липичанская пуща», «Котра» и «Гродненская пуща»).

Результаты исследований и их обсуждение. За период исследования с мая по октябрь 2021–2025 гг. на селитебных и особо охраняемых природных территориях западного зоогеографического района Беларуси достоверно установлено обитание 270 видов членистоногих-фитофагов на 55 таксонах древесно-кустарниковых растений из 20 ботанических семейств. Наибольшую кормовую базу для фитофагов обеспечивают растения из семейств Salicaceae (Ивовые) (54 вида), Betulaceae (Березовые) (51 вид), Rosaceae (Розоцветные) (43 вида), Fagaceae (Буковые) (30 видов), Sapindaceae (Сапиндовые) (20 видов) и Malvaceae (Мальвовые) (15 видов).

По результатам исследования, больше всего видов членистоногих – фитофагов повреждают *Quercus robur* L., 1753 как на селитебных (20 видов), так и на особо охраняемых природных территориях (25 видов). Общими (отмеченными и на селитебных и на особо охраняемых территориях) оказались 16 видов фитофагов (рисунок).

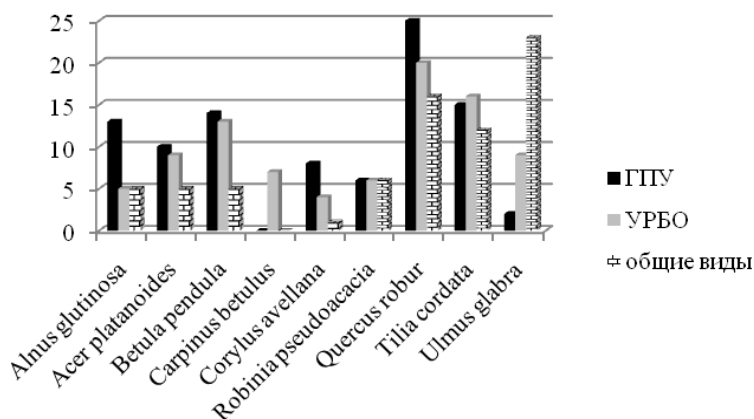


Рисунок – Количество видов фитофагов, трофически связанные с древесными растениями отдельных ботанических видов

Примечательно, что только в условиях особо охраняемых природных территорий на дубе отмечены такие фитофаги, как *Altica quercetorum* Foudras, 1860, *Andricus testaceipes* Hartig, 1840, *Arge rustica* (Linnaeus, 1758) и *Attelabus nitens* (Scopoli, 1763). Довольно массово отмечены фитофаги и на липе мелколистной (*Tilia cordata* Mill., 1768). Так, при обследовании лип, произрастающих на селитебных территориях, отмечено 16 видов фитофагов, в то же время липы на особо охраняемых природных территориях повреждают 15 видов фитофагов. На *T. cordata* обнаружено 12 общих видов фитофагов. На березе бородавчатой (*Betula pendula* Roth., 1788) зафиксировано 14 (охраняемые территории) и 13 видов (селитебные территории) фитофагов, среди которых, общими оказалось всего 5 видов: *Fenusa pumila* Leach,

1817, *Heterarthrus nemoratus* (Fallen, 1808), *Lyonetia clerkella* (Linnaeus, 1758), *Phyllonorycter ulmifoliella* (Hübner, 1817) и *Stigmella betulicola* (Stainton, 1856).

На особо охраняемых территориях часто встречается ольха черная (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., 1791), на которой отмечено обитание 13 видов фитофагов. В городских зеленых насаждениях ольха встречается редко, но, тем не менее, на ней обитают 5 видов фитофагов. Общими видами фитофагов оказались 5. На клене остролистном (*Acer platanoides* L., 1753) отмечено 10 (охраняемые территории) и 9 видов (селитебные) фитофагов. Общими видами фитофагов оказались также 5. Только при обследовании городских насаждений на *A. platanoides* отмечен инвазивный вид *Hinatara recta* (C. G Thomson, 1871). Орешник обыкновенный (*Corylus avellana* (L.) H. Karst., 1881), широко представленный на особо охраняемых территориях, повреждают 8 видов фитофагов. На селитебных территориях *C. avellana* встречается в составе дендропарков, на нем зарегистрировано 4 вида фитофагов, причем общий вид только один, *Phyllonorycter nicellii* (Stainton, 1851). Вяз шершавый (*Ulmus glabra* Huds., 1762) довольно часто используется в городском озеленении и на нем отмечено 9 видов фитофагов. На единичных экземплярах *U. glabra*, произрастающих на особо охраняемых природных территориях, обнаружено 4 вида фитофагов. Общими видами оказались *Aceria campestricola* (Frauenfeld, 1865) и *Tetraneura ulmi* (Linnaeus, 1758). Граб обыкновенный (*Carpinus betulus* L., 1753) встречается только на селитебных территориях и не отмечен в условиях особо охраняемых природных территорий, соответственно общих видов фитофагов не оказалось. На *C. betulus* обнаружено 7 видов фитофагов: *Aceria tenella* (Nalepa, 1892), *Aculops macrotrichus* (Nalepa, 1889), *Anoplus setulosus* Kirsch, 1870, *Phyllonorycter esperella* (Goeze, 1783), *Stigmella carpinella* (von Heinemann, 1862), *Stigmella floslactella* (Haworth, 1828), *Zygiobia carpini* (Löw, 1874).

Анализ трофической специализации членистоногих – фитофагов показал преобладание монофагов, ограниченных питанием только на одном виде древесно-кустарниковых растений, это 183 вида, или 68 % от общего числа. Олигофагов отмечено 60 видов (22 %). Среди полифагов, питающихся на широком спектре кормовых растений, зафиксировано 2 вида (10 %).

Таким образом, из 55 видов древесно-кустарниковых растений на селитебных и особо охраняемых природных территориях западного зоогеографического района, больше всего видов членистоногих – фитофагов повреждают *Quercus robur* L., 1753. Установлено преобладание членистоногих фитофагов из группы монофагов (183 вида, 68 %).

Список использованных источников

1. Гляковская, Е. И. Современная структура комплекса членистоногих-фитофагов древесно-кустарниковых растений в условиях особо охраняемых территорий Гродненско-Предполесского региона / Е. И. Гляковская, А. В. Рыжая // Весн. Гродзен. дзяр. ун-та імя Янкі Купалы. Сер. 5, Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія. – 2025. – Т. 15, № 2. – С. 92–102.
2. Гербарное дело: справочное руководство / под ред. Д. В. Гельмана. – Кью : Королевский ботанический сад, 1995. – 356 с.
3. Plant Parasites of Europe: leafminers, galls and fungi. – URL: <https://bladmineerders.nl> (дата обращения: 19.13.2026).

E. I. Glyakovskaya, A. V. Ryzhaya
Yanka Kupala State University of Grodno

TROPHIC CONNECTIONS AND FOOD SPECIALIZATION OF PHYTOPHAGOUS ARTHROPODS IN RESIDENTIAL AND SPECIALLY PROTECTED NATURE OF THE WESTERN ZOOGEOGRAPHICAL REGION OF BELARUS

In residential and specially protected natural areas of the western zoogeographic region of Belarus, 270 species of phytophagous arthropods have been reliably identified as inhabiting 55 taxa of trees and shrubs. The largest number of phytophagous arthropod species damage *Quercus robur* L., 1753, both in residential areas (20 species) and in specially protected natural areas (25 species). An analysis of the trophic specialization of phytophagous arthropods revealed a predominance of monophagous (183 species, or 68 % of the total).

Keywords: phytophagous, trophic specialization, residential areas, specially protected areas.

**БИОРАЗНООБРАЗИЕ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФАУНЫ
БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA: RHOPALOCERA)
В БИОТОПАХ г. ГРОДНО И г. ЖЛОБИНА**

Представлены результаты изучения комплекса булавоусых чешуекрылых в биотопах г. Гродно и г. Жлобина. За время исследования собрано 28 видов булавоусых чешуекрылых из 24 родов, 12 подсемейств и 6 семейств. Анализ степени постоянства видов по Тишлеру показал преобладание добавочных видов. Проведен кластерный анализ по Жаккару и рассчитаны индексы разнообразия.

Ключевые слова: булавоусые чешуекрылые, таксономическая структура, индексы разнообразия, кластерный анализ.

Булавоусые чешуекрылые (Lepidoptera: Rhopalocera) – широко распространенная группа насекомых, играющая заметную роль в наземных биогеоценозах, в том числе антропогенных. Хорошая таксономическая изученность, сравнительно крупные размеры и дневная активность делает эту группу удобным объектом для различных энтомологических исследований [1].

Материалы и методы. Материал для настоящей работы получен в результате полевых исследований в 8 биотопах г. Гродно и г. Жлобина: Б1 – злаково-бобовый луг, по ул. Домбровского, г. Гродно; Б2 – суходольный луг по ул. Карского, г. Гродно; Б3 – суходольный луг в лесопарке «Пышки», г. Гродно; Б4 – суходольный луг по ул. Юбилейная, г. Гродно; У1 – злаково-бобовый луг по ул. Карибского, г. Жлобин; У2 – суходольный луг по ул. Козлова, г. Жлобин; У3 – суходольный луг по ул. Магистральная, г. Жлобин; У4 – суходольный луг по ул. Пожарная, г. Жлобин [2]. Лов чешуекрылых производили с помощью энтомологического сачка (использовали лов методом кошения и лов на лету), а также с помощью приманок.

Результаты исследований и их обсуждение. По результатам проведенных исследований, с июля по август 2024 года и с июня по сентябрь 2025 года, на территории 8 биотопов г. Гродно (Гродненский район) и г. Жлобина (Жлобинский район) собрано 28 видов дневных чешуекрылых из 24 родов, 12 подсемейств и 6 семейств. Самым богатым в видовом соотношении семейством булавоусых чешуекрылых оказалось семейство Nymphalidae (Нимфалиды) включающее 8 видов (29 % от общего числа).

Анализ степени постоянства видов по Тишлеру показал наличие 5 абсолютно постоянных видов (*Maniola jurtina* (Linnaeus, 1758), *Coenonympha pamphilus* (Linnaeus, 1758), *Pieris napi* (Linnaeus, 1758), *Polyommatus icarus* (Rottemburg, 1775) и *Pieris rapae* (Linnaeus, 1758)), которые отмечены на всех исследованных биотопах. Относительно постоянными оказалось 5 видов булавоусых чешуекрылых: *Vanessa atalanta* (Linnaeus, 1758), *Aglais io* (Linnaeus, 1758), *Aphantopus hyperantus* (Linnaeus, 1758), *Gonopteryx rhamni* (Linnaeus, 1758) и *Melanargia galathea* (Linnaeus, 1758).

Выявлены добавочные виды (10 видов): *Polygonia c-album* (Linnaeus, 1758), *Pieris brassicae* (Linnaeus, 1758), *Leptidea sinapis* (Linnaeus, 1758), *Lucaena dispar* (Haworth, 1802), *Lucaena phlaeas* (Linnaeus, 1761), *Hesperia lineola* (Oshsencheimer, 1808), *Cupido alcetas* (Hoffmannsegg, 1804), *Colias hyale* (Linnaeus, 1758), *Araschnia levana* (Linnaeus, 1758) и *Aglais urticae* (Linnaeus, 1758).

Также отмечены 8 случайных видов: *Arginnis paphia* (Linnaeus, 1758), *Aporia crataegi* (Linnaeus, 1758), *Boloria selenis* (Eversmann, 1837), *Heteropterus morpheus* (Pallas, 1771), *Lasioommata megera* (Linnaeus, 1758), *Melitaea aurelia* (Nickerl, 1850), *Pararge aegeria* (Linnaeus, 1758), *Papilio machaon* (Linnaeus, 1758).

Для исследованных биотопов рассчитали индексы разнообразия. Наибольшее значение индекса Шеннона (2,38) оказалось на У4 (суходольный луг по ул. Пожарная, г. Жлобин), а значит здесь наиболее однородное сообщество булавоусых чешуекрылых (таблица).

Таблица – Показатели индексов разнообразия сообществ булавоусых чешуекрылых

Индексы видового разнообразия	Биотопы							
	Б1	Б2	Б3	Б4	У1	У2	У3	У4
Индекс Шеннона	2,17	2,11	<u>1,93</u>	2,04	2,12	2,27	<u>1,93</u>	2,38
Индекс Симпсона	0,88	0,83	0,77	0,78	0,82	0,87	0,82	0,89
Индекс Маргалефа	2,64	2,51	1,92	1,89	3,29	2,68	2,34	2,84
Индекс Бергера-Паркера	0,12	0,33	0,42	0,36	0,31	0,21	0,26	0,24

Наименьшее значение индекса Шеннона (1,93) в Б3 (суходольный луг в лесопарке «Пышки», г. Гродно) и У3 (суходольный луг по ул. Магистральная, г. Жлобин), что говорит о малом видовом разнообразии булавоусых чешуекрылых на исследуемых биотопах, по 11 и 13 видов соответственно. Индекс Симпсона отражает степень доминирования определённых видов в экосистеме. В случае с У4 (суходольный луг на улице Пожарной, г. Жлобин) данный индекс составляет наибольшее значение (0,89) что указывает на несколько доминирующих видов чешуекрылых: *Polyommatus icarus* (Rottemburg, 1775) (24 экземпляра) и *Vanessa atalanta* (Linnaeus, 1758) (25 экземпляров). Наибольшим значением индекса Маргалефа (3,29), а значит, и наибольшим видовым разнообразием отличился У1 (злаково-бобовый луг по ул. Карибского, г. Жлобин), где зарегистрировано наибольшее количество, 16 видов, чешуекрылых.

Наибольшее значение индекса Бергера-Паркера (0,42) означает уменьшение разнообразия и увеличение степени доминирования одного вида, что и наблюдается в Б3 (суходольный луг в лесопарке «Пышки»). Доминирующим видом на данном биотопе является *Pieris rapae* (Linnaeus, 1758), так как численность экземпляров данного вида (34 экземпляров) в несколько раз превышает количественный показатель экземпляров других видов чешуекрылых в данном биотопе.

Согласно кластерному анализу по Жаккару, существует связь между Б1 (злаково-бобовый луг, по ул. Домбровского, г. Гродно) и Б2 (суходольный луг по ул. Карского, г. Гродно), между У2 (суходольный луг по ул. Козлова, г. Жлобин) и У4 (суходольный луг по ул. Пожарная, г. Жлобин) (рисунок).

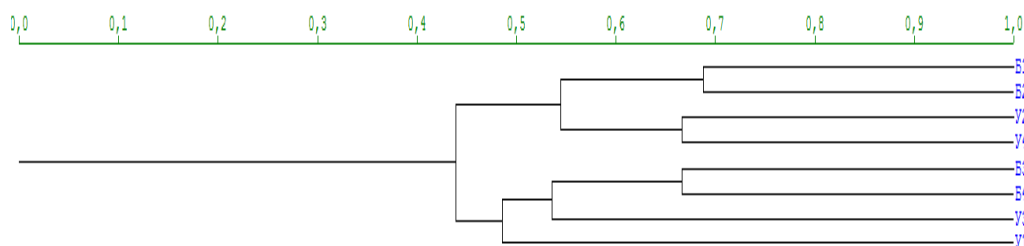


Рисунок – Дендрограмма по Жаккару

Данные 4 биотопа образуют первый кластер. Б3 (суходольный луг в лесопарке «Пышки», г. Гродно) и Б4 (суходольный луг по ул. Юбилейная, г. Гродно) объединились в общий кластер с У3 (суходольный луг по ул. Магистральная, г. Жлобин) и затем с У1 (злаково-бобовый луг по ул. Карибского, г. Жлобин).

Заключение. Полученные результаты позволят оценить видовой состав булавоусых чешуекрылых в биотопах г. Гродно и г. Жлобина, что можно использовать в дальнейших исследованиях по экологии опылителей растений, а также для оценки состояния экосистем и тенденции к их изменению.

Список использованных источников

1. Яковлев, Р. В. Булавоусые чешуекрылые (Lepidoptera, Diurna) Алтайской горной страны: экология и зоогеография : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Р. В. Яковлев. – Барнаул, 2003. – 16 с.

2. Говор, К. А. Экологические комплексы булавоусых чешуекрылых в биотопах Гродненского и Жлобинского районов / К. А. Говор ; науч. рук. Е. И. Гляковская // Мониторинг и охрана окружающей среды : электрон. сб. материалов Респ. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, аспирантов, Брест, 24 марта 2025 г. – Брест : БрГУ, 2025. – С. 13–15.

К. А. Govor, E. I. Glyakovskaya
Yanka Kupala State University of Grodno

BIODIVERSITY AND CURRENT STATE OF LEPIDOPTERA (RHOPALOCERA) FAUNA IN THE BIOTOPES OF THE GRODNO AND ZHLOBIN

The results of a study of the Lepidoptera complex in the biotopes of Grodno and Zhlobin are presented. During the study 28 species of Lepidoptera from 24 genera, 12 subfamilies, and 6 families were collected. A Tischler analysis of the degree of species constancy revealed a predominance of additional species. A Jaccard cluster analysis was conducted, and diversity indices were calculated.

Keywords: club-horned Lepidoptera, taxonomic structure, diversity indices, cluster analysis.

УДК 574.47

Т. А. Гордиенко¹, Р. А. Суходольская¹, А. Д. Белослудцев²

¹*Институт проблем экологии и недропользования АН Республики Татарстан*

²*Казанский Федеральный (Приволжский) университет*

КОМПЛЕКС ПОДСТИЛОЧНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ОСТРОВНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЗАКАЗНИКА «ЧИСТЫЕ ЛУГА»

Проведена инвентаризация герпетобионтов в 10 биотопах заказника «Чистые луга» и материка. В сообществе доминируют насекомые (67–98 %). На островах фауна карабидов обеднена (21 вид), здесь абсолютно преобладает *Pterostichus melanarius* (52,4 %), трофическая структура представлена хищниками (95 %). На материке выявлено 32 вида жуков, структура сообщества полидоминантная. Обнаружены три редких вида. Структура сообществ отражает классические эффекты островной изоляции (MacArthur, Wilson, 1967) и подтверждает высокую природоохранную значимость островных экосистем заказника.

Ключевые слова: герпетобионты, Carabidae, островные экосистемы, заказник, краснокнижные виды, островная изоляция.

Герпетобионты – наземные беспозвоночные обитатели подстилки играют важную роль в деструкции органического вещества, в трофических цепях, участвуют в процессах почвообразования, служат индикаторами состояния экосистем [1–3]. Изучение структурно-функциональной организации сообществ герпетобионтов позволяет оценить устойчивость экосистем к природным и антропогенным воздействиям.

Особый интерес представляют островные экосистемы, сформировавшиеся в результате образования крупных водохранилищ. Анализ сообществ герпетобионтов на таких островах позволяет проследить влияние различных факторов абиотических (площадь, режим затопления) и биотических (растительный покров, конкуренция, дрейф генов) на структурную организацию фауны.

Целью настоящего исследования является инвентаризация и анализ структуры сообществ герпетобионтов в пределах заказника «Чистые луга».

Работу проводили во второй половине июня 2026 г. на территории государственного природного заказника «Чистые луга», расположенного в пойме рек Прость и Шешма, впадающих в реку Кама Куйбышевского водохранилища, и представленного сетью островов. Обследовано 10 биотопов, из них 5 на материке и 5 на островах. Учеты проводили стандартным почвенно-зоологическим методом почвенными ловушками Барбера. Выставлено 100 ловушек, отработано 400 ловушко-суток.

Результаты учета динамической активности герпетобионтов показали, что во всех исследованных биотопах преобладали насекомые (67–98 %). Наибольшая динамическая активность наблюдалась на материке (в среднем 47 особей/10 лов.-сут.) (рис.). Такая высокая

плотность связана с высокой активностью жуков стафилинид (24 %), жужелиц (36 %), мертвоедов (11 %), а также личинок кожеедов на лугах (13 %).

На островах динамическая плотность была в 1,6 раза ниже, чем на материке (в среднем 29 особей/10 лов.-сут.), здесь также преобладали насекомые (96 %), среди которых жужелицы (83 %) и стафилиниды (9 %).

Трофическая структура на островах представлена в основном хищниками (95 %), а на материке хищниками (65 %) и сапрофагами (32 %).

По предварительным данным фауна жужелиц на островах не многочисленна, обнаружено 21 вид карабид. Среди них доминируют *Pterostichus melanarius* Illiger, 1798 (52,4 %), *Carabus granulatus* Linnaeus, 1758 (12,1 %), *Carabus stscheglovi* Mannerheim, 1827 (11,2 %), *Pterostichus niger* Schaller, 1783 (5,1 %). Обнаружено два вида жужелиц, занесенных в региональную Красную книгу Республики Татарстан [4]: жужелица Щеглова *C. stscheglovi* (51 особь) и *Carabus (Trachycarabus) estreicheri* Fisch., 1820 (2 особи).

На материке в окрестностях заказника отмечено 32 вида жужелиц, среди них преобладают *Carabus (Tachypus) cancellatus* Illiger, 1798 (30,1 %), *Poecilus versicolor* Sturm, 1824 (10,1 %), *Bembidion lampron* Chaudoir, 1850 (7,8 %), *Pterostichus (Steropus) mannerheimi* Dejean, 1831 (6,9 %), *Pterostichus oblongopunctatus* Fabricius, 1787 (6,9 %), *Amara aenea* De Geer, 1774 (5,9 %), *Pt. melanarius* Illiger, 1798 (5,2 %). Здесь были встречены два редких вида, включенных в Красную книгу РТ (2025) *Carabus schoenherri* Fischer von Waldheim, 1820 (2 особи) и *C. (Trachycarabus) estreicheri* (2 особи). Такой видовой состав и его соотношение свидетельствует об умеренной нарушенности, о преобладании открытых луговых биотопов с различной влажностью и освещенности.

Сравнение полученных нами данных по островной и материковой фауне жужелиц демонстрирует классические эффекты островной изоляции, которая приводит к обеднению видового состава и упрощению структуры сообщества, где один экологически пластичный вид занимает доминирующее положение [5].

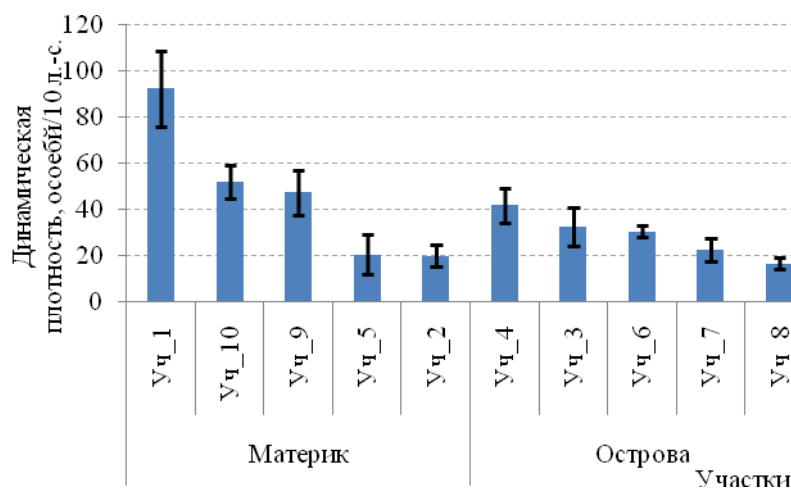


Рисунок – Результаты учёта динамической плотности на исследованных участках:
 1 – липово-сосновый лес; 2 – луг среднего уровня, опушка леса; 3 – дубовая грива; 4 – осинник;
 5 – луг среднего уровня, выпас; 6 – осинник; 7 – дубовая грива; 8 – дубовая грива;
 9 – луг среднего уровня; 10 – луг низкого уровня

Список использованных источников

1. Гиляров, М. С. Методы полевых экологических исследований почвенной зоологии / М. С. Гиляров. – М. : Наука, 1975. – 68 с.
2. Еремеева, Н. И. Герпетобиионты как индикаторы чистоты городской среды / Н. И. Еремеева // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2002. – № 6. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gerpetobionty-kak-indikatory-chistoty-gorodskoy-sredy> (дата обращения: 21.08.2026).

3. Еланцева, А. А. Насекомые-герпетобионты в городских насаждениях / А. А. Еланцева // Известия Самарского научного центра РАН. – 2015. – № 4-1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nasekomye-gerpetobionty-v-gorodskih-nasazhdeniyah> (дата обращения: 21.08.2026).

4. Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы). Издание четвертое. – Казань : Изд-во Акад. наук Респ. Татарстан, 2025. – 804 с.

5. MacArthur, R. H. The Theory of Island Biogeography / R. H. MacArthur, E. O. Wilson // Monographs in Population Biology. – No. 1. – Princeton University Press, Princeton, N. J., 1967. – 203 pp.

Т. А. Gordienko¹, R. A. Sukhodolskaya¹, A. D. Belosludtsev²

¹Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences

²Kazan Federal (Volga Region) University

THE COMPLEX OF LITTER INVERTEBRATES IN ISLAND ECOSYSTEMS OF THE «CHISTYE LUGA» NATURE RESERVE

An inventory of herpetobionts was conducted in 10 biotopes of the «Chistye Luga» Reservoir and the mainland. Insects dominate the community (67–98 %). On the islands, the carabid fauna is depleted (21 species), with *Pterostichus melanarius* completely predominating (52,4 %), and the trophic structure is represented by predators (95 %). On the mainland, 32 species of ground beetles were identified, with a polydominant community structure. Three rare species were discovered. The community structure reflects the classic effects of island isolation (MacArthur and Wilson, 1967) and confirms the high conservation value of the reserve's island ecosystems.

Keywords: herpetobionts, Carabidae, island ecosystems, reserve, Red Data Book species, island isolation.

УДК 591.524.1(28)

Д. И. Григорович

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

ФАУНА ГИДРОБИОНТНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ВОДОЁМОВ ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Представлены результаты исследования гидробиотных беспозвоночных в водоемах Гродненской области. Установлен видовой состав гидробионтов, относящихся к 3 типам, 6 классам, 14 отрядам и 26 семействам. Определены экологические группы гидробионтных беспозвоночных по местообитанию с преобладанием бентосных видов (28 видов, или 82 % от общего числа).

Ключевые слова: гидробионтные беспозвоночные, таксономическая структура, бентос, Гродненская область.

Гидробионтные беспозвоночные, являясь разнообразной и многочисленной группой организмов, играют ключевую роль в функционировании водных сообществ. Установление видового состава водных беспозвоночных, изучение их биологии и роль в водных экосистемах, выявление биологических и географических закономерностей формирования водных биоценозов позволяют решать фундаментальные вопросы зоологии, гидробиологии, экологии и биогеографии [1].

Материалы и методы. С июня по август 2025 года в водоемах Гродненской области проводили сбор водных беспозвоночных с помощью гидробиологического сачка. Для исследования выбрали 3 водоема: В–1 (водоём по улице Карского, г. Гродно); В–2 (заводь реки Жижма, д. Германишки, Вороновский район); В–3 (пруд биологической очистки, расположенный расположен в 40 м от предприятия мясокомбинат в северной части г. Гродно) [2]. Пробы отбирались в разных частях водоёма: в прибрежной зоне с обильной растительностью, на открытых участках с различными типами грунта (песок, ил, камни), а также в зонах с затопленной древесиной. Идентификация организмов проводилась в лабораторных условиях с использованием бинокля и определительной литературы [3–5].

Результаты исследований и их обсуждение. По результатам проведенных исследований за полевой сезон 2025 года в водоемах Гродненской области установлено обитание 34 видов гидробионтных беспозвоночных из 3 типов, 6 классов, 16 отрядов, 26 семейств и 29 родов. В видовом соотношении преобладают представители класса Insecta, насчитывающие 17 видов, или 50 % от общего числа (рисунок).

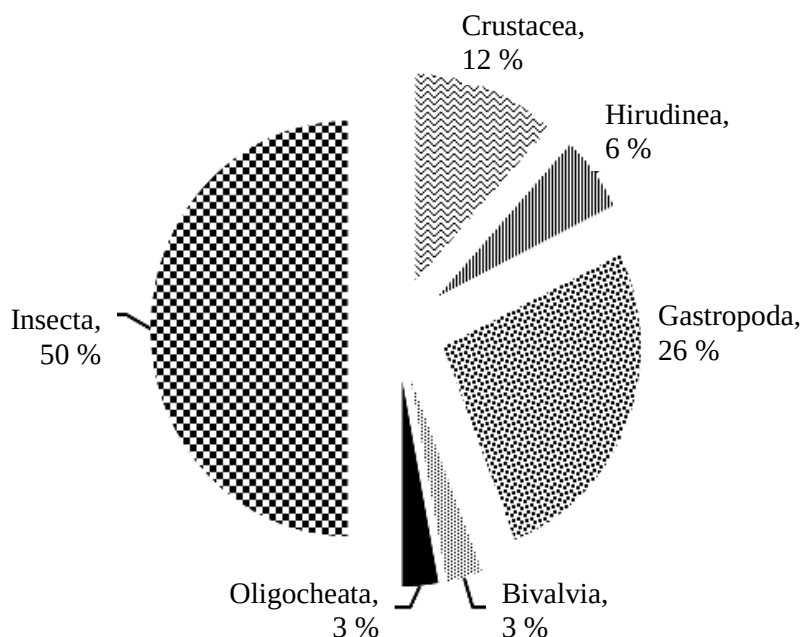


Рисунок – Таксономическая структура гидробионтных беспозвоночных в водоёмах Гродненской области

Из класса Gastropoda отмечено 9 видов (26 %), в то время как к классу Crustacea принадлежат 4 вида гидробионтов (12 %). Пиявки (класс Hirudinea) представлены 2 видами (*Glossiphonia complanata* (Linnaeus, 1758), *Helobdella stagnalis* Linnaeus, 1758)) (6 %). Классы Oligochaeta (*Dero dorsalis* Ferronniere, 1899) и Bivalvia (*Sphaerium corneum* (Linnaeus, 1758)) оказались одновидовыми (по 3 % соответственно).

Водные беспозвоночные по характерному для них местообитанию подразделяют на ряд экологических групп. При обследовании водоемов Гродненской области отмечены бентосные, планктонные, нейстонные, нектонные и плейстонные виды гидробионтов. Доминируют бентосные виды, обитающие на дне водоемов и насчитывающие 28 видов (или 82 % от общего числа). Нектонные (активные пловцы: *Naucoris cimicoides* (Linnaeus, 1758), *Notonecta glauca* Linnaeus, 1758) и нейстонные (население пленки поверхностного натяжения воды: *Gerris lacustris* Linnaeus, 1758, *Plea minutissima* Leach, 1818) гидробионты представлены 2 видами соответственно (6 %). Планктонные (парящие в толще воды: *Daphnia pulex* Leydig, 1860) и плейстонные (организмы, одна часть которых погружена в воду, а другая находится в воздухе над пленкой поверхностного натяжения: *Gyrinus natator* (Linnaeus, 1758)) гидробионты в исследованных водоемах представлены только одним видом соответственно (3 %).

Анализ сходства видового состава по Жаккару показал малую степень соответствия (0,2) по видовому составу гидробионтных беспозвоночных между В-1 (водоём по улице Карского, г. Гродно) и В-3 (пруд биологической очистки, г. Гродно). Между В-1 (водоём по улице Карского, г. Гродно) и В-2 (заводь реки Жижма, д. Германишки, Вороновский район) (0,06), а также между В-2 (заводь реки Жижма, д. Германишки, Вороновский район) и В-3 (пруд биологической очистки, г. Гродно) (0,13) нет соответствия по видовому составу гидробионтов.

Заключение. По результатам проведенных исследований в водоемах Гродненской области обитают 34 вида гидробионтных беспозвоночных с преобладанием представителей класса Insecta (17 видов, или 50 %) и бентосной экологической группы (28 видов, 82 %). Согласно индексу Жаккара, между исследованными водоемами нет соответствия по видовому составу гидробионтных беспозвоночных, или отмечена малая степень сходства.

Список использованных источников

1. Долгин, В. Н. Пресноводные моллюски Субарктики и Арктики Сибири (фауна, экология, зоогеография) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.08 / В. Н. Долгин ; Том. гос. пед. ун-т. – Томск, 2001. – 55 с.
2. Григорович, Д. И. Гидробионтные беспозвоночные в оценке качества среды водоемов Гродненской области / Д. И. Григорович // Мониторинг и охрана окружающей среды : электрон. сб. материалов Респ. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, аспирантов, Брест, 12 марта 2026 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: А. С. Домась, Н. В. Шкуратова, М. В. Левковская. – Брест : БрГУ, 2026. – С. 34–36.
3. Рындевич, С. К. Определение экологического состояния водных экосистем на основе анализа видового состава беспозвоночных : практическое руководство / С. К. Рындевич. – Барановичи, 2015. – 27 с.
4. Чертопруд, М. В. Биоиндикация качества водоемов по составу сообществ беспозвоночных / М. В. Чертопруд. – М. : МГСЮН, 2007. – 182 с.
5. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР: планктон и бентос / Г. Г. Винберг, О. И. Чибисова, Н. С. Гаевская [и др.] ; отв. ред.: д-ра биол. наук Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов. – Л. : Гидрометеиздат, 1977. – 510 с.

D. I. Grigorovich

Yanka Kupala State University of Grodno

FAUNA OF ACUATIC INVERTEBRATES OF THE RESERVOIRS IN THE GRODNO REGION

The results of a study aquatic invertebrates in reservoirs of the Grodno region are presented. The species composition of aquatic organisms was determined. Identified of aquatic invertebrates belonging to 3 types, 6 classes, 14 orders and 26 families. Ecological groups of aquatic invertebrates were determined by habitat, with benthic species predominated (28 species, or 82 % of the total).

Keywords: hydrobiontic invertebrates, taxonomic structure, benthos, Grodno region.

УДК 598.243.8:502.055(476)

А. А. Данилова, И. А. Богданович, И. Э. Самусенко, А. В. Черноморец

*Государственное научно-производственное объединение
«Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам»*

НАПРАВЛЕНИЯ МИГРАЦИЙ ЧАЙКОВЫХ ПТИЦ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВОЗВРАТОВ КОЛЕЦ ЗА 2021–2025 гг.

На основе анализа данных кольцевания и возвратов колец двух типов – птиц, окольцованных в Беларуси и встреченных за рубежом, а также птиц, окольцованных в других странах и встреченных в Беларуси, – выявлены основные направления миграций чайковых (Laridae). Работа вносит вклад в понимание структуры миграционных связей популяций чайковых в Европе.

Ключевые слова: чайковые птицы, миграции, кольцевание, возвраты колец, Laridae.

Изучение миграций птиц имеет фундаментальное значение для понимания популяционной динамики, пространственной структуры видов и вопросов сохранения биоразнообразия. Одним из наиболее надежных методов получения данных о перемещениях особей является кольцевание с последующим возвратом колец [1]. Настоящее исследование основано на анализе двух массивов данных о возвратах колец [2]: сведения о птицах, окольцованных в других государствах и встреченных в Беларуси, и о птицах, окольцованных в Беларуси и встреченных за рубежом в период с 2021 по 2025 г.

Цель – выявить основные направления и интенсивность миграционных потоков для массовых видов чайковых, а также определить ключевые регионы, играющие роль в миграции этих птиц. По каждому виду суммировались абсолютные числа возвратов по странам, что позволило оценить относительную интенсивность миграционных связей.

За данный период суммарно зафиксировано 1316 возвратов чайковых птиц, окольцованных в 19 странах и встреченных в Беларуси. Встречались птицы из Бельгии, Великобритании, Венгрии, Германии, Дании, Израиля, Испании, Латвии, Литвы, Нидерландов, Польши,

России, Сербии, Словакии, Украины, Финляндии, Хорватии, Швейцарии и Швеции. Наибольшее число наблюдений принадлежит *Larus argentatus s.l.* – 866 случаев (65,8 % от общего итога). На втором месте *Chroicocephalus ridibundus* – 232 (17,6 %), затем *Larus fuscus* – 111 (8,4 %) и *Larus canus* – 90 (6,8 %). Остальные виды (*Hydroprogne caspia*, *Larus delawarensis*, *Larus melanocephalus*, *Larus michahellis*, *Sterna hirundo*) в сумме дают менее 2 % возвратов. Среди стран, в которых кольцевались птицы, абсолютный лидер – Польша (575 встреч, 43,7 %), преимущественно за счет *L. argentatus s.l.* (315) и *C. ridibundus* (167). Далее следуют Литва (383, в основном *L. argentatus* – 378), Хорватия (80), Дания (75) и Германия с Великобританией (по 16). Заметны также поступления из Финляндии (96, почти полностью *L. fuscus* – 91) и Нидерландов (8).

Общее число возвратов птиц за тот же период, окольцованных в Беларуси и встреченных в 24 странах и в нейтральной морской акватории – 1964. Подробности представлены в таблице.

Таблица – Встречи птиц, окольцованных в Беларуси, за рубежом

	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	<i>Larus argentatus sensu lato</i>	<i>Larus canus</i>	<i>Larus fuscus</i>	<i>Sterna albifrons</i>	Общий итог
Австрия	6	8				14
Балтийское море		2				2
Бельгия	10	2				12
Великобритания	19	2				21
Германия	182	78		1		261
Дания		26				26
Испания	3	1		7		11
Италия	7	3				10
Латвия		5				5
Литва	2	109				111
Нидерланды	59	31				90
Польша	64	943	2			1009
Россия		2				2
Румыния	2	2				4
Сенегал					2	2
Сербия	1					1
Словакия		1				1
Украина	1	3				4
Финляндия		2				2
Франция	12	3				15
Хорватия	25	90		1		116
Чехия	3	121				124
Швейцария	46	62				108
Швеция		13				13
Общий итог	442	1509	2	9	2	1964

Выявленная асимметрия междувдвум массивами данных объясняется различиями в масштабах кольцевания разных стран [1], активностью наблюдателей и направленностью миграций белорусских популяций. Для Беларуси основной миграционный коридор проходит через Польшу (как транзитная зона и место зимовки), далее ветвится на Германию, Нидерланды и Скандинавию (встречи финских и шведских колец). При этом белорусские чайки активно используют также южное направление – Хорватию, Швейцарию, Чехию, что согласуется с данными о зимовках на Адриатике и Средиземноморье. Две встречи *Sterna albifrons* в Сенегале подтверждают транс-Сахарные перелеты у крачек. Доминирование *L. argentatus s.l.* в обеих выборках говорит о способности вида осваивать антропогенные кормовые ресурсы, что расширяет миграционный потенциал.

Таким образом, кольцевание выявляет сложную сеть миграционных связей Беларуси. Основными партнерами являются Польша, Литва, Германия, Хорватия и Нидерланды. Западноевропейское направление преобладает, но присутствуют и южные (Балканы, Италия, Испания) и даже западноафриканские элементы. Видовая структура миграций различается: для *C. ridibundus* характерна более широкая дисперсия по континенту, тогда как *L. argentatus* концентрируется в Центральной и Северной Европе. Полученные результаты могут служить основой для мониторинга изменений миграционных путей в условиях климатических сдвигов и антропогенного воздействия.

Список использованных источников

1. European Union for Bird Ringing // EURING. – URL: www.euring.org (date of access: 02.07.2026).
2. Белорусский центр кольцевания птиц. – URL: <http://www.ringing.center> (дата обращения: 02.07.2026).

A. A. Danilova, I. A. Bogdanovich, I. E. Samusenko, A. V. Chernomoretz

Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources

**MIGRATION ROUTES OF LARIDAE BIRDS
BASED ON RING RECOVERY DATA FOR 2021–2025**

Based on the analysis of ringing and ring recovery data of two types – birds ringed in Belarus and observed abroad, as well as birds ringed in other countries and encountered in Belarus – the main migration routes of Laridae birds have been identified. This work contributes to understanding the structure of migratory connections among gull populations in Europe.

Keywords: gulls, migrations, ringing, ring recoveries, Laridae.

УДК 595.753(476)

М. Н. Жаврид, С. В. Буга

Белорусский государственный университет

**БИОТОПИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ГЕРБОФИЛЬНЫХ ТЛЕЙ
В УСЛОВИЯХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»**

Представлены данные о фоновых в различных биотопах на территории Национального парка «Нарочанский» видах гербофильных тлей (Insecta: Rhyncho: Auchenorrhyncha: Aphidoidea).

Ключевые слова: равнокрылые хоботные, геробионты, трофические связи, луга, травянистая растительность.

Гербофильные тли представляют собой относительно малоизученную эколого-систематическую группу насекомых фауны Беларуси. Тли (Insecta: Rhyncho: Auchenorrhyncha: Aphidoidea) в целом до сих пор плохо изучены, на что указывают данные по регистрируемому видовому богатству фауны Польши (более 700 видов) [1; 2] и Беларуси (около 300 видов) [3–5]. Дендрофильные тли служили объектами достаточно широких исследований, результаты которых были опубликованы в обобщающих работах [3–5], тогда как гербофильные представители таксона целенаправленно изучались в начале текущего столетия Н. В. Лещинской [6; 7]. Данные о тлях семейства Eriosomatidae (Pemphigidae) и трибы Macrosiphini семейства Aphididae обобщены в тематических статьях [4; 5], тогда как результаты изучения других таксонов Aphidoidea рассеяны по большому числу частных публикаций, либо вовсе не опубликованы.

Афидологические исследования в Нарочанском крае Белорусского Поозерья (юго-запад Нарочанско-Ушачского Поозерья) были начаты сотрудниками кафедры зоологии Белорусского государственного университета в 2007 году, но фокусировались на комплексах энтомофагов сливово-тростниковой тли (*Hyalopectus pruni* Geoffr.) [8]. В последующий период были сделаны достаточно обширные энтомологические сборы, на основе обработки представляется возможным охарактеризовать гербофильных тлей отдельных биотопов и их групп.

На цмине песчаном (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench) местами регистрируются агрегации *Macrosiphoniella* (*Ramitrachophorus*) *jancke* Börn. На букашнике горном (*Jasione montana* L.) в период бутонизации и начала цветения отмечаются колонии *Aphis psammophila* Szél., тогда как регистрацииколокольчиковой тли (*Uroleucon campanulae* (Kalt.)) единичны. Тли рода *Macrosiphoniella* delGuercio характерны для полыней (*Artemisia* L.), прежде всего, полыни равнинной (*Artemisia campestris* L.). Следует отметить, что поафильные тли как в Нарочанском крае, так и Беларуси в целом остаются неизученными, а среди них наверняка есть формы, связанные с характерными для суходолов и песчаных пустошей злаками, такими как булавоносец седой (*Corynephorus canescens* (L.) P.Beauv.) и белоус торчащий (*Nardus stricta* L.). Данная констатация справедлива и для тлей, развивающихся на злаках лугов переходного типа и лесных полян, среди которых вейник наземный (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth), овсяницы (*Festuca* Tourn. ex L.), мятлики (*Poa* L.), другие представители семейства Poaceae.

Лесные поляны и участки разреженных древостоев в светлых сосняках являются характерными местообитаниями развивающихся на короставнике обыкновенном (*Knautia arvensis* (L.) Coult.) тлей: агрегации на растущих побегах и цветоносах образуют тли рода *Macrosiphum* Pass. (*Macrosiphum rosae* (L.) и *Macrosiphum knautiae* Holm.), тогда как плотные колонии формируют зеленые тли *Aphis confuse* Walk. На колокольчике раскидистом (*Campanula patula* L.) в период бутонизации и цветения регистрируются отдельные особи и мелкие агрегации тлей *U. campanulae*. Василек луговой (*Centaurea jacea* L.) повсеместно заселяет тля (*Uroleucon jaceae* (L.)).

Травостой под пологом древостоя часто формирует сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.). На нижней стороне листовых пластинок располагаются диффузно либо формируют рыхлые агрегации тли *Aulacorthum aegopodii* Börn. В местах питания насекомых наблюдаются хлоротичные пятна. Питание колоний черных тлей *Aphis podagrariae* Schrnk. ведет к выраженной деформации листовых пластинок. Под пологом леса растет также крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), вершины растущих побегов и нижнюю сторону листовых пластинок заселяют зеленые тли *Aphis urticae* Gmel., формирующие плотные колонии. Тли *Microlophium carnosum* (Buckt.) размещаются диффузно либо рыхлыми агрегациями. Характерным растением лесов является марьянник луговой (*Melampyrum pratense* L.), на котором развиваются тли *Macrosiphum melampyri* Mordv. Национальный парк «Нарочанский» до сих пор является единственным местом регистрации вида [5] в Беларуси.

Для прибрежной растительности характерен специфический комплекс тлей. Так, на тростнике (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) вспышки массового размножения дает упомянутая выше сливово-тростниковая тля. На злаках обычна черемухово-злаковая тля (*Rhopalosiphum padi* (L.)), которой также свойственны вспышки массового размножения.

В настоящем сообщении перечислены виды, являющиеся фоновыми в соответствующих биотопах. Дальнейшие исследования должны дополнить имеющиеся данные сведениями об рецедентных представителях таксона.

Список использованных источников

1. Osiadacz, B. Systematic review of aphids (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphidomorpha) of Poland with host plant index: a monographic survey / B. Osiadacz, R. Hałaj. – Tarnowskie Góry : Institute Tarnagorsky i Museum, 2010. – 192 p.
2. An annotated checklist of the aphids of Poland / W. Wojciechowski, Ł. Depa, M. Kanturski [et al.] // Polish Journal of Entomology. – 2015. – Vol. 84. – P. 383–420.
3. Буга, С. В. Дендрофильные тли Беларуси / С. В. Буга. – Минск : БГУ, 2001. – 98 с.
4. Aphids of the family Eriosomatidae (Insecta: Homoptera) in Belarus / S. V. Buga, D. G. Zhorov, N. V. Leshchinskaya [et al.] // Zoosystematica Rossica. – 2012. – Vol. 25, n. 2. – P. 226–232.
5. Buga, S. V. Aphids of the tribe Macrosiphini (Insecta: Homoptera: Aphididae) in Belarus / S. V. Buga, A. V. Stekolshchikov // Zoosystematica Rossica. – 2012. – Vol. 21, n. 1. – P. 63–96.

6. Буга, С. В. Гербофильные тли ксерофильной растительности Беларуси / С. В. Буга, Н. В. Лещинская // Вестник БГУ. Сер. 2. Биология – 2007. – № 1. – С. 45–50.

7. Лещинская, Н. В. Структура фауны гербофильных тлей (Sternorrhyncha: Aphidoidea) Беларуси: предварительные итоги анализа / Н. В. Лещинская // Труды БГУ. – 2015. – Т. 10. – С. 336–344.

8. Сауткин, Ф. В. Структура комплекса энтомофагов сливово-тростниковой тли (*Hyalopterus pruni*) на тростнике (*Phragmites australis*) в условиях литорали озера Нарочь / Ф. В. Сауткин, С. В. Буга // Теоретические и прикладные аспекты интродукции растений как перспективного направления развития науки и народного хозяйства : материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 75-летию со дня образования ЦБС НАН Беларуси / НАН Беларуси, ЦБС. – Минск : Эдит ВВ, 2007. – Т. 2 – С. 230–232.

M. N. Zhavrid, S. V. Buga
Belarusian State University

BIOTOPIC GROUPS OF HERBOPHILIC APHIDS IN NARACH NATIONAL PARK

Data on the common species of herbivorous aphids (Insecta: Rhynchota: Auchenorrhyncha: Aphidoidea) in various biotopes in Narach National Park are presented in the note.

Keywords: Aphidoidea, herbobionts, trophic relationships, meadows, herbaceous vegetation.

УДК 597/599(476.2)

В. А. Жигульская

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»

ВИДОВОЙ СОСТАВ ВОДНЫХ И ОКОЛОВОДНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ ВОДОЁМОВ ЗАКАЗНИКА РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЗНАЧЕНИЯ «ВЫДРИЦА»

Представлено изучение видового разнообразия водных и околотовных позвоночных животных двух водоемов на территории заказника республиканского значения «Выдрица». За полевой сезон 2024–2025 гг. зарегистрировано 33 вида позвоночных животных. Установлено, что фаунистический состав водоемов существенно различается. Водоем (В2) характеризуется более высоким видовым разнообразием по большинству групп за счет связи с рекой, тогда как изолированный лесной водоем (В1) является системой с обедненной ихтиофауной и специфическим орнитокомплексом. Однако структура сообществ позвоночных животных четко отражает экологические условия местообитаний.

Ключевые слова: заказник «Выдрица», позвоночные животные, видовое разнообразие, гидрологический режим.

Водоемы и прилегающие к ним экосистемы являются ключевыми элементами ландшафта, поддерживающими высокий уровень биоразнообразия. Сохранение видового состава водных и околотовных животных является приоритетной задачей для особо охраняемых природных территорий, таких как республиканский заказник «Выдрица». Этот заказник, расположенный в пойме реки Березины, имеет международный статус Рамсарской территории [1].

Исследования фауны заказника, а также сравнительный анализ сообществ позвоночных животных в различных типах водоемов остаются актуальными. Это помогает определить распределение видов и проследить мониторинг экологического состояния.

Целью данной работы является выявление и сравнительный анализ видового состава водных и околотовных позвоночных животных в двух стационарных водоемах, различающихся по гидрологическим условиям, на территории заказника «Выдрица».

Материал собран в летние периоды 2024 и 2025 гг. на двух стационарных водоемах заказника «Выдрица» (Гомельская область). Водоем 1 (В1) – закрытый лесной водоем площадью 7808 м² с песчано-илистым дном и сплошной прибрежной растительностью. Водоем 2 (В2) – пойменное озеро (старица) площадью 32119 м², связанное с рекой Березиной, с неровной береговой линией, наличием плавающей и погруженной растительности.

Учет позвоночных животных проводили стандартными зоологическими методами: визуальные наблюдения, отлов с помощью сачка, определение по голосам. Таксономическая принадлежность видов устанавливалась по определителям. Для оценки структуры сообществ

использовали коэффициент видового сходства Жаккара и индекс Шеннона для количественной оценки разнообразия.

За полевой сезон на двух водоемах нами зарегистрировано 33 вида позвоночных животных, относящихся к 5 классам. Наибольшее видовое богатство отмечено для птиц (13 видов) и рыб (10 видов). При этом распределение видов между водоемами оказалось неравномерным, что свидетельствует о значительном влиянии гидрологических условий на структуру фауны.

Ихтиофауна. В проточном водоеме В2 отмечено 9 видов ихтиофауны, относящихся к 4 отрядам: Esociformes, Perciformes, Cypriniformes, Siluriformes. В закрытом водоеме В1 ихтиофауна обеднена: абсолютно доминирует *Carassius sp.* Nilsson, 1832, редко встречаются *Tinca tinca* Linnaeus, 1758 и *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758). Вероятно, это связано с отсутствием связи с рекой и дефицитом кислорода [2].

Герпетофауна. Сообщества амфибий и рептилий исследованных водоемов также различались. Среди амфибий в ходе исследования отмечено 5 видов, относящихся к отряду Anura. В водоёме В2 встречаемость и видовое разнообразие амфибий больше: здесь отмечаются *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771), *Pelophylax lessonae* (Camerano, 1882), *Pelophylax esculentus* (Linnaeus, 1758), *Rana temporaria* Linnaeus, 1758 и *Bufo bufo* Linnaeus, 1758. В водоёме В1 видовой состав амфибий беднее: присутствуют *P. ridibundus* (Pallas, 1771) и *P. lessonae* (Camerano, 1882) [3]. Среди рептилий отмечено в прибрежной зоне водоемов 3 вида, относящихся к отряду Squamata. Их распределение также различается: около водоёма В2 встречаются все три вида – *Anguis fragilis* Linnaeus, 1758, *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) и *Lacerta agilis* Linnaeus, 1758, тогда как около водоёма В1 отмечается только *N. natrix* (Linnaeus, 1758) и *Lacerta agilis* Linnaeus, 1758.

Орнитофауна. Орнитокомплексы двух водоемов имеют различия по видовому составу. Водоем В1 закрытого типа с доминированием Passeriformes, связанных с прибрежными зарослями. Водоем В2 имеет открытые участки, где регистрируются виды отрядов Charadriiformes, Gruiformes и Podicipediformes. Такие экологически пластичные виды, как *Anas platyrhynchos* Linnaeus, 1758 и *Ardea cinerea* Linnaeus, 1758 встречаются на обоих водоемах. Столь сильные различия обусловлены разной степенью зарастания водоемов, наличием открытых плёсов и характером прибрежной растительности [4].

Млекопитающие. Нами выявлено только 2 вида млекопитающих – *Castor fiber* Linnaeus, 1758 и *Arvicola amphibius* (Linnaeus, 1758) – были зарегистрированы только на водоеме В1.

Для оценки сходства видового состава позвоночных животных исследованных водоемов рассчитали коэффициент Жаккара. Он составил 0,38, что подтверждает малое фаунистическое сходство. Индекс Шеннона, рассчитанный на основе встречаемости видов, составил 2,20 для В1 и 3,24 для В2, что свидетельствует о значительно более высокой гетерогенности и стабильности сообщества пойменного водоема В2.

Таким образом, видовой состав водных и околоводных позвоночных животных на территории заказника «Выдрица» тесно связан с типом водоема. Водоем В2 (пойменная старица, связанная с рекой) характеризуется более богатой и разнообразной фауной по сравнению с изолированным лесным водоемом В1. Полученные данные подчеркивают высокую экологическую ценность пойменных озер в структуре заказника и важность поддержания их гидрологической связи с рекой для сохранения биологического разнообразия региона.

Список использованных источников

1. Заказник республиканского значения «Выдрица». – URL: <https://zakaznik-vydritsa.by> (дата обращения: 06.07.2026).
2. Сечин, Ю. Т. Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах / Ю. Т. Сечин. – М. : Изд-во ВНИИПРХ, 1990. – 52 с.
3. Пикулик, М. М. Земноводные Белоруссии / М. М. Пикулик. – Минск : Наука и техника, 1985. – 191 с.

4. Абрамова, И. В. Структура и динамика населения птиц экосистем юго-запада Беларуси : моногр. / И. В. Абрамова. – Брест : Изд-во БрГУ, 2007. – 208 с.

V. A. Zhigulskaya

Yanka Kupala State University of Grodno

SPECIES COMPOSITION OF AQUATIC AND SEMI-AQUATIC VERTEBRATES IN THE REPUBLICAN NATURE RESERVE «VYDRITSA»

This study examines the species diversity of aquatic and semi-aquatic vertebrates in two water bodies within the Republican Nature Reserve «Vydritsa». Over the 2024–2025 field season, a total of 33 species were recorded, belonging to five classes: Actinopterygii, Amphibia, Reptilia, Aves, and Mammalia. The faunal composition of the two water bodies was found to differ significantly. Water body (W2), which is connected to a river, exhibits higher species diversity across most taxonomic groups, whereas the isolated forest water body (W1) represents a system with depauperate ichthyofauna and a distinct avian assemblage. Nevertheless, the structure of vertebrate communities clearly reflects the ecological conditions of their respective habitats.

Keywords: Vydritsa Reserve, vertebrates, species diversity, hydrological regime.

УДК 598

Д. В. Журавлёв, И. А. Богданович, М. Н. Колосков, И. Н. Субботина

Государственное научно-производственное объединение
«Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам»

РЕЗУЛЬТАТЫ УЧЁТА ВЕРТЛЯВОЙ КАМЫШЕВКИ *ACROCEPHALUS PALUDICOLA* НА КЛЮЧЕВЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ БЕЛАРУСИ В 2026 г.

Проведены мониторинговые исследования вертлявой камышевки *Acrocephalus paludicola* (статус МСОП (VU)), на четырёх ключевых местообитаниях в Беларуси (Званец, Споровское, Дикое и Сервечь). Численность данного вида снизилась на 44,4 % стационаров, на 33,3 % он отсутствует уже несколько лет. Плотности на различных мониторинговых площадках в 2026 году колебались от 0,42 до 7,28, в среднем 4,10 самцов/10 га, включая 3 учёта, где вертлявая камышевка отсутствовала.

Ключевые слова: мониторинг, вертлявая камышевка, заказник «Споровский», заказник «Званец», болото Дикое, заказник «Сервечь».

Вертлявая камышевка *Acrocephalus paludicola* имеет статус «Уязвимый» (VU) в списке Международного союза охраны природы (МСОП), численность мировой популяции снижается. В республике Беларусь обитает до 35 % мировой популяции вида [1], большая часть которых сосредоточена на 4 ключевых территориях на юго-западе страны: Республиканский ландшафтный заказник «Званец» (2063–2379 поющих самцов), Республиканский биологический заказник «Споровский» (504–592), болото «Дикое» в Национальном парке «Беловежская пуща» (118–216) и гидрологический заказник «Сервечь» (11–64) [2; 3]. В связи с этим постоянный мониторинг на ключевых местах гнездования очень важен для быстрого принятия решений по сохранению этого вида.

В 2026 году в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды были заложены мониторинговые площадки во всех ключевых местообитаниях вертлявой камышевки на территории Беларуси. Мониторинговые учёты вертлявой камышевки проводились маршрутным методом в вечернее время в период первой кладки. В результате получены данные на следующих стационарах: 3 маршрута в заказнике «Званец» (суммарная протяженность 2,2 км), 4 маршрута в заказнике «Споровский» (4,9 км), 2 маршрута на болоте «Дикое» (2,0 км) и 1 маршрут в заказнике «Сервечь» (1,2 км).

Данные учётов предоставлены в таблице.

За последние 10 лет на болоте «Дикое» наблюдается почти полное исчезновение данного вида [3]. Мониторинговые маршруты сильно заросли древесно-кустарниковой растительностью. Так, например, на стационаре «Выброды» около 300 м маршрута, ранее бывшего от-

крытым низинным болотом, превратились в черноольховый лес. Такие же тенденции наблюдаются и на двух мониторинговых площадках в заказнике «Споровский» («Мостыки» и «Песчанка»). В заказнике «Сервечь» благодаря проведённой в 2021 году транслокации численность локальной популяции вертлявой камышевки увеличилась, но в этом году отмечается спад, возможно из-за неблагоприятных погодных условий [4].

Таблица – Результаты учёта вертлявой камышевки *Acrocephalus paludicola* на ключевых местообитаниях Беларуси в 2026 г.

Ключевое местообитание	Стационар	Плотность вертлявой камышевки в 2026 г. (самцов/10 га)	Средняя плотность вертлявой камышевки в период 2020–2025 гг.
Званец	Повитье	7,01	3,56
	Новосёлки	4,23	6,31
Споровский	Мостыки	0	0,10
	Песчанка	0,42	4,52
	Костюки	3,13	3,52
	Пересудовичи	7,28	6,14
Дикое	Выброды	0	0,10
	Новый Двор	0	-
Сервечь	Малая площадка	2,50	4,08

Последние 2 года наблюдаются очень неблагоприятные климатические условия как в период размножения в целом, так и на местах гнездования (Брестская область) вертлявой камышевки. Обе весны были практически без паводка, в период май – начало июня была холодная и засушливая погода. Всё это привело как к низкому успеху размножения вертлявой камышевки, так и к уменьшению гнездопригодной территории из-за зарастания её древесно-кустарниковой и «неосоковой» травяной растительностью. Положительные тенденции численности вертлявой камышевки наблюдаются лишь на тех стационарах, где ежегодно проводят биотехнические мероприятия («Пересудовичи» и «Костюки» – кошение, «Повитье» – контроль уровня грунтовых вод).

Список использованных источников

1. The Aquatic Warbler conservation handbook / F. Tanneberger, J. Kubacka (eds). – Branderburg State Office for Environment (LfU), Potsdam, 2018. – P. 15–27.
2. Численность и характер распределения вертлявой камышевки (*Acrocephalus paludicola*) на территории республиканских заказников «Споровский» и «Званец» по результатам мониторинговых исследований 2017 года / Д. В. Журавлев, М. Н. Колосков, И. А. Богданович [и др.] // Актуальные проблемы зоологической науки в Беларуси : сб. статей XI Зоол. междунар. науч.-практ. конф., приуроч. к десятилетию основания ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», Беларусь, Минск, 1–3 нояб. 2017 г. / редкол.: О. И. Бородин [и др.]. – Минск : Изд. А. Н. Варахсин, 2017. – Т. 1. – С. 142–148.
3. Рамсарские территории Беларуси: Болото Дикое / Д. Г. Грумо [и др.] ; под ред. Д. Г. Грумо. – Минск : Колорград, 2020. – С. 142–145
4. Воронко, А. Н. Результаты транслокации вертлявой камышевки (*Acrocephalus paludicola* Vieillot, 1817) в Беларуси / А. Н. Воронко, Н. В. Карлионова, Д. В. Журавлев // Актуальные проблемы охраны животного мира в Беларуси и сопредельных регионах : сб. науч. ст. по материалам III Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 24–26 сент. 2025 г. / редкол.: А. И. Чайковский [и др.]. – Минск : Изд. дом «Белорусская наука», 2026. – С. 84–86.

D. V. Zhuravlev, I. A. Bogdanovich, M. N. Kalaskou, I. N. Subbotina

Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus

RESULTS OF AQUATIC WARBLER *ACROCEPHALUS PALUDICOLA* COUNTS IN THE MAIN HABITATS OF BELARUS IN 2026

Monitoring of the Aquatic Warbler (*Acrocephalus paludicola*) (IUCN status VU) was conducted in four main habitats in Belarus (Zvanets, Sporovsky, Dikoye, and Servech). The species showed a significant decline at 44,4 % monitoring sites, and at 33,3 % sites it had been absent for a number of years. In 2026, population density at monitored sites ranged from 0,42 to 7,28 singing males per 10 hectares, with a mean density of 4,10 males per 10 hectares, excluding three sites where the species was not recorded.

Keywords: monitoring, Aquatic Warbler, Sporovsky Nature Reserve, Dikoe Swamp, Servech, Nature Reserve, Zvanets Nature Reserve.

М. А. Калачёв, А. В. Рыжая

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ
ЕВРОПЕЙСКОГО ЛЕСНОГО КЛЕЩА (*IXODES RICINUS*)
ДО И ПОСЛЕ АКАРИЦИДНОЙ ОБРАБОТКИ
НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕСОПАРКА «ПЫШКИ» г. ГРОДНО (БЕЛАРУСЬ)**

Проведена оценка эффективности акарицидной обработки в лесопарке «Пышки» методом учета иксодовых клещей до и через 3 дня после обработки. До обработки на 500 м маршрута собрано 7 имаго (2♂, 5♀). Через 3 дня после обработки на первых 250 м клещи отсутствовали, на последующих 250 м выявлен очаг – 17 особей (14 имаго: 6♂, 8♀ и 3 нимфы). Индекс обилия на всем маршруте вырос с 14,0 до 34,0 экз./флаго-км. Выявлен локальный очаг с превышением фоновых значений в 4,9 раза. Рекомендована точечная повторная обработка.

Ключевые слова: иксодовые клещи, *Ixodes ricinus*, лесопарк «Пышки», акарицидная обработка, Беларусь, Гродно.

Акарицидную обработку следует проводить при благоприятном метеорологическом прогнозе на ближайшие 3 дня (отсутствие осадков) в безветренные утренние или вечерние часы [1]. После проведения акарицидных обработок (через 3–5 календарных дней) при благоприятной для активности клещей погоде проводится контроль их эффективности, который необходимо повторить через 15 календарных дней. Обработка считается эффективной, если численность переносчиков не превышает 0,5 особей на 1 флаго/км или флаго/час [2]. Первый учет клещей проведен 30 июня 2026 г. (за несколько часов до акарицидной обработки). Контрольный учет проводился 4 июля 2026 г.

Целью данной работы является оценка эффективности акарицидной обработки в лесопарке «Пышки» по результатам сравнительного анализа численности *Ixodes ricinus* (Linnaeus, 1758) до и через 3 дня после обработки.

Обследование территории лесопарка «Пышки» на наличие клещей проводили методом учета на волокушу (отрез однотонной белой ворсистой ткани 60×100 см, прикрепленный к деревянной рейке с веревкой). Волокушу протаскивали сбоку или за собой по растительности вдоль тропы. Растительность вдоль маршрута была представлена преимущественно травянистыми видами. В нижнем ярусе (до 20 см) доминировали недотрога мелкоцветковая (*Impatiens parviflora*) и мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara*). На отдельных участках высота травостоя достигала 60 см за счет крапивы двудомной (*Urtica dioica*) и сныти обыкновенной (*Aegopodium podagraria*), поэтому волокуша здесь использовалась как флаг. Осмотр ткани осуществляли каждые 20 метров маршрута. Иксодовых клещей снимали с поверхности ткани с помощью пинцета и помещали в стеклянные ёмкости с раствором этилового спирта. Ёмкости маркировали этикетками с указанием вида клещей, даты и места сбора, а также фамилии сборщика.

Учет проведен на маршруте протяженностью 500 метров. Координаты начальной и конечной точек маршрута: 53.694484, 23.786867 и 53.694125, 23.779069. До обработки учет проводился в утренние часы при температуре +28 °С (солнечно). Через 3 дня после обработки учет проведен в аналогичное время суток при температуре +14 °С (пасмурно, повышенная влажность). На второй день после обработки прошли дожди, что могло повлиять на снижение концентрации препарата и способствовать выживанию части популяции.

До обработки на всей протяженности маршрута методом волочения собрано 7 особей (имаго), из которых 2 самца и 5 самок. Через 3 дня после обработки учет проведен на том же маршруте. На первом отрезке (первые 250 м) клещи полностью отсутствовали. На втором отрезке (последующие 250 м) проводился тщательный отбор с многократными возвратно-поступательными проходами для полного изъятия всех особей. Общее число собранных клещей составило 17 особей, из которых 14 имаго (8 самок, 6 самцов) и 3 нимфы.

По результатам учета индекс обилия составил: до обработки (весь маршрут, 500 м) – 14,0 экз./флаго-км; после обработки (весь маршрут, 500 м) – 34,0 экз./флаго-км; после обработки (локальный очаг, 250 м) – 68,0 экз./флаго-км. Индекс обилия (ИО) рассчитывали по формуле:

$$ИО = \frac{n}{N},$$

где n – общее количество собранных клещей (экз.); N – единица учёта (км) [3].

При сравнении однородных величин (весь маршрут до и весь маршрут после) индекс обилия вырос с 14,0 до 34,0 экз./флаго-км, что свидетельствует о росте численности в среднем по маршруту в 2,4 раза. Однако ключевым результатом является выявление локального очага на 250 м, где индекс обилия достигает 68,0 экз./флаго-км, что в 4,9 раза выше исходного фона (14,0) и свидетельствует о полном отсутствии защитного эффекта на данном участке. Присутствие 3 нимф указывает на продолжающееся воспроизводство популяции, а преобладание самок (8 из 14 имаго) – на высокий репродуктивный потенциал очага. Следует учитывать, что более низкая температура в день контрольного учета (+14 °С) могла способствовать более высокой регистрируемой численности по сравнению с жарким днем (+28 °С), однако даже с учетом этого фактора результат учета по всему маршруту превышает нормируемый показатель (0,5 экз./флаго-км) в 68 раз.

Таким образом, обработка показала неравномерный эффект. На первых 250 м маршрута клещи отсутствуют, что говорит об эффективности препарата на этом участке. Однако на оставшихся 250 м сформировался очаг с критически высокой численностью активных клещей. Учитывая резкую границу между заселенным и пустым участками, можно предположить, что обработка не была доведена до конца тропы (недостаток препарата, ошибка маршрута или спешка подрядчика). Также не исключено частичное смывание препарата прошедшими дождями. Требуется точечная повторная обработка проблемного участка и установка предупреждающих аншлагов.

Список использованных источников

1. Санитарные нормы и правила «Требования к организации и проведению санитарно-противоэпидемиологических мероприятий, направленных на профилактику заболеваний, передаваемых иксодовыми клещами»: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 7 дек. 2012 г., № 192. – Режим доступа: https://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/normativno-pravovaya-baza/baza-npa.php?ELEMENT_ID=333234. – Дата доступа: 07.07.2026.
2. Санитарные правила и нормы СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней»: утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 4 (ред. от 25.06.2025). – Режим доступа: <https://base.safework.ru/law?doc&nd=33301170&nh=0&ssect=59>. – Дата доступа: 07.07.2026.
3. Якименко, В. В. Иксодовые клещи Западной Сибири: фауна, экология, основные методы исследования / В. В. Якименко, М. Г. Малькова, С. Н. Шпынов; под ред. В.В. Якименко. – Омск: ООО ИЦ «Омский научный вестник», 2013. – 240 с.

M. A. Kalachev, A. V. Ryzhaya
Yanka Kupala State University of Grodno

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE ABUNDANCE OF THE EUROPEAN FOREST TICK (*IXODES RICINUS*) POPULATION BEFORE AND AFTER ACARICIDAL TREATMENT IN THE TERRITORY OF THE «PYSHKI» FOREST PARK, GRODNO (BELARUS)

The effectiveness of acaricidal treatment in the «Pyshki» forest park was assessed using tick counts before and three days after treatment. Before treatment, 7 adults (2♂, 5♀) were collected along a 500-meter route. Three days after treatment, no ticks were found along the first 250 meters; an outbreak of 17 individuals (14 adults: 6♂, 8♀ and 3 nymphs) was detected along the next 250 meters. The abundance index along the entire route increased from 14,0 to 34,0 specimens/flag-km. A local outbreak was detected with background values 4,9 times higher. Spot repeat treatment is recommended.

Keywords: ixodid ticks, *Ixodes ricinus*, «Pyshki» forest park, acaricidal treatment, Belarus, Grodno.

Г. Н. Каримов¹, Н. Мирзоев¹, М. О. Бободжанова², А. М. Мухамеджанова¹

¹Институт зоологии и паразитологии имени Е. Н. Павловского

Национальной академии наук Таджикистана

²Худжандский государственный университет имени Бободжана Гафурова

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИХТИОФАУНЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАСКАДА ГЭС В РЕКАХ ТАДЖИКИСТАНА

Грандиозное гидростроительство, начатое в конце 40–50-х годов прошлого столетия в реках Таджикистана, привело к образованию ряд водохранилищ в различных природно-климатических регионах республики. Основная цель строительства каскада водохранилищ – обеспечение отраслей народного хозяйства электроэнергией и обеспечение водой сельскохозяйственных культур. При этом процесс формирования гидрофауны, в том числе ихтиофауны во вновь образовавшихся водоемах нового типа, имеет свои особенности.

Ключевые слова: гидростроительство, ГЭС, Таджикистан, водохранилище, ихтиофауна.

Гидростроительство на реке Сир в Северном Таджикистане, начатое в послевоенные годы, привело к образованию Фархадского (1947) водохранилища и водохранилища «Бахри Точик» (1956).

Для регулирования стока реки Вахш сооружены каскады ГЭС – Перепадая (1958), Головная (1962), Центральная (1964), Нурекская (1972), Байпазинская (1986), Сангтудинская-1 (2009), Сангтудинская-2 (2011) и продолжающиеся Рогунское водохранилище.

Как известно, появление каскада водохранилищ отражается на изменении условий среды обитания гидробионтов и в первую очередь изменяется качественный состав ихтиофауны, распределение рыб и условия их естественного размножения.

До наших исследований в бассейне реки Вахш ихтиофауна была представлена 23 видами рыб, относящихся к 8 семействам [1]. После образования вышеуказанных водохранилищ за последние годы качественный состав рыб низовьев реки Вахш значительно обогатился за счет завезенных видов в прудовые хозяйства республики, которые проникли как из реки Амударьи, так и из прудов юга Таджикистана.

Аналогичное изменение произошло и в составе ихтиофауны водохранилищах бассейна реки Сир. Это белый амур, белый и пестрый толстолобики, серебряный карась, лещ, буффало, а также многочисленные виды, случайно вселившиеся вместе с ценными видами рыб.

Нами установлено, что рыбное население исследованного участка реки Вахш представлено 30 видами рыб, принадлежащих к 8 семействам. Распределено оно неравномерно и тесным образом связано с экологическими условиями в различных природных нишах от верховьев до низовья реки.

Установлено, что видовой состав представлен в верховьях от 1 до 4 видов, в низовьях количественный состав доходит до 30 и более. В среднем течении реки видовой состав доходит до 10 видов.

Отметим, что в низовьях реки Вахш из семейства осетровых встречается большой и малый амударьинские лжелопатоносы, ареал которых в последнее время значительно сократился. В настоящее время 16 видов в том числе лжелопатоносы, аральский и туркестанский усачи др. занесены в Красную книгу Республики Таджикистан.

Многолетние исследования показывают, что практически из водоемов республики исчезли аральский шип, жерех-лысач, сырдарьинский лжелопатонос.

В зависимости от места обитания виды рыб, населяющие реку Вахш, можно разделить на три группы:

1. Рыбы верховьев реки, к которым относятся амударьинская форель, храмуля, маринка, туркестанский сомик.

2. Рыбы средней части реки Вахш. Постоянными представителями этой части реки являются храмуля, плотва, гольцы, восточная быстрянка, гамбузия, амурские бычки и чебачки.

3. Рыбы низовьев р. Вахш. Здесь обитают сазан, аральский и туркестанский усачи, сом, большой и малый амударьинские лжелопатоносы, белый амур, белый и пестрый толстолобики.

Отсутствие рыбопропускных и рыбоходных сооружений на плотинах ГЭС привело к нарушению экосистемы реки Вахш, повлияло на естественно сложившиеся биологию и экологию отдельных видов рыб.

Немаловажное значения имеет в жизни рыб приспособление их к определённым условиям размножения. Исходя из этого, в бассейна р. Вахш можно встретить представителей фитофилов – сазан, лещ, плотва, литофилов – форель, усачи, лопатоносы и псаммофилов – гольцы, пескарь, быстряки.

Среди представителей ихтиофауны р. Вахш большинство видов рыб приспособлены жить на постоянном течении, их относят к реофилам. В таком искусственно созданном водохранилище, как Головное, приспособились жить в стоячей воде некоторые фитофильные группы, для которых благоприятствуют новые условия для их нагула и размножения. Так, например, сазан в Головном водохранилище отличается по темпу роста от особей, встречающихся в реке.

Таким образом, строительство каскада ГЭС на реке Вахш привело к изменению ихтиофауны. Все виды рыб, обитающие в бассейне р. Вахш, занимают определенные участки, характерные для вида.

Некоторые реофильные виды рыб приспособились к условиям водохранилищ, где отсутствует течение. Кормовые ресурсы в реке и в водохранилищах вполне благоприятствуют жизнедеятельности рыб.

