



ISSN 2074-8566

ВЕСНІК

ВІЦЕБСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА ЎНІВЕРСІТЭТА

2025 № 3(128)

ВЕСНІК

ВІЦЕБСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА ЎНІВЕРСІТЭТА

НАВУКОВА-ПРАКТЫЧНЫ ЧАСОПІС

Выдаецца з верасня 1996 года
Выходзіць чатыры разы на год

2025
№ 3(128)

ЗАСНАВАЛЬНІК:

установа адукацыі “Віцебскі дзяржаўны
ўніверсітэт імя П.М. Машэрава”

РЭДАКЦЫЙНАЯ КАЛЕГІЯ:

В.В. Багатырова (галоўны рэдактар),
Я.Я. Аршанскі (нам. галоўнага рэдактара)

В.М. Балаева-Ціхамірава, А.А. Белавостаў, М.М. Вараб’ёў,
М.Ц. Вараб’ёў (адказны за раздзел “Матэматыка”),
Д.А. Венсковіч, А.М. Галкін, С.А. Ермачэнка, А.М. Залеская, Д.Д. Жарнасекаў,
З.С. Кунцэвіч, С.У. Нікалаенка, Н.А. Ракава (адказны за раздзел “Педагогіка”),
Г.Г. Сушко, Т.А. Талкачова (адказны за раздзел “Біялогія”), **А.А. Чыркін**

РЭДАКЦЫЙНЫ САВЕТ:

Т.А. Бараўскіх (Расія), **Ю.Ю. Гаўронская** (Расія),
Го Вэньбінь (Кітай), **В.І. Казарэнкаў** (Расія), **Ю.С. Харын** (Беларусь)

*Часопіс “Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта” ўключаны ў Пералік
навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў
дысертацыйных даследаванняў па біялагічных, педагогічных,
фізіка-матэматычных навуках*

Адрас рэдакцыі:

210038, г. Віцебск, Маскоўскі пр-т, 33, кабінет 115,
тэл. +375(33)398-50-51.
E-mail: nauka@vsu.by
<http://www.vsu.by>

Рэгістрацыйны № 750 ад 27.10.2009.

Падпісана ў друк 29.08.2025. Фармат 60×84 1/8. Папера друкарская.
Ум. друк. арк. 11,63. Ул.-выд. арк. 9,64. Тыраж 165 экз. Заказ 99.

© Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта, 2025

З М Е С Т

МАТЭМАТЫКА

Кузнецова П.Д., Корчевская Е.А., Никонова Т.В. Анализ архитектур сверточных нейронных сетей в задачах определения вероятности инфаркта по цифровому изображению электрокардиограммы	5
Бохан Ю.И. Нанопантена на основе цилиндрического резонансно-туннельного диода	11
Шут В.Н., Кашевич И.Ф., Сипаков И.Е. Численное моделирование гистерезисных явлений в сегнетоэлектрических материалах: программная реализация и сравнительный анализ методов	18

БІАЛОГІЯ

Лакотко А.А., Сушко Г.Г. Сравнительная характеристика разнообразия и видового состава жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) еловых лесов (<i>Piceetum oxalidosum</i> , <i>Piceetum pleurosum</i> , <i>Piceetum myrtillosum</i>) в Белорусском Поозерье	29
Солодовников И.А., Коцур В.М. О находках наземных моллюсков <i>Pupoides caenopictus</i> (Hutton, 1834) и <i>Caspiophaedusa perlucens</i> (Boettger, 1877) (Gastropoda: Pulmonata) на территории России	38
Федюшко И.А. Коллекция сосудистых растений Гербария БГУ как источник материала для изучения разнообразия септориоподобных пикнидиальных микромицетов ...	43
Балаева-Тихомирова О.М., Кацнельсон Е.И. Токсическое действие ионов меди на организмы, отличающиеся молекулярными механизмами транспорта кислорода	48

ПЕДАГОГІКА

Гапонёнок Ю.В., Новицкий П.И. Организация коррекционно-развивающей среды психомоторного развития детей с ТМНР в детских социальных пансионатах	56
Чжан Цзысюань, Клинов В.В. Исследование уровня физической подготовленности элитных гребцов провинции Хэнань	64
Макрицкий М.В., Ракова Н.А., Тетерина В.В. Особенности организации самообразования студентов в условиях университета	71
Гирина В.Н., Данилевич С.А. Концептуальные и дидактические основы медиаобразования педагогов в системе повышения квалификации	77
Чжао Линьлин, Прохожий С.А. Определение и оценка степени сформированности у студентов языковых способностей и межкультурных коммуникаций	84
Гильмуллина Я.Т. Конструирование дефиниции «музыкальное волонтерство» методом двухуровневой триадической дешифровки категории	90
ЗВЕСТКІ ПРА АЎТАРАЎ	96