Качественный состав ихтиофауны р. Вахш изменился за счет проводимых рыбоводно-акклиматизационных мероприятий, а также от случайных вселенцев. Гидростроительство на р. Вахш значительно повлияло на нерестовые миграции полупроходных видов рыб, вследствие чего численность их уменьшилось. Для фитофильных видов рыб создание водохранилищ благоприятствовала расширению нерестовых площадей, значительно улучшилась кормовая база для питания, повысились темп линейно-весового роста, плодовитость и т. п.

Список использованных источников

1. Максун, В. А. Промысловые рыбы Таджикистана / В. А. Максун. – Душанбе : Изд-во «Дониш», 1968. – 98 с.

G. N. Karimov¹, N. Mirzoev¹, M. O. Bobodjanova², A. M. Mukhamedjanova¹

¹Institute of Zoology and Parasitology name dafter E. N. Pavlovsky,
National Academy of Sciences of Tajikistan

²Khujand State University named after Academician Bobojon Gafurov

FEATURES OF THE FORMATION OF ICHTHYOFAUNA DURING THE CONSTRUCTION OF A CASCADE OF HYDROELECTRIC POWER STATIONS IN THE RIVERS OF TAJIKISTAN

Large-scale hydroelectric construction projects begun in the late 1940s and 1950s in the rivers of Tajikistan led to the creation of a series of reservoirs in various climatic regions of the country. The primary goal of constructing a cascade of reservoirs was to provide electricity to industries and water for agricultural crops. At the same time, the formation of aquatic fauna, including ichthyofauna, in these newly formed reservoirs has its own unique characteristics.

Keywords: hydroelectric construction, hydroelectric power station, Tajikistan, reservoir, ichthyofauna.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЖАЛОНОСНЫХ ПЕРЕПОНЧАТОКРЫЛЫХ (HYMENOPTERA: ACULEATA) – ПОСЕТИТЕЛЕЙ СОЦВЕТИЙ ИНВАЗИВНЫХ ЗОЛОТАРНИКОВ (*SOLIDAGO CANADENSIS* S. L.) В г. ОРШЕ

На соцветиях инвазивных золотарников в г. Орше было отмечено 19 видов жалоносных перепончатокрылых – посетителей соцветий инвазивных золотарников. Многочисленными в рассматриваемом комплексе оказались бумажные осы *Polistes dominula* и пчелиные волки *Philanthus triangulum*.

Ключевые слова: антофильные насекомые, биоразнообразие, инвазии, перепончатокрылые насекомые, опыление.

Биологические инвазии могут приводить к существенным изменениям в структуре и функционировании природных экосистем. Одними из наиболее агрессивных растений-инвайдеров во флоре Беларуси на сегодняшний день являются инвазивные золотарники североамериканского происхождения (*Solidago canadensis* s.l.) [1]. Мониторинг сообществ посетителей *Solidago canadensis* s.l. может дополнить знания о влиянии внедрения золотарников в естественные биоценозы Беларуси.

Сбор материала осуществлялся в 2025 г. в г. Орша. Насекомые были собраны вручную и в дальнейшем смонтированы в энтомологическую коллекцию. Таксономическую принадлежность коллектированных посетителей соцветий устанавливали по специализированным ключам [2; 3; 4].

На соцветиях золотарника было зарегистрировано 81 имаго перепончатокрылых, принадлежащих 19 видам, 7 семействам и 2 надсемействам. Для оценки относительного обилия отдельных видов была использована ограниченная сверху пятибалльная логарифмическая шкала, предложенная Ю. В. Песенко [5]. Структура рассмотренного в работе комплекса и отнесение видов к соответствующим классам обилия отражены в таблице.

Таблица – Структура сборов жалоносных перепончатокрылых – посетителей соцветий инвазивных золотарников (*Solidago*) в г. Орша и отнесение видов к соответствующим пятибалльной логарифмической шкале классам обилия

Вид	Кол-во особей	Соответствующий класс обилия
Надсемейство APOIDEA: Секция Spheciformes: Семейство Crabronidae		
<i>Cerceris rybyensis</i> (Linnaeus, 1771)	1	1
<i>Lindenius albilabris</i> (Fabricius, 1793)	1	1
<i>Philanthus triangulum</i> (Fabricius, 1775)	3	2
<i>Oxybelus uniglutinis</i> (Linnaeus, 1758)	17	4
Секция Apiformes: Семейство Colletidae		
<i>Hylaeus hyalinatus</i> Smith, 1842	1	1
<i>Hylaeus communis</i> Nylander, 1852	1	1
Семейство Andrenidae		
<i>Andrena denticulate</i> (Kirby, 1802)	1	1
<i>Andrena gallica</i> Schmiedeknecht, 1883	1	1
<i>Andrena nana</i> (Kirby, 1802)	1	1
Семейство Halictidae		
<i>Lasioglossum calceatum</i> (Scopoli, 1763)	1	1
<i>Sphecodes punctatus</i> Sichel, 1865	1	1
Семейство Megachilidae		
<i>Heriades crenulata</i> Nylander, 1856	1	1
<i>Heriades truncorum</i> (Linnaeus, 1758)	4	2
Семейство Apidae		
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	8	3
<i>Bombus lapidarius</i> (Linnaeus, 1758)	4	2
Надсемейство VESPOIDEA: Семейство Vespidae		
<i>Ancistrocerus gazella</i> (Panzer, 1798)	1	1
<i>Ancistrocerus nigricornis</i> (Curtis, 1826)	2	1
<i>Polistes dominula</i> (Christ, 1791)	31	4
<i>Vespula germanica</i> (Fabricius, 1793)	1	1

Доминантных видов (5 класс обилия) в рассматриваемом комплексе не было обнаружено. Многочисленными (4 класс обилия) в условиях исследуемых местопроизрастаний золотарников оказались бумажные осы *Polistes dominula* и пчелиные волки *Philanthus triangulum*. К группе обычных видов (3 класс обилия) в рассматриваемом комплексе относятся медоносные пчелы *Apis mellifera*. Ранее перепончатокрылые этих видов уже были отмечены нами в качестве посетителей золотарников [6], обилие имаго *Polistes dominula* на соцветиях инвазивных *Solidago* также было отмечено в ряде опубликованных нами ранее работ [7]. Представители остальных отмеченных видов перепончатокрылых встречались в единичных экземплярах и отнесены к 1–2 классам обилия. Таким образом, комплекс посетителей соцветий золотарников в условиях г. Орша достаточно разнообразен.

Список использованных источников

1. Wild pollinator communities are negatively affected by invasion of alien goldenrods in grassland landscapes / D. Moron [et al.] // Biological Conservation. – 2009. – Vol. 142. – P. 1322–1332.
2. Медведев, Г. С. Определитель насекомых европейской части СССР. Том 3. Перепончатокрылые. Четвёртая часть / Г. С. Медведев. – Л.: Наука, 1986. – Т. 3. – 167–198 с.
3. Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Steklar: Myror – getingar. Hymenoptera: Formicidae – Vespidae / P. Douwes, J. Abenius, B. Cederberg [et al.]. – Uppsala: ArtDatabanken SLU, 2012. – 382 p.
4. Dvořák, L. Key to the paper and social wasps of Central Europe (Hymenoptera: Vespidae) / L. Dvořák, S. P. M. Roberts // Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae. – 2006. – Vol. 46. – P. 221–244.
5. Песенко, Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю. А. Песенко. – М.: Наука, 1982. – 288 с.
6. Коротева, Д. О. Структура сообществ жалоносных перепончатокрылых (Hymenoptera: Aculeata) – посетителей соцветий инвазивных золотарников (*Solidago*) в условиях урбанизированной среды г. Минска / Д. О. Коротева // Весн. Гродзен. дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. Сер. 5. Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 101–109.
7. Коротева, Д. О. Структура и динамика гильдии жалоносных перепончатокрылых (Hymenoptera: Aculeata) – посетителей соцветий инвазивных золотарников (*Solidago*) в условиях Минской возвышенности / Д. О. Коротева // Журн. Беларус. гос. ун-та. Экологія. – 2025. – № 4. – С. 4–17.

D. O. Koroteeva

Belarusian State University

TAXONOMIC COMPOSITION OF ACULEATA HYMENOPTERANS (HYMENOPTERA: ACULEATA) – VISITORS OF INFLORESCENCES OF INVASIVE GOLDENRODS (*SOLIDAGO CANADENSIS* S. L.) IN ORSHA

Nineteen species of bees and wasps were registered on the inflorescences of *Solidago Canadensis* in Orsha. Paper wasps *Polistes dominula* and bee wolves *Philanthus triangulum* are considered to belong to the group of abundant species.

Keywords: anthophylous insects, biodiversity, biological invasions, Hymenoptera, pollinators.

УДК:597.5 575.17

В. С. Костромицкая¹, Е. С. Гайдученко²

¹Белорусский государственный университет

²Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КРАСНОПЁРКИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*SCARDINIUS ERYTHROPHthalmus* LINNAEUS, 1758) В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ БЕЛАРУСИ

Краснопёрка обыкновенная (*Scardinius erythrophthalmus*) – распространённый вид пресноводных рыб, удобная модель для изучения популяционной структуры. На основе анализа гена COI (647 н. о.) оценено генетическое разнообразие 93 образцов из бассейнов Европы и Северной Америки, включая 25 из водоёмов Беларуси. Выявлено 29 гаплотипов. Белорусские популяции не обособлены и объединяют гаплотипы балтийского и черноморского бассейнов, что указывает на роль региона как связующего звена между линиями вида.

Ключевые слова: краснопёрка обыкновенная, *Scardinius erythrophthalmus*, генетическое разнообразие, митохондриальный ген COI.

Краснопёрка обыкновенная (*Scardinius erythrophthalmus* Linnaeus, 1758) является одним из наиболее широко распространённых и экологически пластичных видов пресноводной ихтиофауны. Естественный ареал вида охватывает водоёмы Европы, а также включает интродуцированные популяции в Северной Америке, что делает данный вид удобной моделью для изучения процессов формирования популяционной структуры и адаптаций в различных гидрологических условиях.

Генетическое исследование проводилось с использованием 1-й субъединицы митохондриального гена цитохромоксидазы (COI). ДНК выделено из мышечной ткани 25 особей краснопёрки, отловленных в 7 водных объектах бассейнов Чёрного и Балтийского морей на территории Республики Беларусь, а также нуклеотидные последовательности, полученные из международных баз данных GenBank – 65 образцов и BOLD Systems – 3 образца, относящихся к бассейнам Средиземного, Адриатического, Ионического, Эгейского, Северного, Чёрного, Мраморного, Азовского морей и Атлантического океана [1], [2]. Для амплификации фрагмента гена COI использовали пару универсальных праймеров для рыб: прямого FishF2_t1 (5'-TGTAACGACGGCCAGTCTGACTAATCATAAAGATATCGGCAC-3') и обратного FishR2_t1 (5'-CAGGAAACAGCTATGACACTTCAGGGTGACCGAAGAATCAGAA-3') [3]. ПЦР проводили в реакционной смеси объемом 25 мкл, содержащей 200 мкМ dNTP, по 0,5 мМ каждого праймера, 2,0 мМ MgCl₂, 1× Pfu буфер, 1 ед. Pfu-полимеразы и 0,5 мкг ДНК-матрицы. Программа амплификации включала начальную денатурацию 1,5 мин. при 94 °С; 35 циклов (денатурация 30 с при 94 °С, отжиг 45 с при 50 °С, элонгация 1 мин. при 72 °С) и финальную элонгацию 10 мин при 72 °С. Продукты ПЦР разделяли в 1,5 % агарозном геле, очищали с использованием ExoSAP-IT/Express (Thermo Fisher Scientific) и секвенировали на генетическом анализаторе 3500 (Applied Biosystems) с набором BigDye Terminator v. 3.1. Редактирование и выравнивание последовательностей (алгоритм Muscle) выполняли в MEGA12; длина выровненных последовательностей составила 647 н.о. Показатели генетического разнообразия рассчитывали в DnaSP 6.0. Парсимониальную сеть гаплотипов строили в PopART по алгоритму Minimum Spanning Network.

В ходе исследования на основе нуклеотидных последовательностей фрагмента гена первой субъединицы цитохромоксидазы (COI) краснопёрки обыкновенной было построено филогенетическое древо и карта географического распределения гаплотипов, также произведен расчет показателей генетической изменчивости.

По результатам построения филогенетического древа *Scardinius erythrophthalmus* Linnaeus, 1758 (укоренение по *Rutilus rutilus*) выделяются несколько генетических линий, отражающих внутривидовую дифференциацию краснопёрки. Образцы из водных объектов Беларуси распределяются между двумя кладами и не образуют обособленной группы, что свидетельствует о генетической неоднородности локальных популяций и их принадлежности к различным филогенетическим линиям вида.

Парсимониальная сеть, содержащая 29 уникальных гаплотипов краснопёрки обыкновенной, характеризуется отсутствием четкой географической структурированности популяций. Основной гаплотип – Har_1 является общим для различных регионов и включает образцы из разных бассейнов, что свидетельствует о высоком уровне генетического обмена между популяциями. Структура сети носит звездообразный характер, с большим числом производных гаплотипов, различающихся незначительным числом мутаций от центрального. Несмотря на наличие региональных различий в уровне генетического разнообразия, данные различия не сопровождаются формированием обособленных филогенетических линий.

Анализ показателей генетической изменчивости краснопёрки обыкновенной выявил максимальное генетическое разнообразие в выборке из Эгейского моря ($H = 9$, $k = 11.944$, $\pi = 0,01846$). Эгейское море – это часть Средиземноморского бассейна, который характеризуется очень высоким видовым и генетическим разнообразием рыб, в нем издавна сформировались разнообразные линии, поэтому и гаплотипическое разнообразие у краснопёрки максималь-

ное. [4]. В водоемах Беларуси наибольшей изменчивостью обладают популяции балтийского бассейна ($Hd = 0.614 \pm 0.117$; $\pi = 0.00128$), превышающие показатели черноморского бассейна страны ($Hd = 0.476 \pm 0.171$; $\pi = 0.00074$).

Современная генетическая структура краснопёрки обыкновенной (*Scardinius erythrophthalmus* Linnaeus, 1758) характеризуется наличием как широко распространённых, так и локально ограниченных гаплотипов, что отражает сочетание исторических процессов расселения и современной гидрографической связности водоёмов. Полученные данные свидетельствуют о том, что популяции краснопёрки на территории Беларуси не являются генетически обособленными, а представляют собой часть общей внутривидовой структуры вида, объединяя гаплотипы, характерные как для балтийского, так и для черноморского бассейнов. Это указывает на роль региона как связующего звена между различными европейскими линиями вида.

Список использованных источников

1. GenBank. NIH genetic sequence data base. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank> (дата обращения: 26.06.2026).
2. BOLD Systems. Identifying species through DNA barcodes. – URL: <https://www.boldsystems.org> (дата обращения: 26.06.2026).
3. Ivanova N. V. Universal primer cocktails for fish DNA barcoding / N. V. Ivanova, T. S. Zemlak, R. H. Hanner, P. D. Hebert // *Molecular Ecology Notes*. – 2007. – Vol. 7, № 4. – P. 544–548.
4. Ketmaier, V. Molecular phylogeny of two lineages of Leuciscinae cyprinids (Telestes and Scardinius) from the peri-Mediterranean area based on cytochrome b data / V. Ketmaier, P. G. Bianco, M. Cobolli, M. Krivokapic, R. Caniglia, E. De Mattheis // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. – 2004. – Vol. 32. – P. 1061–1071.

V. S. Kostromitskaya¹, E. S. Gajduchenko²

¹Belarusian State University

²Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus

GENETIC DIVERSITY OF THE COMMON RUDD (*SCARDINIUS ERYTHROPHthalmus* LINNAEUS, 1758) IN BELARUSIAN AQUATIC ECOSYSTEMS

The common rudd (*Scardinius erythrophthalmus*) is a widespread freshwater fish species, serving as a convenient model for studying population structure. Based on the analysis of the COI gene (647 bp), the genetic diversity of 93 samples from the basins of Europe and North America, including 25 from Belarusian water bodies, was assessed. A total of 29 haplotypes were identified. Belarusian populations are not isolated and combine haplotypes of the Baltic and Black Sea basins, indicating the role of the region as a connecting link between lineages of the species.

Keywords: common rudd, *Scardinius erythrophthalmus*, genetic diversity, mitochondrial COI gene.

УДК 595.763.79/595.772:502.4:574.476

О. Ю. Круглова, В. В. Заяц, А. Б. Баркун

Белорусский государственный университет

ВЛИЯНИЕ ПАРАЗИТОИДОВ НА ПОПУЛЯЦИИ *HARMONIA AXYRIDIS* И *ADALIA VIPUNCTATA* ИЗ ГОРОДА НЕСВИЖА

Проведен анализ динамики уровня зараженности паразитоидами преимагинальных стадий *Harmonia axyridis* и *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) в популяциях из г. Несвижа (Минская область). Установлено паразитирование личинок мух рода *Phalacrotophora* (Phoridae) в куколках обоих видов кокцинеллид.

Ключевые слова: *Harmonia axyridis*, *Adalia bipunctata*, *Phalacrotophora* spp., паразитоиды, уровень зараженности.

Harmonia axyridis (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) – один из самых известных инвазивных видов животных, чье распространение с конца прошлого века происходит колоссальными темпами. В связи с наблюдаемым в ряде стран Европы негативным влиянием

азиатской коровки на местные виды кокциnellид и, прежде всего, *Adalia bipunctata* (Linnaeus, 1758) [1; 2], поиск механизмов регулирования численности ее инвазивных популяций имеет важное значение. В природных условиях все стадии развития азиатской коровки подвергаются нападению паразитических видов насекомых, принадлежащих двум отрядам – Diptera и Hymenoptera [3]. Однако, являясь неспециализированными паразитоидами, они успешно используют в качестве хозяев и другие виды кокциnellид. Целью данной работы стал анализ уровня зараженности паразитоидами и степени их влияния на популяции *H. axyridis* и *A. bipunctata* из г. Несвижа (Минская область).

В качестве материала для проведения исследования послужили предкуколки и куколки *H. axyridis* и *A. bipunctata*, собранные 22.06.2023, 25.06.2025, 26.10.2025 и 26.06.2026 в зеленых насаждениях окрестностей ул. Советская, д. 36, а также 19.06.2023 и 25.06.2025 по ул. Ленинская, д. 76. Преимагинальные стадии кокциnellид вместе с листьями, на которых они были коллектированы, содержали в отдельных бьюксах до отрождения имаго либо появления паразитоидов. Куколок, из которых не произошел выход жуков или паразитоидов, обследовали под биноклем Zeiss Stemi 2000 для определения причин гибели.

В результате проведенного анализа во всех выборках *H. axyridis* и *A. bipunctata* были выявлены куколки, зараженные личинками мух-горбатов рода *Phalacrotophora* (Diptera: Phoridae) (таблица).

Таблица – Учёт паразитоидов в популяциях *Harmonia axyridis* и *Adalia bipunctata* из г. Несвижа

Стационар, год	Объем выборки, экз.	Кол-во экз. / % отродившихся имаго	Кол-во, экз. / % куколок, пораженных паразитоидами	Кол-во экз. / % куколок и личинок, погибших по неизвестным причинам
<i>Harmonia axyridis</i>				
ул. Ленинская, 2023	151	136 / 90,07	6 / 3,97	9 / 5,96
ул. Советская, 2023	90	80 / 88,89	2 / 2,22	8 / 8,87
ул. Ленинская, 2025	96	78 / 81,25	18 / 18,75	0
ул. Советская, июнь 2025	39	33 / 84,62	5 / 12,82	1 / 2,56
ул. Советская, октябрь 2025	21	19 / 90,48	0	2 / 9,52
ул. Советская, 2026	10	7 / 70,0	3 / 30,0	0
<i>Adalia bipunctata</i>				
ул. Советская, 2025	11	8 / 72,73	3 / 27,27	0
ул. Советская, 2026	60	17 / 28,33	42 / 70,0	1 / 1,67

В период проведения исследований наблюдалось возрастание уровня зараженности куколок обоих видов. В популяции азиатской коровки из окрестностей ул. Ленинская экстенсивность заражения в 2025 г. увеличилась почти в 5 раз по сравнению с 2023 г. В выборках из популяции с ул. Советская доля зараженных форидами куколок в июне 2025 г. выросла почти в 6 раз по сравнению с 2023 г., а в 2026 г. – в 2,3 раза в сравнении с 2025 г., достигнув максимального значения – 30 % (таблица). Среди куколок, собранных в этом стационаре в октябре 2025 г. куколки, пораженные паразитоидами отсутствовали, что может быть связано с неблагоприятными погодными условиями и уходом мух-форид на зимовку.

В популяции *A. bipunctata* уровень зараженности куколок личинками *Phalacrotophora* spp. был существенно выше, чем таковой у *H. axyridis*. Его значение в 2026 г. составило 70 %, что в 2,5 раз превысило данный показатель в 2025 г. (таблица).

Количество пупариев форид, обнаруженных в бьюксах с зараженными куколками, в выборках азиатской коровки из окрестностей ул. Советская варьировало в 2025 г. – от 2 до 3, в 2026 г. – от 3 до 5; в выборках с ул. Ленинская в 2023 г. – от 3 до 5, в 2025 г. – от 1 до 6. Кроме того, в бьюксе с вышедшим из куколки имаго *H. axyridis* с ул. Ленинская был обнаружен один пупарий фориды, что является нетипичным явлением, поскольку из зараженных куколок обычно не происходит развитие коровок.

Интенсивность заражения *A. bipunctata* в 2026 г. варьировала от 1 до 5 пупариев на куколку, что сопоставимо с показателями, отмеченными у азиатской коровки, куколки которой более крупные и должны в связи с этим быть более подходящими хозяевами для развития большего количества личинок форид. В 2025 г. в бюксе лишь одной куколки двуточечной коровки было обнаружено два пупария *Phalacrotophora* spp. Заражение остальных куколок обоих видов коровок было установлено по отверстию на вентральной стороне, которое прогрызают личинки мух-горбатов, покидая тело хозяина перед окукливанием.

Гибель куколок по невыясненным причинам была невысокой и варьировала в выборках *H. axyridis* от 2,56 % до 9,52 %. В выборке 2026 г. из популяции *A. bipunctata* лишь одна куколка погибла по непонятным причинам, в 2025 г. такие куколки отсутствовали (таблица).

Таким образом, в результате проведенных исследований в популяциях кокцинеллид – инвазивной *H. axyridis* и аборигенной *A. bipunctata*, населяющих зеленые насаждения г. Несвижа, было выявлено паразитирование личинок мух-форид рода *Phalacrotophora*. Отмечен рост уровня зараженности куколок азиатской коровки в период с 2023 по 2026 гг. и двуточечной коровки в 2026 г. по сравнению с 2025 г., а также более высокая экстенсивность заражения форидами *A. bipunctata* по сравнению с *H. axyridis*, что свидетельствует о более значимом влиянии этих паразитоидов на численность популяций аборигенного вида кокцинеллид.

Выражаем благодарность научному сотруднику лаборатории микологии ГНУ «Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси» И. А. Федюшко за предоставленный для исследования материал.

Список использованных источников

1. Kenis, M. Long Term Monitoring in Switzerland Reveals That *Adalia bipunctata* Strongly Declines in Response to *Harmonia axyridis* Invasion / M. Kenis, J. V. Vlaenderen, R. Zindel, R. Eschen // Insects. – 2020. – № 11, 883. – P. 1–13.
2. Invasive intraguild predators: Evidence of their effects, not assumptions / P. M. J. Brown, T. Zaviezo, A. Grez [et al.] // Ecological Entomology. – 2022. – Vol. 47 (3). – P. 249–252.
3. Predators and parasitoids of the harlequin ladybird, *Harmonia axyridis*, in its native range and invaded areas / P. Ceryngier, O. Nedvěd, A. A. Grez [et al.] // Biological Invasions. – 2018. – Vol. 20. – P. 1009–1031.

О. Ю. Круглова, В. В. Зайц, А. В. Баркун
Belarusian State University

IMPACT OF PARASITOIDS ON THE POPULATIONS OF *HARMONIA AXYRIDIS* AND *ADALIA BIPUNCTATA* FROM THE TOWN OF NESVIZH

The dynamics of infestation levels of the preimaginal stages of *Harmonia axyridis* and *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) by parasitoids was analyzed in the populations from the town of Nesvizh (Minsk region). Parasitism by *Phalacrotophora* (Phoridae) fly larvae was recorded in the pupae of both coccinellid species.

Keywords: *Harmonia axyridis*, *Adalia bipunctata*, *Phalacrotophora* spp., parasitoids, parasitism rate.

УДК 598.2:502.74(476.2)

А. Н. Кузьмицкий

Государственное природоохранное учреждение
«Национальный парк “Беловежская пуща”»

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХРАНЫ РЕДКИХ ВИДОВ ПТИЦ В ЛЕСНЫХ КОМПЛЕКСАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»

Приведены результаты полевых исследований 2021–2025 гг., выполненных в 13 лесничествах Национального парка «Беловежская пуща». Выявлено 397 мест обитания 15 видов птиц Красной книги Республики Беларусь. Дана оценка их распределения по функциональным зонам. Установлено, что 44,7 % площади местобитаний находится вне заповедной зоны, что потребовало их паспортизации и выделения особо защитных участков (ОЗУ).

Ключевые слова: птицы, редкие виды, Красная книга, национальный парк, Беловежская пуща, функциональное зонирование, функциональное зонирование, лесоустройство, особо защитные участки.

Функциональное зонирование выступает базовым инструментом территориальной охраны крупных особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Научно обоснованное разграничение режимов охраны направлено прежде всего на минимизацию антропогенной нагрузки и сохранение эталонных экосистем. Оценка эффективности существующей пространственной структуры парка в отношении охраны редких видов птиц, необходима для верификации и последующей оптимизации режима охраны отдельных территорий.

Фактический материал собран на территории 13 центральных лесничеств Национального парка (НП) «Беловежская пуца» в 2021–2025 гг. Сбор полевых данных осуществлялся в коренных (высоко возрастных) биотопах с использованием стандартных методов маршрутных и точечных учетов птиц.

В ходе выполнения научно-исследовательской работы выявлено и закартировано 397 новых мест обитания 15 видов, занесённых в Красную книгу Республики Беларусь [1], экология размножения которых связана с лесными экосистемами: большой подорлик (*Aquila clanga*), змееяд (*Circaetus gallicus*), орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*), филин (*Bubo bubo*), бородастая неясыть (*Strix nebulosa*), черный аист (*Ciconia nigra*), малый подорлик (*Aquila pomarina*), пустельга (*Falco tinnunculus*), зеленый дятел (*Picus viridis*), чеглок (*Falco subbuteo*), мохноногий сыч (*Aegolius funereus*), воробьиный сыч (*Glaucidium passerinum*), белоспинный дятел (*Dendrocopos leucotos*), трехпалый дятел (*Picoides tridactylus*), мухоловка-белошейка (*Ficedula albicollis*). На основе данных полевых исследований и архивных материалов разработана геоинформационная база данных мест обитания редких видов птиц Беловежской пуцы, включающая 1212 лесных выделов общей площадью 7832,2 га (таблица).

Места обитания ещё 6 видов, имеющих статус ранее гнездившихся (сизоворонка (*Coracias garrulus*), красный коршун (*Milvus milvus*), черный коршун (*Milvus migrans*), орёл-карлик (*Hieraetus pennatus*), сапсан (*Falco peregrinus*), длиннохвостая неясыть (*Strix uralensis*)) не выявлены за период исследований [2].

Таблица – Распространение мест обитания редких видов птиц в Национальном парке «Беловежская пуца»

Функциональные зоны	Площадь, га	Доля, %
Заповедная зона	4331,6	55,3
Зона регулируемого использования	2132,1	27,2
Рекреационная зона	202,9	2,6
Хозяйственная зона	1165,7	14,9
Всего	7832,2	100

Пространственный анализ мест обитания редких видов относительно функциональных зон национального парка показывает, что заповедная зона обеспечивает охрану только 55,3 % от выявленных мест обитания. Следовательно, почти половина (44,7 %) сосредоточена за её пределами, что подчеркивает высокую природоохранную значимость иных функциональных зон, а в некоторых случаях необходимости повышения мер охраны данных участков. В частности, на зону регулируемого использования приходится 27,2 % местообитаний, а на хозяйственную – 14,9 %. В качестве первоочередных дополнительных мер повышения охраны редких видов в этих зонах служит выявление и паспортизация с последующей передачей под охрану мест обитания. За пятилетний период передано под охрану 84 паспорта места обитания редкого вида, общей площадью 2009 га.

В условиях хозяйственной и регулируемой зон, более эффективным механизмом территориальной охраны мест обитания редких видов птиц выступает выделение особо защитных участков (ОЗУ). В границах ОЗУ устанавливается режим сезонного (на период размножения и гнездования птиц с 1 марта по 1 сентября) либо полного круглогодичного запрета всех видов рубок, в зависимости от степени уязвимости и биологических потребностей конкретного вида.

На современном этапе в НП «Беловежская пуца» функционирует отлаженная система выявления и мониторинга мест обитания охраняемых видов, включающая актуализацию, пространственный анализ накопленной информации и ведение профильных ГИС-баз данных.

Практическим и наиболее значимым результатом этой работы стало то, что сведения о местообитаниях редких видов были оперативно верифицированы, актуализированы и успешно внедрены в разработку Проекта лесоустройства Национального парка «Беловежская пуца» на новый срок. Это позволило юридически закрепить за выявленными выделами статус ОЗУ и провести их своевременную паспортизацию. С учетом разработанных дополнительных мер охраны и в соответствии с регламентами лесоустроительного проекта, выделением ОЗУ и паспортизацией мест обитания, можно констатировать, что существующая система функционального зонирования территории парка является достаточно эффективной для долгосрочной охраны целевых видов птиц.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что только комплексный подход, сочетающий в себе инструменты геоинформационного моделирования, долгосрочного планирования лесоуправления, паспортизации и территориальной охраны, обеспечивает надлежащую и эффективную защиту мест обитания редких видов птиц. Совместное использование базовых (функциональное зонирование) и микро территориальных механизмов (выделение ОЗУ) позволяет полностью минимизировать антропогенные факторы угрозы и обеспечивает охрану уязвимых видов в лесных экосистемах Беловежской пуцы.

Список использованных источников

1. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т зоологии ; редкол.: М. Е. Никифоров (предс.) [и др.]. – 5-е изд. – Минск : Беларусь, 2025. – 367 с.
2. Дацкевич, В. А. Исторический очерк и некоторые итоги орнитологических исследований в Беловежской пуце (1945–1985) / В. А. Дацкевич. – Витебск : ВГУ, 1998. – 115 с.

A. N. Kuzmitski

State Nature Protection Institution «National Park “Belovezhskaya Pushcha”»

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF RARE BIRD SPECIES PROTECTION IN THE FOREST COMPLEXES OF THE «BELOVEZHSKAYA PUSHCHA» NATIONAL PARK

The article presents the results of field research conducted from 2021 to 2025 in 13 forestries of the National Park «Belovezhskaya Pushcha», which revealed 397 habitats of 15 bird species listed in the Red Data Book of the Republic of Belarus. The distribution of these habitats across the functional zones was assessed. It was established that 44.7 % of the habitat area is located outside the core (strictly protected) zone, which necessitates the designation of specially protected forest compartments.

Keywords: birds, rare species, Red Data Book, national park, Belovezhskaya Pushcha, functional zoning, forest management, specially protected forest compartments.

УДК 592;574.3

**Е. А. Куликова, Д. В. Журавлёв, Е. В. Корзун, М. Н. Колосков, О. В. Инютина,
Ю. Г. Гигиняк, В. М. Байчоров**

*Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам»*

ПЛОТНОСТЬ ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ (*HELIX ROMATIA*) В НЕПРОМЫСЛОВЫХ РАЙОНАХ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ БЕЛАРУСИ

Виноградная улитка является промысловым видом в Республике Беларусь. В 13 непромысловых районах Минской области найдено 72 локалитета виноградной улитки и изучена плотность данного вида. Наибольшее количество локалитетов обнаружено для Борисовского, Смолевичского и Пуховичского районов (16, 11 и 10

локалитетов соответственно), в Стародорожский районе виноградная улитка не обнаружена. Наиболее высокая плотность отмечена для Воложинского района, д. Пугачи – 40000 ос./га и Смолевичского района, д. Кривая Береза – 30000 ос./га.

Ключевые слова: виноградная улитка (*Helix pomatia* Linnaeus, 1758), Беларусь, Минская область, плотность.

Виноградная улитка (*Helix pomatia* Linnaeus, 1758) является интродуцированным видом в Беларуси, завезена в Беларусь в XVI–XVIII вв. как элемент парковой культуры. Данный вид является промысловым и экспортируется в европейские страны. Добыча виноградной улитки в стране ведется с 1993 г. [1]. В 2013 г. году сотрудниками ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» проводились масштабные работы по изучению встречаемости и плотности виноградной улитки в Республике Беларусь. В результате проведения исследований был разработан «План действий устойчивого использования запасов виноградной улитки на территории Республики Беларусь» [2]. Минская область, согласно данным 2013 года, находилась на третьем месте по промысловому запасу улитки (после Витебской и Гродненской областей). Плотность и промысловый запас рассчитаны для 9 районов области: Держинский, Минский, Мядельский, Клецкий, Копыльский, Логойский, Несвижский, Столбцовский, Узденский. На данный момент во всех этих районах (промысловые районы), кроме Держинского осуществляется добыча улитки. Из 22 районов Минской области в 13 добыча улитки не ведется и данных по плотности и встречаемости улитки не было.

Несмотря на активное использование виноградной улитки в стране, отмечено увеличение ее численности и укрупнение локальных популяций за счет расселения моллюска [3]. Актуальным является поиск мест обитания и определение плотности виноградной улитки в 13 непромысловых районах Минской области.

Таблица – Количество локалитетов и плотность виноградной улитки в непромысловых районах Минской области, обнаруженных в 2025 г.

Район	Количество локалитетов	Плотность, ос./га (min-max)	Район	Количество локалитетов	Плотность, ос./га (min-max)
Смолевичский	11	238–30000	Воложинский	3	400–40000
Борисовский	16	1000–12000	Молодечненский	8	50–2600
Березинский	7	1000–5000	Крупский	3	1000–13700
Слуцкий	2	5000–7 000	Пуховичский	10	500–15000
Солигорский	2	2000–5 000	Червенский	7	1000–25200
Вилейский	2	100–5 000	Любанский	1	33

Цель исследования – провести поиск локальных популяций виноградной улитки на территории непромысловых административных районов Минской области Беларуси и определить плотность моллюска. Исследования проводились весной–летом 2025 года. Для учета плотности применялся метод учета на пробных площадках. В биоценозе выделялись участки размером 10 м x 10 м (площадь 0,01 га) на которых проводился учёт численности.

В 13 обследованных районах обнаружено 72 локалитета виноградной улитки, наибольшее количество локальных популяций выявлено в Борисовском, Смолевичском и Пуховичском районах (16, 11 и 10 мест регистрации соответственно). Наиболее высокая плотность отмечена для Воложинского района, д. Пугачи – 40000 ос./га и Смолевичского района, д. Кривая Береза – 30000 ос./га. В Стародорожском районе виноградная улитка обнаружена не была.

Исследования выполнены в рамках ГНТП «Зеленые технологии ресурсопользования и экобезопасности», 2021–2025 годы, подпрограмма «Устойчивое природопользование, инновационные технологии переработки, охраны и воспроизводства природных ресурсов», НИР «Провести ревизию современного состояния локальных популяций виноградной улитки в административных районах Минской области Беларуси, определить промысловый запас и распространение моллюсков с целью оптимизации ресурсноберегающего промысла в изменяющихся условиях среды».

Список использованных источников

1. Байчоров, В. М. Стратегия расширения промысловых запасов виноградной улитки в Беларуси / В. М. Байчоров, М. В. Максименков, Ю. Г. Гигиняк // VII Всероссийская конференция по промысловым беспозвоночным (памяти Б. Г. Иванова) : тез. докл. – М. : Изд-во ВНИРО, 2006. – С. 227–228.
2. Разработать план устойчивого использования запасов виноградной улитки, в том числе определить ресурсный потенциал виноградной улитки как перспективного объекта экспорта для Республики Беларусь: отчет о НИР (заключ.) / ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» ; рук. В. М. Байчоров ; исполн.: Ю. Г. Гигиняк, Е. В. Корзун, М. Н. Колосков [и др.]. – Минск, 2013. – 131 с. – № ГР.20112625.
3. Морфологические и популяционные характеристики интродуцированных на территории Гродненской области (Беларусь) локалитетов виноградной улитки (*Helix pomatia*) для создания на их основе естественных высокопродуктивных популяций / В. М. Байчоров, Ю. Г. Гигиняк, Е. В. Куликова [и др.] // Весн. Гродзен. дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. Сер. 5. – 2024. – № 2. – С. 136–147.

A. A. Kulikova, D. V. Zhurauliou, M. N. Koloskov, Y. V. Korzun,
A. V. Iniutsina, Yu. R. Hihiniak, V. M. Baitchorov
State Scientific and Production Association «Scientific and Practical Center
of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources»

DENSITY OF THE GRAPE SNAIL (*HELIX POMATIA*) IN NON-COMMERCIAL AREAS OF THE MINSK REGION OF BELARUS

The grape snail is a commercial species in the Republic of Belarus. A total of 72 localities of the grape snail were found in 13 non-commercial districts of the Minsk region, and their density was studied. The largest number of localities was found in the Borisov, Smolevichi, and Pukhovich Districts (16, 11, and 10 localities, respectively); no grape snails were found in the Starodorozhsky district. The highest density was recorded in the village of Pugachi in the Volozhin District (40,000 individuals/ha) and in the village of Krivaya Bereza in the Smolevichi District (30,000 individuals/ha).

Keywords: grape snail (*Helix pomatia* Linnaeus, 1758), Belarus, Minsk Region, density.

УДК 595.773.4(476)

М. В. Лазаренко

Белорусский государственный университет

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИН ЛИЧИНОК КАРАГАННОЙ МИНИРУЮЩЕЙ МУХИ *AULAGROMYZA CARAGANAE* (ROHDENDORF-HOLMANOVÁ) НА ЛИСТЬЯХ КАРАГАНЫ ДРЕВОВИДНОЙ (*CARAGANA ARBORESCENS* LAM.)

Изучено распределение мин *Aulagromyza caraganae* на сложных листьях караганы древовидной в условиях Белорусского Поозерья. Выявлена слабая отрицательная корреляция ($r_s = -0,205$, $p < 0,05$) между порядковым номером листочка и заселенностью для нижней стороны правых листочков: самки предпочитали базальные. Связь объясняет лишь 4,2 % вариации; для остальных позиций значимых корреляций нет. Результаты указывают на необходимость дальнейших исследований.

Ключевые слова: Белорусское Поозерье, инвазивные виды, жёлтая акация, минирующие фитофаги, пространственное размещение.

Карагана древовидная, или жёлтая акация (*Caragana arborescens* Lam.) – кустарник высотой до 7 метров, представитель адвентивной фракции рецентной флоры Беларуси, естественный ареал вида простирается в Западной Сибири, Казахстане и Монголии, где он произрастает на каменистых склонах и среди скал [1]. В Беларуси культивируется с середины XIX века; в XX веке в странах Восточной Европы и Советском союзе *C. arborescens* получила широкое распространение в культуре в качестве декоративного растения и при создании ветро- и снегозащитных полос вдоль транспортных магистралей [2]. Благодаря приемлемым декоративным качествам и высокой толерантности к антропогенной нагрузке карагана древовидная, не будучи популярной в настоящее время в зеленом строительстве, тем не менее остается широко представленной в уже сформированных зеленых насаждениях, и присутствует в ассортименте декоративных растений для зеленого строительства Беларуси [3].

Листовой аппарат растений формирует гетерогенную среду и предоставляет фитофагам множество экологических ниш; у древесно-кустарниковых форм их больше благодаря архитектурной сложности. Отдельный лист растения также представляет собой неоднородную среду с различными условиями влажности, температуры и других факторов, оказывающих непосредственное влияние на заселенность листовых пластинок филлофагами. Парнопери-стосложный лист караганы древовидной состоит из 4–7 (8) пар простых цельнокрайних обратноточечных листочков, расположенных на общем рахисе [4].

Среди филлофагов караган выделяются мухи-агромизиды (Diptera: Agromyzidae), личинки которых являются эндобионтами. В Беларуси на караганах развивается три вида, два из которых – чужеродные специализированные монофаги: фоновая *Aulagromyza caraganae* (Rohdendorf-Holmanová, 1959) и локально многочисленная *Amauromyza obscura* (Rohdendorf-Holmanová, 1959). Их личиночные мины видоспецифичны, что позволяет проводить видовую идентификацию.

Материал был собран в Национальном парке «Нарочанский» (кп. Нарочь Мядельского района Минской области) в 2024 г. Поврежденные личинками минирующих мух листья отбирались случайным образом; проанализирована выборка, состоящая из 32 экземпляров листовых пластинок. Листочки сложного листа нумеровали стандартным образом: от основания к вершине сложного листа. Расчет статистических показателей производился средствами пакета для анализа данных PAST [5]. Для оценки связи использовали коэффициенты ранговой корреляции Спирмена (r_s) и Кендалла (τ -b Кендалла).

Рассчитанные значения коэффициентов ранговой корреляции Спирмена (r_s) и Кендалла (τ) представлены в таблице.

Таблица – Результаты корреляционного анализа параметров расположения мин минирующей мухи (*Aulagromyza caraganae* (Rohdendorf-Holmanová, 1959) на листочках сложных листьев караганы древовидной (*Caragana arborescens* Lam.) в зависимости от их положения на рахисе

Локализация	Коэффициенты ранговой корреляции			
	Спирмена		Кендалла	
	r_s	p	τ	p
Левосторонние, верхняя сторона	0,04	0,06	0,03	0,06
Левосторонние, нижняя сторона	0,004	0,96	0,003	0,96
Правосторонние, верхняя сторона	–0,017	0,836	–0,015	0,836
Правосторонние, нижняя сторона	–0,205	0,010	–0,181	0,011

Примечание. Полужирным шрифтом выделены значения p ниже порогового для статистической значимости ($p = 0,05$).

Выявлена слабая отрицательная (по шкале Чеддока) корреляция между порядковым номером листочка и его заселенностью личинками минирующих мух для листочков, расположенных на правой нижней стороне сложного листа. Таким образом, самки при яйцекладке несколько чаще предпочитали базальные (нижние) листочки на правой стороне сложного листа. Однако практическая значимость обнаруженной корреляции ограничена: позиция листочка объясняет менее 5 % вариации заселенности (4,2 % ($r^2 = 0,042$)). В остальных случаях наблюдалась очень слабая отрицательная тенденция, значимой корреляции при этом не выявлено ($p > 0,05$), что может указывать на случайный характер распределения мин и/или влияние неучтенных факторов. Необратимость повреждений в течение вегетации определяет высокую вредоносность видов и необходимость дальнейшего изучения их экологии.

Список использованных источников

1. Куклина, А. Г. К биологии цветения чужеродных видов *Caragana arborescens* Lam. и *C. laeta* Kom. / А. Г. Куклина, Ю. К. Виноградова, Е. В. Ткачева // Российский журнал биологических инвазий. – 2015. – № 3. – С. 22–38. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25281528> (дата обращения: 10.07.2026).
2. Виноградова, Ю. К. Инвазионные виды растений семейства Бобовых. Люпин, Галега, Робиния, Аморфа, Карагана / Ю. К. Виноградова, А. Г. Куклина, Е. В. Ткачева ; отв. ред. А. С. Демидов ; науч. ред. Ю. Ю. Дребуадзе. – М. : АБФ, 2014. – 304 с.
3. Сидорович, Е. А. Ассортимент декоративных деревьев и кустарников для зеленого строительства Беларуси и рекомендации по оптимизации условий выращивания сеянцев / Е. А. Сидорович, И. М. Гаранович, А. А. Чаховский. – Минск : Тэхналогія, 1996. – 62 с.
4. *Caragana* Lam. – Карагана // Флора БССР. В 5 т. / АН БССР, Ин-т биологии. – Минск : Изд-во АН БССР, 1950. – Т. 3. – С. 220–221.
5. PAST 5.2 manual. – URL: <https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/downloads/past5manual.pdf> (date of access: 11.07.2026).

M. V. Lazarenko

Belarusian State University

DISTRIBUTION OF LARVAL MINES OF THE CARAGANA LEAF-MINING FLY AULAGROMYZA CARAGANAE (ROHDENDORF-HOLMANOVÁ) ON LEAVES OF CARAGANA ARBORESCENS LAM

The distribution of mines of *Aulagromyza caraganae* on compound leaves of *Caragana arborescens* was studied in the Belarusian Poozerie. A weak negative correlation ($r_s = -0.205$, $p < 0.05$) was found between leaflet position number and the number of mines on the lower surface of right-side leaflets: females preferred basal leaflets. This correlation explains only 4,2 % of variation; no significant correlations were found for other positions. The results indicate the need for further research.

Keywords: Belarusian Poozerie, invasive species, Siberian peashrub, leaf-mining phytophages, spatial distribution.

УДК 595.763.79:591.553

Ю. Н. Ласица

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ *HARMONIA AXYRIDIS* В УРБОЦЕНОЗАХ ГОРОДОВ ГРОДНО И РЕЧИЦЫ (БЕЛАРУСЬ)

Проведена сравнительная оценка фенотипической изменчивости популяций инвазивного вида кокцинеллид *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) в городах Гродно и Речица в полевые сезоны 2021–2024 гг. Исследованы изменчивость рисунка элитр, наличие элитрального гребня, а также внутривидовое разнообразие группировок.

Ключевые слова: божьи коровки, кокцинеллиды, *Harmonia axyridis*, фенотипическая изменчивость, *succinea*, урбоценозы.

Выявление механизмов, способствующих широкой экспансии чужеродных видов, основывается на детальном изучении и сравнительном анализе генетической структуры нативных и инвазивных популяций. Сформировать общее представление о происхождении инвазивных популяций позволяет анализ морфологических признаков [1].

Целью данной работы является установление фенотипической структуры двух популяций инвазивного вида кокцинеллид *Harmonia axyridis* в урбоценозах г. Гродно и г. Речицы. В ходе выполнения работы поставлены следующие задачи: 1. Установить частоту встречаемости фенотипов *Harmonia axyridis* в урбоценозах г. Гродно и г. Речицы. 2. Выявить степень встречаемости элитрального гребня у исследуемых экземпляров. 3. Проанализировать внутривидовое разнообразие группировок *Harmonia axyridis* в урбоценозах городов Гродно и Речицы.

Сбор материала проводили в городах Речица (Гомельская область) [2] и Гродно (Гродненская область) [3], на участках, расположенных в зеленых зонах городов, с июля по сентябрь 2021–2024 годов. Жуков собирали ручным способом на маршруте.

Для исследования нами взяты выборки объемом 40 экземпляров для каждого города.

Анализ рисунка элитр *Harmonia axyridis* (Pallas, 1771) показал, что частота встречаемости фенотипа *succinea* в городах Гродно и Речица равна 85 % (таблица 1).

Таблица 1 – Частота фенотипов рисунка элитр *Harmonia axyridis* (%) городов Гродно и Речица

Регион	Фенотип					
	<i>succinea</i>	<i>spectabilis</i>	<i>conspicua</i>	<i>axyridis</i>	h^S/h^s	h^C/h^s
г. Гродно	85,00	7,50	5,00	0,00	0,00	2,50
г. Речица	85,00	2,50	2,50	2,50	7,50	0,00

Примечание: h^S/h^s – гетерозиготы по аллелям *spectabilis/succinea*, h^C/h^s – гетерозиготы по аллелям *conspicua/succinea*.

В г. Гродно наблюдается большее фенотипическое разнообразие – 5 фенотипов, в том числе особи гетерозиготные по аллелям *spectabilis/succinea*. Фенотип, образованный гетерозиготой по аллелям *conspicua/succinea*, в г. Гродно отсутствует. Фенотипы, встреченные в г. Гродно, за исключением *succinea* и h^S/h^s , представлены в 1 экземпляре. В г. Речица не встречены особи с фенотипами *axyridis* и h^C/h^s , фенотип гетерозиготный по аллелям *conspicua/succinea* выявлен в 1 экземпляре.

Элитральный гребень является одним из таксономических признаков, характерных для *H. axyridis*. Развитие элитрального гребня контролируется одним аутосомным диаллельным геном при полном его доминировании. На данный момент адаптивное значение этого образования для особей, его имеющих не установлено. Среди 80 обследованных нами экземпляров хармонии у 16 особей (20 %) элитральный гребень отсутствовал. Частота рецессивного аллеля, определяющего отсутствие элитрального гребня в гомозиготном состоянии, в городах Гродно и Речице практически равна – 4,18 % и 4,74 %, соответственно.

Анализ внутрипопуляционного разнообразия позволил нам установить показатель среднего числа морф, а также долю редких морф в популяциях *H. axyridis* в урбоценозах городов Гродно и Речица (таблица 2).

Таблица 2 – Внутрипопуляционное разнообразие группировок *Harmonia axyridis* в урбоценозах Гродно и Речицы

Регион	среднее число морф		доля редких морф	
	μ	S_μ	h	S_h
г. Гродно	2,16	0,21	0,46	0,08
г. Речица	2,42	0,31	0,52	0,08

На основании полученных значений показателя μ , сходных в анализируемых выборках, можно сделать заключение, что степень внутри популяционного разнообразия невысока (значения μ почти в 2 раза ниже числа морф m) в связи с существенным доминированием фенотипа *succinea* на исследованных территориях. Значения доли редких морф h также практически равны и далеки от 1, что свидетельствует о неравномерном распределении частот фенотипов.

Для сравнения фенотипов популяций городов Гродно и Речицы применялся показатель сходства популяций. Полученное значение показателя $r = 0,98$ очень близко к 1 ($S_r = 0,13$), что свидетельствует о высокой степени сходства фенотипов сравниваемых нами популяций.

По результатам выполненной работы можно сделать следующие выводы:

1. Частота встречаемости фенотипа *succinea* инвазивного вида кокцинеллид *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) в городах Гродно и Речица одинакова и равна 85 %.
2. Среди 80 обследованных нами экземпляров хармонии у 16 (20 %) элитральный гребень отсутствовал.

3. Значение степени внутри популяционного разнообразия почти в 2 раза ниже числа морф m. Значения доли редких морф h также практически равны и далеки от 1. Показатель сходства популяций равен 0,98 очень близко к 1 ($Sr = 0,13$), что свидетельствует о высокой степени сходства фенофондов сравниваемых популяций.

Список использованных источников

1. Андрианов, Б. В. Азиатская божья коровка *Harmonia axyridis*: глобальная инвазия / Б. В. Андрианов, А. В. Блехман, И. И. Горячева, И. А. Захаров-Гезехус, Д. А. Романов. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2018. – 143 с.
2. Калинин, М. Ю. Природные ресурсы Речицкого района: современное состояние / М. Ю. Калинин. – Минск. – 2007. – С. 30–87.
3. Марціновіч, А. Горадна, Горадзен, Гродна / А. Марціновіч. – Мінск : Маст. літ., 2008. – 112 с.

Yu. N. Lasitsa

Yanka Kupala State University of Grodno

**PHENOTYPIC VARIABILITY OF *HARMONIA AXYRIDIS* IN URBOCENOSIS
OF THE CITIES OF GRODNO AND RECHITSA (BELARUS)**

A comparative assessment of the phenotypic variability of the invasive coccinellid species *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) populations in the cities of Grodno and Rechitsa in the field seasons of 2021–2024 was carried out. The variability of the elitra pattern, the presence of an elital ridge, as well as the intrapopulation diversity of the groups were studied.

Keywords: ladybugs, coccinellids, *Harmonia axyridis*, phenotypic variability, *succinea*, urbocoenosis.

УДК 597.551.2:576.316.353.7(476)

К. Б. Левина, Е. С. Гайдученко

*Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам»*

**ХАРАКТЕРИСТИКА КАРИОТИПОВ КОМПЛЕКСА ЩИПОВОК РОДА *COBITIS*
В БАССЕЙНЕ р. БЕРЕЗИНА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ**

Представлены данные по кариотипическому анализу комплекса щиповок рода *Cobitis* из трех локалитетов бассейна р. Березина на территории Беларуси. В выборках из р. Березина (устье) и р. Березина (аг. Чирковичи) отмечены самцы ($2n = 48$), все остальные особи – самки с триплоидными наборами хромосом ($3n = 74$ и $3n = 75$). Полученные данные обсуждаются в контексте гибридной природы исследованных образцов, обусловленной сложной структурой видового комплекса *Cobitis taenia* и широким распространением полиплоидных форм.

Ключевые слова: щиповка, род *Cobitis*, комплекс видов, кариотип, полиплоидия, хромосомы.

Введение. Для рода *Cobitis* характерна межвидовая гибридизация с образованием гибридных полиплоидных форм, большинство которых представлены триплоидными клонально-гиногенетически размножающимися самками. Согласно различным генетическим исследованиям, для образования полиплоидных однополых форм предполагаются следующие родительские виды: *Cobitis taenia*, который распространен в бассейне Северной Атлантики; *C. melanoleuca* – распространен от реки Волги до Западной части Тихого океана; черноморские виды *C. tanaitica* – бассейн Черного моря; *C. elongatoides* – бассейн Дуная; *C. taurica* – эндемичный вид нижнего течения реки Черная; *C. pontica* – черноморские водосборные бассейны в Болгарии, например, река Велека и *C. strumicae* – в бассейнах Эгейского и юго-западного Черного моря [1–3]. Основная сложность диагностирования видов щиповок рода *Cobitis* связана с трудностью морфологической идентификации, поэтому определение видов и форм щиповок осуществляется цитогенетическими и молекулярно-генетическими методами [3].

По имеющимся данным, на территории Беларуси обитают два вида щиповок – обыкновенная щиповка *Cobitis taenia* и балтийская щиповка *Sabanejewia baltica* [4]. При этом, на со-

предельных с Беларусью территориях обитают виды *C. melanoleuca*, *C. elongatoides*, *C. tanaitica*, что позволяет предположить возможность их проникновения на территорию Беларуси по трансграничным водотокам.

В. П. Васильев и Е. Д. Васильева [1] кроме стандартного диплоидного двуполого вида *C. taenia* ($2n = 48$), обнаружили самок триплоидной формы ($3n = 74$) в бассейне реки Западная Двина (территория России) – возникших в результате гибридизации *C. tanaitica* и *C. taenia*; и верхнего течения Днепра (территория России) ($3n = 74$) – гибридизация *C. elongatoides*, *C. tanaitica* и *Cobitis* sp. Это обусловило цель данной работы – определить присутствие в водных объектах Беларуси вышеперечисленных видов и их полиплоидных гибридов.

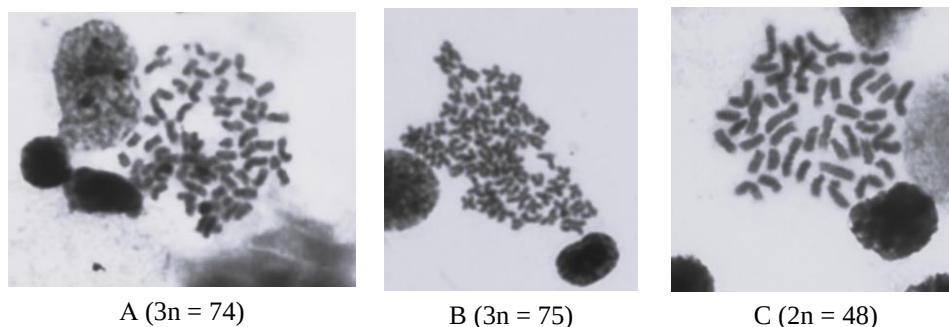
Материалы и методы исследования. Отловлена 41 особь щиповки обыкновенной (*C. taenia* s.l.) из трех локалитетов бассейна р. Березина (таблица). Все образцы подвергались цитогенетическим манипуляциям, проводившимся по стандартной методике, длительность экспозиции в гипотоническом растворе KCl подбиралась экспериментально [5].

Результаты исследования и их обсуждение. В результате наших цитогенетических исследований установлено обитание в реке Березина триплоидных самок с набором хромосом $3n = 74$ и $3n = 75$ и диплоидных самцов ($2n = 48$) (рисунок, таблица).

Таблица – Оценка митотических препаратов щиповки обыкновенной *Cobitis taenia* из трёх локалитетов р. Березина

Локалитет	Пол	Кол-во особей	Экспозиция в KCl, мин.	Кол-во хромосом
устье р. Березина	♂	1	40	48
	♀	23	40–45	74–75
р. Березина, г. Светлогорск	♀	12	40–42	74–75
р. Березина, аг. Чирковичи	♀	4	45	75
	♂	1	45	48

По литературным данным кариотип диплоидной формы *C. taenia* ($2n=48$) состоит из 10 метацентрических (m), 18 субметацентрических (sm) и 20 субтелоacroцентрических (sta) хромосом, диплоидный вид *C. tanaitica* самок $2n = 50$ состоит из $8m + 30sm + 12sta$ (у самцов $2n = 49\ 9m + 28sm + 12sta$) и *C. elongatoides* $2n = 50$ ($30m + 16sm + 4sta$) (рисунок) [3].



А ($3n = 74$)

В ($3n = 75$)

С ($2n = 48$)

Рисунок – Метафазные пластинки щиповки обыкновенной из локалитетов р. Березина (А – самка р. Березина, г. Светлогорск; В – самка р. Березина, г. Чирковичи; С – самец р. Березина, устье)

Предположительно триплоидные формы р. Березина произошли в результате гибридизации *C. elongatoides* или *C. tanaitica* с *C. taenia*. В дальнейшем будут проводиться исследования по изучению видов, участвующих в образовании полиплоидных гибридов.

Заключение. Таким образом, мы можем сделать вывод о том, что в бассейне р. Березина распространены гибридные триплоидные самки $3n = 74$ и $3n = 75$ и диплоидные самцы щиповки обыкновенной $2n = 48$. Полученные результаты согласуются с данными В. П. Васильева и Е. Д. Васильевой о сложной гибридной структуре популяций *Cobitis*.

Список использованных источников

1. Vasil'ev, V. P. Triploid forms' karyotype of spined loach from the genus *Cobitis* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cobitidae) of the upper Dnieper and Western Dvina rivers: analysis of the triploids' origin / V. P. Vasil'ev, E. D. Vasil'eva // Acta Ichthyologica et Piscatoria. – 2022. – Vol. 52, № 1. – P. 67–75.
2. Ichthyofauna of the fresh and brackish waters of Russia and adjacent areas: annotated list with taxonomic comments. 2. Order Cypriniformes, Suborders Catostomoidei, Cobitoidei and Cyprinoidei / Y. V. Dyldin [et al.] // Journal of Ichthyology. – 2023. – Vol. 64, Suppl. 4. – P. 1–51.
3. Diversity of European spined loaches (genus *Cobitis* L.): an update of the geographic distribution of the *Cobitis taenia* hybrid complex with a description of new molecular tools for species and hybrid determination / K. Janko [et al.] // Journal of Fish Biology. – 2007. – Vol. 71, Suppl. C. – P. 387–408.
4. Рыбы: популярный энциклопедический справочник / под ред. П. И. Жукова. – Минск : Белорусская советская энциклопедия, 1989. – 310 с. – (Животный мир Белоруссии)
5. First cytogenetic data on Afrotropical lutefishes (Citharinidae) in the light of karyotype evolution in Characiformes / S. A. Simanovsky, D. A. Medvedev, F. Tefera [et al.] // Comparative Cytogenetics. – 2022. – Vol. 16, No. 2. – P. 143–150.

K. B. Levina, E. S. Gajduchenko

State Scientific and Practical Organization

«Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources»

CHARACTERISTICS OF KARYOTYPES OF THE COMPLEX OF SPINED LOACH OF THE GENUS *COBITIS* IN THE BEREZINA RIVER BASIN IN BELARUS

Karyotypic analysis data for the *Cobitis* spined loach complex from three localities in the Berezina River basin in Belarus are presented. Samples from the Berezina River (mouth) and the Berezina River (Chirkovich settlement) contained males ($2n = 48$), while all other specimens were females with triploid chromosome sets ($3n = 74$ and $3n = 75$). The obtained data are discussed in the context of the hybrid nature of the studied samples, due to the complex structure of the *Cobitis taenia* species complex and the widespread occurrence of polyploid forms.

Keywords: spined loach, genus *Cobitis*, species complex, karyotype, polyploidy, chromosomes.

УДК 595.789-591.524

А. Н. Лемеза, А. В. Рыжая

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA) В БИОТОПАХ ГРОДНЕНСКОЙ И БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Выявлен видовой состав булавоусых чешуекрылых на территории шести биотопов Гродненской и Брестской областей. Наиболее богатым по видовому составу стало семейство Нимфалиды (Nymphalidae), представленное 7 видами (33 %). В ходе работы зафиксированы два абсолютно постоянных вида – *Lycaena dispar* и *Vanessa atalanta*, отмеченные на всех исследованных участках.

Ключевые слова: булавоусые чешуекрылые, Lepidoptera, видовое разнообразие, биотопы, антропогенная нагрузка, Гродненская область, Брестская область.

Булавоусые чешуекрылые (Lepidoptera) являются одной из наиболее изученных и в то же время уязвимых групп насекомых, чутко реагирующих на изменение условий среды обитания. Дневные бабочки являются индикаторами состояния экосистем, поскольку их жизненные циклы тесно связаны с конкретными кормовыми растениями гусениц и нектароносными растениями имаго [1]. Структура сообщества чешуекрылых в значительной степени отражает степень антропогенной трансформации ландшафтов, и общее биоразнообразие территории [2]. В условиях усиливающегося антропогенного пресса на природные экосистемы Беларуси особенно актуальным становится мониторинг состояния популяций насекомых на территориях с разной степенью хозяйственного освоения. Луговые и лесопарковые экосистемы Гродненской и Брестской областей, испытывающие рекреационную нагрузку и влияние сельскохозяйственной деятельности, представляют собой удобные полигоны для изуче-

ния адаптационных возможностей чешуекрылых [3]. Несмотря на обилие работ по фауне дневных бабочек в Беларуси, региональные аспекты стациального распределения остаются недостаточно изученными [4]. Цель исследования – выявление видового разнообразия, особенностей распределения и частоты встречаемости булавоусых чешуекрылых в шести биотопах Гродненской и Брестской областей.

Полевые исследования проводили в июле-августе 2025 года на территории Гродненской и Брестской областей. Сбор материала осуществляли на шести модельных биотопах: Б1 (злаково-бобовый луг по ул. Домбровского), Б2 (окрестности д. Рыбница, заказник «Озеры»), Б3 (суходольный луг в лесопарке «Пышки»), У1 (злаково-бобовый луг по ул. Советская), У2 (суходольный луг у озера «Ольшанское»), У3 (суходольный луг по ул. Мира). Лов чешуекрылых производили с помощью различных методов: с помощью энтомологического сачка (использовали лов методом кошения и лов на лету), а также с помощью приманок. Для обработки данных использовали индекс видового разнообразия Шеннона и индекс доминирования Симпсона. Для оценки степени общности видового состава применяли коэффициент фаунистического сходства Жаккара.

По результатам проведенного исследования на шести учетных площадках выявлен 21 вид булавоусых чешуекрылых, распределенных по 18 родам, 10 подсемействам и 4 семействам. Наиболее богатым по видовому составу стало семейство Нимфалиды (Nymphalidae), которое представлено 7 видами, что составляет 33 % от общего числа выявленных видов. Семейства Бархатницы (Satyridae) и Белянки (Pieridae) насчитывают по 5 видов каждое (по 28 % от общего числа). Семейство Голубянки (Lycaenidae) представлено 4 видами (11 %). Наибольшее количество родов зарегистрировано в семействах Nymphalidae (7 родов) и Satyridae (5 родов). Семейства Pieridae и Lycaenidae включают по 3 рода соответственно. По числу подсемейств лидируют Nymphalidae и Satyridae (по 30 % каждое), тогда как Lycaenidae и Pieridae составляют по 20 %.

Анализ стациального распределения показал неравномерность размещения видов на исследованных территориях. Наибольшее количество видов (10) отмечено на трех биотопах: Б1 (злаково-бобовый луг по ул. Домбровского), Б2 (окрестности д. Рыбница, заказник «Озеры») и У2 (суходольный луг у озера «Ольшанское»). Минимальное количество видов (4) зафиксировано на биотопе У3 (суходольный луг по ул. Мира). Биотоп Б3 (суходольный луг в лесопарке «Пышки») также отличается низким видовым богатством (7 видов).

В ходе исследования выделены два абсолютно постоянных вида – *Lycaena dispar* (Haworth, 1802) и *Vanessa atalanta* (Linnaeus, 1758), которые отмечены на всех шести исследованных биотопах (частота встречаемости 100 %). Ещё пять видов (*Pieris brassicae* (Linnaeus, 1758), *Pieris rapae* (Linnaeus, 1758), *Polyommatus icarus* (Rottemburg, 1775), *Cupido alcetas* (Hoffmannsegg, 1804)) имеют высокую частоту встречаемости (83,3 %). Виды *Lasiommata megera* (Linnaeus, 1767), *Araschnia levana* (Linnaeus, 1758), *Colias hyale* (Linnaeus, 1758), *Lycaena phlaeas* (Linnaeus, 1761), *Apatura ilia* ([Schiffermuller], 1775) и *Gonepteryx rhamni* (Linnaeus, 1758) встречены только на 1–2 биотопах.

Для оценки видового разнообразия использован индекс Шеннона. Самый высокий показатель зарегистрирован на биотопе У1 (злаково-бобовый луг по ул. Советская) – индекс Шеннона составил 2,08, что свидетельствует о наибольшем видовом богатстве и выравненности сообщества на данном участке. Наименьшее разнообразие отмечено на биотопе Б3 (суходольный луг в лесопарке «Пышки») – индекс Шеннона 1,54, что указывает на обеднённую фауну в условиях антропогенно трансформированного лесопарка. Наибольшее значение индекса Симпсона (0,95) также зафиксировано на биотопе У1, что указывает на сильное доминирование одного или нескольких видов в сообществе. На биотопе У3 (суходольный луг по ул. Мира) индекс Симпсона равен 0,88.

Для оценки сходства видового состава использовали коэффициент Жаккара. Наибольшее сходство видового состава (высокий уровень сходства – 70,0 %) наблюдается между вы-

борками У1 (ул. Советская) и У2 (озеро «Ольшанское»). Средний уровень сходства (от 36,4 % до 50,0 %) отмечен между большинством остальных пар биотопов, в том числе между Б2 и У3 (36,4 %). Низкого и очень высокого уровней сходства не выявлено.

Таким образом, на территории исследованных районов Гродненской и Брестской областей выявлен 21 вид булавоусых чешуекрылых, распределенных по 4 семействам. Ядро фауны составляют виды семейств Nymphalidae (33 %) и Satyridae (28 %). Два вида (*Lycaena dispar* и *Vanessa atalanta*) характеризуются максимальной частотой встречаемости (100 %). Наибольшее видовое разнообразие (индекс Шеннона 2,08) характерно для злаково-бобового луга, тогда как суходольные луга и лесопарковые зоны отличаются обедненным видовым составом и более низкими значениями индекса.

Список использованных источников

1. Бабочки [Электронный ресурс] // Большая советская энциклопедия. – URL: <https://gufo.me/dict/bse/Бабочки>. – (дата обращения: 27.04.2026).
2. Наглов, В. Статистический анализ приуроченности видов и структуры сообществ. Териофауна востока Украины / В. Наглов, И. Загороднюк. – Луганск, 2006. – 240 с.
3. Мержеевская, О. И. Чешуекрылые Белоруссии / О. И. Мержеевская, А. Н. Литвинова, Р. В. Молчанова. – Минск, 1976. – 132 с.
4. Добровольский, Б. В. Фенология насекомых / Б. В. Добровольский. – М. : Высшая школа, 1969. – 79 с.

A. N. Lemeza, A. V. Rhyzhaya
Yanka Kupala State University of Grodno

SPECIES DIVERSITY AND POPULATION STRUCTURE OF BUTTERFLIES (LEPIDOPTERA) IN THE BIOTOPES OF GRODNO AND BREST REGIONS

The species composition of butterflies was identified in six biotopes of Grodno and Brest regions. The family Nymphalidae proved to be the richest in species diversity, represented by 7 species (33 %). Two absolutely permanent species were recorded during the study – *Lycaena dispar* and *Vanessa atalanta*, found on all surveyed plots.

Keywords: butterflies, Lepidoptera, Rhopalocera, species diversity, biotopes, anthropogenic load, Grodno region, Brest region.

УДК 57:595.733

Ж. Е. Мелешко, Д. А. Петрикевич
Белорусский государственный университет

ВИДОВОЙ СОСТАВ ODONATA FABRICIUS, 1793 ДЯТЛОВСКОГО РАЙОНА

Приводятся результаты первичного исследования видового состава стрекоз (Odonata) Дятловского района Гродненской области. На пяти водоемах отмечено 11 видов из 7 семейств.

Ключевые слова: видовой состав, стрекозы, Odonata, Дятловский район, Гродненская область.

Представители отряда Odonata Fabricius, 1793 играют ключевую роль в экосистемах благодаря своим биологическим и экологическим особенностям. Личинки стрекоз являются значимым элементом фитофильных и бентосных сообществ, будучи источником пищи и одновременно хищниками. В наземных экосистемах имаго стрекоз выступают одними из активных и многочисленных энтомофагов, способствуя регулированию численности других насекомых. В условиях растущей антропогенной нагрузки на водные объекты важна индикаторная роль стрекоз. Их личинки очень чувствительны к качеству воды, содержанию кислорода и типу донных отложений, поэтому изменение видового состава и численности этих насекомых служит ранним признаком загрязнения водоемов. Мониторинг стрекоз позволяет быстро и с минимальными затратами оценивать состояние пресноводных экосистем. Кроме того, за последнее время видовой состав пополнился новыми для республики видами [1; 2].

Проведен первичный мониторинг видового состава Odonata на территории Дятловского района Гродненской области. Сбор имаго и личинок осуществлялся стандартными энтомологическими методами на пяти водоемах – двух реках, двух озерах и одном искусственном водоеме. Всего за время исследований было зафиксировано 11 видов из 7 семейств.

Таблица – Распределение видов по биотопам

Таксон	Биотоп				
	оз. Дятловское	р. Молчадь	вод. Яновщина	оз. Святязь	р. Щара
Coenagrionidae					
1. <i>Ischnura elegans</i>	+	+	-	+	-
2. <i>Enallagma cyathigerum</i>	+	-	-	+	+
Lestidae					
3. <i>Lestes virens</i>	-	-	+	-	-
4. <i>Lestes barbarus</i>	-	-	-	-	+
Platycnemididae					
5. <i>Platycnemis pennipes</i>	+	+	+	+	+
Calopterygidae					
6. <i>Calopteryx splendens</i>	-	+	-	-	+
Aeshnidae					
7. <i>Aeshna grandis</i>	+	-	-	-	-
Libellulidae					
8. <i>Orthetrum cancellatum</i>	-	-	-	+	+
9. <i>Sympetrum vulgatum</i>	+	-	-	-	-
10. <i>Sympetrum danae</i>	+	-	-	-	-
Gomphidae					
11. <i>Ophiogomphus cecilia</i>	-	+	-	+	-

Больше всего видов было отмечено на водоеме Дятловское озеро, расположенном в г. Дятлово – *Ischnura elegans* (Vander Linden, 1820), *Enallagma cyathigerum* (Charpentier, 1840), *Platycnemis pennipes* (Pallas, 1771), *Aeshna grandis* (Linnaeus, 1758), *Sympetrum vulgatum* (Linnaeus, 1758), *S. danae* (Sulzer, 1776). На небольшом искусственном водоеме Водохранилище Яновщина отмечено только два вида – *Lestes virens* (Charpentier, 1825) и *Platycnemis pennipes*. На двух точках на оз. Святязь отмечены *Ischnura elegans*, *Enallagma cyathigerum*, *Platycnemis pennipes*, *Orthetrum cancellatum* (Linnaeus, 1758), *Ophiogomphus cecilia* (Fourcroy, 1785).

На реке Молчадь выявлены *Ischnura elegans*, *Platycnemis pennipes*, *Calopteryx splendens* (Harris, 1780), *Ophiogomphus cecilia*. На р. Щара с более спокойным течением зарегистрированы – *Enallagma cyathigerum*, *Lestes barbarus* (Fabricius, 1798), *Platycnemis pennipes*, *Calopteryx splendens*, *Orthetrum cancellatum*.

Полученные данные могут послужить отправной точкой для дальнейшего мониторинга видового состава стрекоз Дятловского района, что в свою очередь позволит оценить состояние расположенных на нем водоемов.

Список использованных источников

1. Писаненко, А. Д. Фаунистический очерк стрекоз (Insecta, Odonata) Белоруссии / А. Д. Писаненко // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. – 1985. – № 3. – С. 37–41.
2. Китель, Д. А. *Sympetrum fonscolombii* – новый вид фауны стрекоз Беларуси / Д. А. Китель, А. Adcock, А. Петрова // Современные проблемы энтомологии Восточной Европы: материалы I международной научно-практической конференции. – Минск, 2015. – С. 137–139.

J. E. Meleshko, D. A. Petrikevich
Belarusian State University

SPECIES COMPOSITION OF ODONATA FABRICIUS, 1793 DYATLOVSKY DISTRICT

The results of a preliminary study of the species composition of dragonflies (Odonata) in the Dyatlovo District of the Grodno Region are presented. Eleven species from seven families were recorded in five bodies of water.

Keywords: species composition, dragonflies, Odonata, Dyatlovsky district, Grodno region.

ЗАРАЖЁННОСТЬ ГЕЛЬМИНТАМИ ИНВАЗИВНОГО ВИДА *NYCTEREUTES PROCYONOIDES* (GRAY, 1834) НА СТАЦИОНАРНЫХ УЧАСТКАХ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ

В настоящее время у чужеродного вида *Nyctereutes procyonoides*, обитающего на территории зоны отчуждения, установлено паразитирование 23 видов гельминтов 5 классов, где на долю представителей типа Plathelminthes пришлось 47,8 % от всех зарегистрированных видов. Впервые в качестве дефинитивного хозяина *Nyctereutes procyonoides* зарегистрирована для *Arophallus donicus*, *Paracoenogonimus skuorzowi*, *Taenia hydatigena*, *Crenosoma vulpis*.

Ключевые слова: гельминты, заповедник, зараженность, индекс доминирования.

Енотовидная собака *Nyctereutes procyonoides* (Gray, 1834) относится к наиболее успешным чужеродным видам хищных млекопитающих, которые после акклиматизации на новых территориях включаются в жизненные циклы гельминтов хищных плотоядных животных, что способствует расширению круга хозяев эндопаразитов. За период 2017–2025 гг. полному паразитологическому исследованию подверглось 225 особей *N. procyonoides*, изъятых на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника. Гельминтологическое вскрытие проведено по К. И. Скрябину [1]. Определение видов гельминтов проведено по определителю [2]. Для оценки степени зараженности животных применены статистические показатели [3]. В настоящее время гельминтофауна *N. procyonoides* на территории зоны отчуждения представлена 23 видами гельминтов. Классовый гельминтоценотический индекс [1], отражающий состав классов гельминтов, выявленный у *N. procyonoides* представлен следующим образом:

$$\frac{225 (T93 \% C31 \% A(N)26 \% S28 \% A35 \%)}{(213 \% - 100 \%) 23}$$

В гельминтоценозе *N. procyonoides* на стационаре Масаны зарегистрировано 14 видов гельминтов из 12 родов 10 семейств 9 отрядов 5 классов 3 типов. Наиболее распространены гельминтами явились *A. alata*, встречаемость которой составила 88,6 % и *E. perfoliatus* с экстенсивностью инвазии (*E*) 45,7 %. Эти же трематоды имели наибольшие индексы доминирования (*ID*) – 52,34 экз. и 46,57 экз. и индексы обилия (*M*) – 38,358 и 34,129 соответственно. Из цестод чаще встречался вид *S. erinacei*, зараженность которым составила 31,9 % с максимальным *ID* 1,256. Минимальная встречаемость отмечена для *T. hydatigena* – 2,9 %. Среди отмеченных нематод наибольшее распространение – 28,6 % – имеет вид *U. stenoccephala*. Высокая численность отмечена для *T. spiralis* – 87 л/к. Минимальная зараженность зарегистрирована для *S. vulpis* и *D. immitis* – 2,9 %. Зараженность скребнем *M. catulinus* составила 51,4 %.

На стационарном участке Кулажин у *N. procyonoides* зарегистрировано 15 видов гельминтов из 14 родов 10 семейств 7 отрядов 5 классов 3 типов, среди трематод максимальная экстенсивность инвазии отмечена для *A. alata* – 87,9 % при *ID* 64,169, минимальная зараженность 6,1 % отмечена для *M. bilis* и *P. truncatum*. Из цестод наиболее чаще встречались *S. erinacei* и *T. pisiformis* с *E* – 18,2 % и 15,2 % соответственно. Минимальная встречаемость зарегистрирована для *D. latum* – 3,0 %. Среди зарегистрированных нематод наибольшее распространение – 18,2 %, отмечено для *T. spiralis* с интенсивностью инвазии (*I*) 38,2 экз.; минимальная встречаемость характерна для *A. plica* и *C. vulpis* – 3,0 %. Из скребней высокая зараженность отмечена для *M. catulinus* – 15,2 %. Скребень *M. hirudinaceus* регистрировался в количестве от 1 до 24 экз./ос.

На стационарном участке Красноселье у *N. procyonides* зарегистрировано 17 видов гельминтов из 17 родов 12 семейств 8 отрядов 5 классов 3 типов. Среди трематод максимальная зараженность отмечена для *A. Alata* – 87,3 % и *E. perfoliatus* – 80,0 % с наибольшим ID (49,060 % и 30,381 соответственно). Из 3 видов цестод наиболее чаще встречался вид *S. erinacei*, зараженность которым составила 12,7 %, минимальная встречаемость отмечена для *T. pisiformis* и *D. latum* – 1,9 %. Из нематод наибольшее распространение имеет вид *T. spiralis* – 27,3 %, индекс обилия составил 9,49 экз./особь. Скребень *M. catulinus* регистрировался с экстенсивностью инвазии 34,5 %.

У *N. procyonides* на стационаре Погонное зарегистрировано 14 видов гельминтов из 13 родов 11 семейств 9 отрядов 5 классов 3 типов. Из нематод максимальная встречаемость отмечена для *A. caninum* – 55,0 % и *U. stenocephala* – 50,0 %, минимальная зараженность регистрировалась для *S. vulpis* и *D. immitis* – 5,0 %. Среди трематод максимальная зараженность отмечена для *A. alata* – 85,0 % с ID 86,324, минимальная встречаемость – для *O. felineus* (5,0 %). Из цестод максимальная зараженность зафиксирована для *T. pisiformis* и *S. erinacei* – 25,0 %, минимальная встречаемость – для *T. hydatigena* – 5,0 %. Встречаемость скребня *M. catulinus* составила 25,0 %.

На стационаре Хвощевка у *N. procyonides* зарегистрировано 16 видов гельминтов из 15 родов 10 семейств 7 отрядов 5 классов 3 типов. Наиболее распространенными видами являются трематоды *A. alata* с E 82,0 % и ID 63,727; субдоминантом выступает *E. perfoliatus* – 63,9 % при ID 28,738. Из цестод максимальная зараженность отмечена для *S. erinacei* – 27,9 %. Из нематод наибольшее распространение имеет вид *T. spiralis* с E – 23,0 % и интенсивностью инвазии 30,28 экз.; минимальная зараженность зарегистрирована для *A. plica*, *T. vulpis*, *C. vulpis* – 1,6 %. Зараженность скребнем *M. catulinus* составила 32,8 %.

У *N. procyonides* на стационаре Ломачи зарегистрировано 11 видов гельминтов из 11 родов 8 семейств 7 отрядов 5 классов 3 типов. Из трематод максимальная встречаемость отмечена для *E. perfoliatus* (85,0 %) при ID 45,727; субдоминантом является *A. alata* – 60,0 % с ID 15,690; минимальная E зафиксирована для *M. bilis* – 5,0 %. Среди нематод максимальная зараженность установлена для *T. spiralis* – 50,0 %, при максимальной численностью 388 л/к у особи и ID 24,909. Встречаемость *A. caninum* и *U. stenocephala* составила 15,0 % с индексом доминирования, не превышающим 2,0 %. Из цестод наибольшее распространение – 30,0 % – имеет вид *S. erinacei* с интенсивностью инвазии 17,83 экз., минимальная встречаемость отмечена для *T. pisiformis* – 5,0 %. Зараженность скребнем *M. catulinus* составила 40,0 %.

Таким образом, у *N. procyonoides* на территории зоны отчуждения установлено паразитирование 23 видов гельминтов 5 классов, где на долю представителей типа Plathelminthes пришлось 47,8 % от всех зарегистрированных видов. Впервые в качестве дефинитивного хозяина *N. procyonides* зарегистрирована для *A. donicus*, *P. skuorzowi*, *T. hydatigena*, *C. vulpis*, что расширяет круг дефинитивных хозяев, участвующих в жизненном цикле данных видов гельминтов. Максимальный видовой состав гельминтов у *N. procyonoides* отмечен на стационаре Красноселье – 17 видов, минимальный – 11 видов гельминтов – на стационаре Ломачи. Наиболее часто встречаемыми явились *A. alata*, *E. perfoliatus*, *I. melis*, *S. erinacei*, *T. spiralis*, *U. stenocephala*, *A. caninum*, *M. catulinus*.

Список использованных источников

1. Скрябин, К. И. Основы общей гельминтологии / К. И. Скрябин, Р. С. Шульц. – М., 1940. – 465 с.
2. Козлов, Д. П. Определитель гельминтов хищных млекопитающих СССР / Д. П. Козлов. – М. : Наука, 1977. – 275 с.
3. Ромашов, Б. В. Методика гельминтологических исследований позвоночных животных : учеб. пособие / Б. В. Ромашов, Л. Н. Хицова, Е. И. Труфанова, Н. В. Ромашова. – Воронеж, 2003. – 35 с.

INFECTION BY HELMINTHS OF THE INVASIVE SPECIES NYCTEREUTES PROCYONOIDES (GRAY, 1834) IN STATIONARY AREAS OF THE ZONE OF EXCLUSION

Currently, the alien species *Nyctereutes procyonoides*, which lives in the exclusion zone, is parasitized by 23 species of helminths from 5 classes, with representatives of the Plathelminthes phylum accounting for 47,8 % of all registered species. *Nyctereutes procyonoides* has been registered as the definitive host for *Apophallus donicus*, *Paracoenogonimus skuorowski*, *Taenia hydatigena*, and *Crenosoma vulpis* for the first time.

Keywords: helminths, nature reserve, infestation, dominance index.

УДК 595.794(476)

Р. О. Олейник, М. Д. Дорожинский, А. С. Рогинский

Белорусский государственный университет

**ПЛОЩАДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНОК
КАШТАНА КОНСКОГО ОБЫКНОВЕННОГО (*AESCULUS HIPPOCASTANUM* L.)
И МИН КАШТАНОВОЙ МИНИРУЮЩЕЙ МОЛИ (*CAMERARIA OHRIDELLA*
DESCHKA & DIMIC) В ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ к. п. НАРОЧЬ
В РАННЕЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2026 г.**

Представлены данные о площади листовых пластинок каштана конского, их заселенности личинками каштановой минирующей моли, а также площади мин в условиях зеленых насаждений к. п. Нарочь (Мядельский район, Минская область) в третьей декаде июня 2026 г.

Ключевые слова: филлофаги, минеры, декоративные растения, молевидные чешуекрылые, компьютерная планиметрия.

Каштановая минирующая моль, или охридский минер (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic) (Lepidoptera: Gracillariidae) является выходцем из Южной Европы. Его исходный ареал был ограничен горными долинами Балканского полуострова – естественной областью произрастания его основного кормового растения, конского каштана обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.) [1]. В 1984–1985 годах в Македонии, на границе с Албанией, была впервые зафиксирована вспышка массового размножения каштановой минирующей моли, после которой вид начал успешную экспансию по всей Европе [2].

В настоящее время каштановая минирующая моль является основным вредителем конского каштана обыкновенного в зеленых насаждениях Беларуси, регистрируясь во всех регионах страны. Жизнедеятельность данного минера приводит к значительному снижению декоративных свойств насаждений каштана [3]. Высокая вредоносность каштановой минирующей моли послужила причиной ее включения в «Чёрную книгу инвазивных видов животных Беларуси» [4].

Целью данной работы является проведение сравнительного анализа площадных характеристик мин каштановой минирующей моли (*C. ohridella*) на листовых пластинках каштана конского обыкновенного (*A. hippocastanum* L.) в раннелетний период для накопления фактического материала по фактической вредоносности инвайдера.

Отбор проб, поврежденных личинками каштановой минирующей молью листовых пластинок каштана конского обыкновенного, был выполнен 26.06.2025 в к. п. Нарочь Мядельского р-на Минской обл. (в границах Национального парка «Нарочанский»). Листья рандомизировано отбирали из нижней части крон в полиэтиленовые пакеты с zip-lock и гербаризировали по стандартной методике [5]. Полученные с использованием планшетного сканера CanoScan 9000F Mark II изображения разрешением 600 dpi подвергали разметке средствами программного обеспечения CVAT[6] и средств языка программирования Python. Площади листовых пластинок и мин *C. ohridella* рассчитывали по формуле Гаусса. Для статистического анализа использовался инструментальный язык Python.

В к.п. Нарочь у произрастающих в зеленых насаждениях экземпляров *A. hippocastanum* было собрано 22 листовые пластинки, на которых присутствовало 379 мин *C. ohridella* соответственно. Средняя площадь листовых пластинок и расположенных на них мин составила $38429,93 \pm 24770,05$ мм² и $59,62 \pm 74,19$ мм², медианные значения равны 34043,49 мм² и 24,65 мм², соответственно. Причиной различий среднего значения и медианы для площади мин является высокая доля мин малой площади, соответствующих начальным этапам развития личинок (рисунок). Этим же обусловлено высокое значение коэффициента вариации для площади мин (124,44 %). Средняя плотность заселения составила 17,23.

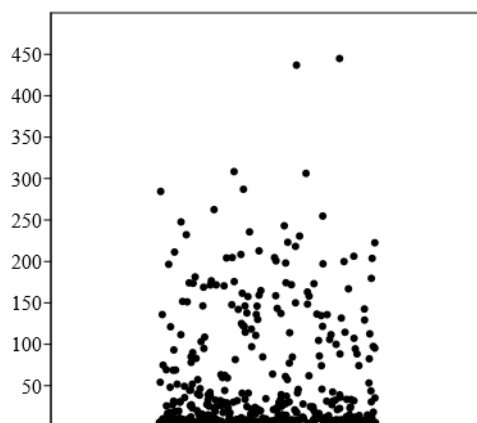


Рисунок – Площади мин *C. ohridella* на листовых пластинках *A. hippocastanum*

Проверка характера распределения числовых значений площади листовых пластинок с использованием критерия Шапиро-Уилка опровергла гипотезу о его соответствии Гауссову распределению ($p = 0,01$). Распределение значений площади мин также не соответствует Гауссову распределению ($p < 0,001$).

Средний уровень относительной поврежденности листовых пластинок личинками *C. ohridella* в условиях зеленых насаждений в к. п. Нарочь составил 2,88 %.

Список использованных источников

1. Deschka, G. *Cameraria ohridella* sp. n. (Lep., Lithocolletidae) from Macedonia, Yugoslavia / G. Deschka, N. Dimić // Acta Entomologica Jugoslavica. – 1986. – Vol. 22, n 1-2. – P. 11–23.
2. Трибель, С. А. Мониторинг каштановой минирующей моли / С. А. Трибель, О. Н. Гаманова // Защита и карантин растений. – 2009. – № 2. – С. 45–47.
3. Рогинский, А. С. Каштановая минирующая моль (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986) в Беларуси: современное состояние и перспективы исследований / А. С. Рогинский, С. В. Буга // Итоги и перспективы развития энтомологии в Восточной Европе. – 2015. – С. 335.
4. Черная книга инвазивных видов животных Беларуси / В. П. Семенченко [и др.]. – Минск : Беларус. наука, 2020. – 163 с.
5. Гербарное дело: справочное руководство / под ред. Д. В. Гельмана. – Кью : Королевский ботанический сад, 1995. – 341 с.
6. Data Annotation Platform for Vision AI | CVAT. – URL: <https://www.cvat.ai> (дата обращения: 19.07.2026).

R. O. Oleynik, M. D. Dorozhinsky, A. S. Roginsky
Belarusian State University

AREA CHARACTERISTICS OF *AESCULUS HIPPOCASTANUM* L. LEAF BLADES AND MINES OF *CAMERARIA OHRIDELLA* DESCHKA & DIMIC IN GREEN STANDS OF SETTLEMENTS IN THE SETTLEMENT NAROCH (MYADEL DISTRICTS) IN JUNE 2026

Data presented on the area of *Aesculus hippocastanum* L. leaf blades, their infestation by *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic larvae, and the area of mines in green stands of the resort settlement Naroch (Myadel districts, Minsk region) on June 26, 2026.

Keywords: phyllophagous insects, leaf miners, ornamental plants, Microlepidoptera, computer planimetry.

**ПЛОЩАДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНОК
ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ (*TILIA CORDATA* MILL.)
И МИН ЛИПОВОЙ МОЛИ-ПЕСТРЯНКИ (*PHYLLONORYCTER ISSIKII* KUMATA)
В ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ
В ПОЗДНЕЛЕТНИЙ ПЕРИОД (ПО ДАННЫМ СЕЗОНА 2025 г.)**

Представлены данные о площади листовых пластинок липы мелколистной, их заселенности липовой молю-пестрянкой, а также площади мин в условиях зеленых насаждений в д. Клешице и к.п. Нарочь Столбцовского и Мядельского районов Минской области в июле и августе 2025 г., которые оказались статистически значимо различными.

Ключевые слова: филлофаги, минеры, декоративные растения, молевидные чешуекрылые, компьютерная планиметрия.

Чужеродные инвазивные виды представляют серьезную угрозу для глобального биоразнообразия. Липовая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) происходит из Восточной Азии [1]. В 1985 г. она была впервые обнаружена в парках Москвы, из Московского региона она распространилась по территории Европейской части СССР и зарубежной Европы [2].

Кормовыми объектами данного вида являются представители рода *Tilia* L., являющиеся аборигенными в разных регионах Европы и широко используемые в зеленом строительстве. Высокая вредоносность вида послужила предпосылкой для его включения в «Черную книгу инвазивных видов животных Беларуси» [3].

Целью данной работы является проведение сравнительного анализа площадных характеристик мин липовой моли-пестрянки (*Ph. issikii*) на листовых пластинках липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.).

Отбор проб, поврежденных личинками липовой моли-пестрянки листовых пластинок липы мелколистной, был выполнен 24.07.2025 и 03.08.2025 в д. Клешице Столбцовского р-на Минской обл. (приграничье Республиканского ландшафтного заказника «Налибокский») и к. п. Нарочь Мядельского р-на Минской обл. (Национальный парк «Нарочанский»).

Листья рандомизировано отбирали из нижней части крон в полиэтиленовые пакеты с zip-lock и гербаризировали по стандартной методике [4]. Полученные с использованием планшетного сканера CanoScan 9000F Mark II изображения разрешением 600 dpi подвергали разметке средствами программного обеспечения CVAT [5] при помощи инструмента «полигон» и средств языка программирования Python. Площади листовых пластинок и мин *P. issikii* рассчитывали по формуле Гаусса. Для статистического анализа использовался инструментальный язык Python.

В населенных пунктах Клешице и Нарочь с произрастающих в зеленых насаждениях экземпляров *T. cordata* было собрано 106 и 144 листовые пластинки, на которых присутствовало 18 и 54 мины *Ph. issikii* соответственно. Средняя площадь мин на листовых пластинках из д. Клешице составила $21,11 \pm 5,61$ мм², тогда как из к. п. Нарочь – $69,62 \pm 20,64$ мм². Исследованные локации также различались по средней площади листовых пластинок: $2591,48 \pm 1126,60$ мм² и $3427,32 \pm 1241,41$ мм² соответственно.

Средняя плотность заселения (число мин на один лист) в к. п. Нарочь оказалась в 2,2 раза выше, чем в д. Клешице, составив 0,375 против 0,170. Коэффициент вариации площади отдельных мин для выборок из к.п. Нарочь и д. Клешице составил 29,64 % и 26,57 % соответственно.

Проверка характера распределения числовых значений площади мин с использованием критерия Шапиро-Уилка подтвердила гипотезу о его соответствии Гаусову распределению для данных как из к.п. Нарочь ($p=0,701$), так и из д. Клетиче ($p=0,578$). Равенство дисперсий в исследуемых выборках было доказано тестом Левена ($p=0,865$). Это позволило данных условий для сравнения средних значений применяли t-критерий Стьюдента. Его результаты продемонстрировали наличие статистически значимых различий по площади мин между двумя локациями ($p=0,012$).

Оценка характера распределения значений показателя площади листовых пластинок с использованием критерия Шапиро-Уилка показала, что гипотеза о соответствии нормальному распределению подтвердилась только для выборки из д. Клетиче ($p=0,099$). Для к. п. Нарочь выявлено значимое ($p<0,001$) отклонение от нормального распределения, характеризующееся двусторонней асимметрией.

По результатам использования критерия Левена дисперсии в выборках следует считать гомогенными ($p=0,371$). В связи с нарушением условия соответствия распределения нормальному для одной из выборок сравнение средних проводили с использованием непараметрического U-критерия Манна-Уитни.

Полученные результаты ($U=4550,0$; $p<0,001$) статистически обосновывают наличие значимых различий между исследуемыми выборками.

Средний уровень относительной поврежденности листовых пластинок личинками *Ph. issikii* в условиях к.п. Нарочь и д. Клетиче составил 1,139 % и 0,451 % соответственно. Ввиду выраженного отклонения распределения значений показателя относительной поврежденности от нормального в обеих выборках (критерий Шапиро-Уилка, $p<0,001$), а также различия дисперсий (критерий Левена, $p=0,002$), для анализа использовали непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Полученные результаты ($U=8997,0$; $p=0,002$) статистически подтверждают значимость различий между исследуемыми локациями по данному показателю.

Список использованных источников

1. Беднова, О. В. Липовая моль-пестрянка (Lepidoptera, Gracillariidae) в зеленых насаждениях Москвы и Подмосковья / О. В. Беднова, Д. А. Белов // Лесной вестник / Forestry bulletin. – 1999. – № 2. – С. 172–178.
2. Пинчук, Т. Оценка поврежденности листовых пластинок лип липовой молью-пестрянкой (*Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963)) в условиях различных регионов Беларуси / Т. Пинчук, О. В. Синчук. – 2017. – С. 357–363.
3. Черная книга инвазивных видов животных Беларуси / В. П. Семенченко [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2020. – 163 с.
4. Гербарное дело: справочное руководство / под ред. Д. В. Гельтмана. – Кью : Королевский ботанический сад, 1995. – 341 с.
5. Data Annotation Platform for Vision AI | CVAT. – URL: <https://www.cvat.ai>. (date of access: 14.07.2026).

R. O. Oleynik¹, F. G. Yakovchik²

¹Belarusian State University

²Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus

AREA CHARACTERISTICS OF *TILIA CORDATA* MILL. LEAF BLADES AND MINES OF *PHYLLONORYCTER ISSIKII* KUMATA IN GREEN STANDS OF SETTLEMENTS IN THE MINSK REGION DURING THE LATE SUMMER PERIOD IN 2025

Data presented on the area of *T. cordata* leaf blades, their infestation by the *Ph. issikii*, and the area of mines in green stands of the settlement Kletishche and Naroch (Stolbtsy and Myadel districts, Minsk region) in July-August 2025 showed statistically significant differences.

Keywords: phyllophagous insects, leaf miners, ornamental plants, Microlepidoptera, computer planimetry.

Ю. И. Охременко, Е. С. Гайдученко, А. С. Полетаев

Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам»

**ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ГОЛЬЦА ОБЫКНОВЕННОГО
BARBATULA BARBATULA (TELEOSTEI: NEMACHEILIDAE)
В БЕЛАРУСИ ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА МИТОХОНДРИАЛЬНОЙ ДНК**

Показано наличие нескольких филогенетических линий гольца обыкновенного в Беларуси, что свидетельствует о сложной структуре вида *B. barbatula* и указывает на существование на других пока не описанных видов.

Ключевые слова: обыкновенный голец, *Barbatula barbatula*, филогенетические линии, митохондриальная ДНК, распространение.

Гольцы рода *Barbatula* широко распространены по всей Европе и Северной Азии – от бассейна Средиземного моря в Испании и восточных районов Сибири [1]. В настоящее время в Европе выделяют семь валидных видов: *Barbatula barbatula* (Linnaeus, 1758), *B. sturanyi* (Steindachner, 1892), *B. vardarensis* (Karaman, 1928), *B. quignardi* (Băcescu-Meşter, 1967), *B. hispanica* (Lelek, 1987), *B. zetensis* (Sorić, 2000) и *B. leopard* (Gauliardetal, 2019). На территории Беларуси обитает один вид – обыкновенный голец *B. barbatula*.

В последнее время происходит ревизия ихтиофауны в мире и гольцы рода *Barbatula* не стали исключением. Недавние исследования показали, что вид *B. barbatula* включает в себя несколько не описанных видов, на что указывает наличие ряда обособленных эволюционных линий [2; 3]. Схожих морфологически, но имевших генетические различия гольцов считали криптическими видами. Однако на сегодняшний момент принято считать, что вид *B. barbatula* представляет собой видовой комплекс, не получивший достаточного таксономического изучения. Цель данной работы – проанализировать филогенетические линии обыкновенного гольца в Беларуси.

Нами получены фрагменты гена COI (646 п. н.) 64 особей гольцов из Беларуси. Для построения филогенетического дерева и выявления филогенетических линий гольцов из базы данных NCBI Genbank было добавлено в анализ еще 50 последовательностей *B. barbatula* и *Barbatula* sp. В качестве внешней группы был взят образец *Cobitis taenia* (KM 286531).

В ходе исследования было получено 36 гаплотипов, распределившихся по двум основным кладам: I – Западная и II – Восточная (рисунок). Причем если в Западную кладу входят особи, относящиеся только к бассейну Балтийского моря, то в Восточную кладу, несмотря на низкие поддержки, включает в себя четко структурированные субклады А – гаплотипы относящиеся к бассейну Балтийского моря (Швеция, Литва, Латвия, Чехия, Украина и Беларусь), В – гаплотипы относящиеся к восточной части Черноморско-Азовского бассейна (Россия р. Дон и Крым) и С – гаплотипы относящиеся к западной части Черноморско-Азовского бассейна (Россия Кубань, Беларусь). Примечательно в восточную субкладу А помимо гаплотипов, относящихся к бассейну Балтийского моря, входят гаплотипы из бассейнов Черного и Азовского моря. Вероятнее всего такое перемещение является результатом использования в качестве живца особей, привезенных рыбаками любителями, либо являются потомками особей, сбежавших из прудовых хозяйств XVIII века [4].

Проведенный нами филогенетический анализ митохондриальной ДНК представителей рода *Barbatula* в Европе закладывает важную основу для будущих таксономических исследований рыб, обитающих в Беларуси. Проведенные ранее в Европе исследования показали наличие ряда филогенетических линий, в которые входят и образцы из Беларуси, могут указывать на существование других, пока не описанных видов (указаны на филогенетическом дереве и в NCBI GenBank как *Barbatula* sp.).

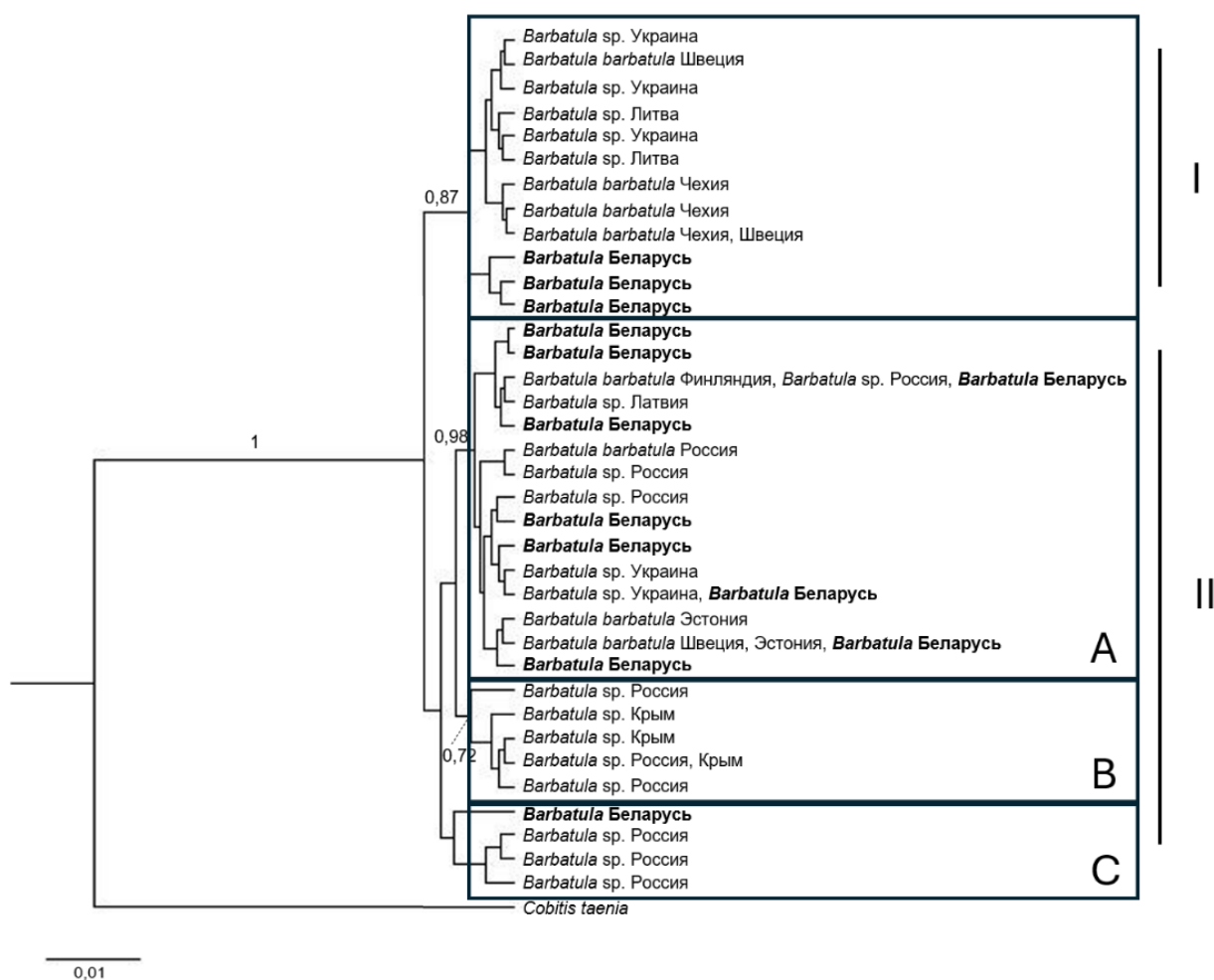


Рисунок – Филогенетические линии гольца обыкновенного *B. barbatula*

Разнообразие и филогенетическая структура линий *Barbatula*, по-видимому, отражают общую биогеографическую историю с другими европейскими видами пресноводных рыб [5]. В большей степени на эту историю повлияли оледенения, приведшие к значительным изменениям ландшафта и смене направления течения рек. Для полного понимания сложной структуры гольцов, обитающих в водных объектах Беларуси, а также таксономического и эволюционного статуса различных линий потребуются крупномасштабные ядерные мультилокусные или геномные исследования, а также подробный морфологический анализ.

Список использованных источников

1. Kottelat, M. Handbook of European freshwater fishes / M. Kottelat, J. Freyhof. – Cornol : Kottelat ; Berlin : Freyhof, 2007. – XIII, 646 p.
2. A comprehensive DNA barcode inventory of Austria's fish species / L. Zangl, S. Schäffer, D. Daill [et al.] // PLoS ONE. – 2022. – Vol. 17, № 6. – P. e0268694. – DOI 10.1371/journal.pone.0268694.
3. Invaders they are a-changing: A recent, unexpected surge of invasive loaches in Catalonia / M. Clavero, J. Suh, N. Franch [et al.] // Freshwater Biology. – 2023. – Vol. 68, № 4. – P. 621–631. – DOI 10.1111/fwb.14051.
4. Norén, M. Multiple origins of stone loach, *Barbatula barbatula* (Teleostei: Nemacheilidae), in Sweden based on mitochondrial DNA / M. Norén, S. Kullander, T. Nydén, P. Johansson // Journal of Applied Ichthyology. – 2018. – Vol. 34, № 1. – P. 58–65. – DOI 10.1111/jai.13507.
5. Phylogeography of the vairone (*Leuciscus souffia*, Risso 1826) in Central Europe / W. Salzburger, A. Brandstätter, A. Gilles [et al.] // Molecular Ecology. – 2003. – Vol. 12, № 9. – P. 2371–2386. – DOI 10.1046/j.1365-294X.2003.01911.x.

PHYLOGENETIC LINEAGES OF THE STONE LOACH *BARBATULA BARBATULA* (TELEOSTEI: NEMACHEILIDAE) IN BELARUS BASED ON MITOCHONDRIAL DNA ANALYSIS

The presence of several phylogenetic lineages of the stone loach in Belarus is demonstrated; this indicates a complex structure for the species *B. barbatula* and suggests the existence of other, as yet undescribed, species.

Keywords: stone loach, *Barbatula barbatula*, phylogenetic lineages, mitochondrial DNA, distribution.

УДК 598.2

П. А. Пакуль¹, М. Г. Дмитренко¹, Р. В. Вечёрко¹, О. А. Островский², В. А. Павлова³

¹Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам

²Рабочая группа по гусеобразным Северной Евразии

³Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка

**К ВОПРОСУ О ХИЩНИЧЕСТВЕ ОРЛАНА-БЕЛОХВОСТА
(*HALIAEETUS ALBICILLA*) В ОТНОШЕНИИ ГНЁЗД ЧЁРНОГО АИСТА
(*CICONIA NIGRA*) В ПОЙМЕ РЕКИ ПРИПЯТЬ**

Обсуждается влияние орлана-белохвоста как одного из ключевых видов птиц-суперхищников на черного аиста – редкий, включенный в Красную книгу РБ вид птиц. Представлены данные, полученные с помощью фотокамер-ловушек, о частоте и последствиях разорения орланом-белохвостом гнезд черного аиста на протяжении 2015–2026 гг. на мониторинговой площадке в Белорусском Полесье.

Ключевые слова: орлан-белохвост, черный аист, заказник, Средняя Припять, хищничество.

Орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*) – самая крупная хищная птица на территории Беларуси, предпочитающая водные угодья, соседствующие с лесными массивами [1]. Вид включен в Красную книгу РБ (III категория), общая численность в Беларуси составляет 85–105 гнездящихся пар [1]. В последние десятилетия в Беларуси [1] и в других европейских странах [2] наблюдается увеличение его численности.

Орлан-белохвост является типичным полифагом: в его рацион входят рыба, птицы, млекопитающие и падаль [1; 3]. Известно, что рост численности вида может влиять на структуру сообществ хищных и других крупных птиц [4], на выбор мест и успех гнездования редких видов птиц, включенных в Красную книгу РБ, в том числе черного аиста (*Ciconia nigra*) [5; 6]. В Беларуси отмечены случаи нападения орлана на черного аиста [6, 7], однако эти данные фрагментарны и не позволяют оценить уровень давления на данный вид.

Материал собран в 2015–2026 гг. с помощью автоматических фотокамер-ловушек, установленных на гнезда черного аиста с целью получения данных по мониторингу гнездования вида. Сведения о разорении гнезд орланом-белохвостом были получены попутно. Камеры устанавливались на расстоянии 2–3 м от гнезда в первой декаде марта, до прилета черных аистов, и функционировали в автоматическом режиме. Материалы за 2026 год включают период с марта по июль 2026. Ежегодно устанавливалось от 5 до 25 камер-ловушек, в сумме было зафиксировано 156 случаев гнездования черного аиста

На мониторинговой площадке постоянно обитает 2 территориальные пары орлана-белохвоста, численность черного аиста варьирует от 17 до 23 территориальных пар. В результате работы отмечено 16 случаев неблагоприятного исхода гнездования черного аиста, обусловленных разорением гнезд и кладок орланом-белохвостом, ястребом-тетеревятником (*Accipiter gentilis*) и другими особями черного аиста. На долю орлана-белохвоста приходится 5 случаев разорения гнезд в 2015–2018 и 2025 гг. (рисунок). В четырех из них объектом охоты стали почти полностью оперенные взрослые птенцы черного аиста (в период с 5 по 12 июля). Хищник, оставаясь непосредственно в гнезде, элиминировал весь выводок последова-

тельно, не совершая вылетов с добычей за пределы гнезда. В одном случае (8 мая 2025 г.) орлан-белохвост разорил кладку на стадии насиживания, предварительно изгнав с гнезда взрослых птиц. Повторного заселения черным аистом тех гнезд, в которых орланом-белохвостом были съедены взрослые птенцы, не зафиксировано. Отмечены лишь единичные визиты одиночных особей черного аиста, что может указывать на долговременное избегание участков – либо вследствие смены парой активного гнезда, либо исчезновением территориальной пары. Разорение кладки, напротив, не привело к оставлению гнезда: на следующий год оно было занято, и в начале июля в нем находился один поздний птенец.

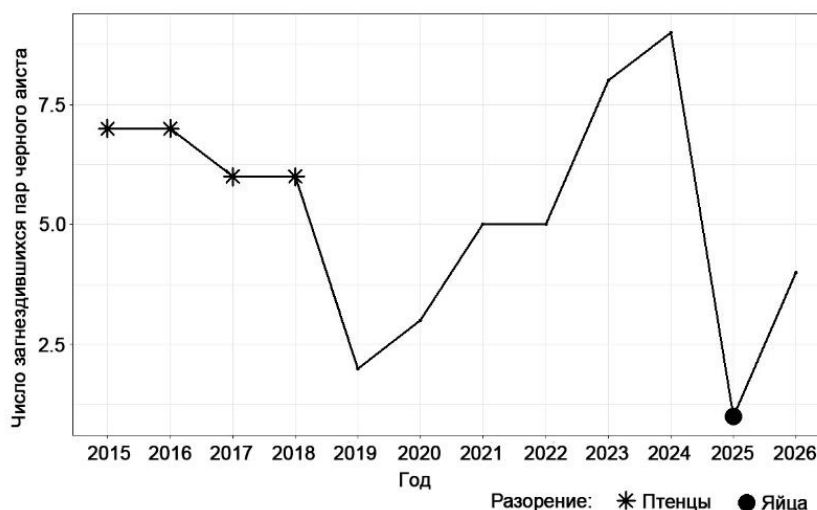


Рисунок – Динамика численности приступивших к гнездованию пар чёрного аиста (на мониторинговой площадке) и единичные случаи разорения гнезд орланом-белохвостом на протяжении 2015–2026 гг.

Таким образом, черный аист, ввиду относительной малочисленности, не является значимым кормовым ресурсом для орлана-белохвоста. Регистрируемые случаи хищничества, вероятно, отражают дефицит более доступных кормов в отдельные годы. Хищничество по отношению к черному аисту – относительно редкий, но потенциально значимый фактор риска: гибель выводков на поздних стадиях развития сокращает восполнение популяции черного аиста в текущем сезоне, ведет к перераспределению гнездовых пар на местности и длительному выпадению репродуктивных участков из оборота, что может отразиться на общей численности вида. Однако данный вопрос требует дальнейших исследований⁶.

Список использованных источников

1. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, Нац. акад. наук Беларуси ; редкол.: С. М. Масляк (пред.) [и др.] ; редсовет: А. Н. Карлюкевич (гл. ред.) [и др.]. – 5-е изд. – Минск : Беларусь, 2025. – 455 с.
2. The IUCN Red List of Threatened Species 2021. *Haliaeetus albicilla*. – URL: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-3.RLTS.T22695137A206723035.en> (дата обращения: 13.07.2026).
3. Ивановский, В. В. Хищные птицы Белорусского Поозерья : моногр. / В. В. Ивановский. – Витебск : УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2012. – 209 с.
4. Coexistence of protected avian predators: does a recovering population of White-tailed Eagle threaten to exclude other avian predators? / R. Treinys, D. Dementavicius, G. Mozgeris [et al.] // European Journal of Wildlife Research. – 2011. – Vol. 57. – P. 1165–1174.
5. Zawadzki, G. The avoidance of living in the vicinity of a top predator: the coexistence of the black stork and the white-tailed eagle in NE Poland / G. Zawadzki, J. Zawadzki, S. Drozdowski, D. Zawadzka // The European Zoological Journal. – 2022. – Vol. 89, iss. 1. – P. 1223–1237.

⁶Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского фонда фундаментальных исследований (проект № Б26-070 от 15.04.2026).

6. Экологические связи некоторых видов птиц и млекопитающих с гнездами черных аистов в Белорусском Полесье / О. А. Островский, Р. В. Вечёрко, М. Г. Дмитренко [и др.] // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5. Хімія. Біялогія. Навука аб зямлі. – 2021. – № 2. – С. 42–52.

7. Юрко, В. В. Питание орлана-белохвоста в гнездовой период в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике, Беларусь / В. В. Юрко // Пернатые хищники и их охрана. – 2016. – № 32. – С. 21–31.

P. Pakul¹, M. Dmitrenok¹, R. Viacorka¹, O. Ostrovsky², V. Pavlova³

¹Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources

²Working Group on Anseriformes of Northern Eurasia

³Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank

PREDATION OF THE WHITE-TAILED EAGLE (*HALIAEETUS ALBICILLA*) ON BLACK STORK (*CICONIA NIGRA*) NESTS IN THE PRIPYAT RIVER FLOODPLAIN

This paper examines the impact of the White-tailed Eagle, a key avian super-predator, on the Black Stork – a rare species listed in the Red Book of Belarus. We present camera-trap data on the frequency and outcomes of White-tailed Eagle predation on Black Stork nests over the period 2015–2026 at a monitoring site in the Belarusian Polesie region.

Keywords: White-tailed Eagle, Black Stork, nature reserve, Middle Pripyat, predation.

УДК 597:574.58(476)

А. С. Полетаев, А. С. Сергиевич, А. В. Сосна, К. Б. Левина

*Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам»*

СОСТАВ РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ РЕКИ НЁВДА

В уловах из р. Нёвда (бассейн р. Неман) отмечаются 4 вида рыб – голец усатый, голянь обыкновенный, форель ручьевая (вид, включенный в Красную книгу Республики Беларусь) и подкаменщик обыкновенный, а также 1 вид миног – европейская ручьевая минога. Водоток характеризуется крайне низкой плотностью рыбного населения.

Ключевые слова: ихтиофауна, рыбное население, водотоки, малые реки, форелевые реки.

Введение. Река Нёвда (Невода, Невдянка, Полужанка) протекает по территории Новогрудского и Кореличского районов Гродненской области, в пределах Новогрудской возвышенности, по холмистой местности, пересечённой глубокими ложбинами и оврагами. Является левым притоком р. Сервечь (бассейн р. Неман). Протяжённость р. Нёвда составляет 39 км, из которых на протяжении 10 км от д. Околица до устья русло канализировано и является водоприёмником мелиоративных систем; выше д. Околица течёт в сильно извилистом естественном русле [1]. Включена в Перечень поверхностных водных объектов, используемых для размножения, нагула, зимовки, миграции видов рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных [2] в связи с обитанием в ней популяции форели ручьевой – вида рыб, включенного в Красную книгу Республики Беларусь [3].

Материалы и методы. Материалом для данной работы являются собственные полевые сборы рыб и миног из р. Нёвда. Контрольные обловы проводили в апреле 2026 г. на 5 участках водотока: № 1 (протяжённость ≈95 м) и № 2 (≈80 м) вблизи д. Радогоща; № 3 (≈140 м) и № 4 (≈185 м) вблизи аг. Валёвка и № 5 (≈90 м) вблизи д. Незнаново. Обловы проводили сетями Киналёва с размером входного отверстия 0,5×0,7 м и кутом длиной 0,8 м из безузловой дели ячей 2,5 мм, двигаясь вверх по течению водотока и вытапывая рыб из потенциальных укрытий (древесные завалы, корни прибрежных деревьев, русловые ямы, подмытые берега, валуны, заросли макрофитов). При облове учитывали общее количество притонений сети Киналёва, количество не содержащих улова притонений, состав уловов, количество и общую массу рыб и миног с контрольного участка.

Определение видовой принадлежности рыб проводили визуально, производителей миног – по строению ротовой воронки [4]. Систематическое положение представителей ихтиофауны приводится по каталогу Калифорнийской академии наук [5].

Результаты и обсуждение. Облов р. Нёвда показал крайне низкую плотность рыбного населения в данном водотоке. Количество притонений, не содержащих улова, на участках 1–5 составило соответственно 20 из 22 (90,9 %), 21/27 (77,8 %), 22/37 (59,5 %), 48/80 (60,0 %) и 25/25 (100 %).

В уловах из р. Нёвда отмечаются 4 вида рыб – голец усатый, гольян обыкновенный, форель ручьевая и подкаменщик обыкновенный, а также 1 вид миног – европейская ручьевая минога (таблица).

Наиболее многочисленным видом рыб в водотоке является обыкновенный гольян, отмеченный на всех контрольных участках (за исключением участка № 5, где экземпляры рыб и миног в уловах отсутствовали) и преобладающий по численности на большинстве из них. На участках 2 и 4 относительно часто встречается в уловах также усатый голец. Единичными экземплярами в уловах представлены обыкновенный подкаменщик и ручьевая форель – единственный отмеченный в р. Нёвда вид рыб, включенный в Красную книгу Республики Беларусь. На участках 3 и 4 отмечена европейская ручьевая минога, представленная в уловах как личинками, так и производителями.

Все отмеченные нами в р. Нёвда виды рыб и миног являются типичными реофилами и обычными обитателями холодноводных малых водотоков с быстрым течением и преимущественно песчано-каменистым дном.

По экологии нереста 4 из 5 отмеченных в водотоке видов (минога, гольян, форель и подкаменщик) относятся к группе литофилов и нерестятся на каменистых и гравелистых участках русла реки; 1 вид – голец усатый – относится к лито-фитофилам, его нерестилища (участки грунта среди растительности) распределены по всему водотоку и определяются наличием подходящих микробиотопов.

Таблица – Состав контрольных уловов из участков р. Нёвда

Вид	Номер контрольного участка			
	1	2	3	4
<i>Lampetra fluviatilis morpha planeri</i> (Bloch, 1784) Минога ручьевая европейская			1 / 25,0 6 / 26,1	17 / 28.8 98 / 33.8
<i>Barbatula barbatula</i> (L., 1758) Гонец усатый		4 / 57,1 36 / 76,6		10 / 16.9 62 / 21.4
<i>Phoxinus phoxinus</i> (L., 1758) Голянь обыкновенный	23 / 100,0 9 / 100,0	3 / 42,9 11 / 23,4	2 / 50,0 1 / 4,3	30 / 50.9 62 / 21.4
<i>Salmo trutta morpha fario</i> (L., 1758) Форель ручьевая				1 / 1.7 48 / 16.6
<i>Cottus gobio</i> L., 1758 Подкаменщик обыкновенный			1 / 25,0 16 / 69,6	1 / 1.7 20 / 6.9
Итого по участку:	23 / 100,0 9 / 100,0	7 / 100,0 47 / 100,0	4 / 100,0 23 / 100,0	59 / 100,0 290 / 100,0

Примечание: полужирным шрифтом выделены виды, включенные в Красную книгу; в ячейках: в верхней строке до косой черты – число отловленных особей, после косой черты – доля вида в улове по численности (%); в нижней строке до косой черты – общая масса (г) отловленных особей, после косой черты – доля вида в улове по биомассе (%).

Закключение. Ихтиофауна р. Нёвда (бассейн р. Нёман) включает не менее 4 видов рыб (голец усатый, голянь обыкновенный, форель ручьевая, подкаменщик обыкновенный) и 1 вида миног (европейская ручьевая минога). К охраняемым видам животных относится 1 вид – форель ручьевая. Водоток характеризуется крайне низкой плотностью рыбного населения. Ихтиофауна типична для аналогичных водотоков бассейна Нёмана и представлена реофильными видами, по экологии нереста относящимися к литофилам и лито-фитофила.

Список использованных источников

1. Климат и вода: Природа Беларуси : в 3 т. / Минск : Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2009–2014. – Т. 2. – 2010. – 504 с.
2. Об установлении перечня поверхностных водных объектов, используемых для размножения, нагула, зимовки, миграции видов рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных : постановление М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 30.03.2015, № 12 // М-во сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://www.mshp.gov.by/ru/fishing-ru/view/perechen-poverxnostnykh-vodnykh-objektov-ispolzuemykh-dlja-razmnozhenija-nagula-zimovki-migratsii-vidov-ryb-o-3066/>. – Дата доступа: 16.08.2023.
3. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, Нац. акад. наук Беларуси, редкол. : С. М. Масляк [и др.]. – Изд. 5-е. – Минск : Беларусь, 2025. – 455 с.
4. Vladykov, V. D. The teeth of lampreys (Petromyzonidae): their terminology and use in a key of to the Holarctic genera / V. D. Vladykov, W. I. Follett // Journal of the Fisheries Research Board of Canada. – 1967. – Т. 24. – С. 1067–1075.
5. CAS – Eschmeyer's Catalog of Fishes – version of 10 Jun 2026 [Electronic resource]. – URL: <https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. – (дата обращения: 10.06.2026).

A. S. Poletaev, A. S. Serhiyevich, A. V. Sosna, K. B. Levina

State Scientific and Production Association

«Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources»

THE NEVDA RIVER FISH COMMUNITY COMPOSITION

The landings from the Nevda river (the Neman river basin) are composed of four fish species: stone loach, Eurasian minnow, brook trout (this species is included into the Red Book of Belarus) and European bullhead, and one lamprey species – European brook lamprey. The fish community density in the watercourse is very low.

Keywords: ichthyofauna, fish community, watercourses, small rivers, trout rivers.

УДК 574.3: 597

В. К. Ризевский, Е. С. Гайдученко, А. С. Полетаев, Д. Ф. Куницкий,

А. В. Лещенко, И. А. Ермолаева, Ю. И. Охременко

*Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам»*

ИХТИОФАУНА БАСЕЙНА ВЕРХНЕГО УЧАСТКА р. ЛОВАТЬ

Приведен состав ихтиофауны бассейна р. Ловать в пределах территории Беларуси (р. Ловать и ее притоки: Сервайка, Склянка, Песчанка и Турчанка; озера: Завесно, Задрачье, Межа, Сосно, Чернясто и Сесито) и сопредельных районов Псковской области России.

Ключевые слова: ихтиофауна, Ловать, водные объекты, водоемы, водотоки.

Введение. Ловать – река, протекающая по территории Беларуси (Витебская область) и России (Псковская и Новгородская область). Общая длина р. Ловать 536 км, в пределах Беларуси 47 км (8,8 %) верховья. От истока до посёлка Межа течёт на юго-восток, потом резко меняет направление и устремляется на север. В пределах Беларусии. Ловать протекает по Городокской возвышенности через 6 озёр – Завесно, Задрачье, Межа, Сосно, Чернясто и Сесито [1]. На территории России водоток впадает в оз. Ильмень, которое через р. Волхов, Ладожское озеро и р. Неву соединяется с Финским заливом Балтийского моря.

Ихтиофауна бассейна р. Ловать на территории Беларуси до последнего времени была практически не изучена. Имелись лишь фрагментарные данные по видовому составу рыб отдельных водоемов бассейна р. Ловать, опубликованные еще в 1965 г. П. И. Жуковым [2]. Целью настоящей работы было установить видовое разнообразие ихтиофауны бассейна ре-

ки Ловать в пределах территории Беларуси и сопредельных районов Псковской области России.

Анализ промысловых уловов рыбы из белорусской части бассейна. В прошлые годы на 7 озерах белорусского участка бассейна р. Ловать (6 озер по руслу р. Ловать и оз. Немцево) арендаторами рыболовных угодий осуществлялся промысловый лов рыбы. Всего по данным промысловой статистики вылова рыбы в уловах отмечено 14 видов рыб: густера, ёрш, карась (без уточнения вида), красноперка, лещ, линь, налим, окунь, плотва, сом, судак, уклея, щука, язь, а также товарный сорт «Мелочь III группы».

В рамках рыбохозяйственной деятельности также проводилось зарыбление отдельных озёр рыбопосадочным материалом. В 2005 и 2006 гг. оз. Чернясто было зарыблено сеголетками щуки, а в 2008 г. годовиками белого амура. В 2008 г. двухгодовиками карпа и двухгодовиками белого амура было зарыблено оз. Немцево.

Видовой состав рыб в уловах из водоемов белорусской части бассейна. В результате собственных контрольных обловов шести озер бассейна р. Ловать нами выявлено 18 видов рыб (густера, красноперка, лещ, линь, окунь, плотва, щука, карась сер., карась зол., ерш об., уклея, судак, щиповка об., язь, голец усатый, верховка об., налим, сом).

Редких и находящихся под угрозой исчезновения видов рыб, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, в озерах бассейна р. Ловать не обнаружено. Среди чужеродных видов рыб отмечен карась серебряный. Данный вид не отмечен нами только в самом верхнем озере – Завесно.

Видовой состав рыб в уловах из водотоков белорусской части бассейна. В результате собственных контрольных обловов р. Ловать и 4-х её притоков (Сервайка, Склянка, Песчанка и Турчанка) выявлено 17 видов рыб (карась серебряный, щука, голец усатый, верховка об., густера, лещ, окунь, плотва, ерш, красноперка, налим, уклея, щиповка об., быстрянка, вьюн, голянь об., ротан-головешка).

Наиболее широким видовым составом контрольных уловов рыбы характеризуется сама р. Ловать – 13 видов. Наименьшее количество видов отмечено в улове из р. Склянка – 3 вида. Как и в водоемах, в исследованных водотоках бассейна р. Ловать в пределах территории Беларуси видов рыб, включенных в Красную книгу, не обнаружено.

Помимо карася серебряного в водотоках отмечен еще один чужеродный вид – ротан-головешка. Отмечен он нами только в р. Песчанка. Также только в Песчанке отмечены быстрянка, вьюн и голянь обыкновенный. Помимо рыб, в водотоках бассейна р. Ловать в пределах территории Беларуси нами обнаружена европейская ручьевая минога.

Ихтиофауна бассейна р. Ловать в пределах Беларуси и сопредельных районов Псковской области России. Всего в пределах белорусской и российской частей рассматриваемого участка установлено обитание 28 видов рыб и 1 вида миног. В белорусской части бассейна р. Ловать нами выявлены 22 вида рыб и 1 вид миног. В водоемах на территории граничащих с Беларусью районов указывается обитание 25 видов рыб [3] (таблица).

Общими для белорусской и российской частей рассматриваемого участка бассейна р. Ловать являются 19 видов рыб.

В белорусской части бассейна встречаются быстрянка, голянь об. и ротан-головешка, не отмеченные в российской части бассейна. С другой стороны, на российской территории отмечены голавль, елец, пескарь об., ряпушка, карп и угорь, отсутствующие в наших уловах из белорусской части бассейна р. Ловать.

Европейская ручьевая минога, выявленная нами в пределах Беларуси в реках Ловать и Турчанка, для водных объектов бассейна р. Ловать Невельского и Усвятского районов Псковской области России в имеющихся материалах не указана [3].

Таблица – Видовой состав рыб в бассейне р. Ловать в пределах Беларуси (наши данные, 2024–2025) и России* (материалы Псковского отд. ГосНИОРХ, 2008) [3]

Вид	В пределах Беларуси	В пределах России*	Вид	В пределах Беларуси	В пределах России*
Быстрянка	есть		Плотва	есть	есть
Гольян об.	есть		Судак	есть	есть
Ротан-головешка	есть		Уклейка	есть	есть
Верховка об.	есть	есть	Щиповка об.	есть	есть
Вьюн	есть	есть	Щука	есть	есть
Голец усатый	есть	есть	Язь	есть	есть
Густера	есть	есть	Сом европ.	есть	есть
Ерш об.	есть	есть	Голавль		есть
Карась об.	есть	есть	Елец		есть
Карась сер.	есть	есть	Карп		есть
Красноперка	есть	есть	Пескарь об.		есть
Лещ	есть	есть	Ряпушка		есть
Линь	есть	есть	Угорь		есть
Налим	есть	есть			
Окунь	есть	есть			
			Всего: 28	22	25

Примечание: * – в пределах, граничащих с Беларусью Усвяцкого и Невельского районов.

Список использованных источников

1. Блакітны скарб Беларусі: рэкі, азёры, вадасховішчы, турысцкі патэнцыял водных аб'ектаў / Г. С. Жукоўская [і інш.]. – Мінск : Бел. Энцыкл., 2007. – 478 с.
2. Жуков, П. И. Рыбы Белоруссии / П. И. Жуков. – Минск : Наука и техника, 1965. – 421 с.
3. Фонд водоёмов Псковской области // М-во природных ресурсов и экологии Псковской области. – URL: http://priroda.pskov.ru/sites/default/files/Fond_vodoemov.xls (дата обращения 10.02.2025).

V. K. Rizevsky, H. S. Gajduchenko, A. S. Poletaev, D. F. Kunitsky,
A. V. Leschenko, I. A. Yermalayeva, Y. I. Okhremenko

State Scientific and Production Association

«Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources»

ICHTHYOFAUNA OF LOVAT RIVER BASIN UPPER SECTION WATER BODIES

The composition of the ichthyofauna in water bodies of the Lovat River basin has been identified within the territory of Belarus (the Lovat River and its tributaries: Servayka, Sklyanka, Peschanka, and Turchanka; lakes: Zavesno, Zadrachye, Mezha, Sosno, Chernyasto, and Sesito) and the Pskov Region of Russia.

Keywords: ichthyofauna, Lovat river, water bodies, reservoirs, watercourses.

УДК 599.742.32-591.5

А. П. Самойлова, О. В. Янчуревич

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

ПРЕДПОЧТЕНИЕ ОБЫКНОВЕННЫМИ НОСУХАМИ (*NASUA NASUA*) СТИМУЛОВ РАЗНОЙ МОДАЛЬНОСТИ КАК ОСНОВА ОБОГАЩЕНИЯ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ ЗООПАРКА

Проведены исследования предпочтения стимулов разной модальности (ольфакторному, тактильному, пищевому) на трёх особях (самец, самка, молодая самка) обыкновенных носух (*Nasua nasua*) методом временных срезов в условиях Гродненского зоопарка. Определены латентные периоды первого контакта, разнообразие исследовательского репертуара и длительность интереса. Ольфакторный стимул привлекает внимание быстрее и удерживает его дольше, чем тактильный или пищевой. Наиболее высокое разнообразие манипуляций отмечено у молодой особи.

Ключевые слова: обыкновенная носуха, *Nasua nasua*, исследовательское поведение, обогащение среды, Гродненский зоопарк.

Для большинства видов животных знакомство с окружающей средой часто приносит большую пользу, облегчая выживание и размножение. Систематически исследуя свой участок, животное получает представление о местонахождении пищевых и других ресурсов, потенциальных брачных партнеров и мест, где можно укрыться от хищников. Поэтому нередко можно видеть, как животные, которые досыта наелись и напились и не находятся в состоянии готовности к спариванию, тем не менее обследуют свою территорию. Хотя лишение воды или пищи, эструс и другие факторы могут способствовать исследовательской активности, они не необходимы для ее проявления [1].

Изучение поведения животных в условиях зоопарков имеет не только фундаментальное значение (расширение представлений о когнитивных способностях и адаптациях видов), но и прямое прикладное применение – разработку мероприятий по обогащению среды, направленных на повышение благополучия животных.

Обыкновенные носухи (*Nasua nasua*), обладают развитым исследовательским и манипуляторным поведением, однако в ограниченной среде неволи их естественная активность зачастую фрустрируется, что приводит к формированию стереотипий [2].

Цель работы – провести анализ предпочтений у особей обыкновенных носух (*Nasua nasua*) разного возраста и пола стимулов разной модальности в условиях Гродненского зоопарка.

Исследование проводили на трех особях носух, содержащихся в Гродненском зоопарке: Лола и Топа (самка и самец, возраст 10 лет, совместное содержание), молодая самка (возраст 2 года, одиночное содержание).

Эксперимент проводили в три этапа по стандартной схеме [3]. Первый этап – фоновое наблюдение с 17 февраля по 23 февраля 2026 года в течение четырех дней, по часу в день, регистрация поведения животных проводилась методом временных срезов (интервал временного среза 1 минута). Второй этап – установка новых для животных предметов обогащения трех модальностей (ольфакторной – запаховый подвес, пищевой – бутылки-головоломки с кормом, тактильной – ветвь ели) и наблюдение в первый час после установки. Третий этап – постустановочное наблюдение с 24 февраля по 3 марта (четыре дня, по часу в день, метод временных срезов).

При фоновом наблюдении в среднем носухи больше всего времени тратили на покой, стереотипию и двигательную активность. Лола в среднем тратила больше времени на покой (35,75 временных среза, или в среднем 59,6 % от общего числа временных срезов), еду (6 временных срезов в среднем, или 10 %) и движение (5,5 временных срезов в среднем, или 9 %). Топа в среднем тратила больше времени на стереотипию (22,25 временных срезов в среднем, или 37 %), покой (10 временных срезов в среднем, или 16,7 %) и на движение (8,5 временных срезов в среднем, или 14 %). Молодая самка в среднем тратила больше времени на покой (17 временных срезов в среднем, или 28 %), еду (15,25 временных срезов в среднем, или 25,4 %), движение (8,75 временных срезов в среднем, или 14,6 %) и уход (8 временных срезов в среднем, или 13 %). Если сравнивать категории поведения между особями, то оказывается, что стереотипию больше всех проявлял Топа (различие между средними значениями стереотипии Топы и Лолы в 85 %), а молодая самка не проявила признаков стереотипии вовсе.

Исследовательское поведение больше всего проявляла молодая самка, а меньше всего Топа. Положительное взаимодействие больше проявляли Топа и Лола.

На втором этапе эксперимента для всех особей и предметов подсчитано латентное время до первого подхода (таблица). При этом для всех особей первый видимый контакт с каждым новым предметом включал в себя ольфакторное исследование.

В первый час установки больше всего временных срезов каждая особь потратила на взаимодействие с подвесом (ольфакторная модальность) – Лола 7 временных среза, Топа и молодая самка по 17. Интерес так же дольше всего сохранялся к подвесу – в течение 3-х дней постустановки у Лолы и молодой самки, и в течение 2-х – у Топы. За всё время наблюдений

все три особи больше временных срезов потратили на взаимодействие с подвесом (13 временных срезов у Лолы, 21 у Топа и 24 у молодой самки). Меньше всего временных срезов у Топа было потрачено для взаимодействия с бутылками (пищевая модальность, 2 временных среза), у Лолы и молодой самки – для ели (тактильная модальность, 1 и 5 временных среза соответственно).

Таблица – Латентный период особей носух (в минутах) для каждого из предметов и описание первого контакта

Экспериментальные животные	Предмет		
	Ель	Подвес	Бутылки
Носуха Лола (взрослая самка)	3 обнюхивание	4 обнюхивание	60+
Носуха Топа (взрослый самец)	8 обнюхивание, изучение лапой	6 обнюхивание, бьет лапой	60+
Молодая Носуха	4 обнюхивание	13 обнюхивание, попытки стащить	17 обнюхивание

Таким образом, из трех особей обыкновенных носух (*Nasua nasua*), представленных в зоопарке, наиболее активным исследователем является самая молодая особь, и все носухи предпочитали предмет обогащения соль факторной модальностью. Это согласуется с биологией вида: у носух сильно развито обоняние, что и объясняет быстрое привлечение и длительное удержание внимания запаховым стимулом.

Список использованных источников

1. Дьюсбери, Д. Поведение животных сравнительные аспекты / Д. Дьюсбери. – М. : Изд-во «Мир», 1981. – 482 с.
2. Whiteside, D. P. Nutrition and Behavior of Coatis and Raccoons / D. P. Whiteside // Veterinary Clinics of North America Exotic Animal Practice. – 2009. – Vol. 12, No. 2. – P. 187–195.
3. Руководство по научным исследованиям в зоопарках / Евразият. регион. ассоц. зоопарков и аквариумов, Моск. зоол. парк ; под ред. С. В. Попова. – М., 2008. – С. 33–36.

A. P. Samoylova, O. V. Yanchurevich
Yanka Kupala State University of Grodno

PREFERENCE OF RING-TAILED COATIS (*NASUA NASUA*) FOR STIMULI OF DIFFERENT MODALITIES AS A BASIS FOR ENVIRONMENTAL ENRICHMENT IN ZOOS

The preference for stimuli of different modalities (olfactory, tactile, food) was studied in three individuals (male, female, young female) of ring-tailed coatis (*Nasua nasua*) using instantaneous scan sampling at Grodno Zoo. Latency to first contact, diversity of exploratory repertoire, and duration of interest were determined. The olfactory stimulus attracted attention faster and held it longer than the tactile or food stimulus. The highest diversity of manipulations was observed in the young female.

Keywords: ring-tailed coati, *Nasua nasua*, exploratory behavior, environmental enrichment, Grodno Zoo.

УДК 579.62

А. А. Санцевич, Д. С. Стаховец, О. М. Кондратюк
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ МАСТИТА У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЦР В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Представлена методика выделения ДНК и постановка мультиплексной полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ) для выявления возбудителей мастита у крупного рогатого скота. Исследовано 12 проб молока и молозива от разных животных. Показана эффективность наборов реагентов «ALPREP Milk-M»

для пробоподготовки и «ALSENSE MastiVet» для детекции 17 основных патогенов. Во всех образцах зарегистрирован сигнал внутреннего контроля, что подтверждает корректность выделения нуклеиновых кислот и отсутствие ингибиторов ПЦР.

Ключевые слова: маститы, крупный рогатый скот, ПЦР в реальном времени, молекулярная диагностика, ПЦР-РВ, возбудители мастита, *Streptococcus agalactiae*.

Введение. Мастит крупного рогатого скота (КРС) – полиэтиологическое воспалительное заболевание молочной железы, представляющее собой одну из наиболее серьезных проблем современного молочного животноводства.

Заболевание характеризуется снижением молочной продуктивности, ухудшением санитарного качества молока и преждевременной выбраковкой высокопродуктивных животных, что ведет к значительному экономическому ущербу [1].

Этиология мастита чрезвычайно разнообразна. Среди бактериальных патогенов доминируют *Staphylococcus aureus*, коагулазонегативные стафилококки (CoNS), различные виды стрептококков (*Streptococcus agalactiae*, *Str. uberis*, *Str. dysgalactiae*) и энтеробактерии (*Escherichia coli*, *Klebsiella* spp., *Proteus* spp.). Опасность также представляют *Mycoplasma bovis* и грибы рода *Candida*.

Возбудители представлены как патогенными микроорганизмами, так и условно-патогенными, вызывающими маститы в условиях скученности животных, при нарушениях технологии доения и условий их содержания.

Патогенность возбудителей обусловлена факторами вирулентности, включающими адгезины, экзотоксины и ферменты, обеспечивающие колонизацию тканей вымени и устойчивость к иммунному ответу хозяина. Заболевание проявляется такими клиническими признаками, как покраснение, припухание, болезненность, повышение местной температуры, а также снижением качества молока и объема надоев [2; 3].

Цель: изучение методики выделения ДНК и постановки ПЦР-РВ с использованием наборов «ALPREP Milk-M» и «ALSENSE MastiVet» для диагностики маститов у КРС.

Материалы и методы. Исследование выполнено на базе лаборатории «LabGen». Проанализировано 12 проб молока от коров с подозрением на мастит методом ПЦР-РВ.

Метод базируется на проведении ПЦР с детекцией результатов в режиме реального времени с использованием TaqMan-зондов – олигонуклеотидных проб, содержащих флуорофор и гаситель. В процессе элонгации ДНК-полимеразы расщепляет зонд, комплементарно связанный с амплифицируемым участком.

Разделение флуорофора и гасителя вызывает нарастание флуоресцентного сигнала, интенсивность которого регистрируется после каждого цикла и служит мерой количества, синтезированной ДНК [3].

Набор «ALSENSE MastiVet» (ООО «Альгимед Техно», Беларусь) выполнен в мультиплексном формате, позволяющем детектировать в одной реакции ДНК 17 основных возбудителей мастита КРС: *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus uberis*, *Mycoplasma bovis*, *Candida albicans*, *Enterococcus* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, CoNS (включая *S. epidermidis*, *chromogenes*, *haemolyticus*), метициллинрезистентные штаммы стафилококков, *Streptococcus dysgalactiae*, *Klebsiella* spp., *Corynebacterium bovis*, *Trueperella pyogenes*, *Serratia marcescens*, *Proteus* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Prototheca* spp.

Набор содержит необходимые реактивы, а также внутренний контроль (эндогенная ДНК КРС). Внутренний контроль – критический элемент, контролирующий эффективность выделения и наличие ингибиторов. Ингибиторами ПЦР в молоке могут выступать компоненты соматических клеток, остаточные жиры, белки, ионы кальция. Присутствие ингибиторов приводит к ложноотрицательным результатам, поэтому отсутствие сигнала внутреннего контроля служит основанием для повторной постановки анализа.

Перед постановкой ПЦР-РВ осуществлялся этап выделения нуклеиновых кислот. Лизис клеточной массы в образцах объемом 2 мл проводили в буфере с протеиназой К (56 °С, 15 мин.). ДНК сорбировали на магнитных частицах, после чего проводили двухстадийную промывку для удаления белков, липидов, солей и ингибиторов ПЦР. Элюцию НК выполняли низкосолевым буфером. Чистоту и концентрацию ДНК контролировали спектрофотометрически.

Готовили четыре реакционные смеси. Это позволяет определять большой спектр возбудителей, по несколько возбудителей на смесь в соответствии с одинаковыми температурами отжига праймеров для них. Для этого использовали 140 мкл ПЦР-буферов № 1, № 2, № 3 и № 4 соответственно и по 14 мкл Таq-полимеразы. Для каждой пробы установлен внутренний контроль. Смеси вносили по 10 мкл в лунки планшета, добавляли по 10 мкл ДНК образцов, положительных контрольных образцов (ПКО) и отрицательного контрольного образца (ОКО). Амплификация проводилась в соответствии со стандартным протоколом для данного набора: 15 мин. при 95 °С (1 цикл); 10 сек. при 95 °С и 30 сек. при 60 °С (5 циклов); 10 сек. при 95 °С и 30 сек. при 60 °С (45 циклов).

Детекцию осуществляли по каналам Fam, Rox, Cy5, Cy5.5, Hex. Критерии валидности: в ОКО сигналы по диагностическим каналам отсутствуют ($C_t > 40$), внутренний контроль – $C_t \leq 40$; в ПКО – $C_t \leq 35$ по всем каналам.

Результаты и обсуждение. Во всех 12 проанализированных образцах зарегистрирован сигнал внутреннего контроля, что подтверждает корректное выделение нуклеиновых кислот и отсутствие ингибиторов ПЦР. ПКО и ОКО соответствовали критериям валидности. Препараты ДНК соответствовали требованиям по чистоте и концентрации (10 нг/мкл).

В исследованных пробах детектирован генетический материал различных возбудителей мастита, обнаружены *Streptococcus agalactiae*, *Enterococcus* spp., *Escherichia coli*. Анализ кривых флуоресценции показал наличие как моноинфекций, так и микст-инфекций, что подтверждает полиэтиологичную природу мастита в обследованной выборке. Полученные данные подтверждают высокую чувствительность и специфичность ПЦР-РВ.

Закключение. Проведенное исследование подтвердило эффективность методики ПЦР-РВ с наборами «ALPREP Milk-M» и «ALSENSE MastiVet». Протоколы успешно реализуются и будут применяться для дальнейших исследований.

Список использованных источников

1. Целуева, Н. И. Комплексный подход к профилактике и терапии мастита у крупного рогатого скота / Н. И. Целуева // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2024. – № 1. – С. 50–53.
2. Nikolova, M. Streptococcus spp. as etiological agent of subclinical and clinical mastitis of dairy cows in republic of Bulgaria / M. Nikolova, V. Urumova, M. Liuzkanov // Trakia Journal of Sciences. – 2022. – Vol. 20, No. 2. – P. 113–118.
3. Metzger, S. A. Understanding the Milk Microbiota / S. A. Metzger, L. L. Hernandez, G. Suen, P. L. Ruegg // Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice. – 2018. – Vol. 34? No. 3. – P. 427–438.

A. A. Santsevich, D. S. Stakhovets, O. M. Kondratyuk
Yanka Kupala State University of Grodno

MOLECULAR GENETIC ANALYSIS OF BOVINE MASTITIS PATHOGENS USING REAL-TIME PCR

The work presents a DNA extraction protocol and a multiplex real-time polymerase chain reaction (real-time PCR) assay for the detection of mastitis pathogens in cattle. A total of 12 milk and colostrum samples obtained from different animals were examined. The efficiency of the «ALPREP Milk-M» reagent kit for sample preparation and the «ALSENSE MastiVet» kit for the detection of 17 major pathogens is demonstrated. An internal control signal was detected in all samples, confirming the successful nucleic acid extraction and the absence of PCR inhibitors.

Keywords: mastitis, cattle, real-time PCR, molecular diagnostics, real-time PCR, mastitis pathogens, *Streptococcus agalactiae*.

**КОМПЛЕКС ГЕРПЕТОБИОНТНЫХ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ (COLEOPTERA)
В БИОТОПАХ КОБРИНСКОГО РАЙОНА БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ**

Представлены результаты изучения комплекса герпетобионтных жесткокрылых в биотопах Кобринского района (Брестской области). За время исследования отмечено обитание 41 вида герпетобионтных жесткокрылых (отряд Coleoptera), относящихся к 12 семействам, 25 подсемействам и 34 родам. Преобладает трофическая группа зоофагов и фитофагов (по 10 видов, или 24 % соответственно). Доминируют мезофильные виды (26 видов, 63 %).

Ключевые слова: герпетобионтные жесткокрылые, таксономическая структура, трофическая специализация, Кобринский район.

Герпетобионтные жесткокрылые обитают в верхних горизонтах почвы и подстилки. В связи с тесной адаптацией к почвенным условиям, благодаря высокой активности и своей заметности, жуки – герпетобионты заняли особое место в биогеоценотических исследованиях.

Материалы и методы. В основу работы положены сборы герпетобионтных жесткокрылых в 3 биотопах Кобринского района [1] с мая по август 2024–2025 года. В каждом исследованном биотопе на расстоянии метра устанавливались почвенные ловушки Барбера так, чтобы верхний край стаканчика был чуть ниже уровня почвы [2]. Почвенные ловушки устанавливались на территории биоценозов с разной степенью освещенностью и проверялись раз в двое суток. Также использовался ручной сбор, например для поимки жуков-скакунов (подсемейство Cicindelinae). Собранный материал выкладывали на ватные пласты, аккуратно расправив конечности и усики. Видовую принадлежность устанавливали по специальным определителям [3–5].

Результаты исследований и их обсуждение. По результатам собственных исследований в трех биотопах Кобринского района Брестской области зафиксировано присутствие 41 вида герпетобионтных жесткокрылых (отряд Coleoptera), относящихся к 12 семействам, 25 подсемействам и 34 родам.

Самым богатым по количеству подсемейств оказались семейства Cerambycidae (Усачи) и Scarabaeidae (Пластинчатоусые жуки), к которым относятся по 5 подсемейств (или 20 % от общего числа) соответственно

Из семейства Carabidae (Жужелицы) определено 4 подсемейства (16 %). Остальные семейства Buprestidae (Златки), Chrysomelidae (Листоеды), Curculionidae (Долгоносики), Dytiscidae (Плавунцы), Elateridae (Щелкуны), Geotrupidae (Землерои), Lucanidae (Рогачи), Silphidae (Мертвоеды), Tenebrionidae (Чернотелки) включают от 1 (4 %) до 2 (8 %) подсемейств.