CONTENTS

M A T H E M A T I C S

Kuznetsova P.D., Korchevskaya E.A., Nikonova T.V. Analysis of Convolutional Neural Network Architectures in Problems of Identifying the Probability of a Heart Attack by the Digital Image of Electrocardiogram	5
Bokhan Yu.I. Nanoantenna Based on a Cylindrical Resonance Tunnel Diode	11
Shut V.N., Kashevich I.F., Sipakov I.E. Numerical Modeling of Hysteresis Properties in Ferroelectric Materials: Program Implementation and Comparative Analysis of Methods	18

B I O L O G Y

Lakotko A.A., Sushko G.G. Comparative Characteristics of the Diversity and Species Composition of Ground Beetles (Coleoptera, Carabidae) of Spruce Forests (<i>Piceetum Oxalidosum</i> , <i>Piceetum Pleurosum</i> , <i>Piceetum Myrtillosum</i>) in Belarusian Lake District	29
Solodovnikov I.A., Kotsur V.M. The Findings of Terrestrial Mollusks <i>Pupoides Caenopictus</i> (Hutton, 1834) and <i>Caspiophaedusa Perlucens</i> (Boettger, 1877) (Gastropoda: Pulmonata) in Russia	38
Fiadzushka I.A. The BSU Herbarium Vascular Plant Collection as a Valuable Resource for Researching the Diversity of Septoria-Like Pycnidial Micromycetes	43
Balayeva-Tikhomirova O.M., Katsnelson E.I. Toxic Effect of Copper Ions on Organisms with Different Molecular Mechanisms of Oxygen Transport	48

P E D A G O G Y

Gaponenok Yu.V., Novitsky P.I. Organization of Psychomotor Correction and Development Environment of Children With Severe, Multiple Disorders of Mental and/or Physical Development in Children's Social Homes	56
Zhang Zixuan, Klinov V.V. A Study of the Level of Physical Fitness of Elite Rowers in Henan Province	64
Makritsky M.V., Rakova N.A., Teterina V.V. Features of Organizing Student Self-Education in University Environment	71
Girina V.N., Danilevich S.A. Conceptual and Didactical Foundations of Media Education for Teachers in the System of Advanced Training	77
Zhao Linlin, Prokhozhiy S.A. Identification and Assessment of the Development of Students' Language Abilities and Intercultural Communications	84
Gilmullina Ya.T. Constructing the Definition of Musical Volunteering Using the Two-Level Triadic Decoding Method	90
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS	96



МАТЭМАТЫКА

УДК 004.8:004.93

АНАЛИЗ АРХИТЕКТУР СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ИНФАРКТА ПО ЦИФРОВОМУ ИЗОБРАЖЕНИЮ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ

П.Д. Кузнецова*, Е.А. Корчевская*, Т.В. Никонова**

**Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»*

***Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»*

Сердечно-сосудистые заболевания остаются основной причиной смертности в мире, что делает разработку инновационных диагностических инструментов критически важной. Внедрение технологий искусственного интеллекта в кардиологию открывает новые возможности для повышения точности диагностики и качества медицинской помощи.

Цель работы — анализ эффективности различных архитектур нейронных сетей для автоматической постановки диагноза инфаркта по изображениям ЭКГ, а также определение оптимальной модели для практического применения.

Материал и методы. В качестве ключевых подходов к автоматизации процесса диагностики кардиологических заболеваний можно использовать метод сравнения с эталоном и искусственные нейронные сети. Первый подход отражен в [1], где представлен алгоритм анализа кардиограмм с помощью метода вейвлет-преобразования сигналов стандартных отведений.

Примером применения второго подхода является [2], в которой осуществлена попытка анализа электрокардиограмм посредством нейронных сетей. Здесь проводится моделирование электрокардиограмм различных сердечных заболеваний эквивалентным генератором сердца.

Результаты и их обсуждение. Для решения задачи определения вероятности инфаркта разработаны и обучены различные архитектуры сверточных нейронных сетей. На обучение моделей были поданы 279 изображений ЭКГ здорового человека и 234 изображения ЭКГ с признаками инфаркта.

Процесс обучения моделей проводился в течение 20 эпох с размером батча 32. Использовался оптимизатор Adam, функция потерь — бинарная кросс-энтропия, метрика — точность.

Заключение. В ходе исследования сравнивались различные архитектуры сверточных нейронных сетей, предназначенные для автоматической оценки вероятности инфаркта миокарда на основе изображений электрокардиограммы. Анализ показал, что более глубокие и сложные модели с большим числом сверточных слоев и слоев подвыборки позволяют лучше выявлять характерные признаки патологии, что повышает точность и надежность диагностики. В то же время увеличение глубины сети требует самой тщательной настройки гиперпараметров и регуляризации для предотвращения переобучения.

Ключевые слова: электрокардиограмма, сверточные нейронные сети, сердечно-сосудистые заболевания, задача классификации.