В родовом (8 родов, или 24 % от общего числа) и видовом (13 видов, или 33 %) соотношении преобладают представители семейства Carabidae (Жужелицы).

Из 41 зарегистрированных видов герпетобионтных жесткокрылых в биотопах Кобринского района по типу питания отмечены зоофаги и фитофаги, насчитывающие по 10 видов (24 % от общего числа) соответственно. Среди ксилофагов отмечено 8 видов (20 %). Миксофитофаги представлены 7 видами (17 %), а сапрофаги – всего 3 видами (7 %) (*Anoplotrupes stercorosus* (Scriba, 1791), *Geotrupes stercorarius* (Linnaeus, 1758), *Tenebrio molitor* (Linnaeus, 1758)). Некрофаги представлены 2 видами (5 %) мертвоедов: *Silpha obscura* Linnaeus, 1758 и *Silpha tristis* Illiger, 1798. Только один вид питается пылью растений и принадлежит к антофагам (*Oxythyrea funesta* (Poda, 1761)).

Доминируют мезофилы (виды, оптимально существующие при средней влажности), их отмечено 26 видов (или 63 % от общего числа). По 4 вида (10 %) соответственно насчитают группы ксерофилов и мезоксерофилов. Мезогигрофилы (*Pterostichus strenuus* Panzer 1796,

Tenebrio molitor (Linnaeus, 1758), *Ampedus sanguinolentus* (Schrank, 1776)), и гигрофилы насчитывают по 3 вида соответственно. Отмечен эврибионтный вид, *Harpalus rufipes* (De Geer 1774).

Для определения меры сходства по видовому составу герпетобионтных жесткокрылых в исследованных биоценозах использовали индекс Жаккара. Между герпетобионтными жесткокрылыми, отмеченными в Б–1 (сосновый лес) и в Б–3 (полюгноценоз) (0,13) нет сходства по видовому составу. Малая степень сходства по видовому составу герпетобионтных жесткокрылых отмечена между Б–1 (сосновый лес) и Б–2 (пойменный луг) (0,19), а также между Б–2 (пойменный луг) и Б–3 (полюгноценоз) (0,22).

Данные результатов исследования свидетельствуют о формировании уникальных комплексов герпетобионтных жесткокрылых внутри каждого из биотопов. Это подтверждает высокую экологическую разнообразность исследуемой территории и относительную изолированность фаунистических комплексов различных биотопов района.

Для оценки степени постоянства видов герпетобионтных жесткокрылых применяли метод Тишлера в интерпретации Чеховского, позволяющий дифференцировать виды по частоте их встречаемости в различных типах местообитаний. Установлено 3 абсолютно постоянных вида (*Broscus cephalotes* (Linnaeus, 1758), *Dorcus parallelipipedus* (Linnaeus, 1758), *Harpalus tardus* (Panzer, 1797)) и 7 относительно постоянных видов (*Athous haemorrhoidalis* (Fabricius 1801), *Calathus fuscipes* Goeze, 1777, *Hylobius abietis* (Linnaeus 1758), *Harpalus rufipes* (De Geer 1774), *Oxythyrea funesta* (Poda, 1761), *Phyllopertha horticola* (Linnaeus, 1758), *Silpha obscura* Linnaeus, 1758) герпетобионтных жесткокрылых, обнаруженных при обследовании двух биоценозов из трех. Абсолютно же большинство (21 вид) герпетобионтных жесткокрылых оказались случайными и отмечены только на одном исследованном биотопе.

Таким образом, полученные данные по видовому составу и экологическим комплексам герпетобионтных жесткокрылых в биотопах Кобринского района могут быть использованы как основа для проведения экологического мониторинга биоценозов естественных и нарушенных.

Список использованных источников

1. Свиридюк, А. С. Предварительные итоги изучения герпетобионтных жесткокрылых (Coleoptera) на территории Кобринского района (Брестская область) / А. С. Свиридюк, Е. И. Гляковская // Экологическая культура и охрана окружающей среды: IV Дорофеевские чтения : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 29 нояб. 2024 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: Е. Я. Аршанский (отв. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2024. – С. 95–96.
2. Фасулати, К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных / К. К. Фасулати. – М. : Высш. школа, 1971. – 424 с.
3. Хотько, Э. И. Определитель жуков (Coleoptera, Carabidae) / Э. И. Хотько. – Минск : Наука и техника, 1978. – 85 с.
4. Плавильщиков, Н. Н. Определитель насекомых: краткий определитель наиболее распространенных насекомых европейской части России / Н. Н. Плавильщиков. – М. : Топикал, 1994. – 544 с.
5. Бабочки и жуки московской области. – URL: <https://insectamo.ru/info> (дата обращения: 12.12.2025).

A. S. Svirydziuk, E. I. Glyakovskaya
Yanka Kupala State University of Grodno

THE COMPLEX OF HERPETOBIONT BEETLE (COLEOPTERA) IN THE BIOTOPES OF KOBRIN DISTRICT BREST REGION

The results of study herpetobiont beetle complex in the biotopes of the Kobrin district (Brest region) are presented. During the study 41 species herpetobiont beetles (order Coleoptera) belonging to 12 families, 25 subfamilies, 34 genera was collected. Zoophages and phytophages predominate (10 species each, or 24 %, respectively). Mesophilic species was predominated (26 species, or 63 %).

Keywords: herpetobiont beetles, taxonomic structure, trophic specialization, Kobrin district.

А. А. Семёнова¹, Е. Э. Хейдорова², И. С. Юрченко³, М. Е. Никифоров¹

¹Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам

²Белорусский государственный медицинский университет

³Полесский государственный радиационно-экологический заповедник

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ СТАТУС ПОПУЛЯЦИЙ РЫЖЕЙ ПОЛЁВКИ (*MYODES GLAREOLUS*) В ЗОНЕ АВАРИИ НА ЧАЭС И НА СОПРЕДЕЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Представлены результаты выполненных в 2021–2025 гг. исследований по оценке генетического разнообразия рыжей полёвки на основании микросателлитных данных на территориях Национального парка «Припятский» (НП «Припятский») и Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ).

Ключевые слова: популяция, генетическая структура, рыжая полёвка, *Myodes glareolus*, НП «Припятский», ПГРЭЗ.

Установление генетического статуса популяции животных является ключевым аспектом для понимания таких процессов, как эволюция, адаптация и передача наследственных признаков, а также для оценки генетического груза. Проведение генетического анализа и оценки состояния популяций особенно важно для диких животных, обитающих в условиях радиационного загрязнения местообитаний, так как ионизирующее излучение является одним из наиболее сложно устранимых экологических факторов и оказывает негативное воздействие на биоту территорий. Недостаток исследований популяций в природных условиях определяет объективную необходимость выполнения серии схожих популяционно-генетических исследований животных разных таксономических групп в зоне отчуждения ЧАЭС и на незагрязненных территориях для составления оценок возможного влияния хронического облучения малыми дозами радиации на жизнеспособность популяций диких животных в естественной среде. Полученные результаты станут отправной точкой для проведения на постоянной основе генетического мониторинга и будут служить референсными значениями для составления прогнозов существования популяций ресурсных и редких видов животных в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

В рамках мероприятия Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на ЧАЭС на 2021–2025 гг. в сравнительном плане нами проведены исследования генетического разнообразия рыжей полёвки в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике (далее – ПГРЭЗ) и национальном парке «Припятский» (далее – НПП). Значимость исследований видится в совершенствовании уровня понимания функционирования природных систем и контроля их состояния, в том числе для более эффективного природопользования в регионах, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС.

Для молекулярно-генетических исследований рыжей полёвки в анализ было включено 298 образцов, собранных на территориях ПГРЭЗ (стационары «Крюки», «Николаевский старик», «Радин») и НП «Припятский» (стационары «Туров» и «Лясковичи»). Для получения массивов данных для сравнительного анализа генетического статуса популяций рыжей полёвки был проведен микросателлитный анализ на основании 11 локусов: MSCg-9, MSCg-15, MSCg-20, Cg3A8, Cg6G11, Cg17H7, Cg1F11, Cg4F9, Cg16A3, Cg8A5, Cg2C5 [1; 2]. Для эффективной амплификации целевых микросателлитных локусов 9 из всех задействованных маркеров были организованы по характеристикам в наборы для осуществления «мультиплекс-реакций». Стандартизация размеров аллелей выполнялась с использованием программы TANDEM v 1.09. Показатели наблюдаемой гетерозиготности (H_o), ожидаемой гетерозиготности (H_e), число аллелей на локус (N_a) и число эффективных аллелей (N_e), генетической дифференциации (F_{st} , G_{st} , D_{st}) рассчитывались в GenAlEx v. 6.501. Выделение ДНК проводили с использованием коммерческого набора реактивов «Animal and Fungi DNA Preparation Kit» (Jena Bioscience).

Микросателлитный анализ выявил достоверную генетическую дифференциацию между двумя популяциями рыжей полевки из стационаров НП «Припятский» и тремя популяциями из стационаров ПГРЭЗ ($Dest$ от 0,026 до 0,161). Выявлено, что популяции рыжей полевки из стационаров, находящихся на загрязненных радионуклидами территориях ПГРЭЗ (Крюки, Николаевский старик, Радин), характеризуются более высоким коэффициентом инбридинга и немного сниженными, но практически соизмеримыми показателями гетерозиготности, в сравнении с интактными территориями НПП (Туров, Лясковичи), а также наличием меньшего числа частных аллелей, доля которых в структуре популяций из «чистых» территорий значительно выше. Генетическая дифференциация исследуемых популяций поддерживается, в том числе, и отсутствием (недостаточностью) потока генов между ними (средний поток генов за поколение от 0,478 до 0,929).

При анализе сезонных различий в генетической структуре популяций рыжих полевок по результатам микросателлитного анализа на контрольных стационарах НП «Припятский» (Туров, Лясковичи) наблюдается увеличение числа частных аллелей осенью в 8 раз, по сравнению с весной, а на территории ПГРЭЗ к осени число частных аллелей уменьшается.

Сравнительный микросателлитный анализ популяции рыжей полевки стационара Туров в НП «Припятский» в различные годы отлова показал уменьшение числа частных аллелей с 2021 к 2022–2023 гг. в 7–8,75 раз соответственно, и в 1,25 раз в сравнении 2022 и 2023 гг. Показатели гетерозиготности для «туровских» популяций практически не изменяются по годам отлова, при этом коэффициент инбридинга имеет наибольшее значение в 2022 году и наименьшее в 2023 году. Генетическая дифференциация незначительна или с умеренным уровнем структурированности ($Dest$ от 0,035 до 0,100).

Сравнительный анализ выборок рыжей полевки разных лет отлова из стационара Лясковичи в НП «Припятский» на основе данных микросателлитов показал увеличение числа частных аллелей с 2023 к 2024 гг. в 4,6 раз. При этом отлов 2023 года характеризуется отрицательным коэффициентом инбридинга, что свидетельствует об избыточности гетерозигот в популяции, по сравнению с ожидаемой, и о высоком генетическом разнообразии. Генетическая дифференциация характеризуется умеренным уровнем структурированности ($Dest = 0,109$).

Сравнительный анализ на основе микросателлитных данных выборок рыжей полевки различных лет отлова из стационара Крюки в ПГРЭЗ показал увеличение числа частных аллелей с 2021 к 2022 и 2023 гг. в 2,5 и 1,75 раз, соответственно, и уменьшение в 1,43 раза в сравнении 2022 и 2023 гг. Отловы разных лет характеризуются соразмерными показателями генетического разнообразия и уровнями инбридинга. Генетическая дифференциация характеризуется умеренным уровнем структурированности ($Dest$ от 0,031 до 0,145).

Сравнительный микросателлитный анализ выборок рыжей полевки стационара Николаевский старик в ПГРЭЗ различных лет отлова показал уменьшение числа частных аллелей с 2021–2022 и 2023 к 2024 гг. в 2,5 и 2,1 раза. Отловы разных лет характеризуются соразмерными показателями генетического разнообразия и уровнями инбридинга. Генетическая дифференциация характеризуется умеренным уровнем структурированности ($Dest$ от 0,052 до 0,147).

Сравнительный микросателлитный анализ выборок рыжей полевки стационара Радин в ПГРЭЗ различных лет отлова показал меньшее число частных аллелей в 2021–2022 в сравнении с 2023 и 2024 гг. (в 3 и 3,8 раз, соответственно). Отловы разных лет характеризуются соразмерными показателями генетического разнообразия и уровнями инбридинга. Генетическая дифференциация характеризуется умеренным и большим уровнями структурированности ($Dest$ от 0,068 до 0,214).

Таким образом, сравнительный анализ популяционно-генетических данных по рыжей полевке показал, что через почти 40 лет после аварии на Чернобыльской АЭС в значимо дифференцированных и изолированных популяциях вида зоны отчуждения (Крюки, Радин,

Николаевский старик) наметилась тенденция к уменьшению числа частных аллельных вариантов микросателлитов при более высоких коэффициентах инбридинга и немного сниженных показателях гетерозиготности, в сравнении с интактными территориями (Туров, Лясковичи). Однако отмечаются выраженные колебания частот генотипов в генетической структуре популяций по сезонам и годам, что требует отдельного внимания в последующих исследованиях.

Список использованных источников

1. Isolation and characterization of microsatellite loci from *Apodemus flavicollis* (Rodentia, Muridae) and *Clethrionomys glareolus* (Rodentia, Cricetidae) / J. Gockel [et al.] // *Molecular Ecology*. – 1997. – Vol. 6, № 6. – P. 597–599.
2. A large panel of novel microsatellite markers for the bank vole (*Myodes glareolus*) / K. Rikalainen [et al.] // *Molecular Ecology Resources*. – 2008. – Vol. 8, № 5. – P. 1164–1168.

A. A. Semionova¹, E. E. Kheidorova², I. S. Yurchenko³, M. E. Nikiforov¹

¹Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources

²Belarusian State Medical University

³Public nature protection research establishment «Polesie State Radiation-Ecological Reserve»

GENETIC STATUS OF THE BANK VOLE (*MYODES GLAREOLUS*) POPULATIONS IN THE CHERNOBYL ACCIDENT ZONE AND IN THE ADJACENT TERRITORY

The article presents the results of studies conducted in 2021–2025 to assess the genetic diversity of the bank vole in the territories of the Pripyatsky National Park (Pripyatsky NP) and the Polesie State Radiation-Ecological Reserve (PSRER) based on microsatellite data.

Keywords: population, genetic structure, bank vole, *Myode*.

УДК 597.2.5

A. С. Сергиевич¹, А. О. Звездин², А. В. Колотей², Е. С. Гайдученко¹

¹Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам

²Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова Российской академии наук

ОБ ОБНАРУЖЕНИИ МИНОГ РОДА *EUDONTOMYZON* В БЕЛОРУССКОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА р. ЗАПАДНАЯ ДВИНА

Впервые в белорусской части бассейна Западной Двины обнаружены миноги рода *Eudontomyzon*. Уточнена видовая принадлежность исследуемых особей до генетической линии *E. sp. «Dnieper»* sensu Levinetal. (2016).

Ключевые слова: *Petromyzontiformes*, генетическая линия, *E. sp. «Dnieper»*, *Lampetra fluviatilis*, симпатрия, резидентная жизненная форма.

Традиционно в фауну миног (*Petromyzontiformes*) бассейна р. Западная Двина включали речную миногу *Lampetra fluviatilis* и отмечали единичные заходы в эту реку морской миноги *Petromyzon marinus* [1; 2]. После строительства каскада плотин (1939–1974 гг.) на всём протяжении этой реки, за исключением устьевого участка, было известно обитание только резидентной формы речной миноги. Однако в результате исследований, проводимых в течение последнего десятилетия, в российской части бассейна р. Западная Двина было показано обитание миног, относящихся к роду *Eudontomyzon* [3]. Они были отнесены к генетической линии *E. sp. «Dnieper»*, выделенной в составе комплексного вида *E. mariae* s.l. Б. А. Лёвиным с соавторами (2016) [4].

По данным литературы, представители этой линии имеют достаточно широкое распространение и встречаются в водоёмах Азово-Черноморского, Каспийского и Балтийского (р. Висла) водосборных бассейнов [3; 4]. Сведения об обитании *E. sp. «Dnieper»* на территории Беларуси до настоящего времени отсутствовали.

Данная работа направлена на ревизию видового состава миног в белорусской части бассейна р. Западная Двина. Весной и летом 2024 и 2025 гг. были проведены отловы личинок

и половозрелых особей в 16 реках исследуемого бассейна (таблица). После поимки всех особей усыпляли раствором MS-222 (0.5 г/л) и фотографировали левую сторону тела для дальнейшего определения паттернов пигментации. Забор биоптатов кожи и мышечной ткани для молекулярно-генетического анализа производили с правой стороны тела, на участке между анальным отверстием и хвостовым плавником. Образцы тканей фиксировали в 96 % этаноле и хранили при температуре –20 °С до проведения лабораторных исследований. Остальное тело фиксировали в 4 % растворе формальдегида для последующих морфологических исследований.

Таблица – Исследованные водоёмы и видовой состав миног в них по результатам ДНК-баркодинга

Река	Координаты	Видовая идентификация и число проанализированных особей (взрослые миноги и личинки)	
		<i>Lampetra fluviatilis</i>	<i>Eudontomyzon</i> sp. «Dnieper»
Берновка	55.5749, 29.7311	2	–
Бикложа	55.0659, 29.5388 55.0682, 29.5464	10	8
Горожанка	55.4944, 29.9665	4	–
Каменка	55.5252, 29.9596	5	–
Крапивенка	55.5681, 30.1384	5	–
Лужеснянка	55.2593, 30.1395	1	7
Лучеса	54.9268, 30.2829	5	–
Московка	55.4248, 30.5152	–	1
Оболь	55.8287, 29.9859	2	2
Овсянка	55.5521, 30.2212	5	–
Ордежанка	54.9716, 30.3367	5	2
Половец	55.279, 30.7127	–	5
Речица	55.3584, 29.2273	2	–
Храповлянка	55.3524, 30.1964	–	2
Чернавка	55.5475, 29.7411	3	–
Язвинка	55.2124, 29.875	–	4

Примечание: прочерк – миноги не обнаружены.

Для получения ДНК из образцов тканей миног был применен солевой метод выделения [5]. ПЦР и последующее секвенирование участка гена COI проводили с использованием праймеров F1 и 2R [6]. Последовательности нуклеотидов редактировали в программе MEGAX. Для полученных нуклеотидных последовательностей длиной 652 н. п. выполняли видовую идентификацию при помощи функции BLAST базы данных NCBI GenBank. Из 211 отловленных в процессе исследования особей, при помощи молекулярно-генетических методов 49 были идентифицированы как *L. fluviatilis* и 31 как *E. sp. «Dnieper»* (таблица).

Таким образом, впервые на территории белорусской части бассейна реки Западная Двина обнаружены миноги рода *Eudontomyzon*. По результатам анализа гена COI они были отнесены к линии *E. sp. «Dnieper»*, что хорошо согласуется с исследованиями А.В. Колотей с соавторами [3]. В реках Бикложа, Лужеснянка, Оболь и Ордежанка обнаружено симпатричное обитание резидентной речной миноги и *E. sp. «Dnieper»*.

Исследования проводятся совместно с сотрудниками Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова Российской академии наук.

Список использованных источников

1. Решетников, Ю. С. Атлас пресноводных рыб России / Ю. С. Решетников. – М. : Наука, 2003. – Т. 1. – 379 с.
2. Жуков, П. И. Рыбы Белоруссии / П. И. Жуков. – Минск : Наука и техника, 1965. – 415 с.
3. Kolotei, A. V. Morphology and geographic distribution of poorly studied lampreys (*Eudontomyzon*) from the Western Dvina basin / A. V. Kolotei, B. A. Levin, A. O. Zvezdin // Environ Biol Fish. – 2026. – Vol. 109, № 59. – P. 1–14.

4. Ukrainian Brook Lamprey *Eudontomyzon mariae* (Berg): phylogenetic position, genetic diversity, distribution, and some data on biology / B. Levin, A. Ermakov, O. Ermakov [et al.] // Jawless fishes of the World / B. Levin, A. Ermakov, O. Ermakov [et al.] ; ed. A. Orlov, R. Beamish. – Cambridge, 2016. – P. 58–82.
5. Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques / S. M. Aljanabi, I. Martinez // Nucleic Acids Research. – 1997. – Vol. 25. – P. 4692–4693.
6. 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.

A. S. Sergievich¹, A. O. Zvezdin², A. V. Kolotei², E. S. Gajduchenko¹

¹Scientific and Practical Center for Bioresources, National Academy of Sciences of Belarus

²Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences

DISCOVERY OF LAMPREYS OF THE GENUS *EUDONTOMYZON* IN THE BELARUSIAN PART OF THE WESTERN DVINA RIVER BASIN

Lampreys of the genus *Eudontomyzon* were recorded for the first time in the Belarusian part of the Western Dvina River basin. The species identity of the studied specimens was clarified down to the genetic lineage *E. sp.* «Dnieper» *sensu* Levin et al. (2016).

Keywords: Petromyzontiformes, *E. sp.* «Dnieper», *Lampetra fluviatilis*, sympatry, resident life history.

УДК 616-002.828:591.2:595.384

К. Сливинска¹, А. В. Алехнович¹, В. О. Молчан¹, С. Ю. Иванов², М. Е. Никифоров¹

¹Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам»

²ООО «Артель-С», г. Слуцк

МИКРОБИОТА ПОВРЕЖДЕНИЙ ПАНЦИРЯ ДЛИННОПАЛОГО РАКА (*PONTASTACUS LEPTODACTYLUS*) ПРИ РЖАВО-ПЯТНИСТОЙ БОЛЕЗНИ

На основе выделения чистых культур, секвенирования ITS рДНК, филогенетического анализа и целевой ПЦР-диагностики *Fusarium* spp. установлено, что меланизированные повреждения панциря длиннопалого рака из Любанского водохранилища (Минская область, Беларусь) связаны не с грибами рода *Fusarium*, а с таксономически разнообразным сообществом микроорганизмов, в котором преобладают оомицеты. Из 19 изолятов, полученных из очагов поражения, 14 принадлежали оомицетам (в их числе возбудитель рачьей чумы *Aphanomyces astaci*, *Saprolegnia parasitica*, *S. australis* и виды рода *Pythium*) и 5 – грибам (*Epicoccum nigrum*, *Plectosphaerella* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp. и *Catenaria* sp. – род, впервые отмеченный у раков). Возбудитель *Fusarium* не был выделен ни в культуре, ни методом ПЦР непосредственно из пораженных тканей.

Ключевые слова: ржаво-пятнистая болезнь, меланизированные повреждения панциря, оомицеты, *Aphanomyces astaci*, *Saprolegnia* spp., *Pythium* spp., *Catenaria* sp., *Fusarium* spp.

Введение. Длиннопалый рак (*Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823)) – единственный аборигенный вид европейских речных раков, сохраняющий промысловое значение, в том числе в Беларуси [1; 2]. Товарная ценность добытых раков часто снижается из-за меланизированных повреждений экзоскелета, которые ослабляют особей и снижают их выживаемость при транспортировке и хранении [3]. Такой синдром в разных регионах Европы связывался с грибами из рода *Fusarium* (*F. avenaceum* – у *Astacus astacus* и *P. leptodactylus* в Эстонии и Турции; *F. solani* – при атипичной форме на о. Сааремаа, Эстония) [4; 5]. Меланизированные повреждения *P. leptodactylus* в Любанском водохранилище (Минская область) морфологически напоминают синдром, описанный на о. Сааремаа, что стало основанием для проверки участия *F. solani*, *F. avenaceum* или иных грибов и оомицетов в развитии данной патологии.

Материалы и методы. В марте 2022 г. в Любанском водохранилище (52°53'15,6" с.ш.; 28°01'35,4" в.д.) отловлено 83 особи длиннопалого рака, у 37 (45 %) из которых отмечены меланизированные пятна или раны. Для выделения возбудителей отобрано 15 особей с повреждениями панциря. Фрагменты поврежденной ткани, после вымачивания в спирте, высевали на селективную оомицетную среду [6] и агар Сабура (SDA), рост микроорганизмов

контролировали под стереомикроскопом Nexcore NSZ818. Идентификацию изолятов проводили путем секвенирования ITS-региона рДНК (праймеры ITS1/ITS4) [7], BLASTn-анализа и построения филогенетических деревьев методом максимального правдоподобия (MEGA 12; отдельно для оомицетов и грибов). Для прямого выявления *Fusarium* spp. в поврежденных тканях ДНК выделяли СТАВ-методом и тестировали тремя ПЦР-протоколами: универсальным (ITS1/ITS4), видоспецифичным для *F. avenaceum* (FAF1/FAR) и родоспецифичным вложенным по гену TEF1.

Результаты и обсуждение. ПЦР-диагностика поврежденных тканей не выявила ДНК *Fusarium* ни в одном из трех примененных протоколов исследования; изоляты *Fusarium* также не были получены в культуре. Всего из пораженных тканей выделено 19 изолятов (Plept01–Plept19): 14 оомицетов и 5 грибов (таблица). Среди оомицетов видовая идентификация подтверждена для возбудителя рачьей чумы *Aphanomyces astaci* (Plept05), *Saprolegnia australis* (Plept06, Plept07), *S. parasitica* (Plept19) и одного изолята *Pythium flevoense* (Plept12). Остальные изоляты рода *Pythium* (9 изолятов) не были идентифицированы на видовом уровне. Среди грибов идентифицированы *Epicoccum nigrum*, *Plectosphaerella* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp., а изолят Plept03 отнесен к роду *Catenaria* (Blastocladiomycota) – это первая находка представителя данного рода у речных раков (таблица).

Таблица – Таксономический состав изолятов, выделенных из повреждённых участков панциря длиннопалого рака (*Pontastacus leptodactylus*) на Любанском водохранилище

Тип	Отряд	Кол-во изолированных культур	Идентифицированные таксоны
Oomycota	Saprolegniales	6	<i>Aphanomyces. astaci</i> ; <i>Saprolegnia australis</i> (2); <i>S. parasitica</i> ; <i>Saprolegnia</i> spp. (2, неидентифицированы)
Oomycota	Pythiales	8	<i>P. flevoense</i> ; <i>Pythium</i> spp. (7, не идентифицированы)
Ascomycota	Pleosporales, Glomerellales, Eurotiales, Capnodiales	4	<i>Epicoccum nigrum</i> ; <i>Plectosphaerella</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp.
Blastocladiomycota	Blastocladales	1	<i>Catenaria</i> sp. (новый род-хозяин)
Всего	–	19	14 оомицетов + 5 грибов

Полученные результаты противоречат распространенному представлению об исключительной роли *Fusarium* spp. в развитии ржаво-пятнистой болезни раков. Виды рода *Saprolegnia* (*S. parasitica*, *S. australis*) неоднократно связывались с меланизированными повреждениями кутикулы раков и экспериментально способны вызывать поражения ослабленных особей [8]. Однако, выделенные в данном исследовании таксоны следует рассматривать как ассоциированные с повреждениями, а не как однозначно доказанные первичные патогены.

Таким образом, меланизированные повреждения панциря *P. leptodactylus* в Любанском водохранилище связаны не с грибами рода *Fusarium*, а с таксономически разнообразным, преимущественно оомицетным сообществом микроорганизмов, что указывает на возможность различной этиологии морфологически сходных повреждений панциря раков в разных географических популяциях.

Список использованных источников

1. Алехнович, А. В. Раки Беларуси в современных условиях: распространение, динамика популяций, продукция и промысловый потенциал / А. В. Алехнович. – Минск : Беларуская навука, 2016.
2. Alekhovich, A. V. Evaluation of exploitable stocks of the narrow-clawed crayfish (*Pontastacus leptodactylus*) in the reservoirs belonging to the Pripyat River catchment / A. V. Alekhovich, K. Śliwińska, V. F. Kulesh // Природные ресурсы. – 2026. – № 2. – Р. 12–15.

3. Rowley, A. F. Shell disease syndromes of decapod crustaceans / A. F. Rowley, C. J. Coates // *Environmental Microbiology*. – 2023. – Vol. 25. – P. 931–947.
4. Fungal isolations from Saaremaa, Estonia: noble crayfish (*Astacus astacus*) with melanised spots / J. Makkonen [et al.] // *Freshwater Crayfish*. – 2010. – № 17. – P. 155–158.
5. *Fusarium avenaceum* causes burn spot disease syndrome in noble crayfish (*Astacus astacus*) / J. Makkonen [et al.] // *Journal of Invertebrate Pathology*. – 2013. – Vol. 113. – P. 184–190.
6. Alderman, D. J. *Aphanomyces astaci*: isolation and culture / D. J. Alderman, J. L. Polglase // *Journal of Fish Diseases*. – 1986. – Vol. 9. – P. 367–379.
7. White, T. J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics / T. J. White, T. Bruns, S. Lee, J. Taylor // *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*. – New York : Academic Press, 1991. – P. 315–322.
8. Diéguez-Urbeondo, J. *Saprolegnia parasitica* and its virulence on three different species of freshwater crayfish / J. Diéguez-Urbeondo, L. Ceenius, K. Söderhäll // *Aquaculture*. – 1994. – Vol. 120. – P. 219–228.

К. Śliwińska¹, A. V. Alekhnovich¹, V. O. Molchan¹, S. Yu. Ivanov², M. E. Nikiforov¹

¹State Scientific and Production Association

«Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus»

²Artel-S, Sluck, Belarus

MICROBIOTA OF CARAPACE LESIONS IN NARROW-CLAWED CRAYFISH (PONTASTACUS LEPTODACTYLUS) WITH BURN SPOT DISEASE

Using culture isolation, ITS rDNA sequencing, phylogenetic analysis and targeted *Fusarium* PCR diagnostics, severe melanised lesions on the exoskeleton of the narrow-clawed crayfish (*Pontastacus leptodactylus*) from the Lyubanskoye Reservoir (Minsk region, Belarus) were found to be associated not with *Fusarium* but with a taxonomically diverse, oomycete-dominated microbial assemblage. Of 19 isolates recovered, 14 belonged to oomycetes, including the crayfish plague pathogen *Aphanomyces astaci*, *Saprolegnia parasitica*, *S. australis* and *Pythium* spp., and 5 to fungi, including *Epicoccum nigrum*, *Plectosphaerella* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp. and *Catenaria* sp. No *Fusarium* isolates were recovered by either culture or PCR directly from the lesions.

Keywords: shell disease, melanised lesions, oomycetes, *Aphanomyces astaci*, *Saprolegnia* spp., *Pythium* spp., *Catenaria* sp., *Fusarium* spp.

УДК 599.322/.324:577.29

О. Э. Соловей¹, М. Е. Никифоров¹, Е. Э. Хейдорова²

¹Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам»

²Белорусский государственный медицинский университет

АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ МЕТАПОПУЛЯЦИИ ЕВРАЗИЙСКОГО БОБРА В БЕЛАРУСИ

Рассматриваются результаты анализа генетической структуры евразийского бобра в Беларуси. Согласно методу Эванно, установлено наличие двух генетических кластеров ($\Delta K_2=175,76$), характеризующихся географической обособленностью. Малая степень генетической дифференциации между выявленными кластерами ($F_{st}=0,045$, $G_{st}=0,041$, $G''_{st}=0,163$, $p<0,01$) может свидетельствовать о наличии потока генов внутри популяции евразийского бобра в Беларуси.

Ключевые слова: евразийский бобр, *Castor fiber*, метапопуляция, генетическое разнообразие, генетическая дифференциация, яДНК, Беларусь.

В XX веке популяция евразийского бобра *Castor fiber* на большей части своего ареала, в том числе на территории Беларуси, оказалась на грани полного исчезновения. Масштабные программы реакклиматизации, запрет на добычу, создание резерватов способствовали успешному восстановлению вида и расширению занимаемых биотопов [1; 2]. В настоящее время бобр регистрируется во всех речных бассейнах страны, при этом некоторые исследователи [3; 4] отмечали различия по краниометрическим и экстерьерным признакам между группировками. Однако морфологическая изменчивость может быть обусловлена экологическими факторами и фенотипической пластичностью, а не генетической обособленностью [4].

В связи с этим в настоящей работе проведена оценка генетической структуры популяции евразийского бобра на территории Беларуси с использованием молекулярных маркеров.

В исследовании использовались фрагменты мышечной ткани и шкур от 211 особей евразийского бобра, добытых законным путем на территории всех областей Республики Беларусь в период с 2016 по 2025 гг. ДНК выделяли с помощью набора «Animal and Fungi DNA Preparation Kit» в соответствии с протоколом производителя Jena Bioscience (Germany). Образцы были генотипированы по 16 микросателлитным локусам (Csa18, CF17, Csa62, Cf06, Csa5, Csa13, Csa20, Cf19, CF18, CF30, CF49, Cf44, Csa19, CF31, Cf32, Csa8) [6-8], собранным в пять микросателлитных мультиплексов. Размеры аллелей микросателлитных фрагментов стандартизировали с использованием программы TANDEM v. 1.09. Проверку на предмет ошибок генотипирования (нулевые аллели, статтеры, выпадение больших аллелей) проводили с помощью программного обеспечения Micro-Checker version 2.2.3. Анализ на отклонение частоты генотипов для исследуемых микросателлитных локусов от равновесия Харди-Вайнберга (HWE) производили в FSTAT 2.9.3.2. Байесовский анализ популяционной структуры и принадлежности особей к кластеру выполнялся в STRUCTURE v2.4.3, при этом индексы генетической дифференциации (F_{st} , G_{st} , G'_{st}) между выделенными кластерами рассчитывали в GenAlEx v. 6.501.

По результатам проведенного генетического анализа в рамках исследуемой популяции установлено наличие двух генетических кластеров ($K=2$ как наиболее вероятная генетическая структура, согласно методу Эванно, где $\Delta K_2 = 175,76$), при этом к кластеру «А» относятся 137 особей, к кластеру «В» – 74 особи. Выявленные генетические кластеры внутри метапопуляции бобра характеризуются географической обособленностью (рисунок). Кластер «А» представлен образцами из бассейнов рек Сож, Днепр и Березина. В кластер «В» входят преимущественно образцы из бассейнов рек Нёмана. Смешанные образцы двух кластеров представлены в бассейне р. Западный Буг, бассейна р. Припять, бассейна р. Западной Двины.

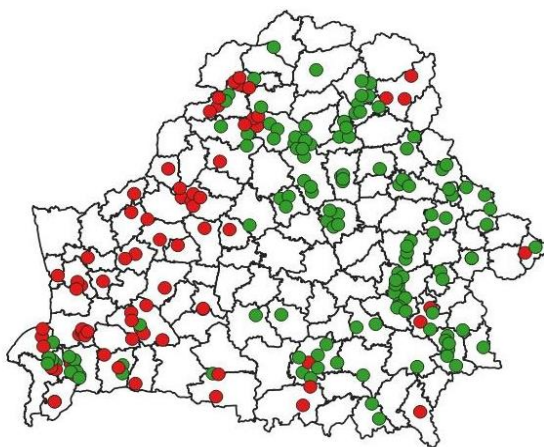


Рисунок – Обособленность генетических кластеров «А» (зеленый цвет) и «В» (красный цвет) в соответствии с географическим распределением исследованных образцов бобра

Значения индексов фиксации и подразделенности ($F_{st}=0,045$, $G_{st}=0,041$, $G'_{st}=0,163$, $p<0,01$) указывают на наличие слабо выраженной, но статистически достоверной генетической дифференциации между выявленными кластерами. Предположительно, в недавнем прошлом существовали предпосылки для выживания в изоляции, как минимум, двух географических группировок бобра. Таким регионами, где виду удалось сохранить свою популяцию, могли быть бассейны рек Березина и Нёман. С учетом полученных значений индексов генетической дифференциации, можно предполагать отсутствие географических (естественных или антропогенных) барьеров для потока генов внутри популяции евразийского бобра в Беларуси.

Список использованных источников

1. Halley, D. J. Population and distribution of beavers *Castor fiber* and *Castor canadensis* in Eurasia / D. J. Halley, A. P. Saveljev, F. Rosell // Mammal Review. – 2020. – Vol. 51. (1). – P. 1–24.
2. Recovery in the melting pot: complex origins and restored genetic diversity in newly established Eurasian beaver (Rodentia: Castoridae) populations / P. Munclinger [et al.] // Biological Journal of the Linnean Society. – 2022. – Vol. 135. – P. 793–811.
3. Популяционная экология бобра: моногр. / В. Ф. Литвинов [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2012. – 256 с.
4. Востоков, Е. К. Бобр в Беларуси во времени и пространстве / Е. К. Востоков. – Минск : СтройМедиа-Проект, 2017. – 336 с.
5. Иорданский, Н. Н. Фенотипическая пластичность организмов и эволюция / Н. Н. Иорданский // Русский орнитологический журнал. – 2024. – Т. 33, № 2393. – С. 1385–1396.
6. Syřůčková, A. Genetic relationships within colonies suggest genetic monogamy in the Eurasian beaver (*Castor fiber*) / A. Syřůčková [et al.] // Mamm. Res. – 2015. – Vol. 60. – P. 139–147.
7. Frosch, C., The Genetic Legacy of Multiple Beaver Reintroductions in Central Europe / C. Frosch [et al.] // PLoS ONE. – 2014 – Vol. 9, № 5. – P. 1–14.
8. Crawford, J. Isolation and characterization of microsatellite loci in the beaver (*Castor canadensis*) / J. Crawford [et al.] // Mol Ecol Res8. – P. 616–618.

O. E. Solovei¹, M. E. Nikiforov¹, E. E. Kheidorova²

¹State Scientific and Production Association

«Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus»

²Belarusian State Medical University

ANALYSIS OF GENETIC DIFFERENTIATION OF THE EURASIAN BEAVER METAPOPOPULATION IN BELARUS

This article discusses the results of the analysis of the genetic structure of the Eurasian beaver in Belarus. Using the Evanno method, the presence of two genetic clusters ($\Delta K_2=175.76$) characterized by geographic isolation was established. The low degree of genetic differentiation between the identified clusters ($F_{st}=0.045$, $G_{st}=0.041$, $G''_{st}=0.163$, $p<0.01$) may indicate the presence of gene flow within the Eurasian beaver population in Belarus.

Keywords: Eurasian beaver, *Castor fiber*, metapopulation, genetic diversity, genetic differentiation, nDNA, Belarus.

УДК 597.5

А. В. Сосна, Е. С. Гайдученко

Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам»

МЕРИСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ПЛОТВЫ (*RUTILUS RUTILUS* (LINNAEUS, 1758)) В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ БАССЕЙНА РЕКИ ДНЕПР (БЕЛАРУСЬ)

Представлены данные о меристических признаках 49 экз. плотвы из четырех водных объектов бассейна реки Днепр (р. Ола, р. Жердянка, р. Березина и р. Ипуть. Показаны статистически значимые различия плотвы обыкновенной между по двум меристическим признакам: число ветвистых лучей в спинном (между выборками из р. Ола и р. Ипуть, р. Березина и р. Ипуть) и анальном (между выборками из р. Ола и р. Ипуть, р. Жердянка и р. Ипуть, р. Березина и р. Ипуть) плавниках.

Ключевые слова: плотва, *Rutilus rutilus*, меристические признаки, Беларусь, р. Ола, р. Жердянка, р. Березина, р. Ипуть.

Введение. Рыбы рода *Rutilus* Rafinesque, 1820 (Cypriniformes: Leuciscidae) широко распространены по всей Европе к востоку от Южной Англии и Пиренеев и к северу от Альп; в реках и озёрах Сибири, в бассейнах Каспийского и Аральского морей. В настоящее время род насчитывает 11 валидных видов [1]. В водоемах Беларуси самый массовый представи-

тель рода – плотва обыкновенная *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758). Это нативный вид, встречающийся 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 обыкновенная характеризуется значительным многообразием форм. Так, еще П. И. Жуков (1965) писал о повсеместном распространении двух форм плотвы: высокотелая (*morpha elata*) и низкотелая (*morpha elognatha*) [2].

Целью нашей работы является исследование меристических (счетных) признаков плотвы обыкновенной различных водных объектах бассейна реки Днепр (Беларусь).

Материалы и методы исследования. Материалом для работы послужили сборы 49 особей плотвы обыкновенной (апрель–июнь 2026 гг.), проведенные в р. Ола и р. Жердянка (Светлогорский район), р. Березина (Светлогорский район) и р. Ипуть (Добрушский район). Обработку материала проводили в лабораторных условиях по общепринятой методике измерения карповых рыб.

Рассматривались 7 меристических признаков: количество ветвистых лучей в спинном (D), анальном (A), грудном (P), брюшном (V) и хвостовом (C) плавниках, а также количество чешуй в боковой линии (II) и формулу глоточных зубов [3; 4]. Данные обрабатывали в программе Statistica, проводили вычисления средней арифметической (M), ее ошибки (m) и границ вариации признаков (lim). Для сравнения меристических признаков выборок плотвы обыкновенной применяли непараметрический тест Манна–Уитни (U-test). Отличия признавались значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. Полученные результаты анализа меристических признаков плотвы обыкновенной представлены в таблице.

Как видно из таблицы, наибольшим размахом значений по числу лучей в спинном плавнике характеризуются особи из р. Ипуть (8–11), при этом для плотвы из данной локации отмечен наибольший размах также по числу лучей в анальном плавнике. Наименьший размах значений по числу лучей в спинном плавнике зафиксирован у особей из р. Ола и р. Березина, а по числу лучей в анальном плавнике – у особей из р. Ола.

Статистически значимые различия выявлены преимущественно при сравнении с выборкой из р. Ипуть: по числу ветвистых лучей в спинном плавнике (с р. Ола и р. Березина) и в анальном плавнике (с р. Ола, р. Жердянка и р. Березина). По остальным проанализированным меристическим признакам статистически значимых различий не установлено. В целом, все значения исследованных признаков укладываются в диапазоны, приведенные П. И. Жуковым (1965) для бассейна реки Днепр.

Заключение. За период исследования (апрель – июнь 2026 г.) обследовано 49 экз. плотвы обыкновенной из четырех водных объектов: р. Ола, р. Жердянка, р. Березина (Светлогорский район) и р. Ипуть (Добрушский район). Плотва из изученных водных объектов характеризуется следующими меристическими признаками: D 8–11, A 9–12, P 11–15, V 7–8,

C 16–17, $1138 \frac{7-9}{5} 44$, формула глоточных зубов: 5–5, 6–5, 6–6. Полученные значения меристических признаков плотвы обыкновенной на территории Беларуси, с учетом ранее опубликованных сведений, входят в диапазоны значений, показанных для вида в бассейне реки Днепр.

Выявленные статистически значимые различия по числу ветвистых лучей в спинном и анальном плавниках между выборкой из р. Ипуть и остальными изученными водными объектами могут быть обусловлены различием условий обитания на анализируемых водных объектах.

Таблица – Меристические признаки плотвы обыкновенной в водных объектах бассейна реки Днепр (Беларусь)

Бассейн р. Днепр										
Признаки	р. Ола (I)	р. Жердянка (II)	р. Березина (III)	р. Ипуть (IV)	p					
	$\lim_{M \pm m}$	$\lim_{M \pm m}$	$\lim_{M \pm m}$	$\lim_{M \pm m}$	I/II	I/III	I/IV	II/III	II/IV	III/IV
Число ветвистых лучей в D	<u>9–10</u> 9,66±0,14	<u>9–11</u> 10,00±0,14	<u>9–10</u> 9,90±0,10	<u>8–11</u> 10,45±0,28	0,2134	0,3733	0,0106	0,7392	0,0516	0,0240
Число ветвистых лучей в A	<u>9–11</u> 10,25±0,18	<u>9–12</u> 10,40±0,19	<u>10–12</u> 10,50±0,22	<u>10–12</u> 11,33±0,22	0,6963	0,5751	0,0051	0,8460	0,0140	0,0321
Число ветвистых лучей в P	<u>11–15</u> 12,75±0,37	<u>12–15</u> 12,73±0,23	<u>12–15</u> 13,50±0,34	<u>12–14</u> 13,08±0,19	0,7696	0,1468	0,2482	0,0855	0,1876	0,3733
Число ветвистых лучей в V	<u>7–8</u> 7,91±0,08	<u>7–8</u> 7,80±0,11	<u>7–8</u> 7,90±0,10	<u>8</u> –	0,6256	0,9737	0,7508	0,6978	0,3915	0,7169
Число ветвистых лучей в C	<u>17</u> –	<u>16–17</u> 16,86±0,09	<u>16–17</u> 16,75±0,16	<u>17</u> –	0,5747	0,3749	–	0,6748	0,5858	0,3859
Число чешуй в боковой линии (II)	<u>39 $\frac{7-9}{5}$ 44</u> 41,25±0,48	<u>39 $\frac{7-9}{5}$ 44</u> 41,20±0,39	<u>39 $\frac{7-9}{5}$ 43</u> 41,60±0,37	<u>38 $\frac{7-9}{5}$ 43</u> 41,00±0,41	0,9416	0,6444	0,8173	0,4539	0,7697	0,2766
Формула глоточных зубов	6–5	5–5, 6–5	5–5, 6–5	5–5, 6–5, 6–6	–					
n	12	15	10	12	–					

Примечание: полужирным шрифтом выделены значения, статистически значимые при $p \leq 0,05$. Для сравнения использован непараметрический тест Манна–Уитни.

Список использованных источников

1. Fricke, R. Eschmeyer's catalog of fishes: Genera, Species, References / R. Fricke, W. N. Eschmeyer & R. Van der Laan (eds). – 2025. – URL: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcat-main.asp>.
2. Жуков, П. И. Рыбы Белоруссии / П. И. Жуков // Наука и техника. – 1965. – № 5. – С. 157–170.
3. Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб / И. Ф. Правдин. – М. : Пищевая промышленность, 1966. – 372 с.
4. Сушко, Г. Г. Биометрия. Практикум : учеб. пособие / Г. Г. Сушко. – Минск : РИВШ, 2023. – 324 с.

A. V. Sosna, E. S. Gaiduchenko

State Scientific and Production Association

«Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus»

MERISTIC VARIATION IN ROACH (*RUTILUS RUTILUS* L., 1758) FROM THE DNEPER RIVER BASIN (BELARUS)

Data on meristic characters are presented for 49 specimens of roach (*Rutilus rutilus*) collected from four water bodies within the Dnieper River basin: the Ola, Zherdyanka, Berezina, and Iput rivers. Statistically significant differences between the samples were revealed for two meristic traits: the number of branched rays in the dorsal fin (between the Ola and Iput samples, and between the Berezina and Iput samples) and in the anal fin (between the Ola and Iput, Zherdyanka and Iput, and Berezina and Iput samples).

Keywords: roach, *Rutilus rutilus*, meristic characters, Belarus, Ola River, Zherdyanka River, Berezina River, Iput River.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ МОЗАИЧНОСТЬ БИОТОПОВ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПТИЦ НА ИСКУССТВЕННО РЕНАТУРАЛИЗИРУЕМЫХ ТОРФОРАЗРАБОТКАХ

На основании сравнительного анализа семи искусственно ренатунализируемых торфопоразработок Беларуси выявлены ключевые факторы, определяющие структуру сообществ птиц на ранних стадиях вторично заболачивания. Зарегистрировано присутствие 98 видов птиц (60 % относится к водно-болотному комплексу). Видовое богатство варьирует от 9 до $50,5 \pm 7,02$ видов и демонстрирует высокую положительную корреляцию с числом формирующихся биотопов ($r_s = 0,82$; $p = 0,017$). Мозаичность формирующихся биотопов в свою очередь определяется гидрологическим режимом и исходной структурой торфяника, антропогенные факторы выступают модификаторами данной закономерности.

Ключевые слова: птицы, орнитокомплексы, торфопоразработки, вторичное заболачивание, ренатурализация, факторы, водно-болотные угодья.

Введение. Отработанные и выбывшие из промышленной эксплуатации торфяные месторождения представляют собой обширные нарушенные территории, значительная часть которых в последние десятилетия подвергается целенаправленной ренатурализации путем вторичного заболачивания [1; 2]. Формирующиеся на таких объектах сообщества птиц могут служить достаточно удобной модельной группой для изучения и оценки закономерностей заселения вторичных водно-болотных угодий, а также позволяют проследить реакцию биоты на резкое изменение экологических условий среды обитания. Однако для корректной интерпретации динамики сообществ птиц необходимо понимание факторов, определяющих их структуру на разных этапах сукцессии. Большинство предшествующих работ выполнены на естественно заболоченных торфопоразработках в условиях Российской Федерации [3; 4], а на территории Республики Беларусь ограничены единственной вторично заболоченной торфопоразработкой «Докудовское» [5], что не позволяет выявить общие закономерности, не привязанные к формирующимся условиям конкретного объекта.

Цель настоящей работы – на основании сравнительного анализа нескольких искусственно ренатунализируемых торфопоразработок ранних стадий вторичного заболачивания выявить ключевые факторы, определяющие структуру сообществ птиц.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились в период с 2022 по 2026 гг. на территории 7 вторично заболоченных торфопоразработок: Брестская обл. – торфопоразработка «Морочно»; Витебская обл. – «Жада»; Гомельская обл. – «Ладово»; Гродненская обл. – «Святое» и «Докудовское»; Минская обл. – торфопоразработка «Гричино-Старобинское» и «Булев Мох»; Гродненская обл. Общая площадь обследованных участков составила 2562,07 га. Количественные учеты птиц на них проводились в гнездовой период (май – июнь). При изучении сообществ птиц вторично заболоченных торфопоразработок использовались следующие методы: точечных учетов и абсолютный учет птиц. Статистическая обработка данных выполнена с использованием программы PAST [6].

Результаты и их обсуждение. За время исследования на территории вторично заболоченных торфопоразработок зарегистрировано пребывание 98 видов птиц, относящихся к 13 отрядам: Поганкообразные (Podicipediformes), Веслоногие (Pelecaniformes), Аистообразные (Ciconiiformes), Гусеобразные (Anseriformes), Ястребинообразные (Accipitriformes), Соколообразные (Falconiformes), Журавлеобразные (Gruiformes), Ржанкообразные (Charadriiformes), Кукушкообразные (Cuculiformes), Козодоеобразные (Caprimulgiformes), Ракшеобразные (Coraciiformes), Дятлообразные (Piciformes), Воробьинообразные (Passeriformes). Из 98 отме-

ченных видов птиц 59 относится к водно-болотному комплексу, что составляет 60 % от общего видового разнообразия.

Видовое богатство сообществ птиц на обследованных участках характеризуется высокой вариабельностью и изменяется в пределах от 9 до $50,5 \pm 7,02$ видов.

Столь широкий диапазон значений свидетельствует о значительной неоднородности орнитокомплексов на разных участках, при этом ведущее значение в ее формирование принадлежит локальным особенностям окружающей среды, тогда как влияние региональных или хронологических факторов оказывается менее выраженным. Ключевым фактором, определяющим эти различия, выступает степень мозаичности формирующихся биотопов, которая в свою очередь зависит от двух групп параметров – гидрологического режима и исходной структуры торфяника.

В ходе полевых исследований на восьми учетных площадках нами было выявлено девять типов биотопов, формирующихся на торфоразработках ранних стадий вторичного заболачивания: открытые акватории, мелководья с разреженной растительностью, тростниково-рогозовые ассоциации, магистральные обводненные каналы, увлажненные луговые ассоциации, древесно-кустарниковые ассоциации, ивняк, рудеральные сообщества, растительные сообщества с признаками типичного верхового болота. Для количественной оценки связи между количеством формирующихся биотопов и видовым богатством сообществ птиц на каждом исследуемом участке было подсчитано число встреченных биотопов и сопоставлено с количеством видов птиц, зарегистрированных в гнездовой период (таблица).

Таблица – Соотношение числа формирующихся биотопов и видового богатства птиц на торфоразработках ранних стадий вторичного заболачивания

Торфоразработка	Кол-во биотопов	Видовое разнообразие (кол-во видов)
«Святое»	8	$50,5 \pm 7,02$
«Докудовское (УЧ1)»	6	$28 \pm 0,7$
«Докудовское (УЧ2)»	4	23 ± 4
«Гричино-Старобинское»	5	$20,5 \pm 6,5$
«Булев Мох»	5	15 ± 4
«Ладово»	5	18
«Морочно»	6	31
«Жада»	3	9

Примечание: знак « $\pm$ » – стандартная ошибка репрезентативности между годами.

Список использованных источников

1. Отчет о реализации проекта ПРООН/ГЭФ «Ренатурализация и устойчивое управление торфяными болотами для предотвращения деградации земель, изменений климата и обеспечения сохранения глобально значимого биологического разнообразия». – Минск : М-во лесного хозяйства Респ. Беларусь, 2010. – 47 с.
2. Экологическая реабилитация нарушенных торфяников / А. Козулин, Н. Тановицкая, М. Максименков, Д. Груммо, А. Судник // Наука и инновации. – 2023. – № 10 (248). – С. 23–28.
3. Чудненко, Д. Е. Факторы, определяющие сукцессию орнитокомплексов торфоразработок Восточного Верхневожжя / Д. Е. Чудненко // Вестник КГУ им. Н. А. Некрасова. – 2007. – № 1. – С. 16–18.
4. Чудненко, Д. Е. Особенности и закономерности динамики фауны и населения птиц на комплексах торфяных карьеров // Д. Е. Чудненко, Ю. А. Быков // Экосистемы: экология и динамика. – 2018. – Т. 2, № 3. – С. 5–28.
5. Пышко, А. С. Видовой состав и динамика численности водно-болотных птиц на территории ренатурализованных торфяных месторождений (на примере торфоразработки «Докудовское» / В. В. Гричик, А. С. Пышко // Актуальные проблемы зоологической науки в Беларуси : материалы XI зоол. науч.-практ. конф. – Минск, 2017. – Т. 1. – С. 336–341.
6. Hammer, Ø. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis / Ø. Hammer, D. A. T. Harper, P. D. Ryan // Palaeontologia Electronica. – 2001. – Vol. 4, No. 1. – P. 9

HABITAT HETEROGENEITY AS A KEY FACTOR OF BIRD SPECIES DIVERSITY ON ARTIFICIALLY REWETTED PEAT EXTRACTION SITES

Based on a comparative analysis of seven artificially rewetted peat extraction sites in Belarus, key factors determining the structure of bird communities at early stages of secondary waterlogging were identified. The presence of 98 bird species was recorded (60 % belong to the wetland complex). Species richness varies from 9 to 50,5±7,02 species and shows a strong positive correlation with the number of emerging habitat types ($r_s = 0.82$; $p = 0,017$). Habitat heterogeneity, in turn, is determined by the hydrological regime and the initial structure of the peatland; anthropogenic factors act as modifiers of this pattern.

Keywords: birds, ornithocomplexes, peat extraction, secondary waterlogging, renaturalization, factors, wetlands.

УДК 579.62

Д. С. Стаховец, А. А. Санцевич, О. М. Кондратюк

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КЛОСТРИДИОЗА У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЦР В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Представлены методика выделения ДНК и постановка полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ) для выявления возбудителей клостридиозов у крупного рогатого скота. Исследовано 20 проб патологического материала (печень, мышечная ткань). Показана эффективность набора реагентов «ALSENSE VetPathogen Clostridium complex 1». Во всех образцах зарегистрирован сигнал внутреннего контроля, что подтверждает корректность пробоподготовки.

Ключевые слова: клостридиозы, крупный рогатый скот, ПЦР в реальном времени, молекулярная диагностика, *Clostridium*.

Введение. Клостридиозы крупного рогатого скота (КРС) – группа острых инфекционных заболеваний, вызываемых анаэробными спорообразующими бактериями рода *Clostridium*, характеризующаяся высокой летальностью и значительным экономическим ущербом [1]. Основные возбудители: *Clostridium perfringens*, *Cl. chauvoei*, *Cl. septicum*, *Cl. novyi*, *Cl. sordellii*.

Род *Clostridium* объединяет грамположительные палочковидные бактерии, образующие споры, устойчивые во внешней среде (почва, фекалии, корма) в течение нескольких лет. Вегетативные формы быстро погибают под действием кислорода. Патогенность обусловлена продукцией мощных экзотоксинов. *Cl. perfringens* секретирует α -, β -, ϵ -токсины, вызывающие энтеротоксемию и газовую гангрену. *Cl. chauvoei* продуцирует гемолизин и нейраминидазу, вызывая эмфизематозный карбункул молодняка. *Cl. septicum* вырабатывает альфатоксин с некротическим действием, приводя к злокачественному отеку. *Cl. novyi* тип В поражает печень, *Cl. sordellii* продуцирует летальный и геморрагический токсины [2].

Цель: изучение методики выделения ДНК и постановки ПЦР-РВ с использованием набора «ALSENSE VetPathogen Clostridium complex 1» для диагностики клостридиозов у КРС.

Материалы и методы. Исследование выполнено на базе лаборатории «LabGen». Проанализировано 20 образцов патологического материала (печень, мышечная ткань) от КРС с подозрением на клостридиоз.

Образцы массой ~0,5 г лизировали в буфере с протеиназой К (37 °С, 12–16 ч). ДНК сорбировали на магнитных частицах, проводили серию промывок для удаления белков, липидов, солей и ингибиторов ПЦР. Элюцию выполняли низкосолевым буфером. Чистоту ДНК контролировали спектрофотометрически.

Метод ПЦР-РВ основан на многократной амплификации специфического участка ДНК с использованием термостабильной ДНК-полимеразы и TaqMan-зондов – олигонуклеотидных проб, меченных флуорофором и гасителем флуоресценции. В ходе элонгации полимеразы, обладающая 5'→3'-экзонуклеазной активностью, расщепляет зонд, связанный с матрицей. Это приводит к разделению флуорофора и гасителя и возникновению флуоресцентного сигнала, интенсивность которого регистрируется в каждом цикле и пропорциональна количеству синтезированных ампликонов [3].

Набор «ALSENSE VetPathogen Clostridium complex 1» (ООО «Альгимед Техно», Беларусь) выполнен в мультиплексном формате, позволяющем детектировать в одной реакции ДНК *Cl. perfringens*, *Cl. difficile*, ген энтеротоксина *Cl. perfringens* (маркер патогенности), а также внутренний контроль (эндогенная ДНК КРС). Внутренний контроль – критический элемент, контролирующей эффективность выделения и наличие ингибиторов. Ингибиторами ПЦР могут выступать гемин, желчные кислоты, остаточный фенол, гуминовые кислоты, полисахариды. Присутствие ингибиторов приводит к ложноотрицательным результатам, поэтому отсутствие сигнала внутреннего контроля служит основанием для повторной постановки [4].

Готовили смесь (9 мкл ПЦР-буфера + 1 мкл полимеразы на реакцию), вносили по 10 мкл в пробирки, добавляли по 10 мкл ДНК образцов, положительного контроля (ПКО) и отрицательного контроля (ОКО). Амплификацию проводили по программе: 95 °С – 15 мин. (1 цикл); 95 °С – 10 с, 60 °С – 30 с (регистрация флуоресценции) – 45 циклов. Критерии валидности: в ОКО сигналы по диагностическим каналам отсутствуют ($C_t > 40$), внутренний контроль – $C_t \leq 40$; в ПКО – $C_t \leq 35$ по всем каналам. Положительным считали результат при $C_t \leq 40$.

Результаты и обсуждение. Во всех 20 образцах зарегистрирован сигнал внутреннего контроля, что подтверждает отсутствие ингибиторов. ПКО и ОКО соответствовали критериям валидности. В исследуемых пробах детектированы различные мишени: ДНК *Cl. perfringens*, ген энтеротоксина, указывающий на токсигенные штаммы, ДНК *Cl. difficile*. Полученные данные подтверждают высокую чувствительность и специфичность ПЦР-РВ. Мультиплексный формат позволяет дифференцировать виды возбудителей и оценивать токсигенный потенциал, что недоступно при бактериологическом анализе. Время выполнения анализа не превышает 24 ч [5].

Заключение. Проведенное исследование подтвердило эффективность методики ПЦР-РВ с набором «ALSENSE VetPathogen Clostridium complex 1». Протокол может быть рекомендован для внедрения в ветеринарных лабораториях. Исследование продолжается.

Список использованных источников

1. Шевченко, А. А. Инфекционные болезни животных / А. А. Шевченко, Л. В. Шевченко. – М. : КолосС, 2019. – 312 с.
2. Clostridial Diseases of Animals / F. A. Uzal [et al.]. – New York : Wiley-Blackwell, 2016. – 288 p.
3. Nolan, T. PCR Technology: Current Innovations / T. Nolan, S. A. Bustin. – 3rd ed. – CRC Press, 2018. – 456 p.
4. Schrader, C. PCR inhibitors – occurrence, properties and removal / C. Schrader, A. Schielke, L. Ellerbroek, R. Johne // Journal of Applied Microbiology. – 2012. – Vol. 113, № 5. – P. 1014–1026.
5. Quinn, P. J. Veterinary Microbiology and Microbial Disease / P. J. Quinn, B. K. Markey, F. C. Leonard. – 2nd ed. – Oxford : Wiley-Blackwell, 2021. – 928 p.

D. S. Stakhovets, A. A. Santsevich, O. M. Kondratyuk
Yanka Kupala State University of Grodno

MOLECULAR GENETIC ANALYSIS OF CLOSTRIDIOSIS IN CATTLE USING REAL-TIME PCR

The work presents the DNA extraction and real-time PCR method for detecting clostridiosis causative agents in cattle. 20 pathological samples (liver, muscle tissue) were analyzed. The efficiency of the «ALSENSE VetPathogen Clostridium complex 1» reagent kit, based on TaqMan technology, is demonstrated. Internal control signal was registered in all samples, confirming correct sample preparation. The method is suitable for routine differential diagnostics of clostridiosis.

Keywords: clostridiosis, cattle, real-time PCR, TaqMan probes, molecular diagnostics, *Clostridium*.

Р. А. Суходольская^{1,2}, А. Д. Белослудцев³, В. В. Алексанов⁴, А. Б. Ручин⁵

¹Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан

²Казанский государственный университет

³Казанский (Приволжский) федеральный университет

⁴Дирекция парков и скверов Калужской области

⁵Объединённая дирекция Мордовского государственного заповедника
и национального парка «Смольный»

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОЛОВОГО ДИМОРФИЗМА ЖУЖЕЛИЦЫ *PTEROSTICHUS NIGER* (SCHALLER, 1783) В АРЕАЛЕ

В работе использована база данных по морфометрическим промерам жуков *P. niger*, выборки которых были получены из Костромской и Калужской областей, а также Республики Мордовия. В общей сложности было промерено 100 особей. Половой диморфизм (ПД) оценивали по общепринятой формуле Ловиха. Результаты показали, что в Республике Мордовия значения ПД значимо ниже, чем в двух других регионах. ПД считается индикатором среды обитания, однако окончательные выводы делать преждевременно.

Ключевые слова: жужелицы, морфометрическая изменчивость, половой диморфизм, среда обитания, ареал.

Половой диморфизм (ПД) – распространенное явление в животном мире. В настоящем исследовании речь пойдет о ПД по размерам. У жужелиц, как правило, самки крупнее самцов [1]. Исследователи объясняют это большим вкладом самок в репродукцию, большей плодовитостью крупных самок, то есть, в конечном счете, половым отбором. Однако существуют и экологические причины такого рода феномена.

Согласно эволюционной теории полов В. А. Геодакяна [2] в суровых условиях среды ПД должен увеличиваться за счет большей изменчивости самцов, их повышенной рождаемости и смертности и, в целом, «оборачиваемости» самцов.

Работ, целенаправленно и систематически направленных на оценку ПД, а тем более на видовом уровне относительно немного. Оценка направленности изменений ПД считается надежным методом биоиндикации внешних воздействий на биоту. Это было подтверждено при исследовании изменчивости ПД у жужелицы *Pseudooonus refipes* Dej. в агроландшафтах (Суходольская, Шарафеева, 2016). В то же время на другом виде жужелиц – *Poecilus cupreus* L. – показано, что обитание в агроценозе приводит к стиранию морфометрических различий между самками и самцами, и, следовательно, исчезновению ПД [4]. С другой стороны, к большой изменчивости ПД могут вести и другие факторы среды.

Так, в популяциях долгоносиков ПД зависит от климатических условий агроценоза. В обзоре по изменчивости ПД артропод в зависимости от внешних условий показано, что в подавляющем большинстве таксонов значения ПД не зависят от температуры окружающей среды, а в большей степени определяются плотностью населения личинок, а также количеством и качеством пищевых ресурсов [5].

В этом плане следует признать, что показанная в исследовании изменчивость ПД жужелиц в широтном градиенте, определяется именно широтой местообитания, а не температурой [6].

Представленное сообщение является продолжением цикла публикаций по изменчивости ПД у жужелиц в градиенте сред обитания и в своем роде первое – по *P. niger*. Результаты показали, что у этого вида существует широтная изменчивость ПД (рисунок) со значимо меньшими величинами в Мордовии. Однако для принятия окончательных решений на этот счет требуются дополнительные исследования с использованием более репрезентативных выборок жуков.

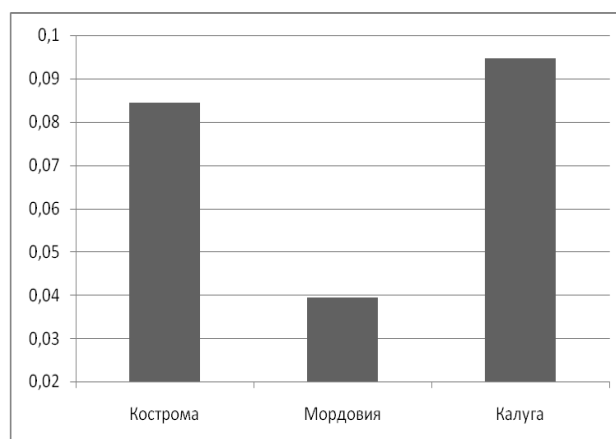


Рисунок – Изменчивость полового диморфизма по длине надкрылий у *P. niger* в разных частях ареала

Список использованных источников

1. Sukhodolskaya, R. A. Sexual Dimorphism of Insects and Conditions of Its Manifestation / R. A. Sukhodolskaya, A. A. Saveliev, T. R. Muhammetnabiev // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – Vol. 7(2). – P. 1992–2001.
2. Геодакян, В. А. Эволюционная теория пола / В. А. Геодакян // Природа. – 1991. – № 8. – С. 60–69.
3. Суходольская Р. А. Половой диморфизм жужелицы *Pseudoophonus rufipes* Dej. в агроландшафтах / Р. А. Суходольская, Г. Р. Шарафаева // Труды Казанского отделения Русского энтомологического общества. – Казань, 2016. – Вып. 4. – С. 49–54.
4. Sukhodolskaya, R. R. Crop impact on body size variation in carabid beetle *Poecilus cupreus* Linnaeus (Coleoptera, Carabidae) / R. R. Sukhodolskaya, A. A. Saveliev // Ukrainska Entomofaunistyka, Scientific online journal. – Vol. 7, No 3. – 2016. – P. 84.
5. Horne, C. R. Equal temperature–size responses of the sexes are widespread within arthropod species / C. R. Horne, D. Atkinson // Proc. R. Soc. – 2015. – В 282: 20152475.
6. Суходольская, Р. А. Изменчивость полового диморфизма в свете экогеографических правил / Р. А. Суходольская // Труды Казанского отделения РЭО. Вып. 3. – Казань : ООО «Новое знание», 2014. – С. 83–89.

R. A. Sukhodolskaya^{1,2}, A. D. Belosludcev³, V. V. Alexanov⁴, A. B. Ruchin⁵

¹Institute of Ecology and Mineral Resource Management, Academy of Sciences of Tatarstan Republic

²Kazan State Medical University

³Kazan (Volga Region) Federal University

⁴State Budgetary Institution of Kaluga Region Parks Directorate

⁵ Joint Directorate of the Mordovia State Nature Reserve and National Park «Smolny»

SEXUAL SIZE DIMORPHISM VARIATION IN GROUND BEETLE *PTEROSTICHUS NIGER* (SCHALLER, 1783) IN AREA

In our study we used the dataset of morphometric measurements in beetles *P. niger* sampled in Kostroma and Kaluga provinces and Mordovia Republic as well. 100 individuals were measured in total. We used the known Lovich formula to estimate Sexual Size Dimorphism (SSD). The latter was significantly lower in Mordovia if compared with other two regions. SSD is believed to be environmental indicator, however, it is premature to draw final conclusions.

Keywords: ground beetles, morphometric variation, sexual size dimorphism, environment, area.

УДК 598.2

К. А. Федоринчик

Белорусский государственный университет

БИОТОПИЧЕСКАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ И ВЫБОР МЕСТ ДЛЯ ГНЕЗДОВАНИЯ СОРОКОЙ (*PICA PICA*) НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ КОЛОНИЗАЦИИ УРБОЛАНДШАФТА

Анализируются биотопические предпочтения и особенности выбора мест для гнездования сороки (*Pica pica*) в городах Беларуси при формировании синурбизированных популяционных группировок. Установлено, что сорока предпочитает участки индивидуальной застройки на начальных этапах колонизации урбо-

ландшафта. Полученные результаты указывают на отсутствие паттерна в освоении урболандшафта сорокой по направлению от периферии к центру города.

Ключевые слова: городские птицы, индивидуальная застройка, плотность гнездования, Врановые, синурбизация.

Синурбизация сороки (*Pica pica*), в условиях Беларуси начавшаяся в конце прошлого столетия, способствовала смене биотопической приуроченности и пространственного распределения данного вида в республике [1], что привело к тому, что на сегодняшний день большая часть его региональной популяции сосредоточена в городах. Внедряясь в урбанизированный ландшафт, сорока прежде всего осваивала территории древесно-кустарниковых насаждений, такие как лесопарки, парки, плодовые сады, придорожные насаждения [2; 3], и вероятно затем, адаптируясь к новым местообитаниям, проникала вглубь городской застройки и закреплялась здесь на гнездовании. Несмотря на широкое распространение сороки в населенных пунктах, синурбизированные популяционные группировки данного вида сформированы далеко не во всех городах Беларуси, и в ряде из них сорока находится лишь на начальных этапах колонизации урболандшафта, что предоставляет возможность выяснить биотопические предпочтения сороки при внедрении в городскую среду, а следовательно, и пути ее освоения, что и являлось целью данного исследования.

Для достижения поставленной цели были проанализированы данные по гнездованию сороки, полученные в 2023–2025 гг. в ходе проведения количественных учетов с использованием маршрутного метода с нефиксированной шириной учетной полосы [4] в 30 городах во всех областях Беларуси, включая крупнейшие из них (за исключением Минска).

В результате проведенных исследований сорока была зарегистрирована на учетных маршрутах менее чем в половине (33,3 %) обследованных крупнейших городов, а именно в Витебске, Могилеве, Бресте, Бобруйске, Барановичах, Пинске и Полоцке. Во всех указанных городах, за исключением Баранович, где на сегодняшний день сформирована вторая по численности после Минска синурбизированная группировка сороки, насчитывающая до 130 гнездящихся пар, численность синурбизированных группировок данного вида не достигает 70 пар. Средняя плотность гнездования сороки в разнотипных биотопах крупнейших городов республики варьировала от 0,004 пар/га до 0,07 пар/га, при этом, наибольшие ее значения были характерны для территории индивидуальной застройки. Более того, в большинстве крупнейших городов сорока отмечалась на гнездовании лишь только в кварталах застройки данного типа, где данный вид располагал свои гнезда в условиях древесно-кустарниковых насаждений на приусадебных участках, на территории детских садов и аллеиных посадок вдоль дорог (плотность гнездования от 0,004 пар/га до 0,07 пар/га). В ряде городов единичные пары сорок отмечались на гнездовании также в многоэтажной застройке (Барановичи, Витебск, Пинск), и в парках и скверах (Барановичи), в первом случае плотность гнездования сороки варьировала от 0,006 пар/га до 0,009 пар/га, а во втором – составила 0,025 пар/га. Следует отметить, что 25 % всех гнезд ($n=20$) располагалось возле небольших стоячих водоемов и рек, все из которых устраивались на ивах (*Salix* sp.), что является отражением первичной биотопической приуроченности сороки в естественных ландшафтах и указывает на склонность данного вида при внедрении в город выбирать местообитания, приближенные к естественным [3].

Сорока также была отмечена на гнездовании во всех обследуемых 12 малых городах (Сморгонь, Новогрудок, Ошмяны, Дятлово (Гродненская обл.), Ивацевичи, Лунинец, Микашевичи (Брестская обл.), Воложин, Мядель, Смолевичи (Минская обл.), Браслав, Новолучкомль (Витебская обл.)), хотя и в небольшом количестве (от 2 до 7 пар), а ее гнездовые участки были приурочены к их периферийным районам. В качестве гнездовых биотопов в указанных населенных пунктах данный вид избирал насаждения на территории индивидуальной застройки, пустыри с фрагментами древесно-кустарниковой растительности, и кустарниковые заросли вдоль водоемов, преимущественно ивняковые, а также избегал многоэтажной жилой застройки. В остальных городах, в том числе и крупнейших, нами не была

зафиксирована приуроченность гнездовых участков сороки к периферийным районам, что указывало бы на путь освоения урболандшафта сороки от границ населенных пунктов к центру по градиенту урбанизации.

Для гнездования сорока использовала по меньшей мере 7 видов / пород деревьев и 1 – кустарников, наиболее предпочитаемыми из которых являлись ива (*Salix* sp.) и липа сердцевидная (*Tilia cordata*) – на данных породах суммарно располагалось 60 % всех гнезд (по 30 % соответственно; $n=20$). Оставшиеся гнезда располагались на клёне ясенелистом (*Acer negundo*) (10 %), сливе (*Prunus* sp.) (10 %), а также березе повислой (*Betula pendula*), клене (*Acer* sp.), ясене (*Fraxinus* sp.) и груше (*Pyrus* sp.) (по 5 %).

Полученные результаты указывают на отсутствие паттерна в освоении урболандшафта сорокой по направлению от периферии к центру города. Это указывает на то, что внедрение данного вида на урбанизированные территории происходит ситуативно и связано с индивидуальной экологической пластичностью птиц. Тем не менее, участки индивидуальной застройки, широко представленной в исследуемых населенных пунктах, а также небольшие групповые участки древесно-кустарниковых насаждений, в том числе вдоль водоемов, являются важным звеном в освоении урболандшафта сорокой, и предоставляют необходимые условия для закрепления данного вида в городах и дальнейшего его проникновения вглубь городской застройки.