ANALYSIS OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK ARCHITECTURES IN PROBLEMS OF IDENTIFYING THE PROBABILITY OF A HEART ATTACK BY THE DIGITAL IMAGE OF ELECTROCARDIOGRAM

P.D. Kuznetsova*, E.A. Korchevskaya*, T.V. Nikonova**

*Education Establishment "Vitebsk State P.M. Masherov University"

**Education Establishment "Vitebsk State Technological University"

Cardiovascular diseases remain the leading cause of death worldwide, making the development of innovative diagnostic tools critical. The introduction of artificial intelligence technologies in cardiology opens up new opportunities to improve diagnostic accuracy and quality of medical care.

The aim of the work is to analyze the efficiency of various neural network architectures for automatic diagnosis of a heart attack based on ECG images, as well as to identify the optimal model for practical application.

Material and methods. *The method of comparison with standards and artificial neural networks can be used as the main approach to automating the process of diagnosing cardiac diseases. The first approach is reflected in the work [1]. Here, an algorithm for analyzing cardiograms using the wavelet transform method of standard lead signals is presented.*

An example of the use of the second approach is the work [2], which attempts to analyze electrocardiograms using neural networks. Here, electrocardiograms of various heart diseases are simulated using an equivalent heart generator.

Findings and their discussion. *To solve the problem of spotting the probability of a heart attack, various architectures of convolutional neural networks were developed and trained. 279 ECG images of a healthy person and 234 ECG images with signs of a heart attack were submitted for training the models.*

The models were trained over 20 epochs with a batch size of 32. The Adam optimizer was used, the loss function was binary cross-entropy, and the metric was accuracy.

Conclusion. *The study compared different architectures of convolutional neural networks designed to automatically estimate the probability of myocardial infarction based on electrocardiogram images. The analysis showed that deeper and more complex models with a large number of convolutional layers and pooling layers allow better detection of characteristic signs of pathology, increasing the accuracy and reliability of diagnostics. At the same time, increasing the depth of the network requires very careful tuning of hyperparameters and regularization to prevent overfitting.*

Key words: *electrocardiogram, convolutional neural networks, cardiovascular diseases, classification problem.*

В настоящее время наблюдается активное развитие и внедрение цифровых технологий в различные сферы деятельности человека. Особенно значимым является интеграция искусственного интеллекта в медицинскую сферу, где технологии машинного обучения демонстрируют широкие возможности для диагностики заболеваний.

Сердечно-сосудистые заболевания остаются основной причиной смертности в мире, что делает разработку инновационных диагностических инструментов критически важной. Поэтому необходимо создавать новые алгоритмы, методы и программные продукты для диагностики кардиологических заболеваний по цифровым изображениям электрокардиограммы.

Цель работы — анализ эффективности различных архитектур нейронных сетей для автоматической постановки диагноза инфаркта по изображениям ЭКГ, а также определение оптимальной модели для практического применения.

Материал и методы. В качестве ключевых подходов к автоматизации процесса диагностики кардиологических заболеваний можно использовать метод сравнения с эталоном и искусственные нейронные сети. Первый подход отражен в [1], где описан алгоритм анализа кардиограмм с помощью метода вейвлет-преобразования сигналов стандартных отведений. Показано, что вейвлет-анализ сигналов отведений дает наглядное представление о характере кардиограммы с учетом как высокочастотных, так и низкочастотных составляющих. Предложен метод реконструкции эквипотенциальных поверхностей сердца, включая векторную диаграмму.

Примером применения второго подхода является [2], в которой осуществлена попытка анализа электрокардиограмм посредством нейронных сетей. Здесь проводится моделирование

электрокардиограмм различных сердечных заболеваний эквивалентным генератором сердца. С целью создания базы для обучения нейронной сети в исследовании используется эквивалентная модель генератора сердца, разработанная с применением алгоритмов реконструкции токовых источников по измеренным электрическим потенциалам для электрокардиографии. В результате генерации была произведена серия моделирований сердечных заболеваний (инфаркт, сужение просвета коронарных артерий). На полученных моделях ЭКГ выделены отличия от ЭКГ здорового человека, общие для всех типов патологий, а также отклонения, наиболее характерные только для одного типа заболевания. По этим отклонениям была создана таблица признаков, а затем корреляционная матрица, позволяющая выбрать наиболее значимые признаки для их последующего использования в качестве входных сигналов для обучения нейронной сети. Нейросеть была разработана в программе MATLAB, которая после обучения отличала модели ЭКГ без патологий от ЭКГ с патологиями, и во втором случае классифицировала подаваемые входные сигналы на категории по типу смоделированных заболеваний. Обучение нейросетей только на смоделированных данных имеет ряд существенных недостатков, которые могут негативно сказаться на качестве и надежности модели. Смоделированные данные создаются на основе гипотез и математических моделей, которые могут не полностью отражать реальные особенности электрокардиограмм у пациентов. Это снижает эффективность нейронной сети в реальных клинических условиях.

Сверточные нейронные сети являются более совершенными методами искусственного интеллекта и позволяют автоматически и более полно обращаться со всей информацией, содержащейся в сигнале, что повышает точность диагностики по сравнению с использованием заранее определенных матриц признаков.

Глубокое обучение — это особый раздел машинного обучения, демонстрирующий новый подход к поиску представления данных, делающий упор на изучении последовательных слоев все более значимых представлений. Количество слоев, на которые делится модель данных, называют глубиной модели. В глубоком обучении такие многослойные представления изучаются с помощью моделей нейронных сетей, структурированных в виде слоев.

Искусственные нейронные сети представляют собой математические модели, имитирующие работу человеческого мозга. Классическая модель искусственной нейронной сети направлена на воспроизведение общего механизма передачи нервных импульсов между нейронами. Сверточные нейронные сети являются специализированной разновидностью искусственной нейронной сети, которые фокусируются на математическом моделировании процесса обработки визуальной информации в коре головного мозга. В этом контексте роль визуального нервного импульса выполняет цифровое изображение. Основное применение такой сети связано с задачами обработки и анализа изображений. Их структура построена на основе математического нейронного слоя, который выступает в качестве базовой единицы сети, обеспечивающей эффективную работу с визуальными данными.

Результаты и их обсуждение. Для решения задачи определения вероятности инфаркта разработаны и обучены различные архитектуры сверточных нейронных сетей. На обучение моделей были поданы 279 изображений ЭКГ здорового человека и 234 изображения ЭКГ с признаками инфаркта. Итого: 513 изображений для обучения классификации [3].

Процесс обучения моделей проводился в течение 20 эпох с размером батча 32. Использовался оптимизатор Adam, функция потерь — бинарная кросс-энтропия, метрика — точность. В ходе обучения нашел применение разделенный на обучающую и валидационную части набор данных.

Сверточная нейронная сеть включает в себя несколько типов слоев:

1. Слой свертки или Convolutional Layer. Сверточные слои используют фильтры. Они служат для извлечения признаков. Выход слоя представляет набор карт признаков.
2. Слой активации, добавляющий нелинейность. Обычно этот слой использует функцию активации ReLU.
3. Слой субдискретизации или Pooling Layer (слой пулинга). Уменьшает размер карт признаков — берет максимум в окне.

Архитектура CNN представляет собой комбинацию этих слоев. Последовательность слоев зависит от типа решаемой задачи.

Сверточный слой — основа сверточных нейронных сетей, применяемых в задачах компьютерного зрения. Это может быть обнаружение объектов или определение принадлежности изображения к какому-либо классу. В сверточных слоях к входным данным используется операция свертки. Это позволяет извлекать различные признаки из изображений.

С каждым последующим сверточным слоем извлекаются признаки различных уровней. Первые слои, как правило, извлекают простые признаки, такие как текстуры или границы. Более глубокие слои захватывают объекты или формы. Увеличение количества сверточных слоев позволяет модели изучать более сложные и абстрактные представления данных. Хотя увеличение количества слоев может улучшить качество модели, это также может привести к переобучению, особенно если на обучение модели было подано небольшое количество входных данных [4].

Для операции свертки в сверточных нейронных сетях используются небольшие матрицы, которые называются ядрами или фильтрами. Фильтры указываются первым аргументом в слоях свертки, количество нейронов — первым аргументом в полносвязных слоях.

Для предотвращения переобучения нейронной сети следует добавить слой Dropout. Этот слой необходимо включить в архитектуру обучаемых нейронных сетей.

Dropout — регуляризатор, который во время обучения случайным образом «выключает» (зануляет) часть нейронов в слое с заданной вероятностью, что помогает предотвратить переобучение, заставляет модель не слишком сильно зависеть от конкретных нейронов и улучшить обобщающую способность.

В качестве архитектуры нейронной сети предложена следующая (рис.):

- количество слоев модели: 6;
- первый слой: сверточный слой с 32 фильтрами размером 3×3, с функцией активации ReLU;
- второй слой: подвыборочный слой размером 2×2;
- третий слой: слой выпрямления, преобразующий признаки в вектор;
- четвертый слой: полносвязный с 64 нейронами, с функцией активации ReLU и инициализатором весов `he_normal`;
- пятый слой: Dropout с вероятностью отключения нейронов 0.7 для регуляризации;
- шестой (выходной) слой: Dense с 1 нейроном и сигмоидальной функцией активации для бинарной классификации.