Список использованных источников

1. Никифоров, М. Е. Птицы Беларуси на рубеже XXI века: статус, численность, распространение / М. Е. Никифоров, А. В. Козулин, В. В. Гричик, А. К. Тишечкин. – Минск : Королев Н. А., 1997. – 188 с.
2. Дацкевич, В. А. *Pica pica*: Исторический очерк и некоторые итоги орнитологических исследований в Беловежской пуще (1945–1985 гг.) / В. А. Дацкевич. – Витебск : Изд-во Витеб. гос. ун-та им. М. П. Машерова, 1998. – С. 68.
3. Никифоров, М. Е. Птицы Белоруссии: справочник-определитель гнезд и яиц / М. Е. Никифоров, Б. В. Яминский, Л. П. Шкляров. – Минск : Вышэйшая школа, 1989. – 479 с.
4. Бибби, К. Методы полевых экспедиционных исследований. Исследования и учеты птиц / К. Бибби, М. Джонс, С. Марсен. – М. : Союз охраны птиц России. – 2000. – 186 с.

К. А. Fedarynychk
Belarusian State University

HABITAT REFERENCES AND NEST-SITE SELECTION OF THE MAGPIE (*PICA PICA*) DURING THE EARLY STAGES OF URBAN LANDSCAPE COLONIZATION

The habitat references and features of nesting site selection of the magpie (*Pica pica*) in cities in Belarus during the formation of synurbic population were analyzed. It has been established that the magpie prefer individual residential buildings during the early stages of colonization of the urban landscape. The results indicate that there is no «outskirts-to-center» pattern in the magpie's colonization of the urban landscape.

Keywords: urban birds, individual residential buildings, breeding density, Corvids, synurbization.

УДК 502.055:598.244.2:574.91(476)

А. В. Черноморец, И. Э. Самусенко, А. А. Данилова, И. А. Богданович
Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам

ПОВТОРНЫЕ РЕГИСТРАЦИИ БЕЛОГО АИСТА (*CICONIA CICONIA*) ПО ДАННЫМ БЕЛОРУССКОГО ЦЕНТРА КОЛЬЦЕВАНИЯ ПТИЦ

Обобщены данные о возвратах белого аиста, содержащиеся в базе Белорусского центра кольцевания птиц. Всего в базе данных содержится информация о 81 повторной регистрации белорусских аистов из 20 стран мира. На территории Беларуси зарегистрированы 29 встреч аистов из 9 стран. Накопленные сведения являются основой для оценки особенностей миграции данного вида и влияния на нее климатических и антропогенных факторов.

Ключевые слова: Белорусский центр кольцевания птиц, научное кольцевание птиц, цветное мечение, повторные регистрации, белый аист.

Научное кольцевание птиц является важным и широко распространенным методом орнитологических исследований, применяемым с конца XIX века. Регистрация окольцованных птиц позволяет получать уникальные сведения о путях миграций, местах зимовок, продолжительности жизни, выживаемости, причинах смертности и многом другом. Учитывая трансграничный характер миграций и масштабы кольцевания, в мире создана сеть национальных центров, объединенных Европейским союзом кольцевания птиц (EURING) [2]. Получаемые данные служат научной основой для управления популяциями птиц и их сохранения как на национальном, так и на международном уровне.

В Беларуси функции координации, сбора и систематизации данных кольцевания выполняет Белорусский центр кольцевания птиц [1], созданный в 1998 г. на базе лаборатории орнитологии Института зоологии НАН Беларуси. Являясь членом EURING, Центр кольцевания осуществляет контроль и управление процессом кольцевания птиц в Беларуси, администрирует выдачу колец, ведет базы данных и поддерживает связь с центрами кольцевания других стран. Для мечения птиц используются металлические кольца, а также пластиковые метки разных сочетаний цветов, в основном – номерные ножные кольца, использование которых увеличивает количество прижизненных повторных регистраций.

Белый аист, как крупный и хорошо заметный вид, является удобным модельным объектом для изучения миграций. Его гнездовой ареал охватывает Европу, Северную Африку, Среднюю Азию, Армению, Азербайджан, восточный Ирак и Иран; нерегулярное гнездование известно в Израиле и Южной Африке, где существуют небольшие локальные группировки [3]. В настоящее время в Беларуси для его мечения с 2000 г. используются металлические кольца серии СА (диаметр 18–20 мм) с надписью «BELARUS Minsk» и зеленые пластиковые ножные кольца с белым пятизначным буквенно-цифровым кодом (Ехххх). В основном белых аистов кольцуют птенцами, пока они еще находятся в гнезде, что в будущем дает точную информацию о месте рождения птицы и продолжительности ее жизни. Настоящая работа обобщает сведения о повторных регистрациях белого аиста из базы Белорусского центра кольцевания.

На долю белого аиста приходится лишь около 2 % от общего числа возвратов в базе, однако эти данные весьма информативны. С 2000 г. непосредственно белорусскими кольцами серии СА помечено свыше 1600 птиц. Из них на территории Беларуси зарегистрировано 23 возврата по 14 птицам. Также в базе Центра кольцевания содержатся сведения о кольцевании аистов в 30-е–80-е гг. кольцами с буквенно-цифровыми кодами, начинавшимися с букв А и В, однако часть этой информации утеряна, поэтому на данный момент известно о 48 возвратах птиц с этими сериями колец, из них 14 с территории Беларуси. Всего в базе есть сведения о 81 повторной регистрации аистов, окольцованных на территории Беларуси, в 20 странах мира (таблица). Основная часть возвратов сосредоточена вдоль восточного миграционного пути, проходящего через Восточную Европу и Балканы к местам зимовки в Южной и Восточной Африке, что характерно для европейских популяций белого аиста. Наиболее часто белорусских аистов отмечали в ЮАР и Польше.

Также на территории Беларуси зафиксировано 29 встреч аистов, окольцованных в 9 странах: Польша (9), Литва (5), Эстония, Германия и Украина (по 3), Латвия и Россия (по 2), Израиль и Словакия (по 1).

Таким образом, география повторных регистраций показывает, что белорусская популяция белого аиста мигрирует по восточному пролетному пути через Польшу, Украину, Болгарию, Турцию и далее вдоль восточного побережья Средиземного моря к местам зимовок в Южной и Восточной Африке. Территория страны служит не только гнездовым ареалом, но и транзитным участком для птиц из соседних стран. Сравнительно небольшая доля возвратов, типичная для дальних мигрантов, компенсируется высокой информативностью каждой встречи. Благодаря популяризации кольцевания и доступности современных средств в связи число сообщений об окольцованных птицах растет, и накопление таких сведений в базе Цен-

тра кольцевания создает основу для количественной оценки выживаемости, филопатрии и возможных изменений миграционных стратегий вида под влиянием климатических и антропогенных факторов.

Таблица – Повторные регистрации белых аистов, окольцованных в Беларуси, в других странах

Страна	Количество повторных регистраций
ЮАР	19 (по 9 птицам)
Польша	14 (по 11 птицам)
Болгария	8
Украина	7
Литва	6 (по 3 птицам)
Израиль	5
Египет	4
Румыния	3
Зимбабве	3
Турция	2
Ботсвана	1
Эфиопия	1
Иордания	1
Кения	1
Ливия	1
Намибия	1
Словения	1
Судан	1
Сирия	1
Танзания	1

Список использованных источников

1. Белорусский центр кольцевания птиц. – URL: <https://ringing.center> (дата обращения: 01.07.2026).
2. Европейский союз кольцевания птиц (EURING). – URL: <https://euring.org> (дата обращения: 01.07.2026).
3. Internationaler Weißstorchzensus 2024 // The Nature And Biodiversity Conservation Union (NABU). – URL: <https://bergenhusen.nabu.de/weissstorch/36307.html> (дата обращения: 01.07.2026).

A. V. Chernomorets, I. E. Samusenko, A. A. Danilova, I. A. Bogdanovich

Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources

RECOVERIES OF WHITE STORKS (*CICONIA CICONIA*) ACCORDING TO THE BELARUSIAN BIRD RINGING CENTRE DATA

Recovery data on the White Stork (*Ciconia ciconia*) from the database of the Belarusian Bird Ringing Centre was summarized. In total, the database contains information on 81 recoveries of Belarusian storks from 20 countries. On the territory of Belarus, 29 encounters of storks from 9 countries were registered. The accumulated data provide a basis for assessing the migration features of this species and the influence of climatic and anthropogenic factors on it.

Keywords: Belarusian Bird Ringing Centre, scientific bird ringing, colour banding, recoveries, White Stork.

УДК 632.729.635.1/.5

Т. А. Шарейко, М. В. Конопацкая
РУП «Институт защиты растений»

МЕДВЕДКА ОБЫКНОВЕННАЯ – МНОГОЯДНЫЙ ВРЕДИТЕЛЬ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР И КАРТОФЕЛЯ

Медведка обыкновенная (*Gryllotalpa gryllotalpa* L.) относится к многоядным вредителям овощных культур и картофеля. В статье представлен обзор литературных данных по распространению, вредоносности и основным способам защиты культур от вредителя.

Ключевые слова: медведка, *Gryllotalpa gryllotalpa* L., полифаг, картофель, овощи.

Одной из распространенных проблем на приусадебных участках являются многоядные вредители, или полифаги, которые повреждают посадки овощных культур и картофеля, начиная с посадки и до уборки урожая. При этом полифаги питаются растениями из различных ботанических семейств, в связи с чем они не испытывают недостатка в пище, что способствует их высокой плодовитости, а в результате затрудняет борьбу с ними и увеличивает их вредоносность. Чаще всего вредят овощным и полевым культурам представители из отрядов жесткокрылых (Coleoptera), прямокрылых (Orthoptera) и чешуекрылых (Lepidoptera).

Среди многоядных представителей отряда прямокрылых (Orthoptera) особое место занимает медведка обыкновенная (*Gryllotalpa gryllotalpa* L.). Так как питается насекомое различными частями растений, уничтожая урожай. Кроме растительной пищи медведка поедает почвенных беспозвоночных: дождевых червей и многие виды вредоносных жуков [1]. Следует отметить, что вредитель присутствует на всех континентах, за исключением Антарктиды и повреждает огромное количество различных видов растений, в числе которых декоративные, лесные и плодовые растения (саженцы малины, клубники и т. п.), а также сельскохозяйственные культуры и сорняки [2].

О том, что медведка появилась на участке, можно судить по отверстиям в почве и по извилистым рыхлым земляным валикам, которые хорошо заметны после дождя, так как почва на них просыхает быстрее, чем на участке [3].

Основной вред овощным культурам полифаг наносит в период посадки и всходов, особенно, в парниках, поедая высеянные семена и корни рассады. На участках с культурами, у которых надземная часть располагается на земле (морковь, свекла, лук и другие) она подгрызает подземную часть растений. В результате чего при осмотре растений кажется, что стебли кто-то подрезал. В результате такие посадки уже не пригодны к дальнейшему использованию. На картофеле личинки и имаго медведки подгрызают корни и стебли, что приводит к увяданию и гибели растений, кроме того они выгрызают мякоть клубней, оставляя после себя пустоты. В результате чего снижается урожай клубней картофеля, его семенные и товарные качества, а также лежкоспособность [3].

Особенно много медведки на высокоплодородных, богатых перегноем почвах, а также на увлажненных или орошаемых участках. Обнаружить вредителя, обитающего в земле, в связи с тем, что на поверхности почвы она появляется только в ночное время, предпочитая скрытый образ жизни. В связи с чем от холода и других неблагоприятных факторов медведка защищена слоем почвы. Кроме того, вредитель отличается высокой выживаемостью и продолжительностью жизни [3].

Взрослое насекомое удлиненной формы, четко сегментированное, передние ноги широкие, плоские, зубчатые, приспособленные для рытья почвы, передние крылья кожистые, укороченные, задние – перепончатые, на конце брюшка длинные выросты. Окраска тела бархатисто-коричневая, длина от 25–33 до 35–50 мм. Выход медведки из мест зимовки начинается, когда почва на глубине ее обитания прогреется до 9–10 °С. На глубине 20 см устраивает в земле гнездо, в которое в мае-июне откладывает от 100 до 500 яиц. Яйца эллиптической формы, оливковые, длиной около 4–5 мм. Через 10–15 дней из яиц выходят личинки, первое время они живут в гнездах, а позднее, после первой линьки, выходят из них, расползаются и создают индивидуальные ходы. Личинки по форме тела похожи на взрослых особей, но не имеют крыльев, от белого до черно-каштанового цвета. Длина тела от 5–6 до 20–30 мм. Личинки 1-го возраста заканчивают свое развитие летом следующего года. Полный цикл развития одно поколение вредителя проходит в среднем за 2 года, в зависимости от условий окружающей среды. Перезимовывает медведка в стадии личинки старших возрастов, нимфы или имаго в почве на глубине до 80 см, чаще на участках богатых органикой. Расселение насекомых из мест резервации происходит за счет активного лета взрослых особей в ночное время. Во время вегетации обитают в зоне корней и клубней [4; 5].

Одним из наиболее эффективных и экологически безопасных методов борьбы с медведкой является комплекс агротехнических и механических мероприятий, включающих севооборот. Правильное распределение культур помогает своевременно проводить все мероприятия по уходу за растениями, которые способствуют значительному снижению количества вредителей на единицу площади.

Измельчение послеуборочных растительных остатков, глубокая перекопка с оборотом пласта, качественные весенне-летние междурядные обработки вызывают гибель до 70–90 % вредителя. Глубокое рыхление (10–20 см) междурядий, особенно эффективно до конца июня, так как не повреждают молодых корней высаженных растений, но разрушают подземные коммуникации мест перезимовки медведок и уничтожают их гнезда [1; 6].

Соблюдение поливного режима обеспечивает растениям благоприятные условия для формирования урожая, повышает устойчивость к вредителям. Излишнее увлажнение приводит к значительному увеличению их численности [1].

Кроме того, для защиты посевов от вредителя используют физико-механический метод. Для этого применяют отравленные приманки и различные ловушки из стеклянных или металлических банок и бутылок.

Банки вкапывают по горлышко, а бутылки – под наклоном на глубину до 5 см. На дно наливают немного растительного масла или газированной жидкости, насекомые, попав в ловушку, по гладкой поверхности стенок не могут выбраться наружу [6].

В системе мер защиты растений от медведки в последние годы приобретает актуальность химический метод. В настоящее время зарегистрировано два гранулированных инсектицида, содержащих действующее вещество имидаклоприд – «Гризли», Ги «Рофатокс», Г, которые вносят, в нормах расхода согласно «Государственному реестру средств защиты растений...» [7] однократно в почву на глубину 2–5 см перед посадкой несколькими способами, в зависимости от возделываемой культуры: 1 – внесения гранул в посадочную лунку при посадке рассады томатов; 2 – внесения гранул в посадочную лунку при посадке клубней картофеля; 3 – равномерное внесение гранул в почву через неделю после появления всходов с последующей заделкой на глубину 3–5 см и повторно через 2 недели на цветочных культурах открытого грунта.

Однако, при низкой численности – вредитель, благодаря своему роющему образу жизни, особенно вне сельскохозяйственных угодий, улучшает аэрацию почвы. Медведки могут также выступать в качестве представителя полезной фауны, уничтожая вредных насекомых [2].

Список использованных источников

1. Волчкевич, И. Г. Защита овощных культур от медведки, муравьев, слизней и улиток / И. Г. Волчкевич, Ф. А. Попов, С. В. Сорока // Защита овощных культур от вредных организмов в личных подсобных хозяйствах // РУП «Институт защиты растений». – Минск : Белорусское сельское хозяйство, 2021. – С. 110–111.
2. Жантиев, Р. Д. Медведки (Orthoptera, Gryllotalpidae) Европейской части СССР и Кавказа / Р. Д. Жантиев // Зоол. журнал. – 1991. – Т. 70, Вып. 6. – С. 69–76.
3. Рудевич, И. Как избавиться от медведки в огороде и теплице / И. Рудевич. – URL: <https://www.rbc.ru/life/news/663a70689a7947a7bf34013d> (дата обращения: 01.07.2025).
4. Интегрированные системы защиты овощных культур и картофеля от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / С. В. Сорока [и др.]. – Минск : Колорград, 2017. – 235 с.
5. Майдунова, В. Медведка и меры борьбы с вредителем овощных культур / В. Майдунова. – URL: <https://www.botanichka.ru/article/medvedka-i-meryi-borbyi-s-vreditelem-ovoshhnyih-kultur> (дата обращения: 01.07.2025).
6. Козырин, А. 10 способов борьбы с медведкой / А. Козырин. – URL: <https://www.amur.kp.ru/daily/26079/2983705> (дата обращения: 01.07.2025).
7. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь : справочное издание / ГУ «Главная гос. инспекция по семеноводству, карантину и защите растений» ; сост.: А. В. Пискун [и др.]. – URL: <https://www.ggiskzr.by/reestr-szr> (дата обращения: 01.07.2025).

MOLE CRICKET IS A POLYPHAGOUS PEST OF VEGETABLE CROPS AND POTATOES

Mole cricket (*Gryllotalpa gryllotalpa* L.) is a polyphagous pest of vegetable crops and potatoes. The article provides a review of literature data on the distribution, harmfulness and main methods of protecting crops from the pest.

Keywords: mole cricket, *Gryllotalpa gryllotalpa* L., polyphagous, potato, vegetables.

УДК 594.382(591.5-591.9)

В. О. Шашура, А. В. Рыжая, А. Д. Рыжая

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

СООБЩЕСТВА НАЗЕМНЫХ БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ (GASTROPODA, PULMONATA) ПАРКОВЫХ ЗОН ГОРОДА ГРОДНО (БЕЛАРУСЬ)

Выявлен таксономический состав и экологические комплексы наземных брюхоногих моллюсков парковых зон г. Гродно (Беларусь). Установлено, по пищевой специализации в наших сборах преобладают полифаги, психрофилы, виды, относящиеся к европейской категории ареалов, эвритропные и лесные.

Ключевые слова: наземные моллюски, видовое разнообразие, Gastropoda, Pulmonata, экологические группы, парковые зоны, город Гродно.

Для организации рационального использования природных ресурсов и решения проблем охраны окружающей среды, необходимо иметь как можно больше данных о видовом составе и особенностях биологии животных и растений, обитающих на определенной территории. Именно по этой причине во многих странах уделяется большое внимание изучению различных аспектов фауны и экологии наземных моллюсков, которые являются неотъемлемой частью наземных экосистем. Наземные моллюски занимают важное место в цепях питания. В качестве животных-обитателей почвы и подстилки, они обеспечивают одно из важнейших звеньев круговорота веществ, участвуя в трансформации растительных остатков.

Сбор материала производили в городе Гродно в период с мая по сентябрь 2024–2025 гг. в 4 биотопах. Биотоп 1 – лесопарк Румлево, расположенный на холме левого берега р. Неман, биотоп 2 – лесопарк Лососно, расположен вдоль левого берега реки Неман. Биотоп 3 – Коложский парк, расположенный на холме правого берега р. Неман, биотоп 4 – лесопарк Пышки, расположен вдоль высокого берега реки Неман. Сбор производили большей частью ручным способом, также применяли ловушки Барбера и сачок. Отловленных моллюсков на один-два дня заливали водой, после извлекали и фиксировали в 40 %-м растворе этилового спирта в стеклянной таре. Раствор меняли два раза в течение пяти дней [1]. Для установления видовой принадлежности использовали определители [2; 3]. Установление зоогеографического происхождения и выделение экологических групп проводили на основании работ К. В. Земоглядчука [4]. Оценку разнообразия проводили на основе индекса общности (коэффициента сходства) Жаккара.

За время исследования (2024–2025 гг.) собрали 12 видов, относящихся к 9 семействам, 11 родам. Объем выборки составил 176 экземпляров. Представленные в наших сборах 9 семейств составляют 38 % от фауны Беларуси. По числу видов доминируют семейства Helicidae (4 вида) и Limacidae (2 вида), остальные семейства представлены 1 видом. Выявленные 12 видов составляют 22,4 % от известной фауны Беларуси. По числу видов доминирует род *Limax*, который в наших сборах включает 2 вида *Limax maximus* (Linnaeus, 1758), *Limax cinereoniger* (Wolf, 1803). Остальные роды представлены одним видом.

В сборах за 2024 год самыми многочисленными являются 3 вида: *Krynickyillus melanocephalus* (Kaleniczenko, 1851), *Limax maximus*, *Arianta arbustorum* (Linnaeus, 1758), ко-

которые в сумме составляют 82 % от всего объема выборки. Для них характерна высокая встречаемость и численность. Такие виды, как *Arion vulgaris* (Moquin-Tandon, 1855), *Euomphalia strigella* (Draparnaud, 1801), *Fruticola fruticum* (O. F. Müller, 1774) характеризуются как малой численностью, так и низкой встречаемостью. В сборах 2025 года, напротив, самыми многочисленными являются другие три вида: *Succinea putris* (Linnaeus, 1758), *Helix pomatia* (Linnaeus, 1758), *Limax maximus*, которые в сумме составляют 78 % от всего объема выборки. Для них характерна высокая встречаемость и численность. Такие виды, как *Krynickyllus melanocephalus*, *Fruticola fruticum*, *Arianta arbustorum*, *Cochlodina laminata* (Montagu, 1803), *Xerolenta obvia* (Menke, 1828) характеризуются как малой численностью, так и низкой встречаемостью.

При изучении экологических комплексов наземных моллюсков исследованных участков установлено, что по пищевой специализации в наших сборах преобладают полифаги, которые составляют 67 % от всех выявленных видов. К ним относятся такие виды как *Krynickyllus melanocephalus*, *Arion vulgaris*, *Helix pomatia*, *Arianta arbustorum*, *Succinea putris*, *Limax cinereoniger*, *Limax maximus*, *Xerolenta obvia*. Такие виды как *Cepaea nemoralis* (Linnaeus, 1758), *Cochlodina laminata*, *Euomphalia strigella*, *Fruticola fruticum* являются олигофагами (33 %). Монофагов в наших сборах не выявлено.

По степени увлажнения исследуемых биотопов 58 % выявленных видов моллюсков относится к психрофилам, это *Arianta arbustorum*, *Arion vulgaris*, *Krynickyllus melanocephalus*, *Fruticola fruticum*, *Limax maximus*, *L. cinereoniger*, *Succinea putris*. Мезофилы (*Cochlodina laminata*, *Euomphalia strigella*) составили 17 %, ксерофил (*Xerolenta obvia*) – 8 %, ксеромезофил (*Cepaea nemoralis*) – 8 %, мезо-ксерофил (*Helix pomatia*) – 8 %. Все разнообразие ареалов наземной малакофауны Беларуси можно свести к трем категориям: палеоарктические, европейские, голарктические со всеми их подразделениями. При изучении географической структуры малакофауны парков г. Гродно установлено, что доминируют виды, относящиеся к европейской категории ареалов, такие как *Arianta arbustorum*, *Arion vulgaris*, *Limax maximus*, *Limax cinereoniger*, *Krynickyllus melanocephalus*, *Xerolenta obvia*, *Cepaea nemoralis*. Также нами найден только один вид, принадлежащий к палеоарктической категории, *Succinea putris*.

Анализируя биотопические предпочтения видов на исследуемых участках, можно сделать вывод, что наших сборах наибольшую в видовом отношении группу составляют эвритопные виды (50 % от малакофауны парков г. Гродно), также парки богаты лесными видами – 42 %, а самая малая группа видов – луговая, 8 %.

Наиболее богатым по видовому составу является лесопарк Лососно (биотоп 2), где встретились 8 из 12 видов, в Румлевском парке (биотоп 1) найдено 6 видов, в урочище Пышки (биотоп 4) – 5 видов. Самым бедным по видовому составу оказался Коложский парк (биотоп 3), где встречено 2 вида. При анализе степени общности видового состава биотопов случаев полного и большого соответствия (коэффициент Жаккара выше 0,65) не выявлено. Наиболее высокое сходство отмечено между лесопарками Лососно и урочищем Пышки ($J = 0,63$), что объясняется близостью условий увлажнения и сходством естественной растительности.

Список использованных источников

1. Фасулати, К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных / К. К. Фасулати. – М.: Выш. шк., 1971. – 163 с.
2. Фауна Беларуси: наземные моллюски. – URL: http://www.konstantinz.byethost32.com/shell_morphology.htm (дата обращения: 10.03.2025).
3. Стойко, Т. Г. Определитель наземных моллюсков лесостепи Правобережного Поволжья / Т. Г. Стойко, О. В. Булавкина ; отв. ред. Ан. А. Шилейко ; М-во образования и науки Рос. Федер., Пенз. гос. пед. ун-т им. В. Г. Белинского. – М. : Товарищество науч. изд. КМК, 2010. – 96 с.
4. Земоглядчук, К. В. Наземные моллюски Беларуси: таксономический состав, зоогеографическая и экологическая структура : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.04 / К. В. Земоглядчук. – Минск, 2016. – С. 263.

**TERRESTRIAL GASTROPOD COMMUNITIES (GASTROPODA, PULMONATA)
IN GRODNO PARK AREAS (BELARUS)**

The taxonomic composition and ecological complexes of terrestrial gastropods in parklands of Grodno, Belarus, were identified. It was established that, in terms of diet, our collections are dominated by polyphagous, psychrophilic species, species belonging to the European habitat category, eurytopic and forest species.

Keywords: terrestrial mollusks, species diversity, Gastropoda, Pulmonata, ecological groups, parklands, Grodno.

УДК 59.009(476-13)

**И. С. Юрченко, В. Ч. Домбровский, Д. Н. Иванцов, Н. Г. Надина,
А. Ч. Шестак, В. А. Шаркевич**

*Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение
«Полесский государственный радиационно-экологический заповедник»*

**ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ФАУНЫ
ПОЛЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА**

Приводятся данные о видовом составе фауны Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, находящего в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС. В настоящее время зарегистрировано 1352 вида из 21 класса, из которых в Красную книгу Республики Беларусь включено 120. Учитывая разнообразие экологических условий территории и уникальную представленность биотопов, в перспективе в заповеднике можно ожидать обнаружение и других видов животных.

Ключевые слова: ПГРЭЗ, фауна, охраняемые виды животных, природно-очаговые гельминтозы

В результате аварии на ЧАЭС произошло резкое снижение воздействия на экосистемы зоны отчуждения комплекса антропогенных факторов вследствие переселения проживающих там людей и прекращения традиционной хозяйственной деятельности, введения строгого охранного режима территории, осуществления мер по облесению и обводнению ранее эксплуатируемых сельскохозяйственных земель наряду с постоянным радиационным воздействием. Это обусловило своеобразные и уникальные экологические условия для существования всего биологического разнообразия региона.

Полесский государственный радиационно-экологический заповедник (ПГРЭЗ) образован на землях белорусского сектора зоны отчуждения Чернобыльской АЭС с целью осуществления комплекса мероприятий по предотвращению выноса радионуклидов за пределы его территории, изучения состояния природных растительных комплексов, ведения радиационно-экологического мониторинга, проведения радиобиологических исследований.

Основной акцент проводимых в первые годы после аварии на ЧАЭС научных работ ПГРЭЗ делался на наиболее актуальные в тот период радиобиологические исследования. Однако проводимые в стране работы по изучению животного мира указывали на высокий потенциал заповедника в сохранении биоразнообразия фауны. На тот момент фауна заповедника насчитывала 44 вида млекопитающих, более 200 видов птиц и 25 видов рыб [1].

В настоящее время представляют видовое разнообразие млекопитающих заповедника 65 видов, из которых в Красную книгу Республики Беларусь включено 14. Территориальные группировки рыси (около 30 ос.) и барсука (около 150 ос.) являются одними из крупнейших даже среди обитающих на ООПТ Беларуси. Постоянным обитателем заповедника является медведь. Также в списке охраняемых такие редкие виды, как 2 представителя семейства соновые (полчок и орешниковая), 6 видов летучих мышей, зубр и самый редкий вид териофауны Беларуси – последний ныне живущий представитель диких лошадей, вид высокой

природоохранной значимости, обитающий на территории республики в количестве около 60 особей только в границах ПГРЭЗ – лошадь Пржевальского.

Зубры полесской популяции никогда не подвергались селекционному изъятию и формированию ее социальной, половозрастной структуры. Освоение зубрами территории заповедника происходит естественным путем, без вмешательства человека. На начало 2026 года численность популяции зубра составляет 232 особи. С момента вселения в ПГРЭЗ в популяции родилось 268 телят. Усредненный многолетний показатель рождаемости зубров находится на уровне 10,5 %. Очень низкие показатели рождаемости (ниже 10 %) отмечены для 10 из 29 лет существования популяции. Сложившаяся на начало 2026 года возрастная структура популяции характеризуется преобладанием взрослых особей (84 %), на долю молодняка от 1 до 4 лет приходится 13 %, телята текущего года рождения составляют 3 %. В настоящее время общая площадь района обитания составляет 25,1 тыс. га при плотности 8,4 особ./1000 га. Основу социальной структуры в вегетативный период составляют 12 смешанных группировок зубров, в зимний период – 8 укрупненных смешанных групп.

Видовое разнообразие птиц ПГРЭЗ представляют 245 видов из 55 семейств, в Красную книгу Республики Беларусь включено 64 вида. Среди видов, охраняемых на международном уровне, на территории заповедника высока численность орлана-белохвоста – здесь гнездится не менее 20 пар, а общая численность вида – около 100 особей. Численность большого подорлика, находящегося под глобальной угрозой исчезновения в Европе, составляет минимум 16 пар и имеется тенденция к дальнейшему увеличению его численности.

Герпетофауна включает 19 видов: 12 видов амфибий и 7 – рептилий; в Красную книгу включены три из них – гребенчатый тритон, медянка и болотная черепаха – самое древнее и наиболее долго живущее позвоночное животное. В ПГРЭЗ сосредоточена наибольшая в Беларуси и одна из крупнейших в Европе популяция болотной черепахи численностью около 50 тыс. особей. Почти половину популяции составляют половозрелые особи.

В водоемах и водотоках ПГРЭЗ обитает 39 видов рыб из 6 отрядов. Наибольшее количество видов относится к семейству Cyprinidae. Видов, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, пока не выявлено, однако в реке Припять (г. Мозырь) регистрировали стерлядь, сырть, озерного голяна и обыкновенного усача. Предположительно, они обитают в реке и на участке р. Припять, который протекает по территории заповедника.

Установлено обитание 985 видов беспозвоночных животных из 7 типов, которые включают представителей наземной и водной фауны заповедника, среди которых 39 видов насекомых включены в Красную книгу Республики Беларусь. Паразитический образ жизни ведут представители 142 видов, среди которых выявлены гельминты, являющиеся возбудителями природно-очаговых гельминтозов, такие, как *Apophallus donicus*, *Metorchis bilis*, *Opisthorchis felinus*, *Pseudamphistomum truncatum*, *Spirometra erinacei*, *Trichinella spiralis* и *Dirofilaria immitis*.

Обитающие территории ПГРЭЗ животные являются радиоактивным материалом, который при его использовании требует специального обращения. Содержание радионуклидов в органах и тканях диких животных конгруентно плотности загрязнения этим радионуклидом почвы в районе их обитания. Диапазон индивидуальных различий удельной активности ^{137}Cs в организме млекопитающих заповедника составляет несколько порядков. Установлено, что около 50 % исследованных особей относятся к категории «твердые радиоактивные отходы». Ретроспективный анализ показывает, что содержание ^{137}Cs в мышечной ткани животных с 1986 г. по настоящее время снизилось более чем в 20 раз, однако, не смотря на прошедший период полураспада радионуклида, за последние 5 лет выраженного тренда снижения содержания ^{137}Cs не наблюдается.

Список использованных источников

1. Животный мир в зоне аварии Чернобыльской АЭС / Акад. наук Беларуси, Ин-т зоологии ; под ред. Л. М. Сушени, М. М. Пикулика, А. Е. Пленина. – Минск : Навука і тэхніка, 1995. – 263 с.

**ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF THE FAUNA
OF THE POLESSKY STATE RADIOECOLOGICAL RESERVE**

The article provides data on the species composition of the fauna of the Polesky State Radiation and Ecological Reserve, which is located in the exclusion zone of the Chernobyl Nuclear Power Plant. Currently, 1352 species from 21 classes have been registered, of which 120 are included in the Red Book of the Republic of Belarus. Given the diverse ecological conditions of the territory and the unique representation of biotopes, it is possible that other animal species will be discovered in the reserve in the future.

Keywords: PSRER, fauna, protected animal species, natural focal helminthiasis.

УДК 59:59.006

Д. С. Юрчик, Т. А. Чупраков

Государственное учреждение культуры «Гродненский зоологический парк»

**АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И ДИНАМИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ,
ТЕРПЯЩИХ БЕДСТВИЕ, В ГУК «ГРОДНЕНСКИЙ ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК»
(2019–2025 гг.)**

Проанализировано поступление 637 диких животных в ГУК «Гродненский зоологический парк» за 2019–2025 гг. Основной причиной госпитализации стали травмы, обусловленные человеческой деятельностью. Снижение доли поступления здоровых животных с 45,9 % до 17,5 % указывает на рост экологической грамотности населения.

Ключевые слова: дикие животные, реабилитация, Гродненский зоологический парк, антропогенное воздействие, травматизм.

В настоящее время зоопарки всё чаще берут на себя функцию центров реабилитации дикой фауны. Следует отметить, что животные могут быть приняты в зоопарк только с разрешения и по распоряжению региональной инспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды. Цель исследования – проанализировать динамику и причины поступления животных в ГУК «Гродненский зоологический парк» (2019–2025 гг.), оценить влияние антропогенного фактора, включая нерациональное изъятие молодняка из природы, и обосновать необходимость расширения эколого-просветительской работы учреждения.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили данные ветеринарного учета и журналы регистрации поступления диких животных в ГУК «Гродненский зоологический парк» за 2019–2025 гг. Всего было проанализировано 637 случаев поступления (рисунок 1). Животные классифицировались по таксономической принадлежности (птицы, млекопитающие, рептилии), возрастному статусу (взрослые особи, молодняк) и основной причине поступления (опорно-двигательные нарушения, висцеральные патологии, инвазии и дистрофия, поступление клинически здоровых особей). Статистическая обработка данных проводилась методами вариационной статистики с расчетом процентных долей.

Результаты и обсуждение. За исследуемый период наблюдается неравномерная динамика поступления животных с пиком в 2024 году (105 особей) и спадом в 2023 году (58 особей). Основную массу поступивших составляют птицы (78 %) и млекопитающие (21 %) (рисунок 2).

Среди **птиц** наиболее чаще всего в стационар попадают пустельга (*Falco tinnunculus*) – 14,63 %, аист белый (*Ciconia ciconia*) – 13,63 %, чайка хохотунья (*Larus cachinnans*) – 12,22 %, сова ушастая (*Asio otus*) – 9,62 %. Среди **млекопитающих** лидируют еж обыкновенный (*Erinaceus europaeus*) – 28,36 %, заяц-русак (*Lepus europaeus*) – 25,37 % и летучие

мыши – 12,69 %. Анализ *причин госпитализации* за 7 лет выявил четкую иерархию проблем (рисунок 3).

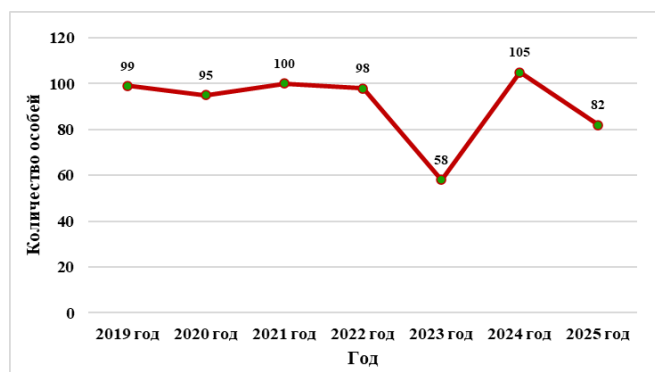


Рисунок 1 – Количество особей, поступивших в зоопарк в период с 2019 по 2025 гг.

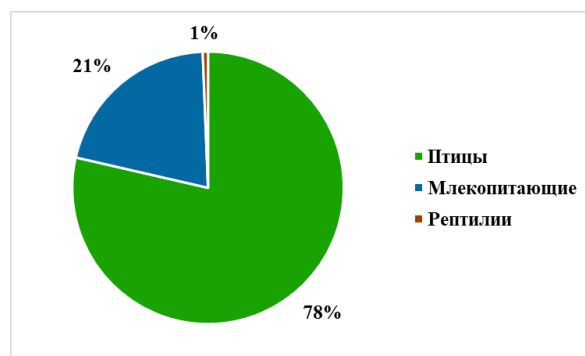


Рисунок 2 – Процентное соотношение диких животных, поступивших в зоопарк в период с 2019 по 2025 гг.

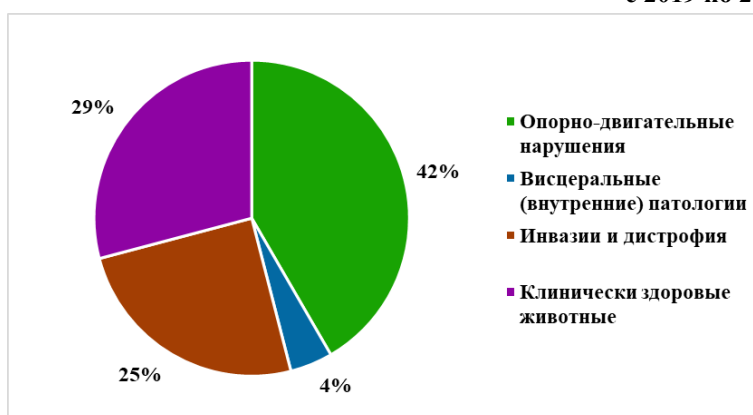


Рисунок 3 – Причины поступления диких животных из природы в зоопарк

Опорно-двигательные нарушения составили в общей сложности 276 случаев. Доля этой причины нестабильна и имеет тенденцию к росту: с 36,88 % в 2019 г. до 56,66 % в 2023 г. Это прямо указывает на высокий уровень травматизма (ДТП, удары о стекла, падение с высоты и др.). *Клинически здоровые животные* – 193 случая. Снижение доли клинически здоровых животных (с 45,9 % в 2019 г. до 17,6 % в 2025 г.) оценивается как положительный результат просветительской работы зоопарка. Это указывает на то, что население стало реже изымать из природы здоровых слётков и детёнышей. В 165 случаях причиной поступления животных в зоопарк стали *инвазии и дистрофия*. Пик пришелся на 2021 год (40 %), что может быть связано с неблагоприятными погодными условиями или эпидемиологической обстановкой среди диких популяций. Наименее частой причиной госпитализации стали *висцеральные патологии* (29 случаев; от 0,96 % в 2024 г. до 8 % в 2021 г.). Низкая доля данной группы заболеваний обусловлена сложностью их первичной диагностики в условиях зоопарка из-за отсутствия специализированного диагностического оборудования.

Сравнение *возрастных групп* показывает, что среди млекопитающих (особенно у ежей и зайцев) преобладает молодняк, тогда как среди птиц соотношение взрослых и молодых особей более сбалансировано (рисунок 4).

Отдельного внимания заслуживает группа рептилий. Наряду с аборигенным видом – черепахой болотной (*Emys orbicularis*), в зоопарк регулярно поступают красноухие черепахи (*Trachemys scripta*). Это является прямым следствием неконтролируемого выпуска бывших

домашних питомцев в естественные водоемы, что создает угрозу локальным экосистемам и требует отдельной просветительской работы.

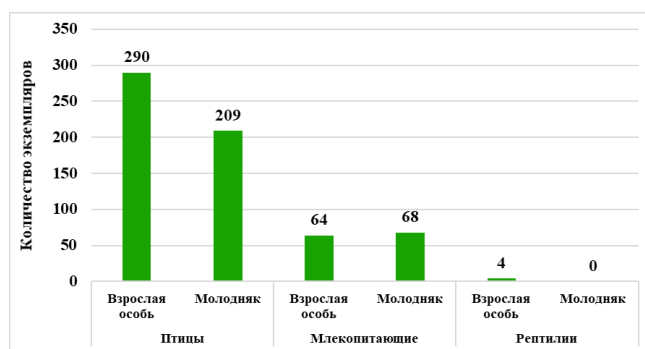


Рисунок 4 – Возрастно-таксономическая структура поступления диких животных в зоопарк с 2019 по 2025 гг.

ГУК «Гродненский зоологический парк» играет ключевую роль в системе реабилитации дикой фауны региона, принимая с 58 до 105 особей в год. Ведущей причиной поступления диких животных в зоопарк являются травмы (опорно-двигательные нарушения), что обуславливает необходимость разработки профилактических мер. Снижение доли поступления клинически здоровых животных оценивается как положительный результат эколого-просветительской деятельности зоопарка, но требует и дальнейшей работы. Рекомендуется усилить работу по информированию населения о недопустимости выпуска инвазивных видов (красноухая черепаха) в природную среду.

D. S. Yurchik, T. A. Chuprakov
State Cultural Institution «Grodno Zoo»

ANALYSIS OF THE STRUCTURE AND DYNAMICS OF INTAKE OF WILD ANIMALS IN DISTRESS AT THE STATE CULTURAL INSTITUTION «GRODNO ZOO» (2019–2025)

The intake of 637 wild animals at the Grodno Zoo from 2019 to 2025 was analyzed. The main reason for hospitalization was injuries caused by human activity. The decrease in the share of healthy animals from 45,9 % to 17,5 % indicates an increase in the ecological awareness of the population.

Keywords: wild animals, rehabilitation, Grodno Zoo, human impact, injuries.

РАЗДЕЛ 4.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БИОХИМИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА

УДК 574.24:615.32

Л. А. Бабкина, М. Е. Железнов

Курский государственный медицинский университет

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ АНТИОКСИДАНТНОГО ПОТЕНЦИАЛА РОЗМАРИНА

Рассматривается розмарин лекарственный как источник антиоксидантов для профилактики окислительного стресса. Антиоксидантная активность настоя розмарина по методу аутоокисления адреналина составила 73,26 %. In vivo в условиях окислительного стресса двигательная активность инфузорий снижалась до 37,56 % от контроля, однако предварительная экспозиция в 0,1 % настое розмарина позволяла сохранить ее на уровне 88,73 % контроля.

Ключевые слова: антиоксидантный потенциал, биотестирование, розмарин, аутоокисление адреналина.

Пряно-ароматические растения рассматривают как перспективные источники антиоксидантов, которые человек может получать в составе пищевых продуктов для профилактики развития окислительного стресса. Среди природных антиоксидантов розмарин лекарственный (*Rosmarinus officinalis*) обладает достаточно высокой антиоксидантной активностью. Важным аспектом использования розмарина как источника антиоксидантов является его безопасность [1]. В составе розмарина выделяют комплекс биологически активных веществ с доказанной антиоксидантной активностью. Наиболее активными компонентами в составе розмарина являются тритерпены, фенольные дитерпены, флавоноиды и фенольные кислоты, в том числе розмариновая, карнозиновая, розманола, карнозол, урсоловая и бетулиновая кислоты [2]. Механизм антиоксидантного действия соединений розмарина основан на обрыве свободнорадикальных процессов за счет связывания активных форм кислорода, а также на способности образовывать хелатные соединения с металлами. В исследованиях показано, что карнозиновая кислота и карнозол розмарина оказывают более сильное влияние на перекисное окисление мембранных липидов, чем искусственные антиоксиданты [3]. Так, карнозиновая кислота в условиях окислительного стресса способна подавлять перекисное окисление липидов на 88–100 % за счет способности повышения или поддержания активности супероксиддисмутазы и глутатионпероксидазы.

Существуют различные физико-химические методы анализа для оценки антиоксидантных свойств. Однако важно учитывать, что антиоксидантная активность розмарина зависит от концентрации активных компонентов, наличия ингибиторов или синергетического эффекта с другими соединениями и определяется стадией вегетации растения, способом экстракции и типом экстрагента. Методы биотестирования учитывают интегральный эффект комплекса веществ и их метаболические превращения, тем самым повышая биологическую достоверность оценки антиоксидантного потенциала растений.

Цель работы заключалась в изучении антиоксидантного потенциала розмарина различными методами. Для исследования использовали 0,1 % водный настой побегов растения. Антиоксидантную активность настоя оценивали по ингибированию аутоокисления 0,1 % раствора адреналина *in vitro* в течение 5 минут при $\lambda=347$ нм и выражали в % [4]. Показатель более 10 % свидетельствовал о наличии антиоксидантной активности. При биотестировании тест-объектом послужила инфузория *Paramecium*, тест-параметром – количество колебательных движений за 1 минуту. Моделирование окислительного стресса осуществляли путем добавления в культивационную среду перекиси водорода с конечной концентрацией 1 % [5]. Контролем послужили инфузории, содержащиеся в чистой культивационной воде. Для оценки потенциального негативного влияния растительного сырья измеряли тест-параметр в среде с 0,1 % настоем розмарина. Для изучения защитного действия антиоксидантов в составе розмарина инфузорий предварительно культивировали в среде 0,1 % настоя растения, после

чего в эту среду добавляли 1 % H_2O_2 . Статистический анализ выполняли с использованием программы MS Excel. При описании количественных признаков использовались параметры нормального распределения: среднее значение и стандартная ошибка. Для сравнения двух независимых выборок применяли критерий Стьюдента. Для оценки взаимосвязи антиоксидантной активности и тест-параметра проводили корреляционный анализ. Уровень значимости принимали равный 0,05.

Антиоксидантная активность настоя розмарина, определенная по аутоокислению адреналина, составила $73,26 \pm 0,25$ %, что свидетельствует о выраженных антиоксидантных свойствах. В условиях развития окислительного стресса происходит снижение количества колебательных движений инфузорий и составляет 37,56 % от контрольных значений ($t_{st}=13,10$). При культивировании тест-объекта в 0,1 % настое розмарина не было выявлено токсического или стимулирующего эффекта ($t_{st}=1,74$). Предварительная экспозиция инфузорий в среде с настоем розмарина способствовала сохранению их двигательной активности при добавлении перекиси водорода: частота колебательных движений возросла в 2,36 раза ($t_{st}=10,33$) по сравнению со средой с прооксидантом и составила 88,73 % контроля ($t_{st}=2,08$), что демонстрирует эффективную защиту клеток от окислительного повреждения. Корреляционный анализ выявил сильную взаимосвязь ($r=0,98$) между показателями антиоксидантного потенциала настоя розмарина, определенными методом аутоокисления адреналина, и результатами биотестирования по оценке двигательной активности инфузорий.

Таким образом, настой розмарина в концентрации 0,1 % обладает выраженными антиоксидантными свойствами и эффективно защищает клетки от окислительного повреждения пероксидом водорода. Высокая корреляционная связь между показателями оценки антиоксидантного потенциала настоя розмарина методами *in vitro* и *in vivo* свидетельствует о согласованности результатов. Включение в рацион питания розмарина можно рассматривать как эффективный механизм нейтрализации избытка свободных радикалов в организме человека.

Список использованных источников

1. Jiang, T. A. Health benefits of culinary herbs and spices / T. A. Jiang // J AOAC Int. – 2019. – Vol. 102(2). – P. 395–411.
2. Ghasemzadeh Rahbardar M. Therapeutic effects of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and its active constituents on nervous system disorders / M. Ghasemzadeh Rahbardar, H. Hosseinzadeh // Iran J Basic Med Sci. – 2020. – Vol. 23(9). – P. 1100–1112.
3. Nieto G. Antioxidant and antimicrobial properties of Rosemary (*Rosmarinus officinalis*, L.): a review / G. Nieto, G. Ros, J. Castillo // Medicines (Basel). – 2018. – Vol. 5(3). – Art. 98.
4. Патент №2738302 Российская Федерация, МПК G01N 33/15 (2006.01). Способ оценки антиоксидантной активности биологически активных препаратов: №2020119631: заявл. 8.06.2020; опубл. 11.12.2020 / И. Г. Малюгина, В. А. Волков, В. М. Мисин [и др.]; заявитель, ИБФХ РАН. – URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2738302C1_20201211.pdf
5. Тринеева, О. В. Исследование мембраностабилизирующей антиоксидантной и антитоксической активности водных извлечений из лекарственного растительного сырья (на примере плодов облепихи крушенивидной и листьев крапивы двудомной) на тест-системе *Parameciumcaudatum* / О. В. Тринеева, А. И. Сливкин // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2016. – № 1. – С. 165–169.

L. A. Babkina, M. E. Zheleznov
Kursk state medical University

METHODS FOR ASSESSING THE ANTIOXIDANT POTENTIAL OF ROSEMARY

Rosemary is considered as a source of antioxidants for the prevention of oxidative stress. The antioxidant activity of rosemary infusion by the method of autooxidation of adrenaline was 73.26 %. In vivo under conditions of oxidative stress, the motor activity of ciliates decreased to 37.56 % of the control, however, the preliminary exposure in 0.1 % rosemary infusion allowed to maintain it at the level of 88.73 % of the control.

Keywords: antioxidant potential, biotesting, rosemary, adrenaline auto-oxidation.

БИОЭНЕРГЕТИКА КЛЕТКИ: МЕХАНИЗМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ И РОЛЬ МИТОХОНДРИЙ В СИНТЕЗЕ АТФ

Представлена разработка электронного информационно-образовательного ресурса «Биоэнергетика: механизмы преобразования, хранения и использования энергии в клетке», созданного в среде Microsoft PowerPoint. Ресурс включает два основных раздела, охватывающих основы биоэнергетики, пути синтеза АТФ, строение митохондрий и хемиосмотическую теорию П. Митчелла. Материал систематизирован с использованием структурно-логической схем, что обеспечивает наглядность и доступность изучения сложных биохимических процессов. Разработанный ресурс предназначен для самостоятельного освоения, закрепления знаний и использования в ходе лекционных занятий по биохимии.

Ключевые слова: митохондрии, АТФ, энергия, фотосинтез.

Первый раздел разработанного ресурса «Основные принципы биоэнергетики» включает ключевые понятия дисциплины, процессы метаболизма и механизмы биологического окисления. Биоэнергетика – наука, изучающая процессы преобразования, хранения и использования энергии клеткой на молекулярном уровне. Понимание этих процессов имеет значение для медицины (лечение диабета и сердечно-сосудистых заболеваний), сельского хозяйства (повышение урожайности) и энергетики (создание биотоплива) [1]. Основными принципами биоэнергетики являются: закон сохранения энергии; второй закон термодинамики; транспорт энергии с помощью молекул АТФ, НАДН и ФАДН₂; превращение энергии из одной формы в другую; энергетические реакции, связанные с выделением или поглощением энергии [1; 2]. Эти принципы помогают объяснить, как живые системы получают, транспортируют и используют энергию для поддержания жизни [3].

Метаболизм – это совокупность процессов превращения веществ и трансформации энергии. В обмене веществ различают структурный (пластический) и энергетический обмен. Метаболизм включает два противоположных процесса: анаболизм (синтез сложных веществ с поглощением энергии) и катаболизм (распад сложных веществ с выделением энергии) [3, 4]. Катаболические и анаболические реакции различаются локализацией в клетке: окисление жирных кислот осуществляется митохондриальными ферментами, тогда как синтез жирных кислот катализирует система ферментов цитозоля. Именно благодаря разной локализации эти процессы могут протекать одновременно [3; 4].

Биологическое окисление – клеточный процесс, в котором органические вещества в ходе окислительно-восстановительных реакций выделяют энергию (АТФ), СО₂ и Н₂О. Между биологическим окислением и горением существуют принципиальные различия: биологическое окисление протекает в мягких условиях; энергия высвобождается ступенчато, причем часть её аккумулируется в макроэргических соединениях; окисление более интенсивно протекает в органах и тканях с большим содержанием воды. Окислительно-восстановительные реакции протекают по стадиям: образование ацетил-КоА; окисление ацетил-КоА в цикле трикарбоновых кислот с образованием СО₂ и восстановленных коферментов НАДН(Н⁺) и ФАДН₂; окисление водорода восстановленных коферментов в дыхательной цепи с образованием воды и АТФ [5].

АТФ (аденозинтрифосфат) – универсальный источник энергии для всех биохимических процессов [6]. Пути синтеза АТФ в клетке включают окислительное и субстратное фосфорилирование. Окислительное фосфорилирование – образование АТФ за счёт энергии, выделяемой в процессе окисления питательных веществ. Этот механизм протекает в митохондриях и является основным путём образования АТФ. Процесс состоит из электрон-транспортной цепи и хемиосмоса. Ключевые этапы: доставка электронов при помощи НАДН и ФАДН₂; перенос электронов с образованием протонного градиента; расщепление кислорода с образова-

ем воды; синтез АТФ через АТФ-синтазу [6; 7]. Субстратное фосфорилирование – образование АТФ за счёт энергии высокоэнергетических субстратов.

Этот механизм имеет второстепенное значение, протекает в основном в цитоплазме и служит для быстрой регенерации АТФ независимо от доступности кислорода [6].

Второй раздел ресурса посвящён структуре и механизму функционирования митохондрий. Митохондрии – внутриклеточные органеллы, содержащиеся во всех клетках эукариот, за исключением зрелых эритроцитов. Структура митохондрий включает: наружную митохондриальную мембрану, проницаемую для небольших молекул и ионов; межмембранное пространство, в котором накапливаются протоны; внутреннюю мембрану, образующую кристы, увеличивающие площадь поверхности для размещения ферментов дыхательной цепи и АТФ-синтазы; матрикс, содержащий ферменты цикла Кребса, рибосомы, ДНК и РНК [8]. Процесс энергообразования в митохондриях включает четыре стадии: превращение пирувата и жирных кислот в ацетил-КоА; окисление ацетил-КоА в цикле Кребса с образованием НАДН и CO_2 ; перенос электронов с НАДН на кислород по дыхательной цепи с образованием H_2O ; образование АТФ в результате деятельности АТФ-синтазного комплекса [8; 9].

Хемиосмотическая теория сопряжения (П. Митчелл, 1961–1966) связывает синтез АТФ в митохондриях с трансмембранным электрохимическим потенциалом ионов водорода на внутренней мембране. Основные постулаты теории: внутренняя мембрана митохондрий непроницаема для ионов H^+ , OH^- , K^+ и Cl^- ; за счёт энергии транспорта электронов из матрикса выкачиваются H^+ в межмембранное пространство; возникающий электрохимический потенциал H^+ расходуется на синтез АТФ; возвращение H^+ в матрикс возможно только через протонный канал АТФ-синтазы [8; 10]. Дыхательная цепь включает четыре белковых комплекса: комплекс I окисляет НАДН и перекачивает 4 протона; комплекс II окисляет сукцинат до фумарата; комплекс III окисляет восстановленный убихинон; комплекс IV переносит электроны на кислород [8; 10; 11]. В результате совместного действия транслоказ фосфат и АДФ поступают в матрикс, а АТФ выходит в цитоплазму. Хемиосмотическая теория остаётся единственной концепцией, удовлетворительно объясняющей большинство эмпирических фактов, полученных при изучении функциональной активности митохондрий [11; 12].

Таким образом, биоэнергетика клетки основана на согласованной работе метаболических путей, структурной организации митохондрий и молекулярных механизмах трансформации энергии. Окислительное фосфорилирование является основным путём синтеза АТФ, субстратное фосфорилирование служит резервным механизмом. Хемиосмотическая теория Митчелла раскрывает принцип сопряжения дыхания и фосфорилирования через протонный градиент. Понимание этих механизмов имеет фундаментальное и прикладное значение для биологии, медицины и биотехнологии.

Список использованных источников

1. Ленц, Р. Н. Биоэнергетика и клеточная биология / Р. Н. Ленц. – М. : Медпресс, 2020. – 450 с.
2. Никитин, А. Д. Биоэнергетика клетки / А. Д. Никитин. – М. : Наука, 2018. – 320 с.
3. Котович, И. В. Основы динамической биохимии : учеб.-метод. пособие / И. В. Котович, В. П. Баран, Н. В. Румянцева. – Витебск : УО ВГАВМ, 2005. – 82 с.
4. Амура, Ш. А. Метаболизм клетки и механизмы хранения энергии / Ш. А. Амура // Журнал общей биологии. – 2021. – Т. 82, № 3. – С. 234–250.
5. Нельсон, Д. Основы биохимии Ленинджера. В 3 т. Т. 2. Биоэнергетика и метаболизм / Д. Нельсон, М. Кокс ; пер. с англ. ; под ред. А. А. Богданова, С. Н. Кочеткова. – М : Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 636 с.
6. Гусев, А. В. Биоэнергетика: роль АТФ и электрон-транспортной цепи / А. В. Гусев, М. И. Степанова. – Казань : Казанский университет, 2022. – 220 с.
7. Емельянов, В. В. Биохимия : учеб. пособие / В. В. Емельянов, Н. Е. Максимова, Н. Н. Мочульская. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 132 с.
8. Заводник, И. Б. Биоэнергетика. Преобразования энергии в биологических системах / И. Б. Заводник // Биология: проблемы выкладки. – 2012. – № 4. – С. 3–11.

9. Федоров, А. А. Митохондриальная биология и биоэнергетика / А. А. Федоров, В. В. Смирнов. – СПб. : Невский университет, 2024. – 300 с.
10. Скулачев, В. П. Законы биоэнергетики / В. П. Скулачев // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – № 1. – С. 9–14.
11. Structure and mechanism of mitochondrial electron transport chain / R. Guo [et al.] // Biomed. J. – 2018. – Vol. 41. – P. 9–20.
12. Structure at 2.8 Å resolution of F1-ATPase from bovine heart mitochondria / J. P. Abrahams [et al.] // Nature. – 1994. – Vol. 370. – P. 621–628.

P. S. Volodko. P. E. Anisko
Yanka Kupala State University of Grodno

BIOENERGETICS OF THE CELL: MECHANISMS OF ENERGY CONVERSION AND THE ROLE OF MITOCHONDRIA IN ATP SYNTHESIS

The development of an electronic information and educational resource «Bioenergetics: mechanisms of transformation, storage and use of energy in the cell», created in the Microsoft PowerPoint environment, is presented. The resource includes two main sections covering the basics of bioenergetics, ATP synthesis pathways, mitochondrial structure, and P. Mitchell's chemiosmotic theory. The material is systematized using structural and logical schemes, which provides visibility and accessibility to the study of complex biochemical processes. The developed resource is intended for independent development, consolidation of knowledge and use during lectures on biochemistry.

Keywords: mitochondria, ATP, energy, photosynthesis.

УДК 614.876

В. В. Дробышевская¹, А. С. Зыблев²

¹Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека

²Гомельский государственный медицинский университет

ЭВОЛЮЦИЯ КРИТЕРИЕВ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ПОСТЧЕРНОБЫЛЬСКИЙ ПЕРИОД

Изложена история установления допустимых уровней содержания радионуклидов в продуктах питания и сырье, направленных на снижение доз внутреннего облучения населения в постчернобыльский период. Показана динамика доз внутреннего облучения населения, проживающего на территории радиоактивного загрязнения.

Ключевые слова: допустимые уровни содержания радионуклидов в продуктах питания, доза внутреннего облучения, радиационная защита.

Введение. После аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. были установлены и регулярно обновлялись дозовые пределы облучения населения, допустимые уровни содержания радионуклидов в продуктах питания и питьевой воде, сельскохозяйственном сырье и кормах, лесном хозяйстве и др., обеспечивающие радиационную безопасность населения.

В 1991 г. был принят Закон Республики Беларусь «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС», которым установлено, что средняя годовая эффективная доза облучения населения не должна превышать 1 мЗв над уровнем естественного и техногенного радиационного фона.

Материалы и методы исследования. Материалами исследования являются дозы внутреннего облучения населения из баз данных Государственного дозиметрического регистра. Удельная активность ¹³⁷Cs в теле человека измерялась на спектрометрах излучения человека (далее – СИЧ), функционирующих в учреждениях здравоохранения в наиболее загрязненных радионуклидами районах.

Результаты исследования и их обсуждение. Фактические дозы облучения населения определяются сложившейся радиационно-гигиенической обстановкой, хозяйственной деятельностью и социально-экономической ситуацией. По величине фактических доз облучения и их динамике можно судить об эффективности защитных мероприятий.

Внутреннее облучение жителей вследствие чернобыльской аварии обусловлено преимущественно поступлением в организм ¹³⁷Cs с местными продуктами питания. Установле-

ние предельно допустимых уровней содержания радионуклидов в продуктах питания является защитным мероприятием, направленным на снижение доз внутреннего облучения населения. На первых этапах после аварии действовали временные допустимые уровни содержания ^{137}Cs в пищевых продуктах (ВДУ-86, ВДУ-88), принятые в СССР. В 1990 г. разработаны «Республиканские контрольные уровни содержания радионуклидов цезия и стронция в продуктах питания и питьевой воде (РКУ-90)». В дальнейшем принимались республиканские допустимые уровни содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-92, РДУ-96, РДУ-99), которые учитывали конкретные послеаварийные условия и были рассчитаны, чтобы доза внутреннего облучения не превышала годового дозового предела в 1 мЗв за счет поступления радионуклидов с пищевыми продуктами.

Реализация мероприятий по ликвидации последствий чернобыльской катастрофы и естественный распад радионуклидов создали условия для ужесточения допустимых норм содержания радионуклидов в продуктах питания и сырье (таблица). В результате проведенных мероприятий величина накопленной дозы пострадавшими жителями Беларуси за 1986–2005 гг. составила 24 000 чел.-Зв вместо ожидаемой величины 176 000 чел.-Зв. Предотвращенная коллективная доза составила 152 000 чел.-Зв [1]. В Гомельской области наибольшая величина предотвращенной дозы облучения населения наблюдалась в 1991–1995 годы [2].

С 2023 г. действуют «Референтные уровни содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в пищевых продуктах» (ГН-2022). Таким образом, за послеаварийный период нормативы на содержание радионуклидов в основных продуктах питания последовательно снижались (таблица).

Таблица – Допустимые уровни содержания радионуклидов цезия в основных пищевых продуктах, действующие в Республике Беларусь после аварии на Чернобыльской АЭС, Бк/кг, л

Наименование продукта	РКУ-90	РДУ-92	РДУ-96	РДУ-99	ГН-2022
Молоко и цельномолочная продукция	185	111	111	100	100
Мясо и мясная продукция	600	600			200
Говядина, баранина	-	-	600	500	-
Свинина, птица	-	-	370	180	-
Картофель	600	370	100	80	80
Хлеб и хлебобулочные изделия	370	185	74	40	40

Обследование на СИЧ является основой индивидуального дозиметрического контроля доз внутреннего облучения и проводится для контроля текущего уровня облучения населения.

Согласно результатам анализа, в 2008 году в учреждениях здравоохранения на СИЧ было обследовано более 110 тысяч жителей населённых пунктов, расположенных на территориях радиоактивного загрязнения. Превышение предела дозы облучения в 1 мЗв/год установлено у 480 человек, т. е. у 0,43 % от общей численности обследованных лиц, причём 458 человек – жители населённых пунктов Гомельской области. Наибольшее количество превышений предела дозы выявлено у жителей Наровлянского района – 131 случай (2,24 % от общей численности обследованных в районе). Среднее значение дозы внутреннего облучения у жителей Гомельской области составляло 0,044 мЗв/год, Могилевской области – 0,042 мЗв/год, Брестской области – 0,016 мЗв/год. В 2024–2025 гг. было обследовано более 64 тысяч жителей, превышения выявлены у 6 человек, т. е. у 0,01 %, среднее значение дозы внутреннего облучения составляло 0,015 мЗв/год. Превышение предела доз внутреннего облучения населения в настоящее время обусловлено употреблением в пищу дикорастущих грибов и ягод.

Заключение. Таким образом, снижение нормативов на содержание радионуклидов в основных продуктах питания обусловлено реальным улучшением радиационной обстановки.

Среднее значение дозы внутреннего облучения за период 2015–2025 гг. не превышало 0,02 мЗв/год, что свидетельствуют о практически стабильных во времени величинах дозы внутреннего облучения населения и характерно для современного этапа – отдалённого периода аварии. На современном этапе послеаварийного периода следует рекомендовать переход

к системе мониторингового наблюдения индивидуальных доз внутреннего облучения населения в наиболее загрязненных радионуклидами населенных пунктах.

Список использованных источников

1. Кенигсберг, Я. Э. Ионизирующая радиация и риски для здоровья / Я. Э. Кенигсберг, Ю. Е. Крюк. – Гомель : Институт радиологии, 2005. – 70 с.
2. Проблемы радиационной реабилитации загрязненных территорий / Ю. М. Жученко [и др.] ; под ред. В. Ю. Агееца. – Гомель : Институт радиологии, 2004. – 121 с.

V. V. Drobyshevskaya¹, A. S. Zyblev²

¹Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology

²Gomel State Medical University

**EVOLUTION OF RADIATION PROTECTION CRITERIA FOR THE POPULATION
OF THE REPUBLIC OF BELARUS IN THE POST-CHERNOBYL PERIOD**

The article outlines the history of establishing permissible levels of radionuclides in food products and raw materials, aimed at reducing internal exposure doses to the population in the post-Chernobyl period. The dynamics of internal exposure doses for the population living in radioactively contaminated areas are shown.

Keywords: permissible levels of radionuclides in food products, internal exposure dose, radiation protection.

УДК 591.436.2:594.3:621.38

С. В. Емельянчик¹, О. В. Грасевич², Е. М. Федина²

¹Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

²Гродненский государственный медицинский университет

**ВЛИЯНИЕ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК
НА СТРУКТУРНЫЕ И ЦИТОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
КЛЕТОК ГЕПАТОПАНКРЕАСА УЛИТКИ *HELIX POMATIA***

Улиткам *Helix pomatia* вместе с кормом вводили порошок из многостенных углеродных нанотрубок. После оценивали морфологические и гистохимические изменения в гепатопанкреасе моллюсков. По результатам морфологических исследований в опытных образцах увеличивалось количество экскреторных клеток в гепатопанкреасе, их площадь и плотность, гистохимические исследования показали уменьшение активности ферментов сукцинатдегидрогеназы и лактатдегидрогеназы, а также содержания рибонуклеопротеидов.

Ключевые слова: многостенные углеродные нанотрубки, виноградная улитка, гепатопанкреас, сукцинатдегидрогеназа, лактатдегидрогеназа.

Углеродные наноматериалы всё чаще встречаются в нанотехнологиях и в ряде потребительских товаров. В связи с растущим применением наноматериалов в медицине, исследования их токсичности довольно быстро получили мировое научное признание. Окружающая среда подвержена потенциальным рискам, связанным с наноматериалами, которые могут попадать в нее через разливы на очистных сооружениях, дожди и стоки [1]. Брюхоногие моллюски повсеместно распространены и считаются хорошими биоиндикаторами загрязняющих веществ ввиду их широкого географического распространения, малоподвижного образа жизни и легкой доступности [2].

Цель работы – оценка влияния многостенных углеродных нанотрубок на структурные и цитохимические показатели клеток гепатопанкреаса улитки *Helix pomatia* (Linnaeus, 1758) как модели негативных последствий воздействия нанополлютантов.

В работе использован материал от 24 особей *H. pomatia*, относящихся к роду *Helix*, семейства Helicidae, отряда Stylommatophora, подкласса Pulmonata, класса Gastropoda, тип Mollusca. Животных собирали во влажных экологически чистых местах поймы р. Неман г. Гродно. Собранных животных кормили листьями салата, добавляя в еду порошок из многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ) (диаметр: 50–90 нм, длина: 1–2 мкм, площадь

поверхности: 60–300 м²/г, >95 %, Guangzhou Hongwu Material Technology Co., Ltd., Jiangsu, Китайская Народная Республика (CAS No. 308068-56-6)).

Для изучения структурных особенностей клеток пищеварительной железы улиток анестезировали с помощью хлорида магния и удаляли раковину, после вырезали образцы гепатопанкреаса и фиксировали в жидкости Карнуа, заключали в парафин, далее изготавливали парафиновые срезы толщиной 5 мкм и окрашивали их гематоксилином и эозином. Для изучения окислительного метаболизма клеток пищеварительной железы образцы гепатопанкреаса замораживали и хранили в жидком азоте. Серийные криостатные срезы толщиной 10 мкм обрабатывали на выявление активности оксидоредуктаз, связанных с циклом Кребса: сукцинатдегидрогеназы (СДГ), с гликолизом – лактатдегидрогеназы (ЛДГ). Для выявления содержания рибонуклеопротеинов (РНП) кусочки гепатопанкреаса сразу после забора фиксировали в жидкости Карнуа и заключали в парафин, изготавливали парафиновые срезы толщиной 10 мкм и окрашивали их галлоцианин-хромовыми квасцами по методу Эйнарсона.

Количественную оценку размеров и формы пищеварительных и экскреторных клеток гепатопанкреаса проводили, оценивая минимальный и максимальный размеры пищеварительных клеток, периметр и площадь клеток. Определяли также количество экскреторных клеток на единицу площади гепатопанкреаса. Цитофотометрическое исследование гистохимических препаратов проводили, определяя оптическую плотность полученного осадка хромогена в цитоплазме пищеварительных клеток, на максимуме поглощения окрашенных продуктов реакций. Относительную активность и содержание вещества выражали в единицах оптической плотности.

Полученные цифровые данные обрабатывали с помощью компьютерной программы Statistica, используя описательную статистику. Объекты исследования набирали в группы независимо друг от друга, поэтому сравнение групп по одному признаку проводили с помощью критерия Манна-Уитни для независимых выборок (Mann-Whitney U-test). Различия между группами считали статистически значимыми, если вероятность ошибочной оценки не превышала 5 % ($p < 0,05$).

Морфометрический анализ эпителия гепатопанкреаса улиток не выявил достоверных различий в размерах и форме пищеварительных клеток и их ядер у контрольных и опытных образцов. В группе, получавшей МУНТ, в пищеварительных клетках отмечено увеличение количества вакуолей. Под воздействием многостенных углеродных нанотрубок в гепатопанкреасе *H. pomatia* происходит изменение клеточного состава эпителия пищеварительных желез: увеличивается количество экскреторных клеток в 4,1 раза, отмечается гипертрофия экскреторных клеток: площадь экскреторных клеток увеличена в 1,45, при $p = 0,0011$, что служит признаком активации защитных механизмов и усиления процессов детоксикации. Гистологические изменения, выявленные в гепатопанкреасе можно рассматривать как индикатор повышенной токсической нагрузки и адаптивную реакцию, направленную на нормализацию работы пищеварительной системы и скорейшее выведение поллютантов из организма. При гистохимическом исследовании клеток гепатопанкреаса *H. pomatia* установлено, что активность СДГ (фермент, расположенный на внутренней мембране митохондрий и участвующий в аэробном окислении углеводов в цикле Кребса) в опытной группе уменьшена на 34,04 % ($p = 0,0120$), активность ЛДГ (фермент, участвующий в конечных этапах гликолиза, играет ключевую роль в анаэробном гликолизе, превращая пируват в лактат) уменьшена на 27,7 % ($p = 0,0304$) по сравнению с контрольной группой. Снижение активности СДГ и ЛДГ в клетках гепатопанкреаса *H. pomatia* группы «МУНТ» может говорить о том, что МУНТ вызывают развитие окислительного стресса в организме данных животных. Изучение препаратов, окрашенных по методу Эйнарсона, показало, что содержание РНП понижено на 37,28 % ($p = 0,0009$) в опытной группе. Снижение содержания РНП в клетках гепатопанкреаса улиток под действием МУНТ является маркером клеточного стресса или токсического воздействия.

Можно предположить, что в пищеварительных клетках гепатопанкреаса МУНТ напрямую повреждают клеточные структуры, участвующие в сборке и функционировании РНП.

Таким образом, многостенные углеродные нанотрубки оказывают негативное воздействие на структурные показатели клеток гепатопанкреаса улитки *H. pomatia*. Настоящее исследование подтверждает, что виноградные улитки являются подходящей моделью среди беспозвоночных животных для оценки токсичности наноматериалов, в том числе для оценки экотоксического воздействия наночастиц в наземной среде.

Список использованных источников

1. Glenn, J. B. Interactions of gold nanoparticles with freshwater aquatic macrophytes are size and species dependent / J. B. Glenn, S. A. White, S. J. Klaine // *Environ Toxicol Chem.* – 2012. – Vol. 31. – P. 194–201.
2. Toxicity of engineered nanomaterials to aquatic and land snails: a scientometric and systematic review / M. B. Caixeta, P. S. Araújo, B. B. Gonçalves [et al.] // *Chemosphere.* – 2020. – Vol. 260. – P. 489–525.

S. V. Emel'yanchik¹, O. V. Grasevich², E. M. Phedina

¹Yanka Kupala State University of Grodno

²Grodno State Medical University

EFFECT OF MULTI-WALLED CARBON NANOTUBES ON STRUCTURAL AND CYTOCHEMICAL INDICES OF HEPATOPANCREAS CELLS OF THE SNAIL *HELIX POMATIA*

Helix pomatia snails were fed a powder of multiwalled carbon nanotubes along with their food. Morphological and histochemical changes in the hepatopancreas were then assessed. Morphological studies revealed an increase in the number, area, and density of excretory cells in the hepatopancreas in the experimental samples. Histochemical studies revealed a decrease in the activity of succinate dehydrogenase and lactate dehydrogenase enzymes, as well as in ribonucleoprotein content.

Keywords: multiwalled carbon nanotubes, snail, hepatopancreas, succinate dehydrogenase, lactate dehydrogenase.

УДК 611.813.11

С. И. Карелин

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

РАЗВИТИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА ПРИ ТАБАКОКУРЕНИИ У МОЛОДЫХ ЖЕНЩИН

Определено состояние прооксидантно-антиоксидантной системы слюны при табакокурении у молодых людей.

Ключевые слова: перекисное окисление липидов, диеновые конъюгаты, малоновый диальдегид, каталаза, глутатион.

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) а XX веке табачная эпидемия убила 100 миллионов человек, а в течение XXI века предполагают, она убьет 1 миллиард человек [1]. Актуальность работы как в социальном, так и практическом плане не вызывает сомнения. Исследований показателей перекисного окисления липидов (ПОЛ) и антиоксидантной защиты в слюне непосредственно до курения и сразу после его окончания в сравнении со практически здоровыми молодыми женщинами не проводили.

Цель исследования – определить состояние прооксидантно-антиоксидантной системы слюны при табакокурении у молодых людей.