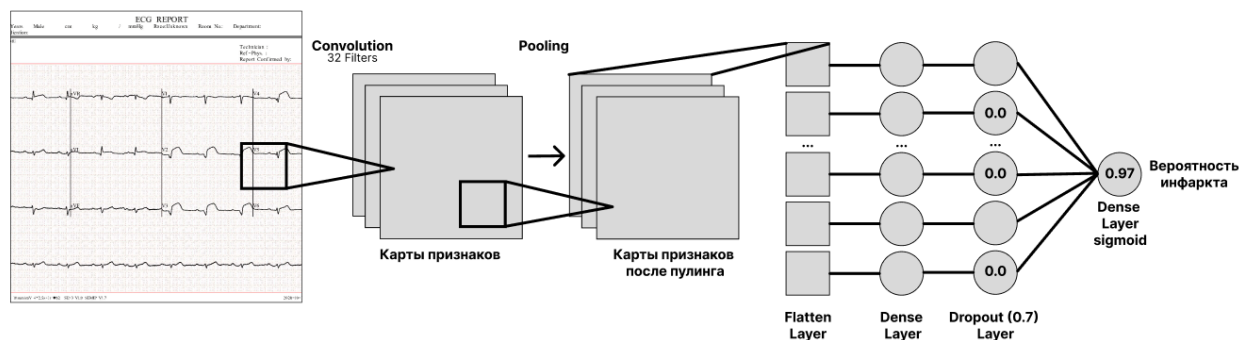


Рис. Архитектура сверточной нейронной сети

Входное изображение — черно-белое предварительно обработанное изображение с размером 224×224 пикселей. На входном изображении содержится визуальная информация, обрабатываемая нейронной сетью. На первом этапе модель применяет к изображению 32 фильтра размером 3×3. Каждый из фильтров проходит по изображению и извлекает определенные признаки. Это могут быть границы, текстуры, а также другие особенности изображения. В результате применения операции свертки получается новое изображение меньшего размера (на 2 пикселя с каждой стороны), где каждый пиксель — это результат обработки соответствующего участка исходного изображения. Следующий слой применяет к изображению, полученному на выходе предыдущего слоя, операцию максимального объединения. На этом шаге признаки изображения становятся более устойчивыми

к смещениям и уменьшается вычислительная нагрузка. В результате размер изображения уменьшается вдвое, получается более компактное представление данных с сохранением важных деталей изображения. Далее слой выпрямления преобразует извлеченные признаки изображения в одномерный вектор чисел. Этот вектор содержит все извлеченные признаки и служит входом для полносвязного слоя. Проходя через полносвязный слой, состоящий из 64 нейронов, каждый нейрон полносвязного слоя объединяет информацию всех признаков и учится распознавать сложные паттерны и комбинации признаков. Во время обучения, с помощью слоя Dropout, случайным образом отключается 70%. Это позволяет модели не переобучаться и лучше обобщать информацию. На последнем слое модель на выход подает число в промежутке от 0 до 1. Это число является вероятностью принадлежности к определенному классу («норма» или «инфаркт»). Указанное число можно интерпретировать как степень уверенности модели в своем решении.

Точность этой модели на тестовых данных составляет 100%. По результатам анализа нейросетью новых данных вероятность инфаркта на изображениях с инфарктом составляет 51%, на изображениях здоровых ЭКГ — 15%. Вероятность 51% свидетельствует о неспособности нейронной сети выделить признаки заболевания.

Для улучшения результатов работы нейронной сети можно изменить количество сверточных слоев. Архитектура второй нейронной сети с увеличением слоев свертки до 4:

- количество слоев: 12;
- первый слой: сверточный слой с 32 фильтрами размером 3×3, с функцией активации ReLU;
- второй слой: слой подвыборки размером 2×2;
- третий слой: сверточный слой с 64 фильтрами размером 3×3, активационная функция ReLU, инициализация весов `he_normal`;
- четвертый слой: слой подвыборки размером 2×2;
- пятый слой: сверточный слой с 128 фильтрами размером 3×3, активационная функция ReLU, инициализация `he_normal`;
- шестой слой: слой подвыборки размером 2×2;
- седьмой слой: сверточный слой с 256 фильтрами размером 3×3, активационная функция ReLU, инициализация `he_normal`;
- восьмой слой: слой подвыборки размером 2×2;
- девятый слой: выпрямление для преобразования признаков в вектор;
- десятый слой: полносвязный с 64 нейронами, активационная функция ReLU, инициализация `he_normal`;
- одиннадцатый слой: Dropout с вероятностью отключения 0.7 для предотвращения переобучения;
- двенадцатый (выходной) слой: Dense с одним нейроном и сигмоидальной функцией активации для бинарной классификации.

Точность модели на тестовых данных достигает 87%. Вероятность определения инфаркта на изображении ЭКГ составляет 76%.

Более глубокие модели имеют увеличенное количество параметров и с большей вероятностью переобучаются, особенно если объем данных недостаточен. Модель может с трудом обобщать на валидационных или тестовых данных. Увеличение количества сверточных слоев до 4 в нейросети не всегда приводит к улучшению точности, особенно в задачах, связанных с медицинскими данными, такими как определение признаков инфаркта на ЭКГ.