Материал и методы. Материал получен от студентов женского пола (20 человек) 2-го курса Гродненского государственного медицинского университета в возрасте от 19 до 21 года без нарушений суточного ритма основных физиологических функций. К курильщикам (12 человек) согласно рекомендациям ВОЗ относили лиц, курящих ежедневно или эпизодически. Группу контроля составили 8 практически здоровых некурящих добровольцев. Группы некурящих и курильщиков были сопоставимы по возрасту. Исследования осуществляли с использованием информированного согласия. Исследуемые натошак сдавали слюну: первый

раз до курения, второй – сразу после курения, а у лиц контрольной группы взятие слюны проводилось однократно. В слюне определяли интенсивность процессов ПОЛ по концентрации первичных и вторичных продуктов этих реакций – диеновых конъюгатов (ДК) и малонового диальдегида (МДА), а также состояние антиоксидантной защиты (АОЗ), которое оценивали по активности каталазы и содержанию восстановленного глутатиона.

Полученные данные были обработаны методами вариационной статистики с использованием пакета прикладных программ для персонального компьютера «Statistica 10.0». Все показатели проверялись на соответствие признака закону нормального распределения с использованием критерия Шапиро-Уилка. Достоверность дисперсионного анализа множественных сравнений оценивались с использованием критерия Манна-Уитни. За достоверный принимали уровень статистической значимости $p < 0,05$ [2].

Собственные данные и их обсуждение. При анализе полученных данных было установлено: табакокурение приводит к увеличению прооксидантного состояния, как при хроническом, так и при остром окислительном стрессе. Концентрация МДА увеличилась с 1,433 до 2,460 мкмоль/л (на 58,6 %) ($p \leq 0,05$) у курильщиков до курения; и с 1,434 до 2,981 мкмоль/л (на 48,1 %) ($p \leq 0,05$) у курильщиков после курения по сравнению с контрольной группой. Уровень ДК понизился с 1,433 до 1,125 Ед/мл (на 27,3 %) и повысился с 1,525 до 1,605 Ед/мл по сравнению с контрольной группой.

При курении происходит ослабление антиоксидантного потенциала организма, что выражается в достоверном снижении концентрации восстановленного глутатиона и в уменьшении активности каталазы. Содержание восстановленного глутатиона снизилось на 26 % ($p \leq 0,05$) у курильщиков до курения и на 58 % ($p \leq 0,05$) у курильщиков после курения по сравнению с контрольной группой. Активность каталазы увеличилась на 17 % у курильщиков до курения и уменьшилась на 20 % у курильщиков после курения по сравнению с контрольной группой, однако эти данные статистические не достоверны.

Накопление активных форм кислорода, перекисей в значительных количествах может сопровождаться целым рядом негативных изменений. Эти изменения касаются повреждения лизосом с выходом гидролитических ферментов, снижения прочности биологических мембран клеток, окисления сульфгидрильных групп глюкозо-6-фосфат дегидрогеназы, инактивацией глутатиона, липоевой кислоты и др. Важным звеном антиокислительной системы являются биомолекулы содержащие сульфгидрильные группы. Основной мобильный фонд сульфгидрильных групп представляет собой глутатион, который содержится почти во всех клетках. Его антиоксидантное действие обеспечивают, в том числе, глутатионредуктаза, глутатион-S-трансфераза. Восстановленный глутатион осуществляет детоксикацию перекиси водорода и гидроперекисей, которые возникают при реакции активных форм кислорода с полиненасыщенными жирными кислотами мембран.

Таким образом, табакокурение негативно сказывается на прооксидантно-антиоксидантную систему молодого женского организма.

Список использованных источников

1. Всемирный день борьбы с табакокурением // Официальный сайт М-ва здравоохранения Респ. Беларусь. – URL: http://www.minzdrav.by/med/article/see.php?&art_nid=313 (дата обращения: 20.11.2025).
2. Реброва, О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA / О. Ю. Реброва. – М. : МедиаСфера, 2002. – 312 с.

S. I. Karelin

Yanka Kupala State University of Grodno

DEVELOPMENT OF OXIDATIVE STRESS DURING TOBACCO SMOKING IN YOUNG WOMEN

The state of the prooxidant-antioxidant system of saliva during tobacco smoking in young people was determined.

Keywords: lipid peroxidation, diene conjugates, malondialdehyde, catalase, glutathione.

РОСТОРЕГУЛИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ 24-ЭПИБРАССИНОЛИДА ПРИ ЕГО СОВМЕСТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ С ФЕРУЛОВОЙ КИСЛОТОЙ НА РАСТЕНИЯХ ГРЕЧИХИ ПОСЕВНОЙ (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH.)

Установлено, что на различные морфометрические показатели роста и развития гречихи посевной сорта Омега эпибрасинолид, феруловая кислота и их эквимоллярная смесь оказывали различное влияние. Выявлено ингибирующее влияние высокой дозы и синергетический положительный эффект по показателю массы побегов раствора с концентрацией 10^{-9} М.

Ключевые слова: гречиха, 24-эпибрасинолид, феруловая кислота, рострегулирующая активность, энергия прорастания, всхожесть.

Гречиха посевная является важной сельскохозяйственной культурой, так как ее крупа содержит белки, макро- и микроэлементы, растительные масла и многие витамины. Она является признанным медоносом и хорошим предшественником для зерновых культур [1]. Но эта культура неустойчива к абиотическим и биотическим факторам среды, что является одной из причин низкой урожайности. Основными мероприятиями по повышению устойчивости считаются селекция, использование устойчивых сортов и химические методы защиты, зачастую являющиеся неэкологичными [2]. Поэтому параллельно развивается направление, основанное на использовании гормонов растений или их синтетических аналогов. К ним относятся брасиностероиды (БС). Их действие на растения отличается от фитогормонов с узконаправленной определенной активностью. Они обеспечивают взаимодействие других гормонов, координируя их работу [3]. Результаты исследований позволили прийти к выводам, что БС являются стрессовыми адаптогенами с ростостимулирующей активностью [4]. Наиболее исследованным соединением является 24-эпибрасинолид (ЭБ), результатом чего явилось создание его коммерческого препарата эпина [5]. Но наука не стоит на месте, и продолжают попытки повысить эффективность БС за счет их объединения с соединениями, также обладающими биологической активностью. К ним относятся органические кислоты, в том числе феруловая, и ее синергетическое действие с ЭБ на пшенице уже установлено [6; 7].

Целью нашей работы являлась оценка влияния эпибрасинолида, феруловой кислоты и их эквимоллярной смеси на морфометрические показатели роста и развития гречихи посевной. Объектами исследования служили растворы ЭБ, феруловой кислоты (ФК) с концентрациями 10^{-10} , 10^{-9} , 10^{-8} и 10^{-7} М и их эквимоллярная смесь. Все препараты были предоставлены сотрудниками Лаборатории химии стероидов ИБОХ НАН Беларуси. Тест-объектом являлась гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench) нового тетраплоидного сорта Омега [8]. Семена замачивали в растворах на 5 часов. Оценку всхожести и энергии прорастания осуществляли согласно ГОСТ 12038–84 [9]. Дополнительно определяли высоту и массу побегов, а также длину корешков.

Результаты эксперимента показали, что исследуемые соединения оказали различное влияние на разные показатели. Так, ЭБ повышал энергию прорастания только в вариантах с концентрациями 10^{-10} и 10^{-9} М (+3,7 и 1,8 % к контролю соответственно). Растворы с концентрациями 10^{-8} М и 10^{-7} М, наоборот, вызывали значительное понижение этого показателя на 14,2 и 16,8 % соответственно. ФК при концентрациях 10^{-10} и 10^{-7} М понизила энергию прорастания на 6,2 и 8,8 % соответственно, а 10^{-9} и 10^{-8} М – повысила на 22,1 и 15,0 % соответственно. Эквимоллярная смесь (ЭС), вопреки ожиданиям, оказала отрицательное влияние в минимальной и максимальной дозах (–8,8 и –15,0 % к контролю соответственно), а повышение при использовании средних доз было незначительным. По сравнению с энергией прорастания влияние всех соединений на всхожесть было выражено намного слабее, но четко проявилось отрицательное влияние максимальной дозы ЭБ, что сказалось и на действии ЭС.

Высоту побегов ЭБ значимо повышал только в самой низкой применяемой дозе 10^{-10} М (+29,3 % к контролю). В остальных вариантах (10^{-9} , 10^{-8} и 10^{-7} М) этот показатель

уменьшался на 5,8, 15,0 и 13,1 % соответственно по отношению к контролю. ФК вызвала увеличение высоты побегов при использовании растворов с концентрациями 10^{-10} и 10^{-9} М на 10,3 и 32,2 % соответственно. Растворы с концентрациями 10^{-8} и 10^{-7} М вызвали уменьшение этого показателя на 3,4 и 17,7 %. Применение ЭС также оказало положительный эффект в вариантах с концентрациями 10^{-10} и 10^{-9} М (+16,6 и 8,8 % соответственно). Концентрации 10^{-8} и 10^{-7} М вызвали снижение этого показателя на 1,8, и 25,0 % соответственно.

Массу побегов ЭБ повышал также только в самой низкой применяемой концентрации 10^{-10} М (+29,2 % к контролю). ФК оказала положительное влияние при использовании растворов с концентрациями 10^{-10} , 10^{-9} и 10^{-8} М на 17,5, 18,7 и 10,5 % соответственно ЭС в вариантах с концентрациями 10^{-10} и 10^{-9} М оказала существенное положительное влияние, повысив массу побегов на 16,4 и 32,7 %. При использовании дозы 10^{-9} М наблюдался синергетический эффект. Массу проростков ЭБ повышал при использовании растворов с концентрациями 10^{-10} , 10^{-9} и 10^{-8} М на 2,3, 16,1 и 26,0 % соответственно по отношению к контролю. Самая высокая доза препарата (10^{-7} М) вызывала понижение этого показателя на 12,7 % по отношению к контролю. ФК оказала положительное влияние на массу растений при использовании растворов с концентрациями 10^{-9} и 10^{-8} М на 16,1 и 27,6 % соответственно. Минимальная доза вызвала уменьшение этого показателя на 16,5 %, а максимальная – на 2,1 %. ЭС в вариантах с концентрациями 10^{-9} , 10^{-8} и 10^{-7} М оказала существенное положительное влияние, повысив массу растений на 6,4, 9,4 и 22,4 %. При применении раствора с концентрацией 10^{-10} М происходило уменьшение этого показателя на 8,4 % по отношению к контролю.

Таким образом, по морфометрическим показателям роста и развития гречихи посевной сорта Омега не удалось выявить одну оптимальную концентрацию для ЭБ, ФК и их эквимоллярной смеси. Наиболее четко проявилось ингибирующее влияние самой высокой дозы при применении для замачивания семян раствора с концентрацией 10^{-7} М. Синергетический эффект наблюдался по показателю масса побегов при использовании дозы 10^{-9} М.

Список использованных источников

1. Кротов, А. С. Гречиха / А. С. Кротов. – М. : Сельхозиздат, 1963. – 256 с.
2. Нехаев, А. А. Высокие урожаи гречихи – каждый год / А. А. Нехаев, А. Н. Анохин. – Минск : Ураджай, 1988. – 39 с.
3. Дерфлинг, К. Н. Гормоны растений / К. Н. Дерфлинг. – М. : Наука, 1989. – 351 с.
4. Хрипач, В. А. Брассиностероиды / В. А. Хрипач, Ф. А. Лахвич, В. Н. Жабинский. – Минск : Наука и техника, 1993. – 287 с.
5. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / Л. В. Плешко [и др.]. – Минск : Земледелие и защита растений, 2014. – 628 с.
6. Совместное действие брассиностероидов и феруловой кислоты на начальный рост растений яровой пшеницы / Н. Е. Манжелесова [и др.] // Физиология растений. – 2024. – Т. 71, № 3. – С. 268–279.
7. Росторегулирующая активность брассиностероидов при совместном использовании их с феруловой кислотой на растениях яровой пшеницы / Р. П. Литвиновская [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 2025. – Т. 61, № 2. – С. 172–184.
8. Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений // ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». – URL: <http://sorttest.by/registry.php> (дата обращения: 01.06.2026).
9. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести = Agricultural seeds. Methods for determination of germination: ГОСТ 12038–84. – М. : Стандартинформ, 2011. – 29 с.

S. E. Karoza

A. S. Pushkin State University of Brest

GROWTH-REGULATING ACTIVITY OF 24-EPIBRASSINOLIDE WHEN COMPOSITION WITH FERULIC ACID ON BUCKWHEAT PLANTS (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH.)

It was found that Omegaepibrassinolide, ferulic acid and their equimolar mixture had a different effect on various morphometric indicators of the growth and development of buckwheat. The inhibitory effect of a high dose and a synergistic positive effect in terms of the mass of shoots of a solution with a concentration of 10^{-9} M were revealed.

Keywords: buckwheat, 24-epibrassinolide, ferulic acid, growth-regulating activity, germination energy, germination.

БЕСКОНТАКТНОЕ ПОДАВЛЕНИЕ РОСТА CANDIDA ALBICANS ЛЕТУЧИМИ КОМПОНЕНТАМИ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ МЯТЫ, ГВОЗДИКИ И ЧАЙНОГО ДЕРЕВА

Изучена антимикотическая активность паров эфирных масел мяты перечной (*Mentha piperita*), гвоздики (*Caryophyllus aromaticus*) и чайного дерева (*Melaleuca alternifolia*) в отношении шести штаммов *Candida albicans* (пять клинических изолятов и ATCC 10231). Использован модифицированный метод герметичной камеры с индивидуальной инкубацией в zip-lock-пакетах (1 л). Масло чайного дерева проявило наибольшую активность (МИО 10–40 мкл), гвоздики – вариабельную (30–50 мкл), мяты – наименьшую.

Ключевые слова: *Candida albicans*, эфирные масла, паровая фаза, бесконтактное действие, минимальный ингибирующий объём, чайное дерево, гвоздика, мята перечная.

Кандидозные инфекции слизистых оболочек – одна из распространённых проблем клинической практики. Вульвовагинальный кандидоз занимает особое место: до 75 % женщин репродуктивного возраста переносят хотя бы один эпизод, 40–50 % имеют рецидивы 2–4 раза в год [1]. Основной возбудитель – *Candida albicans* (80–92 % случаев). Для лечения используют азолы и полиеновые антибиотики, однако они вызывают побочные эффекты, а резистентность к азолам растёт. Эфирные масла (ЭМ) – перспективные альтернативные средства с доказанной антимикотической активностью [2]. Их многокомпонентность создаёт эффект множественных мишеней, снижая риск устойчивости [2]. Цель работы – изучить бесконтактное (в газовой фазе) подавление роста *C. albicans* летучими компонентами ЭМ мяты, гвоздики и чайного дерева [3].

Использованы 6 штаммов *C. albicans*: клинические изоляты БГ-9, БГ-17, БГ-21, БГ-41, БГ-49 и референтный ATCC 10231. ЭМ гвоздики, мяты перечной и чайного дерева («Медикалфорт») приобретены в аптечной сети. Плотную среду Sabouraud Dextrose Agar разливали в чашки Петри (Ø 100 мм) слоем $4,0 \pm 0,5$ мм. Чашки подсушивали при 37 °С 20 мин. Диски фильтровальной бумаги (Ø 90 мм) крепили к внутренней поверхности крышки. 48-часовую культуру суспендировали в 0,9 % NaCl до 0,5 по Макфарланду ($\sim 1,5 \times 10^8$ КОЕ/мл). На чашку высевали 3 – 4 штамма (по 0,1 мл в сектор). На диск наносили ЭМ в объёмах 10 – 80 мкл. Контроль – 80 мкл вазелинового масла. Чашки инкубировали в zip-lock-пакетах (1 л) при 25 °С 48 ч крышкой вниз.

Таблица 1 – Активность паров масла чайного дерева

Штамм	Концентрация, мкл	Ингибирование (из 3)	P (Fisher, двуст.)	Значимость
БГ-9	10	0/3	1,000	н.з.
БГ-9	20	1/3	1,000	н.з.
БГ-9	30	3/3	0,100	Тенденция
БГ-9	40-80	3/3	0,100	Тенденция
БГ-17	10-30	0/3	1,000	н.з.
БГ-17	40-80	3/3	0,100	Тенденция
БГ-21	10	0/3	1,000	н.з.
БГ-21	20	1/3	1,000	н.з.
БГ-21	30-80	3/3	0,100	Тенденция
БГ-41	10	0/3	1,000	н.з.
БГ-41	20	2/3	0,400	н.з.
БГ-41	30-80	3/3	0,100	Тенденция
БГ-49	10-30	0/3	1,000	н.з.
БГ-49	40-80	3/3	0,100	Тенденция
ATCC10231	10-80	3/3	0,100	Тенденция

Таблица 2 – Активность паров масла гвоздики

Штамм	Концентрация, мкл	Ингибирование (из 3)	P (Fisher, двуст.)	Значимость
БГ-9	10-40	0/3	1,000	н.з.
БГ-9	50	2/3	0,400	н.з.
БГ-9	60-80	3/3	0,100	Тенденция
БГ-17	10-80	0/3	1,000	н.з.
БГ-21	10-30	0/3	1,000	н.з.
БГ-21	40-80	3/3	0,100	Тенденция
БГ-41	10-20	0/3	1,000	н.з.
БГ-41	30-80	3/3	0,100	Тенденция
БГ-49	10-20	0/3	1,000	н.з.
БГ-49	30-80	3/3	0,100	Тенденция
ATCC10231	10-20	0/3	1,000	н.з.
ATCC10231	30	1/3	1,000	н.з.
ATCC10231	40-80	3/3	0,100	Тенденция

Таблица 3 – Активность паров масла мяты перечной

Штамм	Концентрация, мкл	Ингибирование (из 3)	P (Fisher, двуст.)	Значимость
БГ-9	10-80	0/3	1,000	н.з.
БГ-17	10-80	0/3	1,000	н.з.
БГ-21	10-80	0/3	1,000	н.з.
БГ-41	10-20	0/3	1,000	н.з.
БГ-41	30-80	3/3	0,100	Тенденция
БГ-49	10-80	0/3	1,000	н.з.
ATCC10231	10-40	0/3	1,000	н.з.
ATCC10231	50-80	3/3	0,100	Тенденция

н. з. – незначимо

Определяли минимальный ингибирующий объём (МИО). Каждый эксперимент выполняли в трёх независимых повторностях. Статистическую обработку проводили с использованием точного критерия Фишера и критерия Кохрана–Армитаджа (R 4.3.2). Различия считали значимыми при $p < 0,05$.

В контроле (вазелиновое масло) отмечен сплошной рост всех штаммов. Наибольшую активность показало масло чайного дерева: ATCC 10231 – МИО ≤ 10 мкл; БГ-9, БГ-21, БГ-41 – 30 мкл; БГ-17, БГ-49 – 40 мкл.

Масло гвоздики активно, но вариабельно: МИО 30–50 мкл для большинства штаммов, БГ-17 резистентен. Масло мяты перечной наименее активно. Бесконтактное паровое действие ЭМ перспективно для профилактики кандидоза – например, в гигиенических изделиях (прокладках, вкладышах) с микродозами масел, действующих без контакта со слизистой. В дальнейшем планируется оценить влияние на лактобактерии для определения терапевтического окна.

Список использованных источников

1. Denning, D. W. Global burden of recurrent vulvovaginal candidiasis: a systematic review / D. W. Denning, M. Kneale, J. D. Sobel, R. Rautemaa-Richardson // Lancet Infect. Dis. – 2018. – Vol. 18, № 11. – P. 339–347.
2. Inouye, S. The vapour activity of oregano, perilla, tea tree, lavender, clove, and geranium oils against a Trichophyton mentagrophytes in a closed box / S. Inouye, K. Uchida, S. Abe // J. Infect. Chemother. – 2001. – Vol. 7, № 4. – P. 251–254.
3. Nedorostova, L. Antimicrobial properties of selected essential oils in vapour phase against foodborne bacteria / L. Nedorostova, P. Kloucek, L. Kokoska, M. Stolcova, J. Pulkrabek // Food Control. – 2009. – Vol. 20, № 2. – P. 157–160.

NON-CONTACT INHIBITION OF CANDIDA ALBICANS GROWTH BY VOLATILE COMPONENTS OF PEPPERMINT, CLOVE AND TEA TREE ESSENTIAL OILS

The antifungal activity of vapours from peppermint (*Mentha piperita*), clove (*Caryophyllus aromaticus*) and tea tree (*Melaleuca alternifolia*) essential oils against six strains of *Candida albicans* (five clinical isolates and ATCC 10231) was investigated. A modified airtight chamber method with individual incubation in 1 L zip-lock bags was used. Tea tree oil exhibited the highest activity (MIV 10–40 μ L), clove oil showed variable activity (30–50 μ L), while peppermint oil demonstrated the lowest efficacy.

Keywords: *Candida albicans*, essential oils, vapour phase, non-contact action, minimum inhibitory volume, tea tree, clove, peppermint.

УДК 577.29

К. Д. Клубович

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИКАЛ-СКЕВЕНЖЕРНЫХ СВОЙСТВ ФИЗЕТИНА, КВЕРЦЕТИНА, КЕМПФЕРОЛА МЕТОДОМ ЭПР

Химическая структура флавоноидов характеризуется выраженным полиморфизмом, который предопределяет вариабельность их антирадикальной активности. Установление корреляций между особенностями молекулярного строения и способностью нейтрализовывать свободные радикалы является актуальной задачей биологии. Методом электронного парамагнитного резонанса определена стехиометрия взаимодействия флавоноидов, таких как физетин, кверцетин и кемпферол, со стабильным нитроксильным радикалом DPPH. Радикал-скевенжерная активность полифенолов (10–50 мкМ) снижалась в ряду физетин > кверцетин > кемпферол.

Ключевые слова: полифенолы, физетин, кверцетин, кемпферол, DPPH, ЭПР.

Введение. Флавоноиды представляют наиболее распространённую группу фитохимических веществ, обладающих высокой физиологической и фармакологической активностью как в растениях, так и в тканях животных и человека. Флавоноиды обладают широким спектром структурного разнообразия, что связано с различной степенью гидроксирования, метоксилирования, гликозилирования или глюкуронилирования этих соединений, что способствует большому разнообразию биологических эффектов [1]. Основная биологическая активность флавоноидов связана с их антиоксидантными свойствами, которые обеспечиваются системой кетонных и гидроксильных групп. В то же время существуют сложные взаимоотношения между структурой растительных полифенолов и их антиоксидантной активностью. Несмотря на многочисленные исследования, механизмы биохимических, физиологических, фармакологических эффектов ряда флавоноидов требуют дальнейшего изучения.

Цель работы – определить радикал-скевенжерные свойства физетина, кверцетина, кемпферола методом ЭПР.

Материалы и методы. Эффект нейтрализации свободных радикалов количественно оценивали путем измерения интенсивности центральной полосы сигнала ЭПР (в условных единицах) в отсутствие и присутствие полифенолов. Настройки ЭПР-спектрометра были следующими: частота модуляции – 100 кГц, центр поля – 338,00 мТл, амплитуда модуляции – 100,00 мкТл, мощность микроволнового излучения – 10 000 мВт. Концентрацию радикала DPPH рассчитывали по калибровочной кривой, построенной в идентичных экспериментальных условиях [2].

Результаты исследования и их обсуждение. На рисунке отражены репрезентативные кривые отношения концентрации полифенолов к концентрации восстановленного DPPH. Радикал-скевенжерная активность полифенолов (10–50 мкМ) снижалась в ряду физетин > кверцетин > кемпферол.

Ранее было установлено, что при моделировании окислительного стресса *in vitro* трет-бутилгидропероксидом в эритроцитах крыс физетин проявлял большую протекторную активность в сравнении с кемпферолом на концентрацию внутриклеточного восстановленного глутатиона, при этом концентрация продуктов перекисного окисления липидов также снижалась [1]. Несмотря на меньшее количество гидроксильных групп у физетина, в сравнении с кверцетином, общая редокс активность физетина была выше в модели ишемически-реперфузионного повреждения тестикул крыс [3].

Различия в антиоксидантной активности могут быть объяснены особенностями химического строения флавоноидов, в частности количеством гидроксильных групп: четыре у физетина и кемпферола, пять у кверцетина. Наличие большего числа гидроксильных групп способствует более эффективному донорству атомов водорода и, следовательно, более высокой способности нейтрализовать свободные радикалы. Однако, положение гидроксильных групп на ароматических кольцах изменяет их донорную активность.

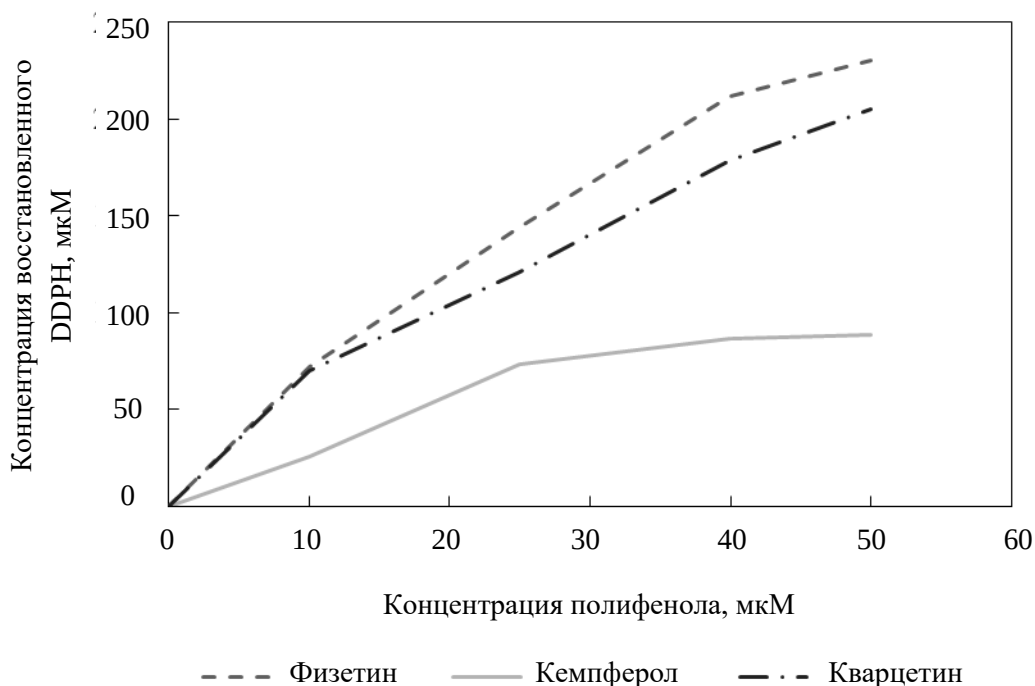


Рисунок – Зависимость концентрации восстановленного DPPH от концентрации полифенолов (кверцетин, физетин, кемпферол)

Заключение.

Таким образом, проведенное исследование показало, что расположение гидроксильных групп на ароматических кольцах флавоноидов играет ключевую роль в радикал-скевенжерной активности. Наиболее выраженная активность наблюдается у физетина, затем у кверцетина, тогда как кемпферол проявляет наименьшую антиоксидантную способность.

Список использованных источников

1. The flavonoids fisetin, apigenin, kaempferol, naringenin, naringin regulate respiratory activity and membrane potential of rat liver mitochondria and inhibit oxidative processes in erythrocytes / A. I. Savko [et al.] // *Biomeditsinskaya Khimiya*. – 2023. – Vol. 69, No 5. – P. 281–289.
2. Natural Deep Eutectic Solvents for Analytical Sample Preparation of Polyphenol-Rich Plant Extracts: Chemical Characterization and Bioanalytical Validation / A. Shishov [et al.] // *Analytica*. – 2026. – Vol. 7. – P. 26.
3. Zolfaghari, S. The synergistic activity of fisetin on quercetin improves testicular recover in ischemia-reperfusion injury in rats / S. Zolfaghari, A. Soleimanzadeh, M. Baqerkhani // *Sci Rep*15, 12053 (2025).

DETERMINATION OF THE RADICAL-SCAVENGING PROPERTIES OF Fisetin, QUERCETIN, AND KAEMPFEROL BY EPR SPECTROSCOPY

The chemical structure of flavonoids is characterized by pronounced polymorphism, which determines the variability of their antiradical activity. Establishing correlations between molecular structure features and their ability to neutralize free radicals is a pressing issue. Using electron paramagnetic resonance, the stoichiometry of the interaction of flavonoids such as fisetin, quercetin, and kaempferol with the stable nitroxyl radical DPPH was determined. The radical-scavenging activity of polyphenols (10–50 μM) decreased in the order fisetin > quercetin > kaempferol.

Keywords: polyphenols, fisetin, quercetin, kaempferol, DPPH, EPR.

УДК 544.77.051.5:546.57

М. С. Колбышевская, В. Е. Волкова

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА, ПОЛУЧЕННЫХ ЦИТРАТНЫМ,
БОРОГИДРИДНЫМ И «ЗЕЛЁНЫМ» МЕТОДАМИ**

Проведено сравнительное исследование наночастиц серебра (AgNPs), синтезированных тремя методами: цитратным, борогидридным и «зелёным». Методом УФ-видимой спектrophотометрии проанализированы оптические свойства полученных растворов, а также их стабильность во времени. Показано, что «зелёный» синтез обеспечивает формирование стабильных наночастиц с полифенольной оболочкой.

Ключевые слова: наночастицы серебра, биополимеры, спектrophотометрия, зелёный синтез.

Введение. Включение AgNPs в состав умной упаковки является перспективным за счёт их способности одновременно повышать стабильность индикаторных молекул и усиливать чувствительность сенсоров. [1]. Кроме того, AgNPs способны образовывать связи с гидроксильными группами антоцианов, обеспечивая их дополнительную иммобилизацию в полимерной сети и повышая стабильность цветового отклика при различных значениях pH [2]. Одновременно AgNPs усиливают оптический отклик индикаторных систем за счёт эффекта локализованного поверхностного плазмонного резонанса (ЛППР), что повышает чувствительность сенсоров к летучим аминам и другим маркерам порчи продуктов [3]. Однако характер взаимодействия AgNPs с биополимерной матрицей и индикаторными молекулами, а также степень проявления указанных эффектов существенно зависят от метода синтеза наночастиц, что требует детального сравнительного исследования.

Цель настоящей работы – сравнительное спектrophотометрическое исследование наночастиц серебра, полученных цитратным, борогидридным [4] и «зелёным» методами [5].

Материалы и методы. В качестве исходного соединения-предшественника во всех экспериментах применяли нитрат серебра (AgNO_3) 1мМ. Нагрев реакционных смесей осуществляли на индукционной нагревательной плите, а перемешивание обеспечивали с помощью магнитной мешалки.

Цитратный метод. Раствор AgNO_3 (100 мл, 1 мМ) доводили до кипения при постоянном перемешивании, после чего однократно вносили 5 мл 38,8 мМ раствора тринатрийцитрата и выдерживали при кипении 30 минут до возникновения светло-жёлтой окраски [4].

Борогидридный метод. К 40 мл раствора AgNO_3 1 мМ добавляли 5 мл раствора цитрата натрия (15 мМ), затем 1 мл свежеприготовленного раствора NaBH_4 10 мМ как восстановителя. Смесь перемешивали 10 минут до появления жёлтой окраски [4].

«Зелёный» синтез. Экстракт мяты перечной (*Mentha piperita*) получали экстракцией 20 г сушёных листьев в 400 мл деионизованной воды при 60 °С на кипящей водяной бане в течение 15 мин с последующим охлаждением (45 мин.) и фильтрацией. К 20 мл 6 мМ раствора AgNO_3 добавляли 0,64 мл экстракта и выдерживали при комнатной температуре в течение 24 часов до образования коллоидного раствора коричневого цвета [5].

Анализ растворов проводили по данным УФ-видимой спектрофотометрии. Локализованный поверхностный плазмонный резонанс для серебра проявляется в видимой области спектра 400–500 нм, в которой ожидалось наблюдение пиков оптической плотности. Для уменьшения отклонений, обусловленных многократным рассеянием света [6], использовали разбавление 1:2–1:5 для растворов, полученных цитратным и боргидридным методами, и 1:15–1:20 для раствора, полученного «зелёным» методом. Измерения проводили на спектрофотометре Solar PB 2201 (Беларусь) с использованием кварцевых кювет в диапазоне 300–700 нм с шагом 1 нм. В качестве холостого образца использовали дистиллированную воду с добавлением компонентов исходных растворов, но без добавления раствора AgNO_3 . Оценку среднего размера частиц проводили согласно модели Ми [7].

Результаты. В образце, полученным «зелёным» синтезом, зафиксирована интенсивная полоса поверхностного плазмонного резонанса с максимумом при 443 нм, что характерно для частиц среднего размера (60–90 нм) либо их мелких агрегатов [7]. Такой профиль типичен для биогенных методов синтеза [5]. Ширина полосы на полувысоте (FWHM) составила 215 нм, что указывает на умеренную полидисперсность системы [6].



Рисунок – Спектрограммы поглощения растворов наночастиц серебра, полученных различными методами синтеза: 1 – «зелёный» синтез, 2 – цитратный метод, 3 – борогидридный метод

В случае классических химических методов узкий максимум ППР в области 400–410 нм, типичный для монодисперсных сферических частиц серебра, отсутствует. Оптическая плотность низка: $\text{OD}_{\text{max}} = 0,18$ для цитратного образца и 0,36 для борогидридного. Наблюдаются широкие размытые полосы с максимумами при 430–435 и 428–430 нм соответственно; полуширина превышает 200 нм. Такие параметры свидетельствуют о неполном восстановлении Ag^+ либо о быстрой агрегации первичных частиц с образованием крупных полидисперсных структур [4].

Таким образом, в исследуемых условиях классические химические подходы не обеспечивают необходимой кинетической стабилизации растущих частиц, что ведёт к их агрегации. В отличие от них, компоненты экстракта мяты не только эффективно восстанавливают ионы серебра, но и формируют прочную органическую оболочку, предотвращающую коагуляцию. Это определяет преимущество биогенного метода для последующего включения наночастиц в биополимерные композиты, применяемые в системах умной упаковки.

Список использованных источников

1. Nanofillers Reinforcing Biopolymer Composites for Sustainable Packaging Applications // *Advanced Functional Materials*. – 2025. – URL: <https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adfm.202503819>.

2. Effect of Silver Nanoparticles on pH-Indicative Color Response and Stability of Starch-Based Smart Packaging Films // *Polymers*. – 2025. – Vol. 17, No. 11. – Article 1490. – URL: <https://www.mdpi.com/2073-4360/17/11/1490>.
3. Colorimetric Sensors // *Encyclopedia*. – 2020. – URL: <https://encyclopedia.pub/entry/2866>.
4. Крутяков, Ю. А. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы / Ю. А. Крутяков, А. А. Кудринский, А. Ю. Оленин, В. В. Смирнов // *Успехи химии*. – 2008. – Т. 77, № 3. – С. 242–267.
5. Расмагин, С. И. Получение наночастиц серебра методом «зеленого» синтеза в присутствии редкоземельных ионов / С. И. Расмагин, Л. А. Апресян, В. И. Крыштоб, В. И. Красовский // *Прикладная физика*. – 2018. – № 2. – С. 64–69.
6. Sikder, M. A rapid approach for measuring silver nanoparticle concentration and dissolution in seawater by UV-Vis / M. Sikder, J. R. Lead, G. T. Chandler, M. Baalousha // *Science of the Total Environment*. – 2018. – Vol. 618. – P. 597–607.
7. The Optical Properties of Metal Nanoparticles: The Influence of Size, Shape, and Dielectric Environment / K. L. Kelly [et al.] // *The Journal of Physical Chemistry B*. – 2003. – Vol. 107, № 3. – P. 668–677.

M. S. Kolbyshevskaya, V. E. Volkova
Yanka Kupala State University of Grodno

COMPARATIVE SPECTROPHOTOMETRIC STUDY OF SILVER NANOPARTICLES OBTAINED BY CITRATE, BOROHYDRIDE, AND «GREEN» METHODS

This paper presents a comparative study of silver nanoparticles (AgNPs) synthesized by three methods: citrate, borohydride, and «green» synthesis. The optical properties of the obtained colloidal solutions, as well as their stability over time, were analyzed by UV-Vis spectrophotometry. It was shown that the «green» synthesis ensures the formation of stable nanoparticles with a polyphenolic shell.

Keywords: silver nanoparticles, biopolymers, spectrophotometry, green synthesis.

УДК 504.03

В. А. Королёв, Р. Ю. Чертова, Л. А. Бабкина, З. А. Судакова
Курский государственный медицинский университет

ВЛИЯНИЕ СУБХРОНИЧЕСКОЙ ИНТОКСИКАЦИИ КАДМИЕМ НА АКТИВНОСТЬ СУПЕРОКСИДИСМУТАЗЫ В ПОЧКАХ КРЫС И ВОЗМОЖНОСТИ КОРРЕКЦИИ

Изучено влияние субхронической интоксикации кадмием на активность супероксиддисмутазы в почках крыс и эффективность коррекции экстрактом иван-чая узколистного, обогащенного энотеином В. Установлено, что кадмий вызывал значительное снижение активности фермента с 14 суток эксперимента. Применение экстракта в течение экспозиции нормализовало активность СОД, постинтоксикационная коррекция активности фермента была не эффективна. Результаты свидетельствуют об антиоксидантном потенциале энотеина В и обосновывают целесообразность дальнейшей разработки антиоксидантных препаратов иван-чая.

Ключевые слова: кадмий, экологический стресс, супероксиддисмутаза, иван-чай узколистный, энотеин В.

Кадмий относится к приоритетным тяжелым металлам-токсикантам, обладающим выраженной кумулятивной способностью и нефротоксичностью. Одним из ключевых механизмов его токсического действия является индукция окислительного стресса, обусловленная нарушением работы антиоксидантной системы [1]. Супероксиддисмутаза (СОД) представляет собой фермент первой линии антиоксидантной защиты, катализирующий дисмутацию супероксид-аниона в перекись водорода. В почках, характеризующихся высокой интенсивностью энергетического обмена, активность СОД критически важна для поддержания редокс-гомеостаза [2, 3]. Актуален поиск эффективных и безопасных средств коррекции повреждающего действия кадмия. Так, основной компонент препаратов иван-чая узколистного, энотеин В, проявляет выраженные антиоксидантные и хелатирующие свойства [4].

Материалы и методы исследования. Эксперимент проведен на 150 половозрелых самцах крыс линии Wistar массой 220–250 г. Животные были распределены на три серии эксперимента: контрольная (К7-56), интоксикация (Cd7-28, Cdст), коррекция (Э7-56). Субхрони-

ческую интоксикацию моделировали путем перорального введения ацетата кадмия с питьевой водой в дозе 1/50 LD50 ежедневно в течение 28 суток. Группа Cdст в течение еще 28 суток после интоксикации получала чистую питьевую воду. Коррекцию осуществляли экстрактом иван-чая узколистного, обогащенным энотеином В (получен согласно патенту РФ №2853345), который вводили перорально вместе с токсикантом (Э7-28) и в течение 28 суток после прекращения экспозиции (Э56). Эвтаназию проводили под эфирным наркозом. В гомогенатах почечной ткани определяли активность СОД с помощью набора реагентов (Elabsience, Китай) колориметрическим методом при 450 нм (BioRad SmartSpec Plus, США). Статистическую обработку проводили в программе STATISTICA 13.0. Проверку нормальности распределения осуществляли по критерию Шапиро-Уилка. В связи с отсутствием нормального распределения данные представлены в виде медианы и межквартильного интервала (Me [Q₁; Q₃]). Сравнение множества независимых выборок выполнено с помощью непараметрического критерия Краскела-Уоллиса. Парное сравнение групп проводили с использованием U-критерия Манна-Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Анализ динамики активности СОД в почках показал, что в условиях кадмиевой интоксикации статистически значимые различия с контролем фиксировались начиная с 14 суток эксперимента ($p < 0,001$) и сохранялись в течение всей интоксикации. Это подтверждает известный механизм прямого ингибирования СОД ионами кадмия с нарушением структуры активного центра фермента [3]. В группе Cdст после отмены токсиканта различия с контролем оставались значимы, восстановления активности СОД не наблюдалось. Это свидетельствует о сохраняющемся дисбалансе в системе антиоксидантной защиты даже после прекращения контакта с токсикантом. Применение экстракта иван-чая, обогащенного энотеином В, на протяжении всего эксперимента оказывало выраженный протективный эффект, позволяя сохранять активность СОД выше уровня интоксикации во всех группах ($p < 0,05$). В группах Э7 и Э14 активность фермента не изменялась на фоне контроля, а значимые различия с контролем наблюдались лишь на 21 и 28 сутки. В группе постинтоксикационной коррекции Э56 медиана также оставалась значимо ниже контроля и не отличалась от значений Cdст. При этом различий между группами Э28 и Э56 установлено не было, что позволяет говорить о сопоставимой эффективности обоих способов применений экстракта. Полученные данные указывают на то, что энотеин В, обладая выраженным антирадикальным действием и способностью связывать ионы тяжелых металлов, эффективно предотвращает деструкцию СОД на ранних этапах токсического воздействия.

Заключение. Субхроническая интоксикация кадмием вызывает снижение активности СОД в почках крыс. Применение экстракта иван-чая узколистного, обогащенного энотеином В, в период поступления токсиканта обеспечивает сохранение активности фермента, что подтверждает его антиоксидантный потенциал. В постинтоксикационный период на фоне коррекции полного восстановления антиоксидантного статуса не достигается, однако статистических различий при сравнении методик применения препаратов коррекции не установлено. Полученные результаты обосновывают целесообразность дальнейшего изучения препаратов на основе энотеина в качестве средств антиоксидантной коррекции при кадмиевой экспозиции.

Список использованных источников

1. Biological effects of human exposure to environmental cadmium / M. Peana, A. Pelucelli, C. T. Chasapis [et al.] // *Biomolecules*. – 2022. – Vol. 13, № 1. – P. 36. – doi: 10.3390/biom13010036.
2. Hong, Y. A. Catalytic Antioxidants in the Kidney / Y. A. Hong, C. W. Park // *Antioxidants (Basel)*. – 2021. Vol. 10, № 1. – P. 130. doi: 10.3390/antiox10010130.
3. Superoxide dismutase 1 (SOD1) and cadmium: A three models approach to the comprehension of its neurotoxic effects / F. Bovio, B. Sciandrone, C. Urani [et al.] // *Neurotoxicology*. – 2021. – № 84. – P. 125–135. – doi: 10.1016/j.neuro.2021.03.007
4. Oenothien B's contribution to the anti-inflammatory and antioxidant activity of *Epilobium* sp. / A. K. Kiss [et al.] // *Phytomedicine*. – 2011. – Vol. 18, № 7. – P. 557–560. – doi: 10.1016/j.phymed.2010.10.016.

EFFECT OF SUBCHRONIC CADMIUM INTOXICATION ON SUPEROXIDE DISMUTASE ACTIVITY IN RAT KIDNEYS AND CORRECTION POSSIBILITIES

The effect of subchronic cadmium intoxication on the activity of superoxide dismutase in rat kidneys and the effectiveness of correction with an extract of *Chamaenerion angustifolium* (L.) enriched with oenotein B. It was found that cadmium caused a significant decrease in enzyme activity from the 14th day of the experiment. The use of the extract in parallel with the toxicant maintained the activity of SOD above the level of intoxication, and no complete recovery was observed during the post-intoxication period. The results indicate the nephroprotective potential of enotein B and justify further research.

Keywords: cadmium, environmental stress, superoxide dismutase, *Chamaenerion angustifolium* (L.).

УДК 577.126

Е. С. Кулешова

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

БИОХИМИЧЕСКОЕ СТАРЕНИЕ ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ: НОВЫЕ ПОДХОДЫ В РАЗРАБОТКЕ ДАКТИЛОСКОПИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ

Обсуждается процесс возрастных биохимических изменений потожирового вещества отпечатков пальцев. Представлена разработка улучшенных дактилоскопических средств.

Ключевые слова: потожировой след, биохимия отпечатков, дактилоскопия, дактилоскопический порошок.

Следы человека являются важной категорией вещественных доказательств, которые используются в расследовании преступлений для установления фактических обстоятельств дела. Анализ биологических следов, особенно потожировых, имеет значительное идентификационное и диагностическое значение в криминалистике. Потожировые следы являются ключевым объектом исследования для экспертов, так как информация о том, что следы оставлены конкретным лицом, может быть решающей для выявления преступника и установления его связи с местом преступления [1]. В том числе, в рамках профессиональной деятельности экспертов-криминалистов одной из актуальных проблем, в случае необходимости быстрого реагирования, является проблематика установления промежутка времени с момента оставления следа непосредственно на месте преступления. В процессе работы с потожировыми следами рук вопрос о давности их образования возникает в двух основных аспектах: первый – взаимоотношение времени возникновения следов рук и времени совершения расследуемого преступления; второй – временная характеристика образования следа как основа для выбора технических средств и методов для качественного выявления и изъятия следов рук [2]. В связи с этим работа по поиску способа получения универсального продукта, а также по новации и модернизации имеющихся дактилоскопических порошков продолжается.

В рамках исследования возрастных изменений было выявлено, что одним из перспективных направлений анализа является изучение динамики трансформации биохимического состава потожирового вещества. Особое внимание принято уделять липидам, поскольку именно они являются основой оставляемого следа. Общеизвестный факт, что липиды – неотъемлемые компоненты потожирового слоя, которые напрямую влияют на первичную защиту кожи, её устойчивость к внешним воздействиям и участие в поддержании терморегуляции организма. Индивидуальные различия в процентном соотношении липидов между многочисленными испытуемыми позволяют сделать выводы о вариациях различных скоростей метаболизма и других факторов, которые препятствуют формированию единого представления об однообразном составе липидов. Тем не менее, все обнаруженные жироподобные вещества обладают общими свойствами гидрофобности или амфипатичности, что связано с их длинными алифатическими цепями и малым количеством полярных групп. Эти

свойства обеспечивают относительно долгое сохранение отпечатка на поверхности, его низкую испаряемость и адгезию к поверхностям [3; 4].

Летучие органические соединения, являющиеся продуктами деградации ненасыщенных жирных кислот, вызывают особый интерес в изучении биомаркеров старения потожировых следов. Они были обнаружены в отпечатках пальцев без следов старения. Уже через 5 дней НЖК присутствовали в 47 % образцов, а через 14 дней – только в 13 %. Примером может служить сквален (составляющий около 13 % от всей массы липидов потожирового вещества), основной компонент свежих отпечатков пальцев. Считается, что главными продуктами распада сквалена, которые можно обнаружить в ПЖВ, являются его производные. Это SD1, SD2 и SD3. Если же предположить, что каждая двойная связь этого высоконенасыщенного углеводородного соединения разрывается, то образуются только низкомолекулярные летучие соединения. Следует учитывать, что обнаруженные летучие соединения могут также образовываться в результате окисления ненасыщенных триглицеридов и сложных эфиров воска, что влияет на количество альдегидов в состарившихся отпечатках [5].

Исходя из этих данных был разработан комбинированный дактилоскопический порошок на основе частичной инкапсуляции DNPH и Судана IV в β -циклодекстрин. Данное средство представляет собой синергетическую систему, где каждый компонент выполняет строго определенные функции. Судан IV растворяется в липидной фазе потожирового вещества, окрашивая эти участки в красно-розовые оттенки. DNPH селективно реагирует с альдегидами и кетонами, присутствующими в следе как продукты окисления липидов, образуя оранжевые динитрофенилгидразоны. β -циклодекстрин играет роль активного структурного элемента, поскольку его молекула обладает гидрофильной внешней поверхностью и гидрофобной внутренней полостью, что позволяет инкапсулировать гидрофобные молекулы красителей, а также повышает стабильность DNPH к влаге и свету, уменьшает склонность Судана IV к кристаллизации, обеспечивает однородность порошка и управляемость системы [6–8].

В конечном итоге мы получаем систему, активирующуюся при контакте со следом и проявляющую его за счет специфических взаимодействий с компонентами потожирового вещества. При нанесении средства на отпечатки пальца можно проследить градацию цвета, свидетельствующую об возрастных изменениях биохимического состава следа. Свежие отпечатки (1–2 дня) ярко-розовые, в последующие дни проявляются оранжевые оттенки. Наилучшую эффективность порошок проявляет на поверхности стекла, дверных ручек и окрашенного пластика.

Список использованных источников

1. Гордеев, Н. А. Актуальные проблемы и тенденции развития дактилоскопической экспертизы / Н. А. Гордеев // Молодой ученый. – 2024. – № 20 (519). – С. 277–279.
2. Камищенко, С. С. Определение давности оставления потожировых следов рук как одно из диагностических направлений в дактилоскопии / С. С. Камищенко // Вестник Университета имени О. Е. Кутафина. – 2018. – № 7 (47). – С. 103–110
3. Оценка методов идентификации биологических следов на текстильных поверхностях / П. Винсент, А. Браун, С. Кларк [и др.] // Forensic Science International: Genetics. – 2016. – Т. 20. – С. 123–130.
4. Анализ компонентов отпечатков пальцев: систематический обзор количественных исследований / Р. Робсон, Т. Джинидж, С. Мансур [и др.] // Chem. Pap. – 2022. – Т. 76. – С. 4645–4667.
5. Хиннерс, П. Определение возраста по отпечаткам пальцев с помощью масс-спектрометрической визуализации на основе озонлиза триацилглицеролов / П. Хиннерс, М. Томас, Дж. Ю. Ли // Anal. Chem. – 2020. – Т. 92, № 4. – С. 3125–3132.
4. Сравнительная оценка комплексов включения β -циклодекстрина с эвгенолом, эвкалиптолом и гвоздичным маслом: характеристика и оценка антимикробной активности для применения в фармацевтике / А. И. Станку, М. Митителу, А. Фикай [и др.] // Pharmaceuticals. – 2025. – Т. 17, № 7. – С. 852.
5. Керемов, А. Ф. Новые фенилгидразоны на основе 2,4-динитрофенилгидразина / А. Ф. Керемов // Вестник Дагестанского государственного университета. Сер. 1: Естественные науки. – 2023. – № 2. – С. 109–116.
6. Определение непищевых красителей Судан I, Судан II, Судан III, Судан IV и Пага Red в пищевых продуктах и биологически активных добавках к пище : метод. указ. – М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 10 с.

**BIOCHEMICAL AGING OF FINGERPRINT:
NEW APPROACHES IN DEVELOPMENT OF DAKTILOSCOPIC POWDERS**

Discussion of age-related biochemical changes of sweat and fat substance of fingerprints. Development of improved dactyloscopic means.

Keywords: sweat and fat residue, fingerprint biochemistry, fingerprinting, fingerprint powder.

УДК 577.126

А. В. Куст

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

**БИОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ РОТОВОЙ ЖИДКОСТИ
КУРЯЩИХ СТУДЕНТОВ**

Слюна представляет собой биологическую среду, концентрация компонентов в которой коррелирует с их содержанием в плазме крови, что делает её ценным объектом для неинвазивного социально-гигиенического мониторинга. Показано, что у курящих студентов наблюдается снижение уровня мочевины, по сравнению с некурящими студентами.

Ключевые слова: мочевина, ротовая жидкость, табакокурение, сравнительный анализ.

Введение. На современном этапе развития профилактической медицины и гигиены особое внимание уделяется поиску неинвазивных маркеров, позволяющих оценивать состояние здоровья молодежи под влиянием модифицируемых факторов риска. Одним из таких факторов является табакокурение, которое провоцирует каскад системных изменений в организме. Табачный дым содержит более 4000 компонентов, включая никотин, угарный газ, тяжелые металлы (кадмий, свинец) и свободные радикалы, которые инициируют процессы перекисного окисления липидов и белков [1].

Согласно данным Международного агентства по изучению рака (IARC), табачный дым классифицируется как канцероген первой группы, воздействие которого не ограничивается только мутагенным эффектом. На системном уровне интоксикация ведет к изменению термодинамики клеточных процессов. В частности, оксидативный стресс, сопряженный с курением, вызывает карбонилирование белков плазматических мембран ацинарных клеток слюнных желез [2]. Это создает условия для неконтролируемой диффузии низкомолекулярных соединений, к которым относятся мочевина, превращая ротовую жидкость в маркерный объект для оценки тяжести метаболических сдвигов.

Поскольку полость рта является входными воротами для табачного дыма, ротовая жидкость (слюна) первой принимает на себя токсический удар. Слюна представляет собой биологическую среду, концентрация компонентов в которой коррелирует с их содержанием в плазме крови, что делает её ценным объектом для социально-гигиенического мониторинга [1].

Целью работы является сравнительный анализ содержания мочевины в ротовой жидкости курящих и некурящих студентов.

Методы исследования. В исследовании приняли участие студенты университета в возрасте от 17 до 26 лет (по 6 человек в каждой), разделенные на группы по статусу курения. Такое распределение позволило провести сравнительный анализ исследуемых показателей и выявить возможное влияние табакокурения. Сбор ротовой жидкости проводился в утренние часы натощак в стерильные пробирки. Перед забором проб участники воздерживались от курения, приема пищи и гигиенических процедур полости рта в течение 12 часов. Полученный биологический материал помещался в одноразовые пробирки и до анализа хранился при температуре -5°C , что позволяло сохранить стабильность исследуемых показателей.

Содержание мочевины определяли с использованием набора реагентов АНАЛИЗ Х НТПК, Беларусь. Обработка данных проводилась с использованием Microsoft Excel.

Результаты. В ходе сравнительного анализа установлено, что у курящих студентов наблюдается снижение уровня мочевины, что, может быть ассоциировано с угнетением орнитинового цикла в печени под влиянием хронической интоксикации никотином. Как отмечает S. Zolotukhin, концентрация мочевины в слюне напрямую зависит от скорости её диффузии из плазмы крови, и любые сдвиги в сторону её снижения могут свидетельствовать о напряжении детоксикационных систем организма [3]. Мочевина является важным фактором антимикробной защиты и pH-стабильности полости рта. Её дефицит у курильщиков может быть обусловлен изменением активности фермента уреазы и общим угнетением процессов азотистого обмена в условиях хронической интоксикации [3]. Снижение уровня мочевины создает предпосылки для нарушения минерализации эмали и изменения состава микробиоты рта. Полученные данные подтверждают теорию о том, что табакокурение вызывает «скрытую» метаболическую перестройку, которая при длительном стаже может привести к развитию системных заболеваний [4].

Заключение. Показано, что снижение содержания мочевины у курильщиков может указывать на угнетение азотистого обмена. Биохимический анализ слюны является эффективным неинвазивным методом гигиенического мониторинга здоровья населения.

Список использованных источников

1. Wong, D. T. Saliva as a diagnostic fluid / D. T. Wong // J. Am. Dent. Assoc. – 2006. – Vol. 137, № 3. – P. 313–321.
2. Tobacco Smoke and Involuntary Smoking / IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. – Lyon, France. – 2004. – Vol. 83. – 1452 p.
3. Zolotukhin, S. Metabolic hormones in saliva: Origins and functions / S. Zolotukhin // Oral Dis. – 2013. – Vol. 19, № 3. – P. 219–229.
4. Dizdaroglu, M. Oxidatively induced DNA damage and its repair in cancer / M. Dizdaroglu // Mutation research. Reviews in mutation research. – 2015. – Vol. 763. – P. 212–245.

A. V. Kust

Yanka Kupala State University of Grodno

BIOCHEMICAL MONITORING OF ORAL FLUID SMOKING STUDENTS

Saliva is a biological medium, the concentration of components in which correlates with their content in blood plasma, which makes it a valuable object for non-invasive socio-hygienic monitoring. It has been shown that smoking students have a lower level of urea, compared to non-smoking students.

Keywords: urea, oral fluid, tobacco smoking, comparative analysis.

УДК 577.13:57.044

К. О. Масловская, Т. А. Коваленя

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

ВОЗДЕЙСТВИЕ АНТОЦИАНОВ КРАСНОКОЧАННОЙ КАПУСТЫ И ИОНОВ МАРГАНЦА НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ПОР ВЫСОКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ МИТОХОНДРИЙ ПЕЧЕНИ КРЫС

Марганец, являясь важным микроэлементом, служит восстановительным кофактором для биологических реакций. Однако, диапазон между достаточным поступлением с пищей и избытком довольно узок, что влияет на здоровье. Антоцианы в традиционной медицине используют для лечения печени.

Ключевые слова: митохондрии печени, антоцианы краснокочанной капусты, МРТР, спектрофотометрия

Введение. Антоцианы, являясь вторичными метаболитами растений, относятся к флавоноидам и обладают полезными свойствами, такими как противораковое, противовоспалительное, нейропротекторное, антирадикальное и антиоксидантное. Их основная структура – С6-С3-С6, два ароматических кольца и один кислородсодержащий гетероцикл [1; 2]. Краснокочанная капуста обладает уникальным набором антоцианов, в большинстве случаев ос-

новой являются цианидиновые гликозиды. Антоцианы способны эффективно участвовать в окислительно-восстановительных реакциях, могут рассматриваться как антиапоптотические агенты, препятствующие митохондриальному пути апоптоза посредством воздействия на процессы истечения цитохрома с [3].

Марганец (Mn) – это встречающийся в природе микроэлемент, критически важный для оптимального функционирования различных органов. Он участвует в многочисленных ферментативных реакциях как кофактор для ряда ферментов, в метаболизме липидов и углеводов. Дефицит или чрезмерное воздействие этого металла может привести к различным нарушениям здоровья [4]. Хроническое воздействие Mn вызывает набухание митохондрий. Попав внутрь матрикса, марганец может патологически взаимодействовать с множеством митохондриальных функций, включая нарушение работы марганцевой супероксиддисмутазы и/или генерацию активных форм кислорода, ингибирование внутримитохондриальных метаболических ферментов, а также вмешательство в работу или ускорение функционирования дыхательной цепи [5].

Материалы и методы исследования. Митохондрии гепатоцитов выделяли методом дифференциального центрифугирования [6]. Степень образования пор высокой проницаемости митохондрий (МРТР) определяли по изменению оптической плотности суспензии митохондрий при 520 нм [7].

Результаты исследования и их обсуждение. Ранее в нашей лаборатории был получен экстракт краснокочанной капусты (ЭКК) [8]. Выбранные концентрации (1,66–13,6 мкг/мл) антоцианов дозозависимо повышают скорость формирования пор высокой проницаемости митохондрий печени крыс.

Далее в своем эксперименте мы оценили эффект воздействия ионов марганца (100 мкМ) на скорость формирования пор высокой проницаемости. Было установлено, что скорость возрастает в 5,2 раза в сравнении с контрольными митохондриями. В результате изменения ионной проницаемости митохондриальной мембраны экстракт антоцианов дозозависимо увеличивал скорость проапоптотического Mn^{2+} -индуцированного (100 мкМ) образования МРТР митохондрий печени крыс (рисунок).

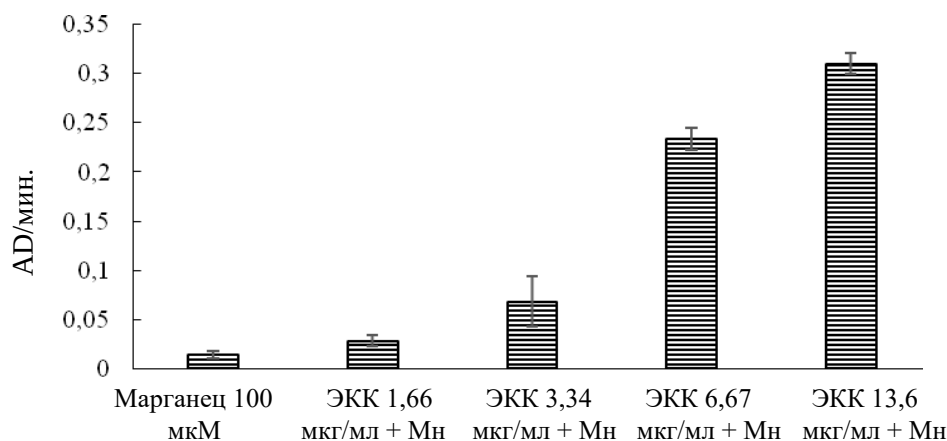


Рисунок – Скорость Mn^{2+} -индуцированного формирования МРТР в митохондриях печени в присутствии возрастающих концентраций антоцианов краснокочанной капусты

Заключение. В эксперименте *in vitro* антоцианы влияли на процесс формирования пор высокой проницаемости в выбранных концентрациях (1,66–13,67 мкг/мл), а также увеличивали скорость проапоптотического Mn^{2+} -индуцированного образования пор высокой концентрации. Можно предположить, что выбранные концентрации антоцианов, взаимодействуя с ионами марганца (100 мкМ) инициируют каскад свободнорадикальных реакций, которые способствуют увеличению скорости открытия пор высокой проницаемости митохондрий.

Список использованных источников

1. An Insight into Anti-Inflammatory Activities and Inflammation Related Diseases of Anthocyanins: A Review of Both In Vivo and In Vitro Investigations / Z. Ma, B. Du, J. Li [et al.] // International journal of molecular sciences. – 2021. – Vol. 22, № 20. – P. 11076.
2. Anthocyanins: from the field to the antioxidants in the body / V. Bendokas, V. Stanys, I. Mažeikienė [et al.] // Antioxidants (Basel). – 2020. – Vol. 9, № 9. – P. 819.
3. Anthocyanins: From plant pigments to health benefits at mitochondrial level / V. Bendokas, K. Skemieniė, S. Trumbeckaitė [et al.] // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2020. – Vol. 60, № 19. – P. 3352–3365.
4. Mousa, A. M. The effect of manganese on the olfactory bulb of adult male albino rat and the role of meloxicam: A histological and immunohistochemical study / A. M. Mousa, A. A. Shehab // Journal of microscopy and ultrastructure. – 2014. – Vol. 3, № 1. – P. 8–18.
5. Manganese-induced Mitochondrial Dysfunction Is Not Detectable at Exposures Below the Acute Cytotoxic Threshold in Neuronal Cell Types / E. B. Warren, M. R. Bryan, P. Morcillo [et al.] // Toxicological sciences : an official journal of the Society of Toxicology. – 2020. – Vol. 176, № 2. – P. 446–459.
6. Johnson, D. Isolation of liver or kidney mitochondria / D. Johnson, H. A. Lardy // Methods in Enzymology. – 1967. – Vol. 10. – P. 94–101.
7. Calcium-induced mitochondrial permeability transitions: parameters of Ca^{2+} ion interactions with mitochondria and effects of oxidative agents / N. G. Golovach, V. T. Cheshchevich, E. A. Lapshina [et al.] // The Journal of Membrane Biology. – 2017. – Vol. 250. – P. 225–236.
8. Anthocyanin-Rich Extract of Red Cabbage Attenuates Advanced Alcohol Hepatotoxicity in Rats in Association with Mitochondrial Activity Modulation / V. Buko, E. Belonovskaya, T. Kavalenia [et al.] // European Pharmaceutical Journal. – 2022. – Vol. 69, № 2. – P. 5–16.

K. O. Maslovskaya, T. A. Kavalenia
Yanka Kupala State University of Grodno

EFFECT OF RED CABBAGE ANTHOCYANINS AND MANGANESE IONS ON THE FORMATION OF HIGH-PERMEABILITY PORES LIVER MITOCHONDRIA OF RATS

Manganese, an essential micronutrient, serves as a reducing cofactor for biological reactions. However, the range between adequate dietary intake and excess is quite narrow, which impacts health. Anthocyanins are used in traditional medicine to treat the liver.

Keywords: liver mitochondria, red cabbage anthocyanins, MPTP, spectrophotometry.

УДК 579.264:615.322

А. П. Никифорова, Д. В. Каштанюк, Н. А. Гаманович
Гродненский государственный медицинский университет

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ АНТИМИКОТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ЛЕТУЧИХ КОМПОНЕНТОВ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ В ПАРОВОЙ ФАЗЕ В ОТНОШЕНИИ *CANDIDA ALBICANS*

Разработан стандартизированный метод определения минимального ингибирующего объема паров эфирных масел. Метод основан на размещении стерильного фильтровального диска (Ø 90 мм) на крышке чашки Петри и герметизации каждой чашки в zip-lock-пакете (1 л). Продемонстрированы преимущества метода: воспроизводимость, масштабируемость и оценка действия газовой фазы на микроорганизмы, культивируемые на плотной среде, без контакта с жидкой фракцией масла.

Ключевые слова: эфирные масла, паровая фаза, антимикотическая активность, *Candida albicans*, минимальный ингибирующий объем, чайное дерево, летучие компоненты, стандартизация метода.

Рост распространенности кандидозных инфекций и нарастание резистентности штаммов *Candida albicans* к антимикотикам имидазолового ряда и полиенам определяют необходимость поиска альтернативных антифунгальных средств [1]. Такими средствами могут стать эфирные масла (ЭМ), многокомпонентные органические вещества растительного происхождения с доказанным антимикробным действием [2; 3]. Большинство исследований антимикотической активности ЭМ выполнено диско-диффузионным методом и методом серийных разведений в бульоне, предполагающими непосредственный контакт жидкой фракции масла с культурой [2]. Для ряда практических применений – обеззараживания воздуха,

санации дыхательных путей – важно воздействие паровой фазы ЭМ. Методы оценки активности паров ЭМ имеют ограничения. В методе Inoue et al. (2001) использовали герметичный контейнер объёмом 3,4 л, на крышке которого закрепляли бумажный диск с маслом, а внутри размещали чашки Петри [4]. Такой подход не равномерно распределяет пары: чашки, расположенные ближе к источнику, подвергаются воздействию более высокой концентрации летучих компонентов, а масштабирование эксперимента ограничено объёмом контейнера. В методе с использованием 96-луночных микропланшетов [5] культуру грибов погружают в жидкую питательную среду, что не позволяет оценить действие паровой фазы изолированно.

Целью настоящей работы явилась разработка стандартизированного воспроизводимого метода оценки антимикотической активности летучих компонентов ЭМ в паровой фазе.

Использовали штаммы *C. albicans*: клинические изоляты БГ-21, БГ-41 и референтный штамм ATCC 10231. ЭМ чайного дерева (*Melaleuca alternifolia*) ТМ «Медикалфорт» приобрели в аптечной сети. Плотную питательную среду Сабуро (Sabouraud Dextrose Agar) варили и автоклавируют согласно инструкции. Затем разливали в стерильные стеклянные чашки Петри (Ø 100 мм) на строго горизонтальную поверхность; толщина слоя агара – $4,0 \pm 0,5$ мм (25 мл), свободное воздушное пространство до внутренней стороны крышки – ~10 мм. 48-часовую культуру (25 °С) суспендировали в стерильном 0,9 %-м растворе NaCl до плотности 0,5 по стандарту Макфарланда ($\sim 1,5 \times 10^8$ КОЕ/мл). По 0,1 мл суспензии распределяли по поверхности агара стерильным шпателем Дригальского методом газона и подсушивали при 25 °С 15 мин. Круглые диски стандартной фильтровальной бумаги (Ø 90 мм) предварительно взвешивали на аналитических весах и автоклавируют (121 °С, 15 мин.). Стерильный диск фиксировали на внутренней поверхности крышки чашки Петри, на его центр наносили заданный объём ЭМ (10–80 мкл). В качестве отрицательного контроля на диск наносили эквивалентный объём стерильного вазелинового масла, не обладающего летучестью и антимикробной активностью. Чашку закрывали крышкой, переворачивали дном вверх и помещали в герметичный полиэтиленовый пакет с zip-lock-замком объёмом 1 л (рисунок 1). Термостатировали при 25 °С 48 ч. Определяли минимальный ингибирующий объём (МИО) – наименьший объём ЭМ, при котором наблюдалось полное отсутствие видимого роста. Каждый эксперимент выполняли в трёх независимых повторностях.

Во всех контрольных чашках с вазелиновым маслом наблюдали сплошной рост культуры, что подтверждало отсутствие неспецифического ингибирующего действия замкнутого объёма. МИО масла чайного дерева для *C. albicans* ATCC 10231 составил 10 мкл, для *C. albicans* БГ-41 – 20 мкл, для *C. albicans* БГ-21 – 30 мкл. Разработанный метод обладает рядом преимуществ перед существующими подходами [4, 5]. Во-первых, герметичная камера (zip-lock-пакет, 1 л) для каждой чашки исключает перекрёстное влияние различных масел и концентраций, при этом количество одновременно экспонируемых чашек не лимитировано объёмом единого контейнера (в наших экспериментах – до 30). Во-вторых, размещение бумажного диска на крышке чашки Петри, а не в удалённой точке внешнего контейнера, обеспечивает одинаковое расстояние (~10 мм) от источника паров до поверхности культуры на всей площади чашки. В-третьих, круглая форма диска (Ø 90 мм) геометрически соответствует крышке стандартной чашки Петри, что способствует радиально-симметричному испарению. В-четвёртых, при культивировании микроорганизмов на плотном агаре происходит непосредственный контакт клеток с паровой фазой, тогда как при использовании жидкой среды [5] летучие компоненты сначала абсорбируются в бульон и взаимодействуют с микроорганизмами опосредованно, через жидкую фракцию. В-пятых, расходные материалы (чашки Петри Ø 100 мм, фильтровальная бумага Ø 90 мм, zip-lock-пакеты 1 л) коммерчески доступны, что делает метод легко воспроизводимым в микробиологической лаборатории.

Предложен модифицированный стандартизированный метод оценки антимикотического эффекта летучих компонентов ЭМ в паровой фазе. Метод воспроизводим, масштабируем и доступен, позволяет изолированно оценивать действие газовой фазы. Экспериментально подтверждена антимикотический эффект паров масла чайного дерева в отношении *C. albicans*.

1. Wińska, K. Essential oils as antimicrobial agents – myth or real alternative / K. Wińska, W. Mączka, J. Łyczko, M. Grabarczyk, A. Czubaszek, A. Szumny // *Molecules*. – 2019. – Vol. 24, № 11. – Art. 2130.
2. Kalemba, D. Antibacterial and antifungal properties of essential oils / D. Kalemba, A. Kunicka // *Curr. Med. Chem.* – 2003. – Vol. 10, № 10. – P. 813–829.
3. Li, Y.-X. Antimicrobial mechanisms of spice essential oils and application in food industry / Y.-X. Li, F. Erhunmwunsee, M. Liu, K. Yang, W. Zheng, J. Tian // *Food Chem.* – 2022. – Vol. 382. – Art. 132312.
4. Inouye, S. The vapour activity of oregano, perilla, tea tree, lavender, clove, and geranium oils against a *Trichophyton mentagrophytes* in a closed box / S. Inouye, K. Uchida, S. Abe // *J. Infect. Chemother.* – 2001. – Vol. 7, № 4. – P. 251–254.
5. Nedorostova, L. Antimicrobial properties of selected essential oils in vapour phase against foodborne bacteria / L. Nedorostova, P. Kloucek, L. Kokoska, M. Stolcova, J. Pulkrabek // *Food Control.* – 2009. – Vol. 20, № 2. – P. 157–160.

A. P. Nikiforova, D. V. Kashtaniuk, N. A. Gamanovich
Grodno State Medical University

MODIFIED METHOD FOR EVALUATION OF ANTIFUNGAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OIL VOLATILE COMPONENTS IN VAPOUR PHASE AGAINST *CANDIDA ALBICANS*

A standardized method for determining the minimum inhibitory volume of essential oil vapours has been developed. The method involves placing a sterile filter paper disc (ø 90 mm) on the Petri dish lid with individual hermetic sealing of each dish in a 1 L zip-lock bag. The method advantages include reproducibility, scalability, and assessment of vapour phase activity against microorganisms cultivated on solid medium without contact with liquid oil fraction.

Keywords: essential oils, vapour phase, antifungal activity, *Candida albicans*, minimum inhibitory volume, tea tree, volatile components, method standardization.

УДК 577.19

М. В. Петрова, Т. А. Коваленя

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

ВЛИЯНИЕ ТЕТРАГИДРОКСИ-1,4-БЕНЗОХИНОНА НА РЕСПИРАТОРНУЮ АКТИВНОСТЬ МИТОХОНДРИЙ СЕРДЦА КРЫС

Была проведена оценка тетрагидрокси-1,4-бензохинона на респираторную активность митохондрий сердца крыс в экспериментах *in vitro*.

Ключевые слова: митохондрии, сердце, респираторная активность, тетрагидрокси-1,4-бензохинон.

Введение. Производные хинона являются повсеместными компонентами почти всех липидных мембран всех организмов. Хиноны – это редокс-активные соединения, способные поглощать/высвобождать два протона и два электрона. Эукариотические клетки используют два основных типа хинонов в качестве элементов систем преобразования энергии: убихиноны (или кофермент Q) в дыхании и пластохинон (присутствующий в мембранах хлоропластов) в фотосинтезе. Бензохиноновое кольцо хинона может существовать в девяти различных окислительно-восстановительных состояниях, которые являются результатом трех возможных электронных и трех состояний протонирования, экспериментально было обнаружено только шесть состояний. Среди этих шести состояний только два относительно стабильны в основной липидной фазе. Хиноны, помимо решающей роли в преобразовании энергии, являются одними из важнейших антиоксидантов в клетках. В настоящее время общепринято считать, что антиоксидантные свойства хинонов могут оказывать благотворное влияние на здоровье и продолжительность жизни [1].

Материалы и методы исследования. Митохондрии сердца выделяли методом дифференциального центрифугирования [2]. Суспензию митохондрий сердца вносили в ячейку со средой (0,25 М сахараза, 0,005 М KH_2PO_4 , 0,001 М ЭГТА, 0,005 М NHEPES , 0,01 М KCl , pH 7,4) объемом 1 мл, при температуре 26 °С, затем вводили субстрат дыхания (сукцинат 5 мМ) и АДФ (200 мкМ). Определяли скорость потребления кислорода митохондриями в различ-

ных метаболических состояниях. Функциональное состояние митохондрий оценивали, используя коэффициент акцепторного контроля (ACR), равный отношению скоростей дыхания (V_3/V_2) митохондрий в состояниях 3 и 2, а коэффициент фосфорилирования (ADP/O) рассчитывали как отношение количества внесенного АДФ к количеству кислорода, потребленного в процессе фосфорилирования. Состояние 2 (V_2) соответствовало дыханию митохондрий в присутствии субстрата. Дыхание в состоянии 3 (V_3) регистрировали после внесения в среду 200 мкМ АДФ.

Результаты исследования и их обсуждение. В эксперименте *in vitro* мы оценили эффекты тетрагидрокси-1,4-бензохинона (5–30 мкМ) на параметры митохондриального дыхания (рисунок 1).