Третья архитектура нейронной сети содержит 2 слоя свертки:

- количество слоев: 8;
- первый слой: сверточный слой с 32 фильтрами размером 3×3, активационная функция ReLU, входная форма;
- второй слой: слой подвыборки размером 2×2;
- третий слой: сверточный слой с 64 фильтрами размером 3×3, активационная функция ReLU, инициализация весов `he_normal`;
- четвертый слой: слой подвыборки размером 2×2;
- пятый слой: слой выпрямления для преобразования признаков в вектор;

- шестой слой: полносвязный с 64 нейронами, активационная функция ReLU, инициализация `he_normal`;
- седьмой слой: Dropout с вероятностью отключения 0.7 для регуляризации;
- восьмой (выходной) слой: Dense с 1 нейроном и сигмоидальной функцией активации для бинарной классификации.

Точность данной архитектуры достигает 98%. На новых изображениях ЭКГ, которые классифицированы как изображения с инфарктом, вероятность инфаркта составляет 96%.

Заключение. В ходе исследования сравнивались различные архитектуры сверточных нейронных сетей, предназначенных для автоматической оценки вероятности инфаркта миокарда на основе изображений электрокардиограммы. Анализ показал, что более глубокие и сложные модели с большим числом сверточных слоев и слоев подвыборки позволяют лучше выявлять характерные признаки патологии, то повышает точность и надежность диагностики. В то же время увеличение глубины сети требует самой тщательной настройки гиперпараметров и регуляризации для предотвращения переобучения.

Использование современных методов инициализации весов, таких как `he_normal`, а также регуляризация Dropout улучшают обобщающую способность моделей. В результате экспериментов было установлено, что оптимальная архитектура должна балансировать между сложностью и вычислительной эффективностью, обеспечивая высокую точность при минимальных затратах времени обучения.

В результате исследования для решения задачи определения вероятности инфаркта была подобрана оптимальная архитектура нейронной сети. На вход нейросети подаются изображения электрокардиограммы с 12 отведениями. Это позволяет комплексно оценить вероятность заболевания.

Данное исследование подтверждает перспективность применения сверточных нейросетей в автоматизированной диагностике сердечно-сосудистых заболеваний по электрокардиограммам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонова, М.Д. Анализ электрокардиограмм посредством нейронных сетей / М.Д. Леонова // Международный научно-исследовательский журнал. — 2015. — № 4(35). — URL: <https://research-journal.org/archive/4-35-2015-may/analiz-elektrokardiogramm-posredstvom-nejronnyx-setej> (дата обращения: 12.04.2025).
2. Бокхан, Ю.И. Метод вейвлет-анализа отведений кардиограмм / Ю.И. Бокхан // Проблемы инфокоммуникаций. — 2018. — № 2. — С. 95–100.
3. ECG Images dataset of Cardiac Patients. — URL: <https://data.mendeley.com/datasets/gwbz3fsgp8/2> (date of access: 14.04.2025).
4. Шолле, Ф. Глубокое обучение на Python / Франсуа Шолле. — СПб.: Питер, 2023. — 576 с.

REFERENCES

1. Leonova M.D. *Mezhdunarodny nauchno-issledovatel'ski zhurnal* [International Research Journal]. 2015, 4(35). — URL: <https://research-journal.org/archive/4-35-2015-may/analiz-elektrokardiogramm-posredstvom-nejronnyx-setej> (date of access: 12.04.2025).
2. Bokhan Yu.I. *Problemy infokommunikatsii* [Issues of Infocommunication]. 2018, 2, pp. 95–100.
3. ECG Images dataset of Cardiac Patients. — URL: <https://data.mendeley.com/datasets/gwbz3fsgp8/2> (date of access: 14.04.2025).
4. Chollet F. *Glubokoye obucheniye na Python* [Python Deep Training], SPb.: Piter, 2023, 576 p.

Поступила в редакцию 29.05.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: Korchevskaya.Elena@gmail.com — Корчевская Е.А.

УДК 621.311.25:621.382.2

НАНОАНТЕННА НА ОСНОВЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСНО-ТУННЕЛЬНОГО ДИОДА

Ю.И. Бохан

Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»

Исследование посвящено проблеме применения углеродных нанотрубок для генерации/приема электромагнитного излучения терагерцевой области.

Цель работы — моделирование углеродной нанотрубки как цилиндрического туннельного барьера.

Материал и методы. Рассматривается решение уравнения Шредингера в цилиндрической системе координат. Углеродная нанотрубка моделируется цилиндрическим туннельным барьером с периодическими граничными условиями.

Результаты и их обсуждение. Получено выражение для тока зарядов в зависимости от радиуса и длины нанотрубки. Показано, что вектор тока имеет радиальную составляющую, меняющую знак для определенных переходов с большими значениями индексов. Появление отрицательных значений компоненты тока указывает на наличие отрицательной дифференциальной проводимости для этих переходов.

Заключение. Результаты исследований согласуются с известными расчетами для погонных индуктивности и емкости нанотрубок. Появление дополнительных пиков протекающего тока служит указанием на возбуждение туннельной системы внешним полем. Это дает возможность дополнительной настройки в резонанс, которая может быть осуществлена подстройкой «продольной» составляющей тока, зависящей от длины нанотрубки.

Ключевые слова: углеродная нанотрубка, потенциальный барьер, цилиндрические координаты, энергетические состояния, ток.

NANOANTENNA BASED ON A CYLINDRICAL RESONANCE TUNNEL DIODE

Yu.I. Bokhan

Education Establishment "Vitebsk State P.M. Masherov University"

The article considers the problem of using carbon nanotubes for generating/receiving electromagnetic radiation of terahertz range.

The purpose of the article is modeling of a carbon nanotube as a cylindrical tunnel barrier.

Material and methods. The solution of the Schrödinger equation in a cylindrical coordinate system is considered. The carbon nanotube is modeled by a cylindrical tunnel barrier with periodic boundary conditions.

Findings and their discussion. An expression is obtained for the charge current depending on the radius and length of the nanotube. It is shown that the current vector has a radial component that changes the sign for certain transitions with large index values. The occurrence of negative values of the current component indicates the presence of negative differential conductivity for these transitions.

Conclusion. The results of the studies are consistent with the well-known calculations for linear inductance and nanotube capacity. The appearance of additional current peaks serves as an indication of the excitation of the tunnel system by the external field. This makes it possible to further tune into resonance, which can be carried out by adjusting the "longitudinal" component of the current, which depends on the length of the nanotube.

Key words: carbon nanotube, potential barrier, cylindrical coordinates, energy states, current.

В настоящее время для детектирования слабых потоков электромагнитного излучения применяются элементы, принцип работы которых основывается на возбуждении квантовых состояний в структурных составляющих материалов. В то же время для детектирования электромагнитных полей радиочастотного диапазона используются макроскопические свойства материалов, изменяющие свои параметры под воздействием внешнего поля. Для детектирования слабых полей требуется система усиления сигнала, которая, часто, представляет собой сложную систему полупроводниковых элементов с большим уровнем шума. В этой связи особый интерес вызывает регулярная структура резонансно-туннельных диодов, позволяющая за счет резонансного переноса резко усилить сигнал

без искажения формы. Основной путь решения проблемы состоит в создании многобарьерного наноструктурного материала, работающего по принципу резонансного переноса заряда и имеющего внешнее управление электромагнитным полем.

Цель настоящего исследования — моделирование углеродной нанотрубки как цилиндрического туннельного барьера. Особенностью такой задачи является наличие угловой симметрии в распределении плотности тока и волновых функций внутри барьера.

Материал и методы. Применение углеродных нанотрубок для целей генерации/приема электромагнитного излучения терагерцевого диапазона привлекает все большее внимание ввиду высокой степени миниатюризации и возможности создания высокочувствительных приемных устройств [1–3]. Резонансное туннелирование и эффект отрицательной дифференциальной проводимости в наноструктурах вызваны чисто квантовыми явлениями пространственного квантования, приводящего к возникновению резонансных энергетических уровней. Такие эффекты дают возможность проявления новых свойств наноматериалов [4].

Результаты и их обсуждение. Использование углеродных нанотрубок (УНТ) представляется перспективным для целей детектирования переменных полей в диапазоне терагерц из-за спектральных особенностей УНТ [1]. Это связано с тем фактом, что однослойные УНТ имеют различный вид спектра в зависимости от хиральности трубки. Хиральность УНТ определяет симметрию расположения атомов углерода и структуру УНТ (рис. 1).

Индексы хиральности однослойной нанотрубки (m, n) однозначным образом определяют ее диаметр D :

$$D = \sqrt{3(m^2 + n^2 + nm)} d_0/\pi, \quad (1)$$

где $d_0 = 0,142$ нм — расстояние между соседними атомами углерода в графитовой плоскости.

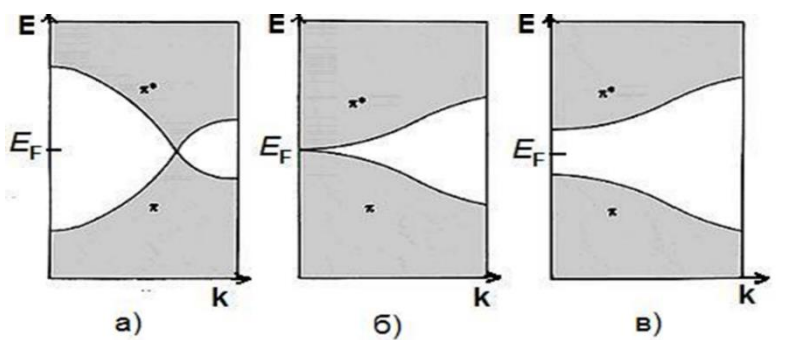


Рис. 1. Зонная структура нанотрубки в зависимости от индекса хиральности:
а) трубки (n, n) металлические; б) трубки $(n, 0)$ металлические, если n кратно 3;
в) полупроводниковые трубки $(n, 0)$, n не кратно 3

Для различных УНТ зонная структура спектра имеет различный вид [1] (рис. 1). Для таких видов спектра показано [5], что УНТ имеют свои особенности в квантовых свойствах.