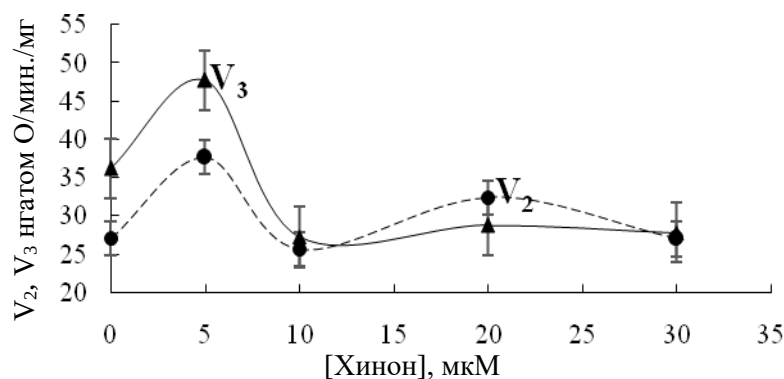


Рисунок 1 – Зависимости скорости потребления кислорода V_2 , скорости АДФ-зависимого потребления кислорода V_3 от концентрации тетрагидрокси-1,4-бензохинона

Концентрация 5 мкМ приводила к возрастанию скорости потребления кислорода в состоянии 3, а повышение концентрации, 10–30 мкМ, к ингибированию скорости.

Концентрации 5 и 20 мкМ приводили к возрастанию скорости потребления кислорода в состоянии 2, а концентрации 10 и 30 мкМ – к ингибированию скорости.

При оценке коэффициентов акцепторного контроля и фосфорилирования было определено, что возрастающие концентрации тетрагидрокси-1,4-бензохинона приводили к снижению коэффициента ACR и возрастанию ADP/O (рисунок 2).

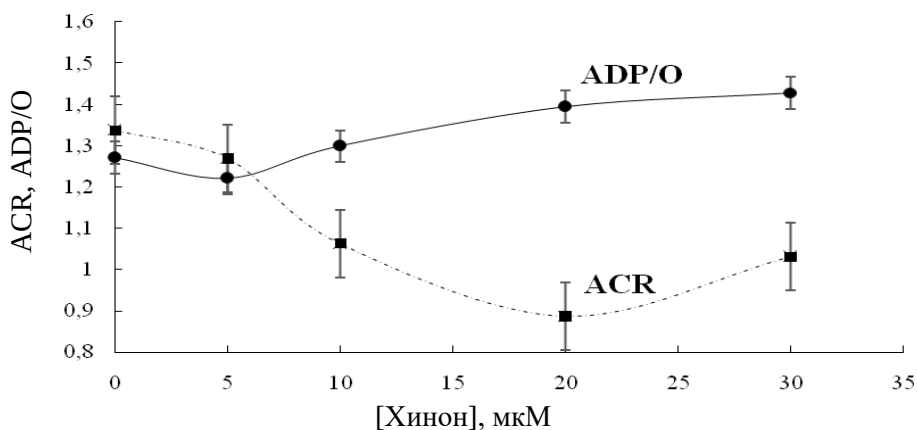


Рисунок 2 – Зависимости коэффициентов ACR и ADP/O от концентрации тетрагидрокси-1,4-бензохинона

Заключение. Следовательно, можно предположить, что прямое взаимодействие хинона с изолированными митохондриями способствует сопряжению, но при этом скорость ответа на потребности в энергии снижена. Митохондрии находятся в состоянии дисфункции.

Список использованных источников

1. Sarewicz, M. Electronic connection between the quinone and cytochrome C redox pools and its role in regulation of mitochondrial electron transport and redox signaling / M. Sarewicz, A. Osyczka // *Physiological reviews*. – 2015. – Vol. 95, № 1. – P. 219–243.
2. Gostimskaya, I. Preparation of highly coupled rat heart mitochondria / I. Gostimskaya, A. Galkin // *Journal of visualized experiments : JoVE*. – 2010. – № 43. – P. 2202.

M. V. Petrova, T. A. Kavalenia
Yanka Kupala State University of Grodno

EFFECT OF TETRAHYDROXY-1,4-BENZOQUINONE ON THE RESPIRATORY ACTIVITY HEART MITOCHONDRIA OF RATS

The effect of tetrahydroxy-1,4-benzoquinone on the respiratory activity of rat heart mitochondria was evaluated in experiments in vitro.

Keywords: mitochondria, heart, respiratory activity, tetrahydroxy-1,4-benzoquinone.

УДК 581.192.7

Г. Г. Филиппова, К. Ю. Федотко
Белорусский государственный университет

МОДИФИКАЦИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ ПЕРЦА В УСЛОВИЯХ ХОЛОДОВОГО СТРЕССА И ПРИ ОБРАБОТКЕ АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТОЙ

Выявлены различия функциональной активности фотосинтетического аппарата различных сортов перца при действии пониженной температуры. Обработка семян и листьев перца аминолевулиновой кислотой в концентрации 50 мг/л приводит к ряду адаптационных перестроек фотосинтетического аппарата, направленных на поддержание его функциональной активности.

Ключевые слова: растения перца, гипотермия, аминолевулиновая кислота, функциональная активность фотосинтетического аппарата.

Воздействие низких температур является одним из наиболее распространённых абиотических стрессовых факторов, ограничивающих рост, развитие и продуктивность сельскохозяйственных растений. Особенно остро проблема холодного стресса стоит для теплолюбивых овощных культур, к числу которых относится перец стручковый (*Capsicum annuum* L.). Эта культура имеет важное экономическое значение для сельского хозяйства Республики Беларусь, однако её продуктивность в условиях неустойчивого климата нашей страны может существенно варьировать.

Перспективным подходом к повышению стрессоустойчивости растений является обработка растений физиологически активными соединениями, способными индуцировать защитные системы клеток. Одним из таких соединений является 5-аминолевулиновая кислота (АЛК) – природный метаболит, предшественник биосинтеза всех тетрапирролов, включая хлорофилл и гем. В низких концентрациях экзогенная АЛК способна повышать устойчивость растений к различным абиотическим стрессам, в том числе к гипотермии [1; 2].

Целью работы было исследование воздействия холодного стресса на функциональную активность фотосинтетического аппарата (ФСА) растений перца при экзогенной обработке АЛК. В качестве объекта использовали растения перца стручкового сортов Каин (острый) и Сибирский князь (сладкий). Было исследовано два вида обработки – прайминг семян и опрыскивание листьев раствором АЛК в концентрации 50 мг/л. Выращивание растений осуществлялось в лабораторных условиях при температуре 22–24 °С в течение 8-ми недель. Фотосинтетическую активность определяли методом РАМ-флуориметрии, который позволяет измерить кинетику флуоресценции хлорофилла. Растения подвергали воздействию низкотемпературного стресса – выдерживали в холодильнике при температуре 10 °С в течение 4 часов, после чего измеряли функциональную активность ФСА.

Важнейшими показателями активности ФСА является эффективный квантовый выход (F_v/F_m) фотохимических реакций фотосистемы 2 (ФС2), а также величины фотохимического (q_P) и нефотохимического (q_N и NPQ) тушения [3]. Установлено, что прайминг семян, а также опрыскивание листьев раствором АЛК не приводит к достоверно значимому изменению показателя F_v/F_m по сравнению с контролем, у обоих сортов перца он составляет 0,78 – 0,80. При этом прайминг семян АЛК вызывает снижение нефотохимического тушения: регулируемое тушение q_N снижается на 19 %, тогда как регулируемая компонента NPQ, обусловленная модификацией светособирающей антенны, – на 27 % по сравнению с контролем. При опрыскивании листьев раствором АЛК наблюдается схожий эффект на исследованные параметры, но несколько меньший по степени воздействия.

Действие пониженной температуры в течение 4 часов не оказывает существенного воздействия на эффективный квантовый выход ФС2, но приводит к снижению фотохимического тушения q_P у обоих сортов перца. Кроме того, происходит изменение регулируемой компоненты нефотохимического тушения NPQ: у сорта Каин она увеличивается, тогда как у сорта Сибирский князь – снижается. Через 24 часа адаптации после холодового стресса исследованные показатели у необработанных растений не восстанавливаются. Прайминг семян и опрыскивание листьев раствором АЛК способствует восстановлению q_P и NPQ до исходного уровня, что свидетельствует о модификации ФСА, направленной на адаптацию растений к действию стрессового фактора. Изменение NPQ может быть обусловлено модификацией светособирающей антенны ФС2, в частности активацией зеаксантинового цикла или перемещением лабильной светособирающей антенны, в ходе чего происходит перераспределение поглощенной световой энергии в пользу ФС1 [4]. Кроме того, известно, что АЛК влияет на уровень экспрессии генов, ответственных за синтез хлорофилла и его деградацию [1].

Полученные данные позволяют заключить, что воздействие гипотермии приводит к изменению функциональных характеристик ФСА растений перца. При этом у разных сортов наблюдается различная реакция на стресс: у сорта Сибирский князь снижается эффективный квантовый выход, а также фотохимическое и регулируемое нефотохимическое тушение флуоресценции хлорофилла; у сорта Каин эффективный квантовый выход не претерпевает существенных изменений, фотохимическое тушение снижается, тогда как регулируемое нефотохимическое – возрастает. Прайминг семян АЛК в концентрации 50 мг/л, а также предстрессовая обработка листьев данным соединением приводит к ряду адаптационных перестроек ФСА, направленных на поддержание его функциональной активности.

Список использованных источников

1. Advances in 5-aminolevulinic acid priming to enhance plant tolerance to abiotic stress [Electronic resource] / S. Tan [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2022. – Vol. 23, № 2. – Art. 702.
2. Effects of low temperature stress on production traits and physiological characters of *Capsicum annuum* L. in flower bud differentiation stage [Electronic resource] / P. Tian [et al.] // Chinese Agricultural Science Bulletin. – 2011. – Vol. 27, № 13. – P. 253–259.
3. Krause, G. H. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics / G. H. Krause, E. Weis // Annu. Rev. of Plant Physiology and Molecular Biology. – 1991. – Vol. 42 (1). – P. 313–349.
4. Ruban, A. V. Assessing the photoprotective effectiveness of non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching: A new approach / A. V. Ruban, E. H. Murchie // Biochimica et Biophysica Acta. – 2012. – Vol. 1817 (7). – P. 977–982.

H. G. Filiptsova, K. Yu. Fedotko

Belarusian State University

MODIFICATION OF PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF PEPPER PLANTS UNDER COLD STRESS AND TREATMENT WITH AMINOLEVULINIC ACID

Differences in the functional activity of the photosynthetic apparatus of different pepper varieties under low temperatures were identified. Treatment of pepper seeds and leaves with 50 mg/L aminolevulinic acid leads to a number of adaptive changes in the photosynthetic apparatus aimed at maintaining its functional activity.

Keywords: pepper plants, hypothermia, aminolevulinic acid, functional activity of the photosynthetic apparatus.

РАЗДЕЛ 5. ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

УДК 579.67:664

П. П. Жих

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

ИНКАПСУЛИРОВАНИЕ *LACTOBACILLUS RHAMNOSUS* LR-G14 МЕТОДОМ КОМПЛЕКСНОЙ КОАЦЕРВАЦИИ НА ОСНОВЕ СЫВОРОТОЧНОГО БЕЛКА И К-КАРРАГИНАНА КАК ЭЛЕМЕНТ УСТОЙЧИВОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

Изучено инкапсулирование *Lactobacillus rhamnosus* Lr-G14 методом комплексной коацервации с сывoroточным белком и к-каррагинаном. Получены стабильные коацерваты с высокой эффективностью захвата клеток и содержанием жизнеспособных клеток, который превышает терапевтический уровень. Технология рекомендована как эффективная, экономичная и устойчивая, соответствующая принципам «зелёных» биотехнологий.

Ключевые слова: пробиотики, *Lactobacillus rhamnosus*, инкапсуляция, комплексная коацервация, сывoroточный белок, к-каррагинан, устойчивое развитие, эффективность захвата клеток.

Введение. Интерес к пробиотикам обусловлен их способностью восстанавливать микробиоценоз и повышать резистентность организма, однако низкая выживаемость бактерий в ЖКТ остаётся ключевой проблемой. Перспективным решением является инкапсуляция в биополимерные матрицы [1; 2].

Особое внимание уделяют экологичным методам, использующим вторичное сырьё. Комплексная коацервация – мягкий метод электростатического взаимодействия биополимеров без нагрева и токсикантов [3; 4]. В качестве компонентов выбраны концентрат сывoroточного белка (WPC) – побочный продукт молочной промышленности, и к-каррагинан – природный полисахарид.

Целью работы является оценка эффективности инкапсулирования *L. rhamnosus* Lr-G14 методом коацервации WPC+к-каррагинан, в том числе: определение морфологии, стабильности и эффективности захвата клеток (ЕЕ).

Материалы и методы. Объект исследования – лиофилизированный штамм *Lactobacillus rhamnosus* Lr-G14 (ООО «В-МИН+») [5]. Культивировали на капустном агаре (48 ч, 37 °С). Клетки осаждали центрифугированием (2400 g, 15 мин.), промывали 0,9 % NaCl, ресуспендировали до 10 мл (концентрация $\sim 10^8$ – 10^9 КОЕ/г).

Приготовление растворов: 5 % WPC (80 % белка) в стерильной воде (гидратация 24 ч при 4 °С); 1 % к-каррагинан в воде (нагревание до 70–80 °С, охлаждение, выдержка 24 ч).

Формирование коацерватов: 30 г 5 % WPC смешивали с бактериальной суспензией (10 мл), перемешивали 15 мин., добавляли 9 г 1 % каррагинана, доводили pH до 4,5 0,1 н HCl. Объём до 50 мл водой, инкубация 48 ч при 4 °С. Осадок отделяли центрифугированием (1500 об/мин, 30 мин) и хранили в 0,9 % NaCl при 4 °С [6].

Определение эффективности захвата клеток: отбирали пробу до коацервации (N_0) и из 1 г коацерватов (N), высвобождали клетки в фосфатном буфере (pH 7,2), высевали на капустный агар, инкубировали 48 ч при 37 °С. $EE = (\log N / \log N_0) \times 100$ [7]. Все эксперименты в трёх повторностях.

Результаты и обсуждение. После коацервации образовался мелкодисперсный хлопьевидный осадок кремово-белого цвета, рыхлой консистенции. После центрифугирования – компактный осадок, надосадок прозрачный. При хранении в 0,9 % NaCl при 4 °С в течение 7 суток структура, цвет и прозрачность сохранялись, посторонней микрофлоры не обнаружено. Коацерваты стабильны в изотоническом растворе.

Эффективность захвата клеток: для расчёта эффективности захвата (ЕЕ) определяли исходное количество жизнеспособных клеток в реакционной смеси до коацервации ($N_0 = 5,32 \times 10^7$ КОЕ/г) и количество клеток, высвобожденных из 1 г сформированных коацерватов ($N = 2,95 \times 10^7$ КОЕ/г) методом посева на капустный агар.

$$EE = \frac{\log N}{\log N_0} \times 100 = \frac{\log(2,95 \times 10^7)}{\log(5,32 \times 10^7)} \times 100$$

$$\log N = \log(2,95 \times 10^7) = 7,470$$

$$\log N_0 = \log(5,32 \times 10^7) = 7,726$$

$$EE = \frac{7,470}{7,726} \times 100 = 96,7\%$$

Высокая ЕЕ обусловлена мягкими условиями (контроль pH, отсутствие нагрева и сшивателей), потери (<4 %) связаны с механическими потерями при центрифугировании. Данные согласуются с [6] для *L. plantarum*. Абсолютное содержание клеток ($2,95 \times 10^7$ КОЕ/г) превышает терапевтический минимум (10^6 – 10^7 КОЕ/г).

Использование WPC – вторичного сырья – снижает нагрузку на окружающую среду, метод не требует дорогостоящего оборудования, легко масштабируется, исключает токсичные реагенты, что соответствует концепции «чистых» продуктов.

Заключение. Метод комплексной коацервации WPC+κ-каррагинан показал высокую эффективность инкапсулирования *L. rhamnosus* Lr-G14: получены стабильные хлопьевидные коацерваты, ЕЕ составила 96,7 % (наивысший показатель среди сравниваемых методов), содержание жизнеспособных клеток – $2,95 \times 10^7$ КОЕ/г, что превышает терапевтический уровень. Мягкие условия формирования и использование вторичного сырья (сывороточного белка) соответствуют принципам устойчивого развития. Рекомендовано применение метода для функциональных продуктов; перспективны исследования стабильности в условиях ЖКТ, долгосрочного хранения и масштабирования.

Список использованных источников

1. Гаврилова, Н. Б. Исследование иммобилизации пробиотиков как метода их защиты и доставки в желудочно-кишечный тракт человека / Н. Б. Гаврилова, Н. Л. Чернопольская, А. В. Банникова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 151–161.
2. Frakolaki, G. A review of the microencapsulation techniques for the incorporation of probiotic bacteria in functional foods / G. Frakolaki, V. Giannou, D. Kekos // Critical reviews in food science and nutrition. – 2021. – Vol. 61, № 9. – P. 1515–1536.
3. Bosnea, L. A. Complex Coacervation as a Novel Microencapsulation Technique to Improve Viability of Probiotics Under Different Stresses / L. A. Bosnea, T. Moschakis, C. G. Biliaderis // Food Bioprocess Tech. – 2014. – Vol. 7, № 10 – P. 2767–2781.
4. Yadav, A. Biopolymers as Packaging Material in Food and Allied Industry / A. Yadav, S. Mangaraj, R. Singh // International Journal of Chemical Studies. – 2018. – Vol. 6, № 2. – P. 2411–2418.
5. BioGrowing Co., Ltd. [Electronic resource] : Lactobacillus rhamnosus Lr-G14. – Mode of access: <https://www.biogrowing.com/index.php?s=product&c=show&id=10>. – Date of access: 19.03.2026.
6. Lactobacillus plantarum protection by entrapment in whey protein isolate: κ-carrageenan complex coacervates / L. Hernández-Rodríguez [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2014. – Vol. 36. – P. 181–188.
7. Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов : ГОСТ 26670-91. – Введ. 01.01.93. – М. : Стандартинформ, 2008. – 8 с.

P. P. Zhikh

Yanka Kupala State University of Grodno

ENCAPSULATION OF *LACTOBACILLUS RHAMNOSUS* LR-G14 BY COMPLEX COACERVATION WITH WHEY PROTEIN AND K-CARRAGEENAN AS AN ELEMENT OF SUSTAINABLE BIOTECHNOLOGY FOR FUNCTIONAL FOODS

The encapsulation of *Lactobacillus rhamnosus* Lr-G14 by complex coacervation with whey protein and κ-carrageenan was investigated. Stable coacervates were obtained, demonstrating high cell encapsulation efficiency and a

viable cell count exceeding the therapeutic threshold. The technology is recommended as efficient, cost-effective, and sustainable, aligning with the principles of «green» biotechnology.

Keywords: probiotics, *Lactobacillus rhamnosus*, encapsulation, complex coacervation, whey protein, κ -carrageenan, sustainable development, encapsulation efficiency.

УДК 504(08)

D. Masawi, S. Manyere, D. T. Ruziwa, C. Matore

*Harare Polytechnic, BTech Chemical Technology Department in collaboration
with National University of Science and Technology, Harare, Zimbabwe*

WINE PRODUCTION FROM WATERMELON (*CITRULLUS LANATUS*) USING ALCOHOLIC FERMENTATION METHOD

This study explores the production and characterization of wine from watermelon juice. Fermentation using *S. cerevisiae* for seven days yielded 12 % v/v ethanol. GC-MS analysis identified key volatile compounds contributing to the wine's aroma, including characteristic watermelon markers. Sensory evaluation showed the product to be comparable to commercial grape wine. The findings confirm the viability of watermelon as a raw material for quality wine production, offering a sustainable method for fruit valorisation.

Keywords: watermelon wine, alcoholic fermentation, *Saccharomyces cerevisiae*, sensory evaluation.

Introduction. Wine production, traditionally reliant on grape fermentation, is expanding to include alternative fruits, particularly in regions with climatic constraints on viticulture [1]. Watermelon (*Citrullus lanatus*), comprising 90–92 % water and 6–9 % fermentable sugars, presents a promising substrate for this purpose [2]. In many sub-Saharan African countries, including Zimbabwe, significant post-harvest losses of watermelon occur due to its high perishability and limited cold storage. Converting this surplus into wine offers a viable strategy for waste reduction, value addition, and economic empowerment [3]. While previous studies have confirmed the feasibility of watermelon wine production, there remains a need for systematic optimisation of fermentation conditions and comprehensive chemical characterisation [4]. This study aimed to produce watermelon wine, determine its ethanol content using GC, and evaluate its sensory properties in comparison to a commercial grape wine.

Materials and Methods. Mature crimson watermelons were sourced locally. The fruit was washed, peeled, and deseeded, and the pulp was blended and filtered to obtain juice. The must was adjusted to 22–24 °Brix with sugar and to pH 3.5 with citric acid. Potassium metabisulfite (50 ppm) was added for microbial control. After a 12-hour rest, the must was inoculated with 5–10 % (w/v) *Saccharomyces cerevisiae* and fermented at 20–25 °C for 7 days. The wine was racked, clarified with bentonite (1 g/L), stabilized with 50 ppm potassium metabisulfite, filtered, and bottled for aging [5; 6]. Ethanol content was quantified using GC-FID with a calibration curve (0.5–40 % v/v). FTIR spectroscopy and standard qualitative tests were used for functional group identification and phytochemical screening. Sensory evaluation was conducted by a 15-member trained panel using a 9-point hedonic scale [7].

Results and Discussion. The fermentation profile (Table 1) showed a typical trend, with °Brix decreasing from 22.0 to 6.5 over three days, while ethanol content increased to 10.5 % v/v. The alcohol content plateaued at 12 % v/v quantified by GC analysis by day 6, indicating efficient sugar conversion. The pH remained stable (3.46–3.50), confirming optimal conditions for yeast activity.

The FTIR spectrum confirmed ethanol presence with a strong O–H stretch at 3450 cm⁻¹ and C–H stretches at 2958 cm⁻¹. Peaks at 1750 cm⁻¹ (C=O) and 1640 cm⁻¹ (C=C) indicated esters and organic acids, key aroma contributors. Phytochemical screening of the final wine showed reduced levels of phenolic acids (++) , flavonoids (+) , and antioxidants (++) , while saponins and terpenoids were absent.

Table 2 GC-MS identified 18 volatile compounds, including ethyl acetate, isoamyl alcohol, and characteristic watermelon aroma markers (6-nonenal, 3,6-nonadien-1-ol).

Table 1 – Changes in pH, °Brix, and alcohol content during fermentation

Days	pH	°Brix	Alcohol (%v/v)
0	3.50	22.0	0.0
1	3.48	15.5	4.5
2	3.47	10.2	8.0
3	3.46	6.5	10.5
4	3.46	5.8	11.5
5	3.47	5.6	11.8
6	3.48	5.5	12.0
7	3.50	5.5	12.0

Table 2 – Selected volatile compounds identified by GC-MS

Compound	Chemical Class	Likely Origin
Ethanol	Alcohol	Fermentation
Ethyl acetate	Ester	Esterification
Isoamyl alcohol	Higher alcohol	Amino acid metabolism
6-Nonenal	Aldehyde	Watermelon aroma
3,6-Nonadien-1-ol	Unsaturated alcohol	Watermelon aroma

Table 3 – Sensory evaluation of watermelon wine vs. commercial grape wine

Parameter	Watermelon Wine	Commercial Wine
Appearance	7.8 ± 0.6	8.1 ± 0.5
Aroma	7.4 ± 0.7	7.8 ± 0.6
Taste	7.2 ± 0.8	7.6 ± 0.7
Mouthfeel	7.0 ± 0.7	7.3 ± 0.6
Overall Acceptability	7.5 ± 0.7	7.9 ± 0.6

Note: 9-point hedonic scale (1 = dislike extremely; 9 = like extremely).

Sensory evaluation (Table 3) indicated the watermelon wine was well-received. Mean scores for appearance (7.8), aroma (7.4), taste (7.2), mouthfeel (7.0), and overall acceptability (7.5) closely aligned with commercial wine (8.1, 7.8, 7.6, 7.3, 7.9 respectively).

Conclusion. This study successfully demonstrates that high-quality wine can be produced from watermelon using controlled alcoholic fermentation. The process yielded 12 % v/v ethanol, comparable to commercial grape wines. Chemical analyses confirmed typical wine constituents and characteristic aroma compounds. Sensory evaluation indicated consumer acceptance comparable to a commercial standard. These findings highlight watermelon's potential as a valuable alternative substrate for wine production, providing opportunities for post-harvest loss mitigation and product diversification.

References

1. Kosseva, M. R. Science and Technology of Fruit Wine Production / M. R. Kosseva, V. K. Joshi, P. S. Panasar. – Academic Press, 2016. – 720 p.
2. Adesokan, I. A. Production of functional fruit juice from water melon (*Citrullus lanatus*) by fermentation of lactic acid bacteria / I. A. Adesokan // World Journal of Advanced Science and Technology. – 2023. – Vol. 3, No. 2. – P. 021–026.
3. Dube, J. Watermelon production in Africa: challenges and opportunities / J. Dube, G. Ddamulira, M. Marphosa // International Journal of Vegetable Science. – 2021. – Vol. 27, No. 3. – P. 211–219.
4. Zainab, A. Quality assessment of water melon (*Citrullus lanatus*) wine produced using *Saccharomyces cerevisiae* isolated from palm wine / A. Zainab, Y. Amos, M. S. S. Datsugwai, B. Mathew // Journal of Biomaterials. – 2018. – Vol. 2, No. 2. – P. 65–73.
5. White wine protein instability: Mechanism, quality control and technological alternatives for wine stabilisation / F. Cosme, C. Fernandes, T. Ribeiro [et al.] // Beverages. – 2020. – Vol. 6, No. 1. – P. 19.
6. Prusova, B. Formation, losses, preservation and recovery of aroma compounds in the wine making process / B. Prusova, J. Humaj, J. Sochor, M. Baron // Fermentation. – 2022. – Vol. 8, No. 3. – P. 93.
7. Sensory and chemical drivers of wine consumers' preference for a new Shiraz wine product containing *Ganoderma lucidum* extract / A. N. Nguyen, T. E. Johnson, D. W. Jeffery [et al.] // Foods. – 2020. – Vol. 9, No. 2. – P. 224.

D. Masawi, S. Manyere, D. T. Ruziwa, C. Matore

Harare Polytechnic, BTech Chemical Technology Department in collaboration
with National University of Science and Technology, Harare, Zimbabwe

WINE PRODUCTION FROM WATERMELON (*CITRULLUS LANATUS*) USING ALCOHOLIC FERMENTATION METHOD

Изучено производство вина из арбуза (*Citrullus lanatus*) с использованием спиртового брожения *Saccharomyces cerevisiae*. Сок арбуза ферментировали в течение семи дней при 20–25 °С. Содержание этанола достигло 12 % об., что подтверждено ГХ-анализом. ФТИР-спектроскопия выявила характерные функциональные группы винных соединений. Органолептическая оценка по 9-балльной шкале показала, что арбузное вино сопоставимо с коммерческим виноградным вином (средняя приемлемость 7,5 и 7,9 балла соответственно). Результаты подтверждают потенциал арбуза как сырья для производства качественного вина.

Ключевые слова: арбузное вино, спиртовое брожение, *Saccharomyces cerevisiae*, газовая хроматография, органолептическая оценка.

УДК 664.854

А. Н. Поперечный, В. Г. Корнийчук, С. В. Владимиров, А. В. Бакк

*Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского*

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАМОРОЗКИ НА СКОРОСТЬ СУШКИ ЖМЫХА ВИШНИ В СУШИЛКЕ С ИНФРАКРАСНЫМ НАГРЕВОМ

Исследуются направления, связанные с интенсификацией процесса сушки вишневого жмыха. Информационный анализ показал, что современные предприятия, которые занимаются переработкой жмыха из растительного сырья для сушки, стали использовать инфракрасные сушильные установки. Сушка с использованием инфракрасного излучения обладает относительно высокой производительностью и низкими затратами по сравнению с другими применяемыми видами сушки. В ходе экспериментов было установлено, что использование инфракрасного излучения при обработке предварительно замороженного жмыха вишни позволило сократить время сушки до 50 % при прочих равных технологических условиях [1].

Ключевые слова: жмых вишни, инфракрасное излучение, кривые сушки, кривые скорости сушки.

Вишня занимает второе место после яблок среди плодовых косточковых деревьев. В ее составе содержится большое количество различных витаминов, минералов и различных биологически активных веществ [1].

Вишневый жмых является побочным продуктом при производстве соков, пюре, морсов.

В своем составе жмых вишни обладает всеми свойствами, что и плод до переработки. При этом он является продуктом короткого срока хранения. Одним из способов увеличения сроков хранения является заморозка и дальнейшая сушка.

Сушка вишневого жмыха после предварительной заморозки позволяет снизить количество воды до такого состояния, когда замедляются или полностью останавливаются процессы, связанные с развитием различной болезнетворной микрофлоры, кроме того, уменьшаются габаритные размеры, снижаются расходы, связанные с логистикой. Чем быстрее происходит заморозка жмыха вишни, тем больше останется ароматических веществ в высушенном продукте.

Оптимальными температурными параметрами при сушке сырья являются температуры в диапазоне от 40 °С до 70 °С. Неправильно подобранный температурный режим приводит к необратимым процессам, которые происходят в сырье во время сушки. Основной задачей при сушке является сохранение максимального количества всех полезных веществ в продукте, это достигается за счет правильно подобранной температуры и времени сушки.

В связи с вышесказанным, оптимальным методом сушки, является сушка с ИК нагревом. Этот метод имеет большое количество преимуществ по сравнению с другими способами сушки. К ним можно отнести – отсутствие теплоносителя, который в процессе сушки может загрязнить обрабатываемый продукт; продукт не перегревается, находясь рядом с тепловым излучателем; тепловыделение происходит в объеме продукта, и его температура выше, чем температура стенок аппарата [2].

При сушке тонких слоев продукта высокую эффективность показывают аппараты с инфракрасным нагревом. В этом случае интенсивность сушки увеличивается в 1,5–2,0 раза при снижении энергозатрат в 1,5 раза [3].

Одним из нетрадиционных способов, позволяющих интенсифицировать процесс сушки, является предварительная заморозка вишневого жмыха. Далее используют инфракрасный нагрев для сушки (т. е. комбинированный способ).

Для разработки комбинированных способов сушки с предварительным замораживанием был проведен ряд различных экспериментальных исследований для изучения кинетики сушки при инфракрасном нагреве. Результаты исследований подтвердили эффективность данного способа по сравнению с традиционными методами обезвоживания [2].

Из жмыха формировали кубики 5×5×5 мм и замораживали при температуре –18 °С и –35 °С в течение 2 ч. Время сушки составило до 90 мин. при различных температурах. Замороженный вишневый жмых был высушен до остаточной влажности 8–10 %.

Изменение свойств продукта в процессе замораживания связано с кристаллообразованием и явлениями, сопутствующими кристаллизации льда. В материалах, имеющих клеточную структуру, миграция паров воды и проникновение жидкости при восстановлении сухих продуктов во многом зависят от зон локализации льда в процессе замораживания. [4]

Шоковая заморозка (–35...–50 °С и ниже, при интенсивном обдуве) является оптимальным режимом для ускорения. Скорость максимальна на всем протяжении. Тонкие, равномерно распределенные повреждения мембран создают сеть микроканалов для выхода влаги, но при этом сама матрица ткани (целлюлозно-пектиновый каркас) сохраняет жесткость и не «схлопывается».

Структура остается пористой, что облегчает перенос ИК-излучения вглубь продукта.

Разработанная технология сушки вишневого жмыха показывает хорошие результаты: процесс занимает вдвое меньше времени, чем при использовании традиционного метода. Особенно хочется отметить, что при предварительной заморозке и далее сушки продукт по вкусовым и ароматическим показателям не уступает аналогам, полученным методом сублимации.

Список использованных источников

1. Кунилова, Т. М. Анализ существующих типов оборудования и технологий сушки / Т. М. Кунилова // Процессы и аппараты пищевых производств. – 2008. – С. 28–36.
2. Алексанян, И. Ю. Пути повышения эффективности процессов концентрирования и сушки продуктов животного и растительного происхождения в замороженном состоянии на начальном этапе обезвоживания / И. Ю. Алексанян, В. Н. Лысова, Ванли Кончу Морис, Р. Н. Зарипов // Повышение эффективности теплообменных процессов и систем : сб. материалов IV Междунар. науч.-техн. конф., Вологда, 25–27 окт. 2004 г. / ред. Ю. Р. Осипов. – Вологда : Вологод. гос. техн. ун-т, 2004. – С. 326–329.
3. Ванли, К. М. Интенсификация тепломассообмена при сушке свеклы в нативном и замороженном состоянии : дис. ... канд. тех. наук : 01.04.14 / К. М. Ванли ; Федер. гос. учр. высшего профес. образования «Астрахан. гос. техн. ун-т». – Краснодар, 2010, Астрахань, 2005. – 141 с.
4. Современные методы получения быстро восстанавливаемых сушеных растительных продуктов // Информационный портал «Пищевик». – 2025.

A. N. Transversely, V. G. Korniychuk, S. V. Vladimirov, A. V. Bakk

Donetsk National University of Economics and Trade named after Michael Tugan-Baranovsky

THE EFFECT OF THE DEPTH OF FREEZING ON THE DRYING RATE OF CHERRY CAKE IN A DRYER WITH INFRARED HEATING

The article discusses issues related to the intensification of the drying process of cherry cake. The information analysis showed that the newly opened and modernized enterprises began to use infrared radiation. The use of infrared radiation allows you to achieve advantages over other drying methods. Experimental studies were conducted on installations with infrared radiation. During the experiments, the results were obtained, which showed that when using infrared radiation during the drying of frozen cherry cake, the drying time decreased to 60 %, all other things being equal, technological conditions.

Keywords: cherry cake, infrared radiation, drying curves, drying rate curves.

Д. Ю. Степанчук, В. Н. Бурдь

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

КОРРЕКЦИЯ ВИТАМИННОГО СТАТУСА НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПОСРЕДСТВОМ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СМЕТАНЫ

Рассматривается проблема дефицита витамина D у населения Республики Беларусь и пути её решения посредством создания функционального продукта – сметаны, обогащённой витамином D. Полученные опытные образцы показали полное соответствие требованиям нормативной документации по физико-химическим, органолептическим и микробиологическим показателям.

Ключевые слова: экология человека, витамин D, функциональное питание, технология производства сметаны.

В рамках изучения взаимодействия человека, как биологического и социального вида, с окружающей средой с целью разработки методов управления процессами влияния факторов среды на здоровье и жизнедеятельность популяции ключевым элементом является питание. Именно с питанием человек получает необходимые организму компоненты, позволяющие восстанавливать функциональную активность органов и противодействовать факторам среды, тем самым продляя работоспособность и долголетие людей. Одним из фундаментальных принципов экологии человека является необходимость соответствия структуры питания специфике того жизненного пространства, в котором протекает его жизнедеятельность.

Наш организм привыкает к климату и природе той территории, на которой мы живём. Если в окружающей среде постоянно не хватает каких-то важных факторов или веществ, организму становится тяжело работать правильно. Чтобы поддерживать здоровье, приходится восполнять этот дефицит с помощью продуктов питания [1].

Для Республики Беларусь проблемой является острая нехватка солнечного света. Согласно климатологическим наблюдениям, на территории Беларуси в среднем отмечается около 130–150 пасмурных дней в году [2]. В крупных городах ситуация усугубляется влиянием смога, плотной многоэтажной застройкой, которые дополнительно задерживают до 30–40 % ультрафиолетовых лучей, ответственных за синтез витамина D. В результате его естественный синтез полностью прекращается в году с октября по март. По данным Министерства здравоохранения РБ клиническая практика фиксирует недостаток витамина D более чем у 70–80 % граждан в зимне-весенний период [2; 3]. Такой дефицит приводит к ослаблению иммунитета, расстройствам фосфорно-кальциевого обмена и снижению общей сопротивляемости организма неблагоприятным факторам среды [2].

Целью данной работы является оценка возможности коррекции витаминного статуса населения Республики Беларусь путем создания функционального продукта, обогащенного витамином D.

В качестве основы для создания такого продукта была выбрана сметана, так как этот продукт пользуется достаточно высоким спросом у населения Беларуси и присутствует на столе практически в каждой семье, а молочный жир является идеальной средой для растворения и усвоения жирорастворимого витамина D [4].

В ходе работы была обоснована оптимальная дозировка – 1500 МЕ на 1 литр продукта. Согласно регламентам ТР ТС 022/2011, уровень обогащения в 100 г продукта должен покрывать от 15 % суточной нормы. Данная концентрация исключает риск гипervитаминоза, но при этом гарантирует функциональный статус продукта [5].

В лабораторных условиях был имитирован резервуарный технологический процесс производства сметаны, реализуемый на ОАО «Беллакт» [6]. Были получены образцы сметаны с различным содержанием витамина.

Опытные, контрольный и реальный (производства ОАО «Беллакт») образцы сметаны анализировали по ряду органолептических, физико-химических и микробиологических пока-

зателях, сравнивая с требованиями стандарта СТБ 1888-2016 [7]. Микробиологические показатели определяли методом серийных разведений и высевам на плотные питательные среды согласно ТР ТС 033/2013 [8]. Органолептическую оценку готовых образцов проводили методом дегустации, а кислотность и содержание белка определяли титриметрическим методом [9, 10].

Экспериментальные данные показали, что доза витамина 1500 МЕ/л биологически нейтральна для микрофлоры. Скваживание проходило стабильно, итоговая титруемая кислотность составила 74–89 °Т, а количество жизнеспособных клеток молочнокислых бактерий стабильно превышало нормативный порог в 1×10^7 КОЕ/г. Органолептическая оценка выявила характерные для сметаны цвет, запах и вкус, что подтверждает нейтральность витамина по отношению к качественным показателям сметаны.

Таким образом, проведенное исследование показало, что проблема инсоляционного дефицита в Республике Беларусь, обостряющаяся в урбанизированной среде и требующая системных мер по коррекции витаминного статуса населения, может быть решена производством функционального продукта – сметаны, обогащённой витамином D в количестве 1500 МЕ/л. Производство данного продукта может быть реализовано на действующих предприятиях при незначительной доработке технологического процесса.

Список использованных источников

1. Тихомирова, Н. А. Технология продуктов функционального питания / Н. А. Тихомирова. – М. : Франтэра, 2002. – 213 с.
2. Руденко, Э. В. Обеспеченность витамином D и подходы к коррекции его дефицита у взрослого населения Республики Беларусь / Э. В. Руденко, О. В. Романова, Е. В. Руденко // Медицинские новости. – 2021. – № 7. – С. 13–18.
3. Обеспеченность витамином D населения Республики Беларусь / Л. В. Янковская [и др.] // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2015. – № 1 (49). – С. 34–39.
4. Степанчук, Д. Ю. Обогащение пищевых продуктов как стратегия устойчивого развития: экологические и социальные аспекты (на примере сметаны, обогащенной витамином D) / Д. Ю. Степанчук ; науч. рук. В. Н. Бурдь // Биотехнология и биомедицинская инженерия : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Курск, 13 нояб. 2025 г. / Курск. гос. мед. ун-т ; редкол.: В. А. Липатов [и др.]. – Курск : КГМУ, 2025. – С. 241–243.
5. Пищевая продукция в части её маркировки : ТР ТС 022/2011. – Введ. 01.07.2013. – Минск : Госстандарт, 2013. – 29 с. О безопасности молока и молочной продукции : ТР ТС 033/2013. – Введ. 01.05.2014. – Минск : Энергопресс, 2014. – 144 с.
6. Степанчук, Д. Ю. Технология производства сметаны, обогащённой витамином D / Д. Ю. Степанчук, В. Н. Бурдь // Актуальные проблемы прикладной биотехнологии и инженерии : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Оренбург, 2026 г. / Оренбург. гос. ун-т ; под ред. Е. В. Волошина. – Оренбург : ОГУ, 2026. – С. 199–222.
7. Сметана. Технические условия : СТБ 1888-2016. – Введ. 01.05.2017. – Минск : Госстандарт : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2017. – 16 с.
8. О безопасности молока и молочной продукции : ТР ТС 033/2013. – Введ. 01.05.2014. – Минск : Энергопресс, 2014. – 144 с.
9. Шидловская, В. П. Органолептические свойства молока и молочных продуктов : справ. / В. П. Шидловская. – М. : КолосС, 2004. – 359 с.
10. Сучкова, Е. П. Методы исследования молока и молочных продуктов : учеб.-метод. пособие / Е. П. Сучкова, М. С. Белозерова. – СПб. : Университет ИТМО, 2015. – 47 с.

D. U. Stsepanchuk, V. N. Burd
Yanka Kupala State University of Grodno

CORRECTION OF VITAMIN STATUS OF THE POPULATION OF THE REPUBLIC OF BELARUS THROUGH THE PRODUCTION OF FUNCTIONAL SOUR CREAM

The article discusses the problem of vitamin D deficiency in the population of the Republic of Belarus and ways to solve it through the creation of a functional product – sour cream enriched with vitamin D. The obtained experimental samples showed full compliance with the requirements of regulatory documentation on physical and chemical, organoleptic and microbiological indicators.

Keywords: human ecology, vitamin D, functional nutrition, sour cream production technology.

СОРБЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ СУШЕНЫХ ГРИБОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ МЕДИ

Изучена сорбционная активность сушеной биомассы трех видов высших грибов – лисички обыкновенной (*Cantharellus cibarius*), белого гриба (*Boletus edulis*) и подосиновика красного (*Leccinum aurantiacum*) по отношению к ионам меди. Исследование проведено на модельных растворах сульфата меди с концентрациями 50, 100, 150 и 200 мг/л. Установлено, что все исследуемые образцы проявляют максимальную эффективность при концентрации металла 50 мг/л, достигая степени извлечения 90,46 %. Наилучшую сорбционную емкость ($A = 0,48$ мг/г) показали подосиновик и белый гриб из Минской области. Показано, что сушеная биомасса макромицетов может служить перспективным сырьем для создания эффективных и экологически безопасных биосорбентов.

Ключевые слова: биосорбция, ионы меди, хитин, макромицеты, лисичка обыкновенная, белый гриб, подосиновик красный, сорбционная емкость.

В современных условиях интенсивного техногенного воздействия проблема загрязнения биосферы тяжелыми металлами приобретает глобальный характер. Ионы меди, свинца, кадмия, попадая в природные воды и почву, оказывают токсическое воздействие на живые организмы. В связи с этим поиск эффективных, экологически безопасных и доступных способов очистки сред является приоритетной задачей биотехнологии и экологии [17]. Тяжелые металлы оказывают повреждающее действие на разных структурных уровнях живых организмов и трудно выводятся, поэтому актуальной проблемой является поиск эффективных энтеросорбентов, способных снизить их аккумуляцию в организме человека. Такими свойствами обладают сорбенты из природных продуктов, среди которых особое место занимает полисахарид хитин. Хитин является основным структурным компонентом клеточных стенок грибов и обладает рядом уникальных свойств: нетоксичность, биосовместимость, бактерицидность.

В нашей работе мы изучили сорбционные способности высших грибов лисички обыкновенной (*Cantharellus cibarius*), белого гриба (*Boletus edulis*) и подосиновика красного (*Leccinum aurantiacum*) по отношению к ионам меди, в опытах *in vitro*.

Объектами исследования являлись сушеные плодовые тела трех видов макромицетов. Материал собран на территории Гродненской (НП «Беловежская пуща») и Минской (Вилейский район) областей в августе – сентябре 2025 года. Сушка проводилась в электросушилке при 35–45 °С в течение 6 часов. Образцы получили кодовые обозначения: 1М – подосиновик (Минская обл.), 2М – белый гриб (Минская обл.), 3М – лисичка (Минская обл.), 4Г – лисичка (Гродненская обл.), 5Г – белый гриб (Гродненская обл.), 6Г – подосиновик (Гродненская обл.) [3].

Для количественного изучения сорбции приготовлены модельные растворы сульфата меди с концентрациями 200, 150, 100 и 50 мг/л. В 50 мл раствора вносили 1,00 г сорбента, мешали в течение 1 часа при комнатной температуре и фильтровали. Остаточную концентрацию ионов меди определяли методом комплексометрического титрования раствором ЭДТА (0,05 моль/л) с индикатором мурексидом [11; 16]. Сорбционную емкость (A , мг/г) и степень извлечения (α , %) рассчитывали по стандартным формулам [13].

Результаты количественного анализа представлены в таблице.

Установлено, что все исследуемые образцы проявляют максимальную эффективность при концентрации 50 мг/л (степень извлечения 90,46 %, сорбционная емкость 2,26 мг/г). При концентрации 200 мг/л наилучшие результаты показали образцы из Минской области (подосиновик и белый гриб) – $A = 0,48$ мг/г, $\alpha = 4,8$ %. Отсутствие сорбционного эффекта при 100–150 мг/л для большинства образцов объясняется протонированием активных центров в кислой среде (рН 5,5–6,5), эффектом набухания биомассы и кинетическими ограничениями

[15; 18]. Грибы из Минской области проявили лучшие показатели, предположительно, в силу морфологических и биохимических особенностей [3; 4].

Таблица – Сорбционная емкость (А, мг/г) и степень извлечения (α , %) ионов Cu^{2+}

Образец	C_0 , мг/л	$C_{\text{ост}}$, мг/л	А, мг/г	α , %
1М	200	190,5	0,48	4,8
1М	50	4,77	2,26	90,46
2М	200	190,5	0,48	4,8
2М	50	4,77	2,26	90,46
3М	100	4,77	2,26	90,46
3М	50	4,77	2,26	90,46
4Г	50	4,77	2,26	90,46
5Г	50	4,77	2,26	90,46
6Г	50	4,77	2,26	90,46

Сушенная биомасса лисички обыкновенной, белого гриба и подосиновика красного является перспективным природным биосорбентом для извлечения ионов меди из водных сред (степень извлечения до 90,46 % при 50 мг/л). Для практического применения требуется оптимизация условий: корректировка pH до нейтральных значений, повышение температуры и увеличение времени контакта.

Список использованных источников

1. Анищенко, Л. Н. Особенности накопления тяжёлых металлов плодовыми телами макромицетов / Л. Н. Анищенко, Г. Г. Ладнова, Н. В. Фролова // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2016. – Т. 56, № 3. – С. 316–324.
2. Ильина, Г. В. Грибы : атлас-определитель / Г. В. Ильина, Г. Ю. Ильяшенко. – М. : ЭКСМО, 2014. – 256 с.
3. Качественный анализ : метод. указ. / сост. Т. К. Семченко. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2014. – 51 с.
4. Клишанец, Е. Т. Исследование свойств хитина различного происхождения / Е. Т. Клишанец, Т. П. Троцкая, З. В. Апанович // Вестник Гродн. гос. ун-та имени Янки Купалы. – 2015. – № 1. – С. 99–104.
5. Аккумуляция тяжелых металлов лесными грибами / Ю. В. Королева [и др.] // Известия КГТУ. – 2013. – № 30. – С. 115–122.
6. Сорбция тяжелых металлов высшими грибами и хитином / М. Е. Маркова [и др.] // Вестник ННГУ. – 2008. – № 6. – С. 118–124.
7. Новинюк, Л. В. Математическое моделирование процесса сорбции ионов меди на хитин- и хитозановых биокомплексах / Л. В. Новинюк, П. З. Велизон // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2020. – Т. 56, № 4. – С. 369–373.
8. Овсянников, Ю. С. Основы биотехнологии : учеб. пособие / Ю. С. Овсянников. – Киров : Радуга-ПРЕСС, 2024. – 226 с.
9. Скугорева, С. Г. Биосорбция тяжёлых металлов микромицетами / С. Г. Скугорева, Г. Я. Кантор, Л. И. Домрачева // Теоретическая и прикладная экология. – 2019. – № 2. – С. 14–31.
10. Сушинская, Н. В. Сорбция тяжёлых металлов меланиновыми пигментами грибов / Н. В. Сушинская, В. П. Курченко // Теоретическая и прикладная экология. – 2019. – № 4. – С. 83–87.
11. Феофилова, Е. П. Клеточная стенка грибов: современные представления / Е. П. Феофилова // Микробиология. – 2010. – Т. 79, № 6. – С. 723–733.
12. Шайдарова, Л. Г. Комплексонометрическое титрование : учеб.-метод. пособие / Л. Г. Шайдарова. – Казань : Казан. ун-т, 2022. – 20 с.

K. E. Syrokvash, E. I. Romanchuk
Yanka Kupala State University of Grodno

SORPTION ACTIVITY OF DRIED MUSHROOMS IN RELATION TO HEAVY METAL IONS

The sorption activity of dried biomass of three species of higher fungi – chanterelle (*Cantharellus cibarius*), porcini mushroom (*Boletus edulis*) and red boletus (*Leccinum aurantiacum*) – in relation to copper ions was studied on model solutions with concentrations of 50, 100, 150 and 200 mg/L. All studied samples showed maximum efficiency at 50 mg/L, reaching an extraction rate of 90,46 %. The best sorption capacity (0,48 mg/g) was shown by red boletus and porcini mushroom from the Minsk region. It is shown that dried biomass of macromycetes can serve as a promising renewable raw material for the creation of effective and environmentally safe sorbents for the purification of aqueous media from heavy metal ions.

Keywords: biosorption, copper ions, chitin, macromycetes, chanterelle, porcini mushroom, red boletus, sorption capacity.

Л. В. Улейчик*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы***ПРЕСТИЖ ДОЛЖНОСТИ ЗАВЕДУЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВОМ
В УЧРЕЖДЕНИИ ОБРАЗОВАНИЯ**

Раскрываются должностные обязанности заведующего производством в учреждении общего среднего образования и показывается, что работа в этой должности предоставляет возможность выпускникам специальности «Производство продукции и организация общественного питания» использовать знания и навыки, полученные в процессе обучения. С целью мотивации выпускников к трудоустройству на должность заведующего производством школьной столовой, профессорско-преподавательский состав в процессе обучения и воспитания должен информировать студентов о престиже работы в этой должности и возможности дальнейшего профессионального роста.

Ключевые слова: выпускники, заведующий производством, учреждение образования, должностные обязанности, питание обучающихся.

На этапе завершения обучения в Гродненском государственном университете имени Янки Купалы по специальности «Производство продукции и организация общественного питания», выпускники во время заседания комиссии по распределению выпускников университета могут выбрать место предстоящей профессиональной деятельности в соответствии с поданными заявками от организаций – заказчиков кадров. Анализируя заявки работодателей, прослеживается, что есть востребованность в специалистах для работы в столовых учреждений общего среднего образования Гродненской и других областях Беларуси. В Беларуси функционирует около 2630 общеобразовательных школ и кадры нужно восполнять молодыми специалистами. В соответствии с квалификационной характеристикой инженера-технолога в сфере общественного питания, специалист может быть трудоустроен в учреждение образования на должность заведующего производством столовой.

Некоторые выпускники не проявляют особого интереса к трудоустройству на должность заведующего производством школьной столовой, так как не в полном объеме имеют представление о престиже этой должности. Профессорско-преподавательский состав должен информировать студентов в процессе обучения и воспитания об особенностях и преимуществах работы в должности заведующего столовой в учреждении образования. Также необходимо доводить к сведению студентов, что из года в год труд заведующего облегчается, так как постоянно вводятся новшества в систему работы. Многие операции компьютеризированы, например, заявки на питание учащихся формирует ответственный работник школы и передает по компьютеру заведующему производством. Заведующий формирует заявки на продукты и сырье и передают информацию товароведу по компьютеру. Калькулятор рассчитывает цены на блюда в меню и передают по компьютеру в учреждение образования. Облегчает работу и ввод в эксплуатацию новых видов оборудования: пароконвектоматов, кухонных процессоров, тепловых шкафы для подогрева столовой посуды. Для приготовления рационов питания, пищевые предприятия поставляют по заявкам специальные для детского питания полуфабрикаты высокой степени готовности: овощи очищенные, вакуумированные и нарезанные требуемыми формами, фарши и кулинарные полуфабрикаты из птицы и свинины, блинчики с различными начинками, порционные молочнокислые продукты, специальные продукты при некоторых заболеваниях. Постоянно расширяется ассортимент изготавливаемой кулинарной продукции, так как дополнительно к действующим сборникам технологических карт для детского и диетического питания вводятся в действие новые сборники и технологические карты с рецептурами блюд, разработанными на основании предпочтений обучающихся. В результате снижается количество пищевых отходов. Вводятся новые формы организации питания и обслуживания: предварительный заказ блюд по вариативным меню завтрашнего дня, обслуживание по типу шведского стола». Рационы питания для различных возрастных групп школьников, и школьников, получающих диетическое питание, техноло-

гические карты, меню, программы производственного контроля, рабочие и санитарные инструкции разрабатывают специалисты производственных отделов комбинатов школьного питания и обеспечивают ими столовые учреждений образования.

Молодой специалист на первых этапах работы может столкнуться с трудностями при выполнении своих обязанностей, что может сказаться на формировании ошибочного мнения о престиже работы в должности заведующего производством. Проработав некоторое время в этой должности, бывшие выпускники утверждают, что содержание и объем выполняемой работы формируют навыки руководителя производством и трудовым коллективом, планирования, организации и осуществления контроля на всех этапах производственного процесса, анализа работы и внедрение инноваций в производственный процесс. Высокий профессионализм в должности заведующего производством приобретается быстро, так как этого требуют должностные обязанности, которые нужно выполнять. Работая в столовой учреждения образования, нужно применить все знания и навыки, полученные в вузе и на протяжении всего времени работы в должности заведующего производством, не будет дисквалификации в знаниях ни по одной специальной изучаемой в вузе дисциплине.

Для подтверждения статуса должности заведующего производством в учреждении образования как руководителя, необходимо рассмотреть должностные обязанности, прописанные в квалификационной характеристике должности «заведующий производством» в «Едином квалификационном справочнике должностей служащих».

Организация питания обучающихся в учреждениях образования осуществляются согласно статье 40 Кодекса Республики Беларусь [1, с. 2]. В своей работе заведующий производством должен знать и руководствоваться законодательными актами, нормативно-методическими и другими руководящими материалами по отношению к производственно-хозяйственной деятельности в столовой учреждения образования. В помощь в работе ежегодно Министерство образования разрабатывает Методические рекомендации по организации питания в учреждениях образования на текущий учебный год.

В соответствии с должностными обязанностями, заведующий производством столовой должен осуществлять руководство производственно-хозяйственной деятельностью подразделения. Главным вопросом производственно-хозяйственной деятельности является организация и обеспечение питанием высокого качества всех учащихся и работников учреждения образования. Получив через компьютер заявку о количестве питающихся в данный день, заведующий производством рассчитывает количество продуктов для приготовления блюд согласно двум видам вариативного меню по возрастным группам, или меню по типу «шведского стола», меню диет и количества заявок на питание учащихся по всем классам. Выдает продукты, технологические карты по приготовлению блюд поварам, контролирует выполнение всех требований технологического процесса приготовления, отпуска готовой продукции и соблюдение санитарно-гигиенических правил. Технологические карты составляются на основании действующих для детского питания сборников технологических карт. Заведующий производством должен знать рецептуры и технологию приготовления блюд для детского питания и обучить молодых поваров.

Питание обучающихся разных классов организовано по установленному графику во время перемен между уроками. В учреждениях общего среднего образования в областных центрах обучаются от 700 до 1000 учащихся. На каждую переменную в первую и вторую смены обучения школьников, повара готовят новую партию блюд для питания 100–150 учащихся.

Заведующий производством проводит С-витаминизацию блюд аскорбиновой кислотой в соответствии с установленными нормами для каждой возрастной группы учащихся и с бракеражной комиссией снимает пробы каждой партии приготовленной продукции и фиксирует данные в бракеражном журнале.

На основании заключений врачей во многих учреждениях образования необходимо организовать диетическое питание для обучающихся, поэтому заведующий столовой должен

знать особенности приготовления и отпуска пищи учащимся при заболеваниях фенилкетонурией, целиакией, сахарным диабетом, желудочно-кишечного тракта, аллергических и других заболеваниях.

В учреждении образования питание должно быть организовано не только через раздаточные линии, но и в школьных буфетах. Заведующий к открытию буфета отпускает продукцию, предназначенную для детского питания и продукцию собственного приготовления согласно разрешенного перечня, а также рационы питания работникам учреждения образования за плату по предварительным заказам в соответствии меню для обучающихся старшей возрастной группы.

С целью контроля качества изготавливаемой продукции и соблюдения условий для безопасного питания в учреждениях образования уделяется особое внимание организации производственного контроля. Школьные столовые обеспечены разработанной специалистами программой производственного контроля, в которой отражены вопросы по соблюдению санитарно-эпидемиологических требований при транспортировке, хранении, производстве, реализации, продовольственного сырья и анализа опасностей. Заведующий производством обеспечивает условия для соблюдения и одновременно контролирует соблюдение установленных параметров в программе производственного контроля с целью выпуска продукции высокого качества в соответствии с технологическими и санитарно-эпидемиологическими требованиями и не допущения рисков для жизни и здоровья питающихся.

Работая в столовой учреждения образования, заведующий производством приобретает опыт по учету и отчетности о производственно-хозяйственной деятельности. Отчеты, состоящие из приходных и расходных документов, составляет ежедневно и сдает в бухгалтерию комбината. Для обеспечения производственно-хозяйственной деятельности столовой, заведующий производством рассчитывает необходимое количество сырья, полуфабрикатов, продовольственных товаров, составляет и подает заявки, и контролирует своевременную поставку пищевых продуктов.

Контроль за соблюдением технологической, санитарно-эпидемиологической и трудовой дисциплиной, соблюдением техники безопасности, своевременным прохождением медицинских осмотров, состоянием здоровья, составление графиков работы на месяц и табеля учета рабочего времени работников столовой входит в обязанности заведующего производством. Заведующий производством может разрабатывать новые виды продукции для внедрения в производство и вносить предложения по совершенствованию организации производства и повышению качества продукции. Большой объем знаний и навыков технологии и организации детского и диетического питания, обеспечение ритмичного производства, контроль качества приготовленной продукции в большом количестве порций и соблюдения санитарно-эпидемиологических требований, коммуникативных навыков как организатора, руководителя и контролера, навыков по совершенствованию организации производства, учета и отчетности по производственно-хозяйственной деятельности характеризует заведующего производством как высокопрофессионального специалиста. Инженер-технолог специальности «Производство продукции и организация общественного питания» может работать в должности заведующего производством столовой в учреждениях образования и выполнения свои обязанности на должном уровне, приобретает навыки для дальнейшего карьерного роста.

Список использованных источников

1. Национальный образовательный портал. Методические рекомендации по организации питания в учреждениях образования в 2025/2026 учебном году. – URL: <https://adu.by/ru/pedagogam/organizatsiya-pitaniya.html> (дата обращения: 14.07.2026).
2. Об утверждении выпуска 18 Единого квалификационного справочника должностей служащих : постановление М-ва труда Респ. Беларусь, 30 июля 1999 г., № 97 : с изм. и доп., внесенными постановлением М-ва труда и социальной защиты Респ. Беларусь от 27 июня 2007 г. № 93. – URL: http://stizhma.by/f/eskd_torgovlya.pdf (дата обращения: 13.07.2026).

L. V. Uleichyk

Yanka Kupala State University of Grodno

**THE PRESTIGE OF THE POSITION OF HEAD
OF PRODUCTION IN AN EDUCATIONAL INSTITUTION**

The author outlines the job responsibilities of a production manager in a general secondary education institution and demonstrates that this role offers graduates specializing in «Food Production and Catering Organization» the opportunity to apply the knowledge and skills acquired during their training. To motivate graduates to take up the position of production manager in a school cafeteria, the teaching staff should, throughout the educational and training process, inform students about the prestige associated with this role and the opportunities for further professional growth.

Keywords: graduates, production manager, educational institution, job responsibilities, student meals.

РАЗДЕЛ 6.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПРОСВЕЩЕНИЕ В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

УДК 37.068

Г. А. Богдан, О. В. Колодко

Государственное учреждение образования «Средняя школа № 12 имени В. В. Бабко г. Гродно»

РОЛЬ И ВОЗМОЖНОСТИ МУЗЕЯ-ЛАБОРАТОРИИ «ШКОЛА РАЧИТЕЛЬНЫХ ХОЗЯЕВ» В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Раскрываются роль и возможности музея-лаборатории учреждения образования в организации экологического образования обучающихся, включения представителей местного сообщества в экологические практики.

Ключевые слова: стратегические цели образования в интересах устойчивого развития, музей-лаборатория, экологические практики.

Проект Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2040 года [1] определяет экологическое образование в интересах устойчивого развития как непрерывный процесс воспитания, обучения и просвещения, направленный на формирование бережного отношения к природе, рационального использования ресурсов и внедрение принципов «зеленой экономики». А «совершенствование системы образования и подготовки кадров, адаптированной к структурным изменениям в экономике и цифровой трансформации общества, потребностям непрерывного развития личностного потенциала для успешной социализации и полноценной жизнедеятельности» [1, с. 41] рассматривается как одна из стратегических целей проекта. При этом ключевой задачей образования является усиление его практической составляющей за счет новых форм и методов организации образовательного взаимодействия.

В настоящее время в учреждениях общего среднего образования данная образовательная область представлена в рамках программ учебных предметов, факультативных занятий и курсов по выбору. Должное внимание формированию экологической культуры обучающихся уделяется и во внеурочной деятельности.

В государственном учреждении образования «Средняя школа № 12 имени В. В. Бабко г. Гродно» система экологического образования базируется на проектной деятельности. Ежегодный форум детских инициатив определяет новую проблематику эко-проектов, охватывающих экологически полезными практиками тысячи детей и взрослых в Гродно и за его пределами. Объединяющим их центром, базой экологического образования здесь стал музей-лаборатория «Школа рачительных хозяев», открытый в 2014 году на средства гранта республиканского конкурса «Самое энергоэффективное учреждение образования». Интерактивная площадка, позволяющая детям и подросткам познакомиться с законами и освоить практические навыки ресурсосбережения в увлекательной форме, включиться в полезные окружающей среде акции, проявить ответственность, творчество, фантазию.

Деятельность музея-лаборатории ориентирована на содействие достижению ЦУР № 4, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 17 [2].

Обладая уникальным оборудованием, музей-лаборатория обеспечивает следующие образовательные форматы: учебные и факультативные занятия, интерактивные экскурсии, лабораторные практикумы «Природа электричества», «Вещество № 1», «С уважением к ресурсосбережению», «Разделяй правильно!», мастерские медиа продуктов, опыты и эксперименты с природными и энергетическими ресурсами, изготовление вещей из вторичного сырья. К услугам организаторов экологических практик предоставляются интерактивные стенды «Беларусь: по пути устойчивого развития», «Драгоценная вода», «Велоэргометр», «Энергия солнца и ветра», интерактивная доска, медиаустановка, электронные конструкторы, наборы экологических игр и многое другое. Информационное сопровождение деятельности форми-

рования осуществляется на сайте учреждения, его официальной Инстаграм-странице [3], в ВК-сообществе «СШ 12 Гродно. Школа рачительных хозяев» [4].

Кроме того, музей-лаборатория является центром работы интеллектуального объединения «Школа рачительных хозяев», здесь его участники разрабатывают проекты и инициативы, оформляют репортажи для публикаций, создают актуальные информационные, наглядные, методические материалы, проводят консультации, подводят итоги мероприятий.

Существенно расширяет возможности музея-лаборатории активное сотрудничество с областным комитетом защиты окружающей среды и природных ресурсов, рядом факультетов Гродненского государственного университета имени Янки Купалы и Гродненского государственного аграрного университета, областным эколого-биологическим центром, предприятиями «Водоканал», «Гродноэнерго», «Гродногаз» и др. При поддержке партнеров ежегодно организуются десятки акций по очистке пригородных лесных массивов, прибрежной зоны рек Неман и Лососьянка, а также ставшие традиционными энергофэст «ГродноА+++», Неделя энергосбережения, масштабная акция «Час Земли: прояви уважение к планете», Марафон полезных дел планеты летних дел. «Школа рачительных хозяев» находится в постоянном поиске, изыскивая новые формы и темы проектов, налаживает новые партнерские связи, расширяет базу музея-лаборатории.

Эффективность работы учреждения образования по данному направлению подтверждают многочисленные награды и публикации. И постоянная востребованность музея-лаборатории: ежегодно в мероприятиях, проводимых на его базе, участвуют более четырех тысяч обучающихся учреждений образования Гродно и Гродненской области, сотни педагогов и родителей.

Список использованных источников

1. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2040 года. Проект // М-во экономики Респ. Беларусь. – Минск, 2000–2026. – URL: <https://economy.gov.by/uploads/files/NSUR/natsionalnaja-strategija-ustojchivogo-razvitija-respubliki-belarus-na-period-do-2040-goda.pdf> (дата обращения: 26.06.2026).
2. Цели устойчивого развития в Беларуси. – Минск, 2024–2026. – URL: <https://sdgs.by> (дата обращения: 22.06.2026).
3. 12grodno [Instagram-аккаунт]. – URL: <https://www.instagram.com/12grodno> (дата обращения: 24.06.2026).
4. СШ 12 Гродно. Школа рачительных хозяев: [сетевое сообщество] – URL: <https://vk.com/club77444455> (дата обращения: 24.06.2026).

Н. А. Bohdan, O. V. Kolodko

State educational institution «Secondary school No. 12 named after V. V. Babko, Grodno»

THE ROLE AND POTENTIAL OF THE «SCHOOL OF PRUDENT STEWARDS» MUSEUM-LABORATORY IN THE ENVIRONMENTAL EDUCATION OF STUDENTS

The role and potential of an educational institution's museum-laboratory are explored in the context of organizing environmental education for students and engaging local community members in environmental practices.

Keywords: strategic goals of education for sustainable development, museum-laboratory, environmental practices.

УДК 372.857

Т. А. Бонина¹, Е. В. Цытрон², П. С. Шевченко¹

¹Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка

²Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова БГУ

ЦИФРОВЫЕ СРЕДСТВА ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ПРАКТИКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Рассмотрены возможности использования средств интерактивной визуализации учебного материала в экологическом образовании на примере изучения темы «Структура популяции», представлен и проанализиро-

ван опыт использования авторских разработок по данной теме в образовательном процессе, определена его эффективность.

Ключевые слова: технология визуализации, образовательный процесс, экологическое образование, экологические компетенции, интерактивный плакат, инфографика.

Современный этап развития образования характеризуется переходом от простой трансляции информации на репродуктивном уровне к формированию у обучающихся способности самостоятельно анализировать, систематизировать, критически оценивать изучаемый материал для применения в дальнейшем полученных знаний в практической деятельности. Значительным педагогическим потенциалом в решении этих задач обладает технология визуализации, особенно при обучении биологии, в частности для формирования экологических компетенций. Приёмы визуализации, такие как инфографика, интерактивные плакаты, интеллект-карты, скрайбинг, лента времени, облако слов (тегов), фишбоун, кластеры, кроссенсы, представляют собой эффективные инструменты, способствующие системному пониманию и интеграции знаний на межпредметном и метапредметном уровне. Внедрение современных подходов в экологическом образовании может значительно повысить качество образовательного процесса, уровень познавательной активности и самостоятельности обучающихся [1; 2].

Визуальные **форматы данных и схемы** считаются человеком практически мгновенно, в то время как на осмысление аналогичного вербального описания уходит гораздо больше времени и когнитивных ресурсов, поскольку визуальные образы активируют как зрительную кору, так и ассоциативные области мозга, обеспечивая более глубокое включение памяти и внимания, что трансформирует иллюстрацию в инструмент повышения эффективности критического мышления [3].

Специфика формирования экологических компетенций требует от обучающихся понимания сложных системных связей, процессов, скрытых от непосредственного наблюдения. Одной из ключевых, на наш взгляд, в экологическом образовании является тема «Структура популяции», так как охватывает фундаментальные процессы, обеспечивающие устойчивость видов в природе и включает в себя множество сложных для восприятия понятий: пространственная, возрастная, половая, этологическая структуры, а также такие количественные параметры, как рождаемость, смертность, численность и плотность. Для формирования знаний о значении сохранения и поддержания свойств популяции для ее существования и сохранения вида в целом, решения практических задач необходимо понимание взаимосвязи и взаимообусловленности этих важных популяционных характеристик. Поэтому использование технологии интерактивной визуализации становится необходимым для упрощения объяснения и закрепления материала.

В рамках педагогического исследования по данной теме с использованием онлайн-инструмента для графического дизайна Canva был разработан и апробирован интерактивный плакат с элементами инфографики для систематизации и обобщения информации с помощью возможностей мультимедиа. Функциональность созданного ресурса при этом реализуется посредством совокупности активных элементов интерфейса. Методологической основой использования образовательного ресурса является системное объединение графических образов, видеофрагментов и интерактивных кнопок для навигации, что позволяет трансформировать абстрактные экологические понятия в визуальный обучающий материал. Ключевыми алгоритмами становятся свертывание и разворачивание необходимой информации, а также установление сложных причинно-следственных связей свойств и структуры популяции как живой системы. Разворачивая отдельные узлы плаката, обучающиеся выстраивают логические связи между элементами системы. Благодаря такой структуре, данные плаката обладают высокой информационной емкостью, и статичное изображение превращается в многоуровневое дидактическое поле, в котором обучающийся выступает в роли исследователя. Содержание плаката включает все важнейшие статические и динамические характеристики популяции с графической и иллюстративной визуализацией.

Важными структурными элементами являются интегрированные и доступные по навигации обучающие мини-игры, созданные на платформе learningapps.org, а также интерактивные тестовые задания, реализованные с помощью Google формы, онлайн-конструкторов тестов OnlineTest Pad, Quizlet. Обучающиеся получают возможности для систематизации, самоконтроля, определения уровня собственных знаний и при необходимости их коррекции, а преподаватели – осуществлять быстрый контроль и проводить мониторинг учебных достижений обучающихся, что делает образовательный процесс более продуктивным, менее времязатратным, следовательно, более эффективным.

Анализ результатов анкетирования обучающихся после апробации авторского интерактивного образовательного ресурса по теме «Структура популяции» показал, что разработанные материалы получили положительную оценку обучающихся, 98 % из которых рекомендуют применять этот ресурс в дальнейшем в системе экологического образования.

Таким образом, благодаря внедрению современных технологий визуализации при освоении сложных экологических понятий, связанных с вопросами структуры популяции, а также при изучении природных систем разных уровней организации, создаётся образовательная среда, которая стимулирует навыки анализа информации, систематизации и структурирования знаний и их интеграции для решения в дальнейшем практических задач, связанных в том числе с обеспечением устойчивого развития общества. Представленные в статье инструменты визуализации, такие как интерактивный плакат и инфографика становятся полноценной операционной средой для активной познавательной деятельности и критического мышления.

Список использованных источников

1. Зуева, Т. М. Структура интерактивного плаката / Т. М. Зуева, И. А. Юрченко // Интерактивная наука. – 2022. – № 7 (72). – С. 50–51.
2. Золотухин, С. А. Инфографика как информационный пакет. Инфографика в образовании / С. А. Золотухин // Медиа. Информация. Коммуникация. – 2018. – № 25. – С. 1–8.
3. Аранова, С. В. Педагогическая сущность феномена визуализации учебной информации в контексте культуры / С. В. Аранова // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. – 2020. – № 8 (151). – С. 30–36.

T. A. Bonina¹, A. U. Tsytron², P. S. Shevchenko¹

¹Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank

²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University

DIGITAL VISUALIZATION TOOLS IN ENVIRONMENTAL EDUCATION PRACTICE

The article examines the potential for using interactive visualization tools for educational content in environmental education, taking the topic of «Population Structure» as a case study; it presents and analyzes the experience of using original instructional materials on this topic within the educational process and assesses their effectiveness.

Keywords: visualization technology, educational process, environmental education, environmental competencies, interactive poster, infographics.

УДК 504.03:69

А. А. Волчек, Л. В. Образцов, Л. Г. Срывкина

Брестский государственный технический университет

ФОРМИРОВАНИЕ ESG-КОМПЕТЕНЦИЙ СУБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬНОГО РЫНКА КАК ФАКТОР ПРЕОДОЛЕНИЯ БАРЬЕРОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Выявлены системные проблемы строительной отрасли в отношении ESG-повестки. Предложены мероприятия для повышения уровня ESG-компетенций руководителей и сотрудников субъектов хозяйствования в сфере строительства.

Ключевые слова: устойчивое развитие, ESG-повестка, строительство, компетенция, субъект хозяйствования.

В настоящее время оценка эффективности бизнес-проектов постепенно выходит за рамки исключительно коммерческих интересов инвесторов и включает в себя анализ влияния последствий реализации этих проектов на макроэкономику, бюджетную систему, общество и окружающую среду.

Целевые установки для бизнеса, непосредственно касающиеся окружающей среды, сформулированы в Глобальном Договоре ООН в 2000 году в виде трех принципов: коммерческие компании должны придерживаться осторожных подходов к экологическим проблемам; коммерческие компании должны инициировать распространение экологической ответственности; коммерческие компании должны стимулировать развитие и распространение экологически безопасных технологий.

Сеть Глобального Договора насчитывает примерно 25000 участников из 167 стран, в том числе, по данным на май 2026 года [1], 46 участников – из Беларуси (рисунок). В их числе 6 организаций относятся к государственному сектору, а 40 – к негосударственному (частный бизнес и общественные организации).



Рисунок – Структура участников Глобального Договора ООН в Беларуси

Среди участников доминируют банки и страховые компании. Производственные предприятия хоть и занимают второе место, но их число несущественно в масштабах страны. Организации строительства в списке отсутствуют, что отражает низкий приоритет повестки ESG в данной отрасли экономики. Строительный сектор демонстрирует определенную консервативность по отношению к мировым стандартам устойчивого развития. Анализ выявил следующие системные проблемы в строительной отрасли:

1) *ориентация на внутренний рынок*: специфика работы строительного комплекса Беларуси связана главным образом с внутренним рынком, поэтому потребность в получении ESG-рейтингов для внешнего финансирования здесь значительно ниже, чем в банковском секторе;

2) *игнорирование концепции «зеленого» строительства*: уровень информационной прозрачности субъектов строительного рынка республики в аспекте ESG-декларирования на текущий момент остается низким;

3) *отсутствие запроса от потребителей*: ценовые параметры и местоположение объектов остаются доминирующими критериями выбора для покупателей на рынке недвижимости Беларуси. При этом низкий уровень потребительского спроса на «зеленое» строительство не позволяет застройщикам рассматривать ESG-стратегию как действенный инструмент конкурентной борьбы;

4) *экологическая неграмотность застройщиков и собственников объектов*: застройщики и владельцы недвижимости строго соблюдают экологическое законодательство, одна-

ко системное внедрение принципов устойчивого развития пока не стало частью их корпоративной культуры.

Формулировка системных проблем вызывает закономерный вопрос о природе трудностей во внедрении стандартов устойчивого развития, а также о том, какая из заинтересованных сторон (инвесторы, сотрудники организаций строительной отрасли, клиенты и потребители, акционеры, топ менеджмент, поставщики, население, государство) является ключевой. По нашему мнению, такими сторонами являются инвесторы, застройщики, организации строительного комплекса (представители бизнеса) и государство.

Этот вывод коррелирует с исследованием, проведенным в 2023 году экспертами ПРООН в Беларуси [3], в ходе которого было опрошено 102 представителя субъектов хозяйствования различных отраслей экономики, 10 представителей бизнес-ассоциаций и 48 представителей государственных органов и организаций.

По мнению всех групп респондентов, субъекты хозяйствования и государственные органы являются наиболее значимыми заинтересованными сторонами в продвижении ESG-повестки, причем важным аспектом является их взаимодействие, прежде всего при развитии нормативной правовой базы.

Представители всех групп опрошенных на первом месте среди препятствий на пути интеграции принципов устойчивого развития и ESG назвали *«недостаточную осведомленность»*, на втором, третьем – *«отсутствие компетентных специалистов»*. Эти барьеры не позволяют субъектам хозяйствования комплексно оценить коммерческие выгоды и долгосрочные преимущества от внедрения стандартов ESG.

Закономерным является вывод об актуальности просветительской работы с руководством и сотрудниками субъектов хозяйствования, включая строительную отрасль. Для повышения уровня их ESG-компетенций рекомендуются следующие мероприятия:

- интеграция ESG-принципов в управленческий контур через стратегические сессии для высшего руководства;
- системное развитие компетенций персонала в рамках внутрикорпоративных образовательных программ;
- профильное обучение и повышение квалификации сотрудников, ответственных за реализацию экологической и социальной политики.

Список использованных источников

1. Участники // Сеть Глобального Договора ООН в Беларуси [Электронный ресурс]. – 2026. – URL: <https://unglobalcompact.by/participants> (дата обращения: 19.05.2026).
2. Волчек, А. А. Экологические аспекты строительной деятельности субъектов малого и среднего предпринимательства в Беларуси / А. А. Волчек, Л. В. Образцов, Л. Г. Срывкина // ИТР23 Инновации: от теории к практике : сб. науч. ст. IX Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 19–20 окт. 2023 г. / редкол.: Г. Б. Медведева [и др.]. – Брест : Изд-во БрГТУ, 2023. – С. 79–84.
3. Руководство по применению экологических, социальных и управленческих стандартов (ESG-стандартов) субъектами хозяйствования в Республике Беларусь // ПРООН в Беларуси. – URL: <http://undp.org/ru/belarus/publikacii> (дата обращения: 10.07.2026).

A. A. Volchak, L. V. Obrazcov, L. G. Sryvkina
Brest State Technical University

DEVELOPING ESG COMPETENCIES AMONG CONSTRUCTION MARKET PARTICIPANTS AS A FACTOR IN OVERCOMING BARRIERS TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Systemic issues within the construction industry regarding the ESG agenda have been identified. Measures have been proposed to enhance the ESG competencies of executives and employees at construction companies.

Keywords: sustainable development, ESG agenda, construction, competence, business entity.

ФОРМИРУЮЩЕЕ ОЦЕНИВАНИЕ КАК ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Рассматривается формирующее оценивание как новый подход в оценке результатов образовательной деятельности обучающихся, отвечающий современным требованиям и влияющий на организацию и управление образовательным процессом. Приведено сравнение стандартизирующего и формирующего оценивания, примеры приемов применения формирующего оценивания в образовательном процессе, а также алгоритм применения формирующего оценивания при организации уроков.

Ключевые слова: формирующее оценивание, педагогическая технология, образовательный процесс, критериальное оценивание.

Одним из важнейших элементов обучения является процесс оценивания. От правильной организации оценивания зависит эффективность управления образовательным процессом, поэтому объективное оценивание уровня усвоения и владения учебным материалом обучающимися является одной из актуальных проблем современного образования. При оценке учебных достижений необходимо уделять внимание не только умению воспроизводить фактический материал, но и применять знания для решения практических и учебно-познавательных задач. При этом важно формировать у обучающихся навыки самооценки и самоконтроля, а значит, необходимы новые подходы в системе оценивания, что возможно при использовании не только стандартизированного, основанного на единых требованиях норм оценки, но и формирующего оценивания.

Формирующее оценивание – оценивание в процессе обучения, направленное на анализ знаний и умений, ценностных установок и обратной связи по итогам обучения. При этом результаты ученика сравниваются с его собственными предыдущими результатами, что способствует повышению мотивации к обучению, постановке образовательных целей и определению путей их достижения [1].

Стандартизированное оценивание характеризуется достаточно жесткими требованиями и оценочной шкалой, осуществляется на конечном этапе обучения, ориентировано на констатацию ошибок без рекомендаций по их исправлению, что приводит к снижению мотивации. Тогда как формирующее оценивание непрерывно, диагностика процесса обучения проходит на всех стадиях учебного занятия, в процесс оценивания вовлекаются ученики в ходе самооценки и взаимооценки деятельности по заранее определенным критериям, что способствует улучшению качества обучения и повышению мотивации.

Формирующее оценивание направлено на выявление достижений и успехов обучающихся. Задача преподавателя – дать рекомендации по улучшению результатов обучения, формировать умения анализировать собственный прогресс и ставить новые цели, через использование различных методов и приемов, инструментов оценивания.

При использовании формирующего оценивания, как педагогической технологии, необходимо:

1. Определить образовательные (предметные (система знаний), метапредметные (универсальные учебные действия) и личностные (система ценностных ориентаций, мотивация к обучению)) результаты деятельности учащихся при изучении темы или раздела.
2. Сформулировать цель урока как образовательный результат деятельности обучающихся. Цель должна быть конкретной, достижимой и диагностичной.
3. Сформулировать задачи, конкретизирующие цель, как шаги деятельности учащихся.
4. Определить критерии оценивания деятельности учащихся. Критерии должны быть однозначными и понятными для всех участников образовательного процесса.
5. Деятельность обучающихся оценивается только по указанным критериям.
6. В течение занятия осуществлять обратную связь: учитель – ученик, ученик – ученик, ученик – учитель.

7. Сравнивать результаты достижений обучающихся только с их предыдущими результатами.

8. По результатам оценивания корректировать образовательную траекторию обучающихся.

Для реализации технологии формирующего оценивания используют различные приемы и техники оценивания.

Одной из основных техник является критериальное оценивание – система критериев и показателей оценки полученного результата. Система предлагаемых критериев должна быть понятна и принята всеми участниками образовательного процесса. На начальном этапе использования критериального оценивания, учитель разрабатывает критерии по оценке каждого вида учебной деятельности. В дальнейшем, к разработке критериев привлекаются обучающиеся, что способствует осознанному восприятию информации и повышению мотивации.

Важное значение имеет организация обратной связи, позволяющая проанализировать результат деятельности и дать необходимые рекомендации, что способствует развитию познавательного интереса. Для организации обратной связи можно использовать такие приемы, как «Мини обзор», «Парковка вопросов», «Тестовые задания», «Квадраты» и другие.

Прием «Мини обзор» можно применять как после изучения конкретного вопроса, так и в конце урока. Учащимся необходимо выделить самое важное и самое сложное в изученном материале, сделав записи в тетради в течение 1–2 минут. Этот прием направлен на формирование умения обобщать и делать выводы, анализировать информацию.

Для фиксирования вопросов, возникающих в процессе изучения темы, в тетради выделяется место для их записи под названием «Парковка вопросов». Ответы на вопросы может найти сам ученик после изучения всего материала, вопросы могут обсуждаться в парах или малых группах. Данный прием формирует у обучающихся навык активного слушания и понимания рассматриваемого материала. Составление вопросов в тестовой форме способствует формированию умений формулировать задания, подбирать правдоподобные ответы, при обсуждении аргументированно объяснять выбор того или иного ответа. Анализ учителем вопросов и ответов показывает уровень понимания темы.

Для оценки уровня понимания изученного материала, формирования познавательного интереса к предмету, развития коммуникативных навыков можно использовать прием «Квадраты». Учитель предлагает таблицу из четырех ячеек с надписями «предсказать», «обобщить», «объяснить», «оценить». На обратной стороне квадрата написано задание, соответствующее надписи. Данный прием можно использовать как на этапе применения и закрепления знаний, так и при проверке домашнего задания. Для формирования умения аргументированно высказывать свою позицию по конкретной теме эффективно использовать прием «ПОПС-формула», где П – позиция (я считаю, что ...); О – обоснование (... потому, что ...); П – пример (например, ...); С – следствие (... поэтому ...).

Таким образом, формирующее оценивание создает среду, в которой ошибки воспринимаются как часть процесса обучения, а не неудача, является инструментом поддержки и развития обучающихся, способствует повышению мотивации и эффективности обучения.

Список использованных источников

1. Крылова, О. Н., Бойцова Е. Г. Технология формирующего оценивания в современной школе : учеб.-метод. пособие / О. Н. Крылова, Е. Г. Бойцова. – СПб. : КАРО, 2015. – 128 с.

L. V. Kovalevskaya

Yanka Kupala State University of Grodno

FORMATIVE ASSESSMENT AS A PEDAGOGICAL TECHNOLOGY

The article examines formative assessment as a new approach to evaluating students' learning outcomes that meets modern educational requirements and influences the organization and management of the educational process. It compares summative (standardized) assessment and formative assessment, provides examples of formative assessment techniques used in the classroom, and outlines an algorithm for implementing formative assessment in lesson planning and instruction.

Keywords: formative assessment, pedagogical technology, educational process, criterion-referenced assessment.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО МИРА БЕЛАРУСИ СТАНИСЛАВ БОНИФАЦИЙ ЮНДИЛЛ КАК ПОПУЛЯРИЗАТОР НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

В материале обращено внимание на недостаточно изученную сферу деятельности известного белорусского учёного и педагога С. Б. Юндилла⁷ – популяризацию научных знаний. Эта сфера его деятельности наиболее выразительно представлена публикациями в научно-популярных периодических изданиях, в частности, в журнале «Dziennik Wileński» («Виленский дневник»). Перечислены названия опубликованных статей, приведены оценки уровня и значительности этих журнальных публикаций, данные двумя авторами монографий о С. Б. Юндилле – зоологом, гидробиологом, ведущим историком польской зоологии Г. Бженком и ботаником, микробиологом В. Славиньским. Выражено авторское отношение к деятельности С. Б. Юндилла по популяризации знаний на примере его статьи «Замечания по вопросу о том, зимуют ли ласточки в воде», опубликованной в 1805 г., а также его интервью газете «Kurier Wileński» («Виленский вестник») в 1846 г.

Ключевые слова: история естествознания, профессор С.Б.Юндилл, популяризация научных знаний, научно-популярный журнал «Dziennik Wileński», газета «Kurier Wileński».

Выбор темы нашего доклада определили несколько обстоятельств. Во-первых, один из ключевых терминов, обозначенных в научных направлениях нынешней конференции, – устойчивое развитие. Достижение его целей невозможно без просвещения общества, без популяризации научных знаний. Особое значение для общества имеет распространение достижений естествознания. Во-вторых, со дня рождения известного белорусского естествоиспытателя, профессора Виленского университета, уроженца Гродненщины Станислава Бонифация Юндилла в этом году исполнилось 265 лет.

О С. Б. Юндилле существует довольно обширная литература различных научных жанров, начиная от монографических исследований и заканчивая тезисными публикациями в сборниках материалов конференций. Авторы отмечают значительное научное и дидактическое наследие, оставленное С. Б. Юндиллом прежде всего в области ботаники: ботанический учебник, проведённые ценные исследования малоизученной флоры страны, создание одного из крупнейших ботанических садов Европы. Заслуженное признание получили и его достижения в области зоологии. Впервые вышедшая в 1807 г. и выдержавшая ещё три переиздания четырехтомная «Zoologija krótko zebrana» («Зоология в кратком изложении»), по оценке выдающегося зоолога, гидробиолога и ведущего историка польской зоологии Г. Бженка, является для своего времени превосходным трудом как с научной, так и с методологической точки зрения [1, 136].

Изучая исследования о деятельности С. Б. Юндилла, мы заметили, что в них недостаточно внимания уделено роли этого учёного и педагога как просветителя и популяризатора научных достижений. Распространять результаты научных исследований в доступной форме для широкого круга пользователей, кроме обучения молодёжи в учебных заведениях, была возможность и через периодические издания. В 1805 г. в Вильне начал выходить литературно-художественный и научно-популярный журнал «Dziennik Wileński» («Виленский дневник»), соредактором которого с первого же номера стал С. Б. Юндилл. Кроме того, профессор явился автором многочисленных статей, напечатанных в этом журнале.

⁷В силу определённых социальных обстоятельств уроженец Беларуси С. Б. Юндилл был польскоязычным учёным и педагогом, но это не даёт оснований считать его польским учёным и педагогом.

По данным Г. Бженка, на страницах «Виленского дневника» были опубликованы 22 статьи С. Б. Юндилла по естественной истории, 6 из которых зоологического содержания [1, 137]. Наше внимание привлекли прежде всего зоологические статьи как более близкие к научным интересам. Г. Бженк называет опубликованные в 1805 г. «Uwagi nad pytaniem czy jaskółki zimę w wodzie przepędzają» («Замечания по вопросу о том, зимуют ли ласточки в воде»), «O włośniku» («О водяном черве»), «Krótka wiadomość o jedwabnikach bengalskich» («Краткая заметка о бенгальских шелкопрядах»), «O piórach ptasich w handlowym i technicznym względzie» («О птичьих перьях в коммерческом и техническом отношении»), «O potrzebie układowej nomenklatury w przedmiotach historii naturalnej» («О необходимости систематической номенклатуры в естествознании»), «O jajach ptastwa domowego» («О яйцах домашней птицы»).

Нам удалось выявить ещё статью «Nowe postrzeżenia względem wosku» («Новые наблюдения за воском»), опубликованную в № 3 «Виленского дневника» за 1805 г. и посвященную открытиям того времени в области пчеловодства и биологии пчел.

Значение этих журнальных публикаций получило неоднозначную оценку историков естествознания. Например, Г. Бженк считал, что С. Б. Юндилл «оставил заметный след своей научно-популярной деятельностью» [1]. А польский ботаник и микробиолог В. Славинский высоко оценивая учебник «Зоология в кратком изложении», отмечает, что «для своей эпохи труд Юндзилла – явление поистине исключительное; даже за рубежом не было работ, способных его превзойти» [2]. В то же время статьи С. Б. Юндилла по общим естественным наукам, физике, садоводству и сельскому хозяйству, а также ветеринарии, опубликованные в журнале «Виленский дневник», В. Славинский характеризует всего лишь как «обзоры и переводы сочинений других авторов», «компиляции, носящие сугубо вторичный характер», не вносящие в науку ничего нового, отмечает, что «некоторые из них наивны, обладают чертами, похожими на графоманию, и далеки даже от популяризации знаний» [2].

В такой строгой и, на наш взгляд, необъективной оценке не учтен исторический фактор: критерии важности публикации, актуальные для середины XX века (монография В. Славинского опубликована в 1947 г., через 100 лет после смерти С. Б. Юндилла), не применимы для начала XIX в. Возьмем, например, статью «Замечания по вопросу о том, зимуют ли ласточки в воде», в которой С. Б. Юндилл аргументированно опровергает миф, представленный Аристотелем в «Истории животных» (330-е годы до н.э.), поддерживаемый в XVIII в. знаменитым Карлом Линнеем с искренней верой в то, что ласточки впадают в спячку и зимуют на дне водоёмов, и дошедший до середины XIX в. Уже в 1805 г. С. Б. Юндилл доказательно отстаивает теорию миграции птиц, хоть окончательная точка в решении древней спорной проблемы, куда деваются птицы с наступлением холодов, была поставлена только через несколько десятилетий – после обнаружения аиста с деревянной стрелой в шее и возникновения идеи кольцевания птиц.

Следует заметить, что статьи С. Б. Юндилла выходили в этом журнале не только в 1805 г., но и в последующие годы. К примеру, в № 12 за 1806 г. были опубликованы: «Nowe postrzeżenie względem ryb elektrycznych» («Новые сведения об электрических рыбах») и «O niektórych pokoleniach owiec azyatycznych» («О некоторых породах азиатских овец»). В 1822 г. – «Badania o zwierzętach kopalnych, z oznaczeniem charakterów wielu zwierząt, których gatunki w rewolucjach ziemi zagięły» («Исследования ископаемых животных, с характеристикой многих животных, виды которых исчезли в ходе геологических преобразований Земли»), в которой Юндилл проанализировал труды французских естествоиспытателей – основателя сравнительной анатомии и палеонтологии Ж. Л. Кювье и ихтиолога Б. Ж. Ласепада.

В последний раз как популяризатор научных знаний С. Б. Юндилл выступил в возрасте 85 лет, за год до своей смерти. В 1846 году в газете «Kurier Wileński» («Виленский вестник»)

за 13 августа (№ 62) под заглавием «O owadach spadłych w Wilnie na Zielonym moście, tudzież słowo o mannie» («О насекомых, ниспавших в Вильне на Зелёном мосту, и несколько слов о манне») было помещено его объяснение редкому природному явлению – массовому падению насекомых из воздуха на Зеленый мост в Вильне, произошедшему 8 августа в 9 часов вечера. Как сообщала газета, толщина слоя выпавших неживых крылатых белых насекомых была неравномерной: в отдельных местах доходила до двух футов (1 фут – приблизительно 0,3 м), в других местах не превышала двух вершков (1 вершок – примерно 4,45 см).

За объяснениями явления обратились к С. Б. Юндиллу, который и рассказал, что эти насекомые относятся к роду эфемерид, названного так из-за кратковременности их жизни. Развиваются они около двух или трех лет в воде, а когда «сделаются способными к размножению своей породы», в первых числах августа поднимаются миллионами из воды в виде ночных бабочек и летят тучей. Как эти насекомые выполняют своё главное предназначение, С. Б. Юндилл описал так: «Тотчас после выполнения полового соединения самки свои яички опять кладут в воду и сами тотчас же погибают в ней». Самцы живут немного дольше, но тоже погибают, падая на прибрежную территорию или в воду. Упав в воду, становятся лакомой пищей для рыбы. Рыбаки, заметив это, стали собирать погибших насекомых, замешивать их с мукой и употреблять в качестве приманки при ловле, называя её рыбной манной. По рассказу С. Б. Юндилла, очевидцем подобного явления ему довелось быть несколько десятков лет назад на берегу реки Щары, поблизости Деречина. Ученый был окружён тучей насекомых, как падающим густым снегом, и в двух шагах ничего не мог видеть. Подобное наблюдали очевидцы и на берегах Немана и Днепра. Но в Вильне в течение прожитых им там шестидесяти лет этих насекомых в таком количестве до этого случая С. Б. Юндилл не видел. Предполагаемой причиной случившегося С. Б. Юндилл называет сильную жару лета 1846 г.

Ученый также высказал своё мнение относительно такой же «манны», выпавшей в том же году в окрестностях Сморгони, о чем сообщалось в № 44 «Виленского вестника», а также о библейской манне, объясняемой некоторыми естествоиспытателями как принесенные в большом количестве ветром семена растения *Ficaria verna*. С. Б. Юндилл высказал предположение, что «всякая манна, падающая из атмосферы, есть произведение метеорическое, образующееся непонятным для нас образом, точно так, как и известные аэролиты и массы атмосферического железа».

Из кратко представленного нами содержания статьи «Замечания по вопросу: Зимуют ли ласточки в воде?» и интервью, опубликованном под названием «О насекомых, ниспавших в Вильне на Зелёном мосту, и несколько слов о манне», позволяют опровергнуть мнение некоторых исследователей о вторичном, компилятивном характере научно-популярных публикаций С. Б. Юндилла, о их несущественности для науки и для распространения знаний. Даже беглое ознакомление с его публикациями в периодических изданиях убеждает, что они знакомили общественность с революционными открытиями того времени в различных областях естествознания, популяризировали рациональные методы исследования, опровергали необоснованные гипотезы, ложные представления и мифы о природных явлениях.

Список использованных источников

1. Brzęk Gabriel. Historia zoologii w Polsce do roku 1918 Część 1 i 2. – Lublin : Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, 1947. – 253 s.
2. Sławiński Witold. X. Stanisław Bonifacy Jundziłł profesor Historii Naturalnej Wszechnicy Wileńskiej. – Lublin : Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, 1947. – 229 s.

RESEARCHER OF THE FLORA AND FAUNA OF BELARUS STANISLAV BONIFACE YUNDILL AS A POPULARIZER OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE

The article draws attention to the insufficiently studied field of activity of the famous Belarusian scientist and teacher S. B. Yundilla – the popularization of scientific knowledge. This area of his activity is most expressively represented by publications in popular scientific periodicals, in particular, in the journal «Dziennik Wileński» («Vilna Diary»). The titles of the published articles are listed, the estimates of the level and significance of these journal publications are given, given by two authors of monographs on S. B. Yundilla, zoologist, hydrobiologist, leading historian of Polish zoology G. Brzank and botanist, microbiologist V. Slavinsky. The author's attitude to the work of S. B. Yundill on popularization of knowledge is expressed on the example of his article «Remarks on whether swallows winter in water», published in 1805, as well as his interview with the newspaper «Kurier Wileński» («Vilna Bulletin») in 1846.

Keywords: history of natural science, Professor S. B. Yundill, popularization of scientific knowledge, popular science magazine «Dziennik Wileński», newspaper «Kurier Wileński».

УДК 373.5.016:574.5

Ж. Е. Куцкевич^{1,2}, Ю. К. Верес^{1,3}

¹Белорусский государственный университет

²ГУО «Нарочская средняя школа № 1»

³УО «Республиканский центр экологии и краеведения»

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ В ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОМ НАПРАВЛЕНИИ НА БАЗЕ НАРОЧАНСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ИМЕНИ Г. Г. ВИНБЕРГА

Нарочанская биологическая станция им. Г. Г. Винберга БГУ имеет богатый опыт выполнения научных работ на высоком научном уровне, а также обучению научно-исследовательской деятельности. В тесном сотрудничестве с учреждениями дополнительного и среднего образования на базе станции успешно работают разные формы взаимодействия школьников с научной деятельностью в области гидроэкологии, имеется ряд достижений. Главный успех в организации подобной работы, по мнению авторов, – систематичность мероприятий и долговременность связей.

Ключевые слова: исследовательская деятельность, научные взаимодействия, гидроэкология, биология, профориентация школьников.

Научно-исследовательская деятельность становится все более распространенным видом активности в современном образовательном пространстве. В Беларуси она охватывает все уровни получения образовательных услуг от дошкольного до высшего образования. Для детей школьного возраста исследовательская деятельность представлена в системе дополнительного образования. Программы дополнительного образования детей и молодежи позволяют расширять возможности образовательного процесса путем привлечения новых форм получения знаний, освоения новых навыков. Постоянно развивающаяся система конкурсных мероприятий исследовательских проектов школьников и студентов как на республиканском, так и на международном уровнях является катализатором активизации научно-исследовательской деятельности детей и молодежи [1].

Гидроэкологическое направление в системе научно-исследовательской работы школьников достаточно прочно укоренилось не только на уровне страны, но и в международном формате. Растущая интенсивность использования человеком водных объектов планеты привела к возникновению ряда экологических проблем, связанных с гидросферой. Для решения этих проблем и предотвращения появления новых необходимо владеть качественными знаниями о водной оболочке нашей планеты. Актуальность и привлекательность этой дисциплины состоит, прежде всего, в большом разнообразии природных объектов (организмов и

элементов среды), с которыми соприкасаются учащиеся в образовательном процессе, а также в арсенале доступных для освоения методов исследования этих природных объектов [2]. Кроме того, эта дисциплина позволяет использовать много форм и методов работы с детьми и молодежью. Ознакомление учащихся с основными направлениями научной работы в области гидроэкологии позволяет им раньше определиться в выборе будущей специализации.

Нарочанская биологическая станция им. Г. Г. Винберга Белорусского государственного университета – старейшая из биологических станций в Беларуси, которая была основана в 1947 г. Биостанция является структурным подразделением биологического факультета БГУ и служит базой для проведения учебных и производственных практик, лабораторных занятий по специализациям студентов, а также научно-исследовательских работ лабораторий и кафедр факультета и университета. Задачи и функции Биостанции включают значительный спектр активностей и видов деятельности, в число которых входят и помощь педагогам по профилю деятельности, популяризация науки, пропаганда экологических знаний и проч. Научным коллективом Биостанции накоплен значительный опыт проведения гидроэкологических исследований высокого научного уровня, имеется множество публикаций, а также сложилась успешная практика оказания помощи в проведении собственных научных исследований и школьников, и студентов.

Здание и коллектив Биостанции всегда открыты для совместной работы с обучающимися. На протяжении многих лет уже сложились некоторые традиционные мероприятия и формы работы с интересующейся молодежью, такие как экскурсии по зданию и знакомство с деятельностью Биостанции, обучающие занятия по основным методикам полевых и лабораторных работ в области гидроэкологии, рецензирование работ, консультирование и другие. С 2012 года на базе Биостанции функционирует объединение по интересам «Общая гидробиология» УО «Республиканский центр экологии и краеведения» (РЦЭК). Деятельность объединения регламентируется программой, утверждаемой в РЦЭК, а также договором о сотрудничестве РЦЭК с биологическим факультетом БГУ. Основные участники объединения – школьники из местных школ (аг. Нарочь, к.п. Нарочь, г. Мядель) и учащиеся из других городов Беларуси (г. Минск, г. Брест, г. Лунинец). В процессе успешного освоения программы участники объединения повышают уровень своих знаний и навыков в области биологии, при желании, могут выполнить свою собственную научно-исследовательскую работу на выбранную ими тему.

В 2003 году было введено в эксплуатацию новое здание Биостанции, в котором есть оснащенные лаборатории, актовый зал и читальный зал, а также один этаж отведен для проживания. В читальном зале располагается внушительная библиотека с научной литературой. Эти возможности также используются для организации научно-исследовательской деятельности школьников. Для выполнения качественного проекта важно научиться правильно пользоваться, читать и цитировать научную литературу. Также любому естественнонаучному исследованию требуется даже минимальное оборудование и материалы. При организации исследовательской работы необходимо учитывать, что основная доля времени должна отводиться на индивидуальную работу с каждым исследователем, или научным руководителем.

Накопленный опыт, оснащение и технические возможности Биостанции позволяют организовывать научно-исследовательскую деятельность в том числе и для школьного возраста. Наиболее эффективная форма взаимодействия при организации подобной работы – очная. С расширением возможностей и привлечением цифровых технологий появилась и дистанционная форма взаимодействия. Однако, эффективность ее использования появляется только в случае высокой мотивированности юных исследователей и их руководителей. Выездной формат взаимодействия успешен на этапе привлечения внимания потенциальных участников исследовательской деятельности. Опыт также показывает, что систематические мероприятия разного формата и формирование долговременных отношений между учреждениями, приво-

дят к более успешной исследовательской работе с учащимися. Например, ежегодные традиционные занятия со школьниками одной школы, пример достижений одноклассников и др.

Список использованных источников

1. Леонтович, А. В. Исследовательская и проектная деятельность учащихся: сетевой подход / А. В. Леонтович // Народное образование. – 2018. – № 6–7. – С. 116–121.
2. Чумаков, Л. С. Изучаем и исследуем природу : учеб.-метод. пособие к полевой практике и модульная программа по изучению природы для учреждений дополнительного образования и внеклассной работы учащихся общеобразовательных учреждений / Л. С. Чумаков. – Минск : БГАТУ, 2012. – 106 с.

Zh. E. Kuckevich^{1,2}, Y. K. Veras^{1,3}

¹Belarusian State University

²State Educational Institution «Naroch Secondary School № 1»

³Republican Center of Ecology and Tourism

EXPERIENCE IN ORGANIZING HYDROECOLOGICAL RESEARCH ACTIVITIES FOR SCHOOL STUDENTS AT THE NAROCH BIOLOGICAL STATION NAMED AFTER G. G. VINBERG

Naroch Biological Station named after G.G. Vinberg of the Belarusian State University (BSU) has extensive experience in conducting high-level scientific research and training students in research activities. In close cooperation with institutions of secondary and additional education, the station successfully implements various forms of student engagement in hydroecological research, yielding a number of notable achievements. According to the authors, the key to success in organizing such work lies in the consistency of events and the long-term nature of partnership.

Ключевые слова: Research activities, scientific interactions, hydroecology, biology, career guidance.

УДК 004.94:614.84

А. М. Нестеренко¹, Н. А. Оганезова^{1,2}, Д. А. Плешев¹

¹Сыктывкарский лесной институт (филиал) ФГБОУВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова»

²Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина

ИГРОВОЙ СИМУЛЯТОР ДЛЯ РАЗВИТИЯ НАВЫКОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ УПРАВЛЕНИЮ ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ

Лесные пожары являются острой экологической проблемой Республики Коми, где леса занимают более 80 % территории. Более 50 % возгораний, ежегодно возникающих на территории РК, происходят по вине человека из-за низкой информированности населения. В работе представлена геймифицированная веб-платформа для интерактивного обучения основам мониторинга и тушения лесных пожаров. Ядром системы является имитационная модель распространения огня на основе клеточного автомата, учитывающая ветер, влажность и тип местности. Платформа построена на трехуровневой архитектуре с использованием React, Go и PostgreSQL, обеспечивает ролевое разграничение доступа и изоляцию игровых данных, что позволяет масштабировать решение для образовательных учреждений и просветительских проектов.

Ключевые слова: цифровая модель пожара, геймификация обучения, экологическое просвещение, безопасное поведение.

Республика Коми (далее – РК) относится к самым лесистым регионам Российской Федерации: леса занимают более 80 % её территории (около 36,3 млн га) и играют ключевую роль в поддержании экологического баланса [1]. Ежегодно возникает более 100 лесных пожаров, уничтожающих десятки тысяч гектаров, при этом около 50 % возгораний происходит по вине человека [2]. Огонь уничтожает десятки тысяч гектаров леса, разрушает среду обитания животных и растений, ведёт к эрозии почвы, загрязнению воздуха продуктами горения и иным долговременным последствиям.

При этом население слабо представляет, насколько быстро распространяется огонь и какие факторы на это влияют, специализированная литература и научные материалы написаны сложным языком и недоступны для обычного человека, а традиционные лекции и брошюры малоэффективны. Традиционные способы информирования о пожарной безопасности:

памятки, плакаты, лекции и видеоролики передают сведения пассивно и не дают человеку прочувствовать, насколько быстро и непредсказуемо развивается лесной пожар. Между тем именно наглядность и немедленная реакция на действия формируют практические навыки лучше всего. Перспективным решением является геймификация – применение игровых механик в неигровых контекстах, позволяющее обучаться на собственном опыте в безопасной, но приближенной к реальности среде. Таким образом, существует объективная потребность в создании доступного образовательного инструмента, который в наглядной и увлекательной форме знакомил бы широкую аудиторию с основами лесопожарной аналитики и безопасного поведения.

Целью настоящей работы стала разработка геймифицированной модели распространения лесных пожаров в виде интерактивного веб-приложения для повышения уровня информированности населения и формирования экологической культуры.

Разрабатываемая платформа представляет собой открытый веб-сервис: зарегистрироваться и приступить к обучению может любой желающий, без привязки к штатной структуре конкретного учебного заведения или организации. Сервис построен по трёхуровневой архитектуре «клиент – сервер – база данных». Серверная часть реализована на языке Go с фреймворком Fiber и ORM GORM, клиентская – на JavaScript с библиотекой React, в качестве СУБД используется PostgreSQL. Функциональность разделена на модули. Модуль управления сессией отвечает за регистрацию и аутентификацию: пароли хешируются, при входе формируется подписанный JWT-токен, а доступ к защищённым маршрутам контролирует посредник JWTMiddleware. Реализовано разграничение ролей «Пользователь» и «Администратор»; администратор управляет пользователями, рейтингами, датчиками и параметрами игры.

Ключевой особенностью реализации является изоляция данных: для каждого игрока создаётся отдельная схема базы данных, а все запросы выполняются в этой изолированной среде, что полностью исключает взаимное влияние игровых сессий.

Центральным является подмодуль игрового процесса, который создаёт игровую сессию, случайным образом зажигает стартовый очаг, управляет им и моделирует развитие пожара: воспроизводит распространение пожара с учётом природных факторов силы и направления ветра, влажности, температуры воздуха, а также типа растительности и местности [3].

Пользователь выбирает регион на интерактивной карте РК, наблюдает за очагами возгорания и погодными условиями и видит, как изменяется площадь пожара в зависимости от обстановки. Такая наглядность помогает понять закономерности поведения огня в природной среде и факторы, усиливающие или сдерживающие его распространение.

Игровые механики – система очков, ограниченного бюджета и управление силами пожаротушения – мотивируют пользователя и формируют навык принятия решений, направленных на сохранение леса. Реализованы отряды трёх типов: пожарные бригады, авиация и добровольцы, которые можно создавать, отправлять к очагам, ставить на дежурство у датчика, перемещать по карте и отзывать на базу.

Экономику игры формируют ограниченный бюджет и система очков: бюджет расходуется на создание отрядов и пополняется за пройденные уровни, а прогресс уровня рассчитывается исходя из числа датчиков, которые требуется удерживать. Рейтинги игроков и подсчёт потушенных очагов усиливают соревновательный элемент и формируют навык принятия решений в условиях ограниченных ресурсов. Приложение работает бесплатно через веб-браузер без установки дополнительного программного обеспечения.

Технически приложение реализовано как кроссплатформенное веб-приложение и доступно бесплатно через браузер без установки дополнительного программного обеспечения, что делает его удобным для массового использования в образовательных целях.

Разработанная платформа, предназначенная для изучения поведения лесных пожаров, сочетает реалистичную симуляцию распространения огня с игровым форматом и представ-

ляет собой инструмент экологического просвещения, который в доступной игровой форме знакомит население с поведением лесных пожаров и принципами охраны лесов. Она способствует формированию экологической культуры, ответственного отношения к природе и навыков безопасного поведения в лесу. Практическая значимость работы состоит в возможности её применения в школах, кружках экологической направленности и для самостоятельного обучения жителей лесных районов. Дальнейшее развитие связано с расширением карты на другие регионы природные зоны, добавлением новых экологических сценариев и погодных явлений, реализацией многопользовательского режима и мобильной версии.

Список использованных источников

1. Лесной план Республики Коми на 2020–2029 годы. М-во природных ресурсов и окружающей среды Респ. Коми. – Сыктывкар, 2020–2026. – URL: <https://mpr.rkomi.ru/activity/3133> (дата обращения: 01.06.2026).
2. Геопортал Республики Коми. Отраслевые геоинформационные ресурсы из интерактивного каталога Автоматизированной геоинформационной кадастровой системы Республики Коми (АГИКС РК): [сайт]. – Сыктывкар, 2020–2026. – URL: <https://geo.rkomi.ru/viewer/fires> (дата обращения 01.06.2026).
3. Гришин, А. М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними / А. М. Гришин. – Новосибирск : Наука, 1997. – 408 с.

A. M. Nesterenko¹, N. A. Oganezova^{1,2}, D. A. Pleshev¹

¹Syktvykar Forestry Institute (branch) Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Forest Technical University»

²Pitirim Sorokin Syktvykar State University

GAME-BASED SIMULATOR FOR DEVELOPING DECISION-MAKING SKILLS IN FOREST FIRE MANAGEMENT TRAINING

Forests of the Komi Republic occupy over 80 % of its territory. Forest fires, with over 100 incidents occurring annually and destroying tens of thousands of hectares, represent an acute environmental problem in the region. Humans due to insufficient public awareness cause about 50 % of fires. The paper presents a gamified web-based platform for interactive training in the basics of monitoring and extinguishing forest fires. At the core of the system lies a fire propagation simulation model based on a cellular automaton, which incorporates key environmental factors such as wind speed, humidity, and terrain type. The platform is built on a three-tier architecture using React, Go and PostgreSQL. The platform provides role-based access distinction and isolation of game data, which enables to scale the solution to educational institutions and projects.

Keywords: digital fire model, gamification of learning, environmental education, safe behavior.

УДК 004.93:504.03

А. А. Шашева, Н. А. Надуткин, Д. А. Плешев

*Сыктывкарский лесной институт (филиал) Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова»*

КРАУДСОРСИНГОВАЯ ПЛАТФОРМА КАК ИНСТРУМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ И МОБИЛИЗАЦИИ СООБЩЕСТВ ДЛЯ БОРЬБЫ С НЕЗАКОННЫМИ СВАЛКАМИ

Предлагается организационно-технологическая модель мониторинга и ликвидации несанкционированных лесных свалок с участием граждан, которая объединяет автоматическую обработку данных беспилотной аэрофотосъемки с краудсорсинговым веб-сервисом. Данный подход позволяет активно вовлекать волонтеров в выявление свалок, координировать уборку и верифицировать результаты. Нейросетевая обработка изображений значительно сокращает время анализа, а открытая карта свалок становится инструментом экологического просвещения и консолидации местных сообществ.

Ключевые слова: экологический мониторинг, краудсорсинг, беспилотные летательные аппараты, несанкционированные свалки, компьютерное зрение, цифровая платформа.

Проблема несанкционированных свалок остается одной из наиболее острых для лесных территорий Российской Федерации, особенно в регионах с труднодоступной местностью, таких как Республика Коми [1]. Традиционные методы контроля малоэффективны из-за труднодоступности территорий и отсутствия оперативных данных. Как следствие, значительная часть незаконных отходов остается невыявленной, а процесс их ликвидации затягивается, нанося серьезный ущерб почвам, водным ресурсам и биоразнообразию.

Современные информационные технологии открывают новые перспективы для решения данной проблемы. Развитие беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) сделало возможным оперативный сбор данных о состоянии лесных массивов. В свою очередь, методы искусственного интеллекта, в частности, компьютерное зрение, позволяют автоматизировать анализ получаемых снимков, выявляя места скопления отходов без прямого участия человека [2].

Однако эффективный экологический мониторинг требует объединения усилий государственных служб и общества. В связи с этим, целью данной работы является представление организационно-технологической модели вовлечения граждан в экологический мониторинг, объединяющей автоматическую обработку данных БПЛА и механизмы краудсорсинга на цифровой платформе.

Предлагаемая модель представляет собой гибридную систему, которая интегрирует технологический процесс обработки больших данных (аэроснимков) с социальным механизмом краудсорсинга и координации действий. В основе модели лежит веб-сервис, который служит единым интерфейсом для всех участников процесса.

Весь процесс от аэрофотосъемки до ликвидации незаконной свалки сводится к набору следующих действий.

Шаг 1. Волонтер или инспектор выполняет аэрофотосъемку проблемного участка. Затем снимки загружаются в систему. Нейросетевая модель (на основе YOLOv8) автоматически анализирует изображения, обнаруживает объекты мусора и извлекает GPS-координаты из EXIF-данных. Время анализа одного снимка сокращается с 3–5 минут (при ручном просмотре) до 1–2 секунд.

Шаг 2. Результаты детекции группируются в «сессию». Автор задает уровень приватности. Публичные сессии становятся доступны на интерактивной карте сервиса.

Шаг 3. Любой зарегистрированный пользователь может просматривать карту свалок с цветовой индикацией по степени загрязнения, что позволяет планировать маршруты уборки и приоритизировать объекты. Пользователь, ликвидировавший свалку, через платформу отправляет автору сессии заявку на подтверждение очистки, приложив фото-доказательства.

Шаг 4. Автор сессии подтверждает заявку, статус сессии меняется на «очищена», и информация обновляется на карте.

Разработанная модель выходит за рамки технологического решения и становится мощным инструментом экологического образования и просвещения. Ее ключевое социальное значение заключается в следующих аспектах:

1. Трансформация роли гражданина: Платформа превращает гражданина из пассивного наблюдателя в активного агента изменений. Участие в мониторинге и уборке дает ощущение реального вклада в сохранение природы, формируя устойчивую гражданскую ответственность.

2. Прозрачность и доверие: Открытая интерактивная карта свалок и статусов их очистки демонстрирует актуальную экологическую ситуацию на территории. Прозрачность процесса повышает доверие к экологическим службам и волонтерским движениям, а также служит инструментом общественного контроля.

3. Просветительский эффект: Визуализация экологической проблемы и наличие механизма «обратной связи» (заявка на очистку) создает мощный нарратив. Пользователи не

только видят проблему, но и понимают, что могут стать частью ее решения. Это способствует формированию экологического мировоззрения и распространению знаний о принципах устойчивого развития.

4. Масштабирование сообщества: Платформа позволяет объединять разрозненные инициативы волонтеров, создавая единую экосистему для обмена информацией и координации действий, что особенно важно в условиях ограниченных ресурсов природоохранных служб.

Предложенная организационно-технологическая модель, основанная на интеграции технологий компьютерного зрения и краудсорсинговой платформы, представляет собой эффективный ответ на вызовы, связанные с несанкционированным размещением отходов на лесных территориях. Автоматизация анализа данных БПЛА позволяет многократно сократить время и трудозатраты на мониторинг, а краудсорсинговый механизм обеспечивает широкое вовлечение граждан, стимулирует социальную активность и служит инструментом экологического просвещения.

Список использованных источников

1. Территориальная схема обращения с отходами в Республике Коми. Министерство природных ресурсов и экологии Республики Коми. – Сыктывкар, 2020–2026. – URL: <https://mpr.rkomi.ru/activity/1225> (дата обращения: 01.06.2026).

2. Bright, T. Systemic Review and Meta-Analysis: The Application of AI-Powered Drone Technology with Computer Vision and Deep Learning Networks in Waste Management / T. Bright, S. Adali, C. Trois // Drones. – 2025. – Vol. 9, № 8. – P. 550.

A. A. Shasheva, N. A. Nadutkin, D. A. Pleshev

¹Syktvykar Forestry Institute (branch) Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Saint-Petersburg State Forest Technical University»

CROWDSOURCING PLATFORM AS A TOOL FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION AND COMMUNITY MOBILIZATION TO FIGHT ILLEGAL WASTE DUMPS

The paper proposes an organizational and technological model for monitoring and eliminating illegal waste dumps with citizen participation, which integrates automatic data processing from unmanned aerial photography with a crowdsourcing web service. This approach enables the active involvement of volunteers in the identification of landfills, coordinate cleanup efforts and verifying their outcomes. Neural network-based image analysis significantly reduces analysis time, and an open map of landfills serves as a tool for environmental education and consolidation of local communities.

Keywords: environmental monitoring, crowdsourcing, unmanned aerial vehicles, illegal landfills, computer vision, digital platform.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ.....	3
<i>Верес Ю. К., Адамович Б. В.</i> ЭЛЕМЕНТЫ УГЛЕРОДНОГО БАЛАНСА ОЗЕРА НАРОЧЬ (БЕЛАРУСЬ).....	3
<i>Верех-Белюсова Е. И.</i> АНАЛИЗ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ШАХТНЫХ ВОД НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКЕ.....	5
<i>Gushchina-Tsittel A. A., Korotkova E. I.</i> ADVANTAGES OF THE FLUORIMETRIC METHOD FOR ENVIRONMENTAL MONITORING OF RESERVOIR WATERS	7
<i>Егорова А. В., Козека О. Ю., Юхневич Г. Г.</i> ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА НИТЧАТЫХ БАКТЕРИЙ В АКТИВНОМ ИЛЕ АЭРОТЕНКОВ.....	9
<i>Марчик Т. П., Крамарчук К. Ю.</i> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ГОРОДА МОСТЫ МЕТОДАМИ БИОИНДИКАЦИИ.....	11
<i>Masawi D., Manyere S., Ruziwa D. T., Ndaba F. C.</i> DEVELOPMENT OF COMPOSITE BIOSORBENT FROM CHEMICALLY TREATED BREWER'S SPENT GRAIN AND WASTE GLASS FOR INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT.....	13
<i>Masawi D., Manyere S., Ruziwa D. T., Bvukuta N.</i> UTILISATION OF EUCALYPTUS WOOD SHAVINGS BIOCHAR FOR REMOVAL OF CALCIUM AND MAGNESIUM IONS FROM BOILER FEEDWATER.....	16
<i>Ратникова О. Н., Навоша Ю. Ю., Макаренко Т. И., Борш А. Т.</i> ФОРМИРОВАНИЕ БЛОКА «НЕДРА» ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТЫ БОЛОТА ЕЛЬНЯ.....	18
<i>Толкач М. А., Волчецкая Я. С., Колесник И. М., Юхневич Г. Г.</i> ОЦЕНКА АКТИВНОСТИ БАКТЕРИЙ ПРИ ДЕСТРУКЦИИ КОМПОНЕНТОВ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ.....	20
РАЗДЕЛ 2. УСТОЙЧИВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА.....	23
<i>Абрамова И. В.</i> СОВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ЛЕСОВ ПИНСКО-ПРИПЯТСКОГО ГЕОБОТАНИЧЕСКОГО РАЙОНА.....	23
<i>Болсун И. М., Цуриков А. Г.</i> НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ЛИХЕНОФИЛЬНОГО ГРИБА <i>ARTHONIA MOLENDI</i> В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.....	25
<i>Гераймович Н. А., Савченкова В. А.</i> ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ БИОСТИМУЛЯТОРОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СЕЯНЦЕВ ХВОЙНЫХ ПОРОД.....	26
<i>Голубков В. В.</i> ПРИРОДООХРАННАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РЕДКИХ И ИСЧЕЗАЮЩИХ ВИДОВ ЛИШАЙНИКОВ, НЕ ВКЛЮЧЁННЫХ В КРАСНЫЕ КНИГИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	28
<i>Жебрак И. С., Талерчик В. С., Чирук С. Л., Созинов О. В.</i> РАЗНОГОДИЧНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МИКОТРОФНОСТИ <i>VACCINIUM ULIGINOSUM</i> БОЛОТНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ.....	30
<i>Зданович М. П., Прибыловская Н. С.</i> ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ФИТОПЛАНКТОНА РЕКИ ЛОСОСНА (ГРОДНЕНСКИЙ РАЙОН).....	32
<i>Карнаева А. Ю.</i> ОЦЕНКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЁР РАЗНОГО ТРОФИЧЕСКОГО СТАТУСА БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ.....	34

Кельник А. С., Сакович А. А. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОМИНИРУЮЩИХ ВИДОВ ЭПИФИТНЫХ МОХООБРАЗНЫХ <i>CARPINUS BETULUS</i> L. (ЛЕСОПАРК «РУМЛЁВО», ГРОДНО).....	36
Комар А. Ю., Ермохін М. В. ВЫКАРЫСТАННЕ ІНДЭКСА ЗМЕНЛІВАСЦІ ПРЫРОСТУ Ё ВЬЯЎЛЕННІ ПЕРЫЯДУ АСУШЕННЯ ЛЯСОЎ.....	38
Комар С. А. АСАБЛІВАСЦІ РАСПАЎСЮДЖВАННЯ ЧОРНААЛЬХОВЫХ ЛЯСОЎ У БЕЛАРУСКІМ ПАЛЕССІ.....	40
Кочева М. Н. ЗЕЛЁНЫЙ БАЛАНС РЕСПУБЛИКИ КОМИ: ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ КАК НОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ ДЛЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЕЙ.....	42
Кравчук В. Г., Лукьянчик М. А. НОВЫЕ ВИДЫ КСИЛОТРОФНЫХ ГРИБОВ ПОРЯДКА POLYPORALES ДЛЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА».....	44
Лиханова Н. В. СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА И ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В ПРОДУКЦИИ ФИТОМАССЫ РАСТЕНИЙ НА 10-ЛЕТНИХ ВЫРУБКАХ СРЕДНЕТАЁЖНЫХ ЕЛЬНИКОВ.....	47
Митуль С. Ю., Сакович А. А. БРИОКОМПОНЕНТ ЕЛЬНИКОВ КИСЛИЧНЫХ (PICEETUM OXALIDOSUM) В ОКРЕСТНОСТЯХ АГРОГОРОДКА БЕНЯКОНИ.....	49
Мухля А. М., Овчинникова У. М., Маковская Я. В., Фролов А. В. О ПРИСУТСТВИИ И РАСПРОСТРАНЁННОСТИ ЗАНОСНЫХ РАСТЕНИЙ В СОСТАВЕ ФЛОРЫ ЭКОТОНОВ ОСТРОВНЫХ ЛЕСОВ ОЛЬШАНСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ.....	51
Мялик А. Н., Вабищевич М. М., Новик А. А. ФЛОРИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАКАЗНИКА «СКРИПУТЕВО» (ВИТЕБСКАЯ ОБЛАСТЬ)	53
Одиназода С. А., Мирзоев С. Х., Созинов О. В. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ УРОЖАЙНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ С УЧЁТОМ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ.....	55
Паршина Е. И. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ МЕСТООБИТАНИЙ БРУСНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ (<i>VACCINIUM VITIS-IDAEA</i> L.) В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ШКАЛ Д. Н. ЦЫГАНОВА.....	59
Паршина Е. И., Путкова О. С. ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ И РЕСУРСНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БРУСНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ (<i>VACCINIUM VITIS-IDAEA</i> L.) В ПОДЗОНЕ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ.....	63
Полина И. Н., Миронов М. В., Белый В. А. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМАССЫ <i>HERACLEUM SOSNOWSKYI</i> MANDEN.....	66
Попко Д. А., Прибыловская Н. С. СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВИДОВОГО СОСТАВА ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕРА КАМЕНКА (ГРОДНЕНСКИЙ РАЙОН).....	68
Рымша О. С. СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИТОЦЕНОЗОВ НИЗИННЫХ БОЛОТ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МЕХАНИЗИРОВАННОГО КОШЕНИЯ.....	69
Садковская А. И., Созинов О. В. РЕАКТИВНОСТЬ И ПОРОГ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ <i>VACCINIUM VITIS-IDAEA</i> (БРУСНИКИ) В КУЛЬТУРАХ СОСНЯКА МШИСТОГО.....	72
Тюлькова Е. Г., Лашкина Е. В. ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПАРАМЕТРЫ АКТИВНОСТИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА В ЛИСТЬЯХ САЖЕНЦЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ.....	74
Ханина Л. Г., Бобровский М. В. УВЕЛИЧЕНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ, БАКТЕРИЙ И ГРИБОВ НА ВЕТРОВАЛАХ В ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСАХ ЗАПОВЕДНИКА «КАЛУЖСКИЕ ЗАСЕКИ».....	76

<i>Шляхотко Е. А., Сапунова Л. И., Давыденко Д. А.</i> ИДЕНТИФИКАЦИЯ МИЦЕЛИАЛЬНЫХ ГРИБОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ЗАРАЖЁННЫХ МИКОТОКСИНАМИ ОБРАЗЦОВ ЗЕРНА И КОМБИКОРМОВ.....	78
РАЗДЕЛ 3. УСТОЙЧИВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА.....	81
<i>Акимова Л. Н.</i> БРЮХОНОГИЕ МОЛЛЮСКИ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ЦИРКУЛЯЦИИ ДИГЕНЕЙ (ТРЕМАТОДА: DIGINEA), ПАРАЗИТИРУЮЩИХ У БАКЛАНОВ И ЦАПЕЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ.....	81
<i>Андрукович Е. А., Янчуревич О. В.</i> ОРНИТОФАУНА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДА ГРОДНО В ЗОНАХ С РАЗНЫМ ТИПОМ ЗАСТРОЙКИ.....	83
<i>Бильдя Л. А., Юрчик Д. С., Рыжая А. В.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ МОРСКОГО АКВАРИУМА С МЯГКИМИ КОРАЛЛАМИ.....	85
<i>Бобкова В. Г., Гляковская Е. И.</i> СОВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА БЕСПОЗВОНОЧНЫХ-ФИТОФАГОВ В ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ БОБРУЙСКОГО И ГРОДНЕНСКОГО РАЙОНОВ.....	87
<i>Боброва Е. Г.</i> УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ БЕЛОВЕЖСКОЙ ПУЩИ В СЕЗОН АКТИВНОСТИ КЛЕЩЕЙ.....	89
<i>Бойко С. В., Немкевич М. Г.</i> ЗАЩИТА КУКУРУЗЫ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ С СОХРАНЕНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ.....	90
<i>Буневич А. Н., Коротя С. А., Горустович Е. А.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ ЗУБРА В БЕЛОВЕЖСКОЙ ПУЩЕ	93
<i>Гляковская Е. И., Рыжая А. В.</i> ТРОФИЧЕСКИЕ СВЯЗИ И КОРМОВАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ЧЛЕНИСТОНОГИХ-ФИТОФАГОВ НА СЕЛИТЕЛЬНЫХ И ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЗАПАДНОГО ЗООГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАЙОНА БЕЛАРУСИ.....	94
<i>Говор К. А., Гляковская Е. И.</i> БИОРАЗНООБРАЗИЕ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФАУНЫ БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA: RHORALOCERA) В БИОТОПАХ г. ГРОДНО И г. ЖЛОБИНА.....	97
<i>Гордиенко Т. А., Суходольская Р. А., Белослудцев А. Д.</i> КОМПЛЕКС ПОДСТИЛОЧНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ОСТРОВНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЗАКАЗНИКА «ЧИСТЫЕ ЛУГА».....	99
<i>Григорович Д. И.</i> ФАУНА ГИДРОБИОНТНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ВОДОЁМОВ ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	101
<i>Данилова А. А., Богданович И. А., Самусенко И. Э., Черноморец А. В.</i> НАПРАВЛЕНИЯ МИГРАЦИЙ ЧАЙКОВЫХ ПТИЦ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВОЗВРАТОВ КОЛЕЦ ЗА 2021–2025 гг....	103
<i>Жаврид М. Н., Буга С. В.</i> БИОТОПИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ГЕРБОФИЛЬНЫХ ТЛЕЙ В УСЛОВИЯХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ».....	105
<i>Жигульская В. А.</i> ВИДОВОЙ СОСТАВ ВОДНЫХ И ОКОЛОВОДНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ ВОДОЁМОВ ЗАКАЗНИКА РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЗНАЧЕНИЯ «ВЫДРИЦА».....	107
<i>Журавлёв Д. В., Богданович И. А., Колосков М. Н., Субботина И. Н.</i> РЕЗУЛЬТАТЫ УЧЁТА ВЕРТЛЯВОЙ КАМЫШЕВКИ ACROSERPHALUS PALUDICOLA НА КЛЮЧЕВЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ БЕЛАРУСИ В 2026 г.....	109
<i>Калачёв М. А., Рыжая А. В.</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ ЕВРОПЕЙСКОГО ЛЕСНОГО КЛЕЩА (IXODES RICINUS) ДО И ПОСЛЕ АКАРИЦИДНОЙ ОБРАБОТКИ НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕСОПАРКА «ПЫШКИ» г. ГРОДНО (БЕЛАРУСЬ).....	111

Каримов Г. Н., Мирзоев Н., Бабоджанова М. О., Мухамеджанова А. М. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИХТИОФАУНЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАСКАДА ГЭС В РЕКАХ ТАДЖИКИСТАНА.....	113
Коротеева Д. О. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЖАЛОНОСНЫХ ПЕРЕПОНЧАТОКРЫЛЫХ (HYMENOPTERA: ACULEATA) – ПОСЕТИТЕЛЕЙ СОЦВЕТИЙ ИНВАЗИВНЫХ ЗОЛОТАРНИКОВ (<i>SOLIDAGO CANADENSIS</i> S. L.) В г. ОРШЕ.....	115
Костромицкая В. С., Гайдученко Е. С. ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КРАСНОПЁРКИ ОБЫКНОВЕННОЙ (<i>SCARDINIUS ERYTHROPHTHALMUS</i> LINNAEUS, 1758) В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ БЕЛАРУСИ.....	116
Круглова О. Ю., Заяц В. В., Баркун А. Б. ВЛИЯНИЕ ПАРАЗИТОИДОВ НА ПОПУЛЯЦИИ <i>HARMONIA AXYRIDIS</i> И <i>ADALIA VIRENSTATATA</i> ИЗ ГОРОДА НЕСВИЖА.....	118
Кузьмицкий А. Н. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХРАНЫ РЕДКИХ ВИДОВ ПТИЦ В ЛЕСНЫХ КОМПЛЕКСАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА».....	120
Куликова Е. А., Журавлёв Д. В., Корзун Е. В., Колосков М. Н., Инютина О. В., Гигиняк Ю. Г., Байчоров В. М. ПЛОТНОСТЬ ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ (<i>HELIX POMATIA</i>) В НЕПРОМЫСЛОВЫХ РАЙОНАХ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ БЕЛАРУСИ.....	122
Лазаренко М. В. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИН ЛИЧИНOK КАРАГАННОЙ МИНИРУЮЩЕЙ МУХИ <i>AULAGROMYZA CARAGANAE</i> (RONDENDORF-HOLMANOVÁ) НА ЛИСТЬЯХ КАРАГАНЫ ДРЕВОВИДНОЙ (<i>CARAGANA ARBORESCENS</i> LAM.).....	124
Ласица Ю. Н. ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ <i>HARMONIA AXYRIDIS</i> В УРБОЦЕНОЗАХ ГОРОДОВ ГРОДНО И РЕЧИЦЫ (БЕЛАРУСЬ).....	126
Левина К. Б., Гайдученко Е. С. ХАРАКТЕРИСТИКА КАРИОТИПОВ КОМПЛЕКСА ЩИПОВОК РОДА <i>COBITIS</i> В БАССЕЙНЕ р. БЕРЕЗИНА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ.....	128
Лемеза А. Н., Рыжая А. В. ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA) В БИОТОПАХ ГРОДНЕНСКОЙ И БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТЕЙ.....	130
Мелешко Ж. Е., Петрикевич Д. А. ВИДОВОЙ СОСТАВ <i>ODONATA FABRICIUS</i> , 1793 ДЯТЛОВСКОГО РАЙОНА.....	132
Надина Н. Г. ЗАРАЖЁННОСТЬ ГЕЛЬМИНТАМИ ИНВАЗИВНОГО ВИДА <i>NUSTEREUTES PROCYONOIDES</i> (GRAY, 1834) НА СТАЦИОНАРНЫХ УЧАСТКАХ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ....	134
Олейник Р. О., Дорожнинский М. Д., Рогинский А. С. ПЛОЩАДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНОК КАШТАНА КОНСКОГО ОБЫКНОВЕННОГО (<i>AESCLUS HIPPOCASTANUM</i> L.) И МИН КАШТАНОВОЙ МИНИРУЮЩЕЙ МОЛИ (<i>CAMERARIA OHRIDELLA</i> DESCHKA & DIMIC) В ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ к. п. НАРОЧЬ В РАННЕЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2026 г.....	136
Олейник Р. О., Яковчик Ф. Г. ПЛОЩАДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНОК ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ (<i>TILIA CORDATA</i> MILL.) И МИН ЛИПОВОЙ МОЛИ-ПЕСТРЯНКИ (<i>PHYLLONORYSTER ISSIKII</i> KUMATA) В ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ В ПОЗДНЕЛЕТНИЙ ПЕРИОД (ПО ДАННЫМ СЕЗОНА 2025 г.).....	138
Охременко Ю. И., Гайдученко Е. С., Полетаев А. С. ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ГОЛЫЦА ОБЫКНОВЕННОГО <i>BARBATULA BARBATULA</i> (TELEOSTEI: NEMACHEILIDAE) В БЕЛАРУСИ ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА МИТОХОНДРИАЛЬНОЙ ДНК.....	140
Пакуль П. А., Дмитренко М. Г., Вечёрко Р. В., Островский О. А., Павлова В. А. К ВОПРОСУ О ХИЩНИЧЕСТВЕ ОРЛАНА-БЕЛОХВОСТА (<i>HALIAEETUS ALBICILLA</i>) В ОТНОШЕНИИ ГНЁЗД ЧЁРНОГО АИСТА (<i>CICONIA NIGRA</i>) В ПОЙМЕ РЕКИ ПРИПЯТЬ.....	142

Полетаев А. С., Сергеевич А. С., Сосна А. В., Левина К. Б. СОСТАВ РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ РЕКИ НЁВДА.....	144
Ризевский В. К., Гайдученко Е. С., Полетаев А. С., Куницкий Д. Ф., Лещенко А. В., Ермолаева И. А., Охременко Ю. И. ИХТИОФАУНА БАСЕЙНА ВЕРХНЕГО УЧАСТКА р. ЛОВАТЬ.....	146
Самойлова А. П., Янчуревич О. В. ПРЕДПОЧТЕНИЕ ОБЫКНОВЕННЫМИ НОСУХАМИ (NASUA NASUA) СТИМУЛОВ РАЗНОЙ МОДАЛЬНОСТИ КАК ОСНОВА ОБОГАЩЕНИЯ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ ЗООПАРКА.....	148
Санцевич А. А., Стаховец Д. С., Кондратюк О. М. МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ МАСТИТА У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЦР В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ.....	150
Свиридюк А. С., Гляковская Е. И. КОМПЛЕКС ГЕРПЕТОБИОНТНЫХ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ (COLEOPTERA) В БИОТОПАХ КОБРИНСКОГО РАЙОНА БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ.....	153
Семёнова А. А., Хейдорова Е. Э., Юрченко И. С., Никифоров М. Е. ГЕНЕТИЧЕСКИЙ СТАТУС ПОПУЛЯЦИЙ РЫЖЕЙ ПОЛЁВКИ (MYODES GLAREOLUS) В ЗОНЕ АВАРИИ НА ЧАЭС И НА СОПРЕДЕЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ.....	155
Сергеевич А. С., Звездин А. О., Колотей А. В., Гайдученко Е. С. ОБ ОБНАРУЖЕНИИ МИНОГ РОДА EUDONTOMYZON В БЕЛОРУССКОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА р. ЗАПАДНАЯ ДВИНА.....	157
Сливинска К., Алехнович А. В., Молчан В. О., Иванов С. Ю., Никифоров М. Е. МИКРОБИОТА ПОВРЕЖДЕНИЙ ПАНЦИРЯ ДЛИННОПАЛОГО РАКА (PONTASTACUS LEPTODACTYLUS) ПРИ РЖАВО-ПЯТНИСТОЙ БОЛЕЗНИ.....	159
Соловей О. Э., Никифоров М. Е., Хейдорова Е. Э. АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ МЕТАПОПУЛЯЦИИ ЕВРАЗИЙСКОГО БОБРА В БЕЛАРУСИ.....	161
Сосна А. В., Гайдученко Е. С. МЕРИСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ПЛОТВЫ (RUTILUS RUTILUS (LINNAEUS, 1758)) В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ БАСЕЙНА РЕКИ ДНЕПР (БЕЛАРУСЬ).....	163
Стасюкевич В. В., Гричик В. В. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ МОЗАИЧНОСТЬ БИОТОПОВ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПТИЦ НА ИСКУССТВЕННО РЕНАТУРАЛИЗИРУЕМЫХ ТОРФОРАЗРАБОТКАХ.....	166
Стаховец Д. С., Санцевич А. А., Кондратюк О. М. МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КЛОСТРИДИОЗА У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЦР В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ.....	168
Суходольская Р. А., Белослудцев А. Д., Алексанов В. В., Ручин А. Б. ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОЛОВОГО ДИМОРФИЗМА ЖУЖЕЛИЦЫ PTEROSTICHUS NIGER (SCHALLER, 1783) В АРЕАЛЕ.....	170
Федоринчик К. А. БИОТОПИЧЕСКАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ И ВЫБОР МЕСТ ДЛЯ ГНЕЗДОВАНИЯ СОРОКОЙ (PICA PICA) НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ КОЛОНИЗАЦИИ УРБОЛАНДШАФТА.....	171
Черноморец А. В., Самусенко И. Э., Данилова А. А., Богданович И. А. ПОВТОРНЫЕ РЕГИСТРАЦИИ БЕЛОГО АИСТА (CICONIA CICONIA) ПО ДАННЫМ БЕЛОРУССКОГО ЦЕНТРА КОЛЬЦЕВАНИЯ ПТИЦ.....	173
Шарейко Т. А., Конопацкая М. В. МЕДВЕДКА ОБЫКНОВЕННАЯ – МНОГОЯДНЫЙ ВРЕДИТЕЛЬ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР И КАРТОФЕЛЯ.....	175
Шашура В. О., Рыжая А. В., Рыжая А. Д. СООБЩЕСТВА НАЗЕМНЫХ БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ (GASTROPODA, PULMONATA) ПАРКОВЫХ ЗОН ГОРОДА ГРОДНО (БЕЛАРУСЬ).....	178

Юрченко И. С., Домбровский В. Ч., Иванцов Д. Н., Надина Н. Г., Шестак А. Ч., Шаркевич В. А. ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ФАУНЫ ПОЛЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА.....	180
Юрчик Д. С., Чупраков Т. А. АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И ДИНАМИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ, ТЕРПЯЩИХ БЕДСТВИЕ, В ГУК «ГРОДНЕНСКИЙ ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК» (2019–2025 гг.).....	182
РАЗДЕЛ 4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БИОХИМИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА.....	185
Бабкина Л. А., Железнов М. Е. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ АНТИОКСИДАНТНОГО ПОТЕНЦИАЛА РОЗМАРИНА.....	185
Володько П. С., Анисько П. Е. БИОЭНЕРГЕТИКА КЛЕТКИ: МЕХАНИЗМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ И РОЛЬ МИТОХОНДРИЙ В СИНТЕЗЕ АТФ.....	187
Дробышевская В. В., Зыблев А. С. ЭВОЛЮЦИЯ КРИТЕРИЕВ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ПОСТЧЕРНОБЫЛЬСКИЙ ПЕРИОД.....	189
Емельянчик С. В., Грасевич О. В., Федина Е. М. ВЛИЯНИЕ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА СТРУКТУРНЫЕ И ЦИТОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КЛЕТОК ГЕПАТОПАНКРЕАСА УЛИТКИ <i>HELIX POMATIA</i>	191
Карелин С. И. РАЗВИТИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА ПРИ ТАБАКОКУРЕНИИ У МОЛОДЫХ ЖЕНЩИН.....	193
Кароза С. Э. РОСТРЕГУЛИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ 24-ЭПИБРАССИНОЛИДА ПРИ ЕГО СОВМЕСТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ С ФЕРУЛОВОЙ КИСЛОТОЙ НА РАСТЕНИЯХ ГРЕЧИХИ ПОСЕВНОЙ (<i>FAGOPYRUM ESCULENTUM</i> MOENCH.).....	195
Каиштанюк Д. В., Гаманович Н. А. БЕСКОНТАКТНОЕ ПОДАВЛЕНИЕ РОСТА <i>CANDIDA ALBICANS</i> ЛЕТУЧИМИ КОМПОНЕНТАМИ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ МЯТЫ, ГВОЗДИКИ И ЧАЙНОГО ДЕРЕВА.....	197
Клубович К. Д. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИКАЛ-СКЕВЕНЖЕРНЫХ СВОЙСТВ ФИЗЕТИНА, КВЕРЦЕТИНА, КЕМФЕРОЛА МЕТОДОМ ЭПР.....	199
Колбышевская М. С., Волкова В. Е. СРАВНИТЕЛЬНОЕ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА, ПОЛУЧЕННЫХ ЦИТРАТНЫМ, БОРОГИДРИДНЫМ И «ЗЕЛЁНЫМ» МЕТОДАМИ.....	201
Королёв В. А., Чертова Р. Ю., Бабкина Л. А., Судакова З. А. ВЛИЯНИЕ СУБХРОНИЧЕСКОЙ ИНТОКСИКАЦИИ КАДМИЕМ НА АКТИВНОСТЬ СУПЕРОКСИДИСМУТАЗЫ В ПОЧКАХ КРЫС И ВОЗМОЖНОСТИ КОРРЕКЦИИ.....	203
Кулешова Е. С. БИОХИМИЧЕСКОЕ СТАРЕНИЕ ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ: НОВЫЕ ПОДХОДЫ В РАЗРАБОТКЕ ДАКТИЛОСКОПИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ.....	205
Куст А. В. БИОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ РОТОВОЙ ЖИДКОСТИ КУРЯЩИХ СТУДЕНТОВ.....	207
Масловская К. О., Коваленя Т. А. ВОЗДЕЙСТВИЕ АНТОЦИАНОВ КРАСНОКАЧАННОЙ КАПУСТЫ И ИОНОВ МАРГАНЦА НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ПОР ВЫСОКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ МИТОХОНДРИЙ ПЕЧЕНИ КРЫС.....	208
Никифорова А. П., Каиштанюк Д. В., Гаманович Н. А. МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ АНТИМИКОТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ЛЕТУЧИХ КОМПОНЕНТОВ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ В ПАРОВОЙ ФАЗЕ В ОТНОШЕНИИ <i>CANDIDA ALBICANS</i>	210
Петрова М. В., Коваленя Т. А. ВЛИЯНИЕ ТЕТРАГИДРОКСИ-1,4-БЕНЗОХИНОНА НА РЕСПИРАТОРНУЮ АКТИВНОСТЬ МИТОХОНДРИЙ СЕРДЦА КРЫС.....	212

Филипцова Г. Г., Федотко К. Ю. МОДИФИКАЦИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ ПЕРЦА В УСЛОВИЯХ ХОЛОДОВОГО СТРЕССА И ПРИ ОБРАБОТКЕ АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ.....	214
РАЗДЕЛ 5. ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ.....	216
Жих П. П. ИНКАПСУЛИРОВАНИЕ <i>LACTOBACILLUS RHAMNOSUS</i> LR-G14 МЕТОДОМ КОМПЛЕКСНОЙ КОАЦЕРВАЦИИ НА ОСНОВЕ СЫВОРОТОЧНОГО БЕЛКА И К-КАРРАГИНАНА КАК ЭЛЕМЕНТ УСТОЙЧИВОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ.....	216
Masawi D., Manyere S., Ruziwa D. T., Matore C. WINE PRODUCTION FROM WATERMELON (<i>CITRULLUS LANATUS</i>) USING ALCOHOLIC FERMENTATION METHOD.....	218
Поперечный А. Н., Корнийчук В. Г., Владимирова С. В., Бакк А. В. ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАМОРОЗКИ НА СКОРОСТЬ СУШКИ ЖМЫХА ВИШНИ В СУШИЛКЕ С ИНФРАКРАСНЫМ НАГРЕВОМ.....	220
Степанчук Д. Ю., Бурдь В. Н. КОРРЕКЦИЯ ВИТАМИННОГО СТАТУСА НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПОСРЕДСТВОМ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СМЕТАНЫ.....	222
Сырокваш К. Е., Романчук Е. И. СОРБЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ СУШЕНЫХ ГРИБОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ МЕДИ.....	224
Улейчик Л. В. ПРЕСТИЖ ДОЛЖНОСТИ ЗАВЕДУЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВОМ В УЧРЕЖДЕНИИ ОБРАЗОВАНИЯ.....	226
РАЗДЕЛ 6. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПРОСВЕЩЕНИЕ В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ.....	230
Богдан Г. А., Колодко О. В. РОЛЬ И ВОЗМОЖНОСТИ МУЗЕЯ-ЛАБОРАТОРИИ «ШКОЛА РАЧИТЕЛЬНЫХ ХОЗЯЕВ» В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....	230
Бонина Т. А., Цытрон Е. В., Шевченко П. С. ЦИФРОВЫЕ СРЕДСТВА ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ПРАКТИКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	231
Волчек А. А., Образцов Л. В., Срывкина Л. Г. ФОРМИРОВАНИЕ ESG-КОМПЕТЕНЦИЙ СУБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬНОГО РЫНКА КАК ФАКТОР ПРЕОДОЛЕНИЯ БАРЬЕРОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ.....	233
Ковалевская Л. В. ФОРМИРУЮЩЕЕ ОЦЕНИВАНИЕ КАК ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ.....	236
Кулеш В. Ф., Кулеш А. И. ИССЛЕДОВАТЕЛЬ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО МИРА БЕЛАРУСИ СТАНИСЛАВ БОНИФАЦИЙ ЮНДИЛЛ КАК ПОПУЛЯРИЗАТОР НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ.....	238
Куцкевич Ж. Е., Верес Ю. К. ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ В ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОМ НАПРАВЛЕНИИ НА БАЗЕ НАРОЧАНСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ИМЕНИ Г. Г. ВИНБЕРГА.....	241
Нестеренко А. М., Оганезова Н. А., Плешев Д. А. ИГРОВОЙ СИМУЛЯТОР ДЛЯ РАЗВИТИЯ НАВЫКОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ УПРАВЛЕНИЮ ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ.....	243
Шашева А. А., Надуткин Н. А., Плешев Д. А. КРАУДСОРСИНГОВАЯ ПЛАТФОРМА КАК ИНСТРУМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ И МОБИЛИЗАЦИИ СООБЩЕСТВ ДЛЯ БОРЬБЫ С НЕЗАКОННЫМИ СВАЛКАМИ.....	245

This image shows a full page of blank white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a template for writing or drawing. There are no margins, text, or other markings present.

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

Сборник научных статей

Издаётся в авторской редакции

Ответственные за выпуск: *О. В. Янчуревич, Е. И. Гляковская*

Техническое редактирование: *М. В. Вахмянина, Я. Я. Пекарь*

Компьютерная вёрстка: *И. П. Зимницкая*

Подготовка обложки: *Д. О. Савко*

Подписано в печать 07.10.2026. Формат 60×84¹/₈.

Бумага офсетная. Ризография. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 29,76. Уч.-изд. л. 27,0. Тираж 50 экз. Заказ 053

Издатель и полиграфическое исполнение:

учреждение образования

«Гродненский государственный университет
имени Янки Купалы».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/261 от 22.02.2024.

Ул. Ожешко, д. 22, 230023, Гродно