Известно, что проводимость по постоянному току для узкого проводника (в отсутствие рассеивания по его длине) квантуется с учетом спинового момента электронов в единицах $2e^2/h$ [5]. В пересчете на сопротивление, как отмечено в [5], $h/(2e^2) \approx 12,9$ кОм.

Кинетическая индуктивность для одномерных волноводных систем, канализирующих электронные волны, в пересчете на единицу длины проводника описывается упрощенной квантованной зависимостью [5]:

$$L_k = \frac{h}{2e^2 v_f}, \quad (2)$$

где h — постоянная Планка, v_f — скорость Ферми для носителей заряда, e — заряд электрона. Для углеродных нанотрубок величина $v_f = 8 \times 10^5$ м/с, соответственно, и удельная линейная (погонная) квантовая индуктивность составит $L_k = 16$ нГ/мкм.

Аналогично, применительно к одномерному случаю нанотрубок, квантовая емкость на единицу длины определяется как

$$C_q = \frac{2e^2}{\hbar v_f}. \quad (3)$$

При скорости Ферми для графена и углеродных нанотрубок $v_f = 8 \times 10^5$ м/с удельная квантовая емкость составляет величину порядка 100 аФ/мкм.

Считая, что длина УНТ составляет величину порядка 1 мкм, для резонансной частоты антенны из микроскопических проводников получим [2] значение порядка 1 ТГц.

Следует отметить, что рассчитанная таким образом резонансная частота имеет достаточно условный характер, так как не учитывает другие процессы, происходящие при поглощении внешнего электромагнитного поля. Например, при наличии нескольких, расположенных на определенном расстоянии друг от друга УНТ необходимо учитывать погонную индуктивность и емкость двух и более проводников в линии. Рассматривая две УНТ как модель приемной антенны, следует учитывать и взаимную емкость, которая определяется соотношением длины УНТ к ее диаметру. Поэтому все вышеизложенное дает оценку резонансной частоты по порядку величины.

Кроме того, предложенный механизм запаздывания движения носителей заряда не дает ясного обоснования таких величин индуктивности и емкости, которые пропорциональны скорости Ферми. Приведенные выше выражения позволяют высказать предположение о сложной структуре уровня Ферми в УНТ. Объяснение механизма может стать более прозрачным, если учесть, что УНТ представляет собой цилиндрический барьер, обладающий нетривиальной структурой состояний. Причем эти состояния расположены вблизи углеродных ячеек, составляющих основу УНТ.

Для нахождения спектра внутри потенциального барьера требуется решить уравнение Шредингера в цилиндрической системе координат. Здесь следует отметить, что при рассмотрении процессов туннелирования обычно решается одномерная задача [6], как правило, в декартовой системе координат. Однако, как будет показано ниже, решение в цилиндрической системе координат обладает более богатым спектром состояний. Также отметим, что решение уравнения Шредингера в цилиндрической системе координат известно давно [7], причем в самом общем виде. Для целей анализа условий резонансного туннелирования изложим, в кратком варианте, решение первой краевой задачи в методе разделения переменных.

Запишем уравнение Шредингера в цилиндрической системе координат:

$$-\frac{\hbar^2}{2M} \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} r \frac{\partial \psi}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right] + U_0 \psi = E \psi. \quad (4)$$

Здесь на величину потенциала наложено условие (U_0 — высота барьера):

$$U = \begin{cases} U_0 & 0 \leq r \leq R; 0 \leq z \leq L. \\ 0 & r > R; z > L. \end{cases} \quad (5)$$

Решение первой краевой задачи, в методе разделения переменных, запишем в виде:

$$\psi(r, \phi, z) = C J_n(kr) e^{i(s\phi + jz)}, \quad (6)$$

где $k^2 = [2M(E - U_0)/\hbar^2]$, $J_n(x)$ — функция Бесселя целого индекса, s, j — целые числа. Спектр состояний внутри барьера:

$$E_{ik} = U_0 - \frac{\hbar^2}{2M} \left(\frac{\mu_i^2}{R^2} \right), \quad (7)$$

где μ_i — действительные корни уравнения $J_n(\mu_i R) = 0$, $n = 0, 1, 2, 3 \dots$ Для определения нормировочной константы воспользуемся условной ортогональностью функций Бесселя [7]:

$$\int_0^1 J_m(\mu_i x) J_m(\mu_k x) x dx = \begin{cases} 0, & i \neq k \\ \frac{1}{2} [J_{m+1}(\mu_i)]^2, & i = k \end{cases}.$$

После несложных преобразований получаем: $C = \sqrt{2} / (J_{m+1}(\mu_i R))$. Следует отметить, что нормировочная константа определяется корнями функции Бесселя $m+1$ -го порядка. Кроме того, она зависит от корней функции Бесселя на границе цилиндрического барьера.

Такое выражение для спектра состояний обусловлено выбранным методом разделения переменных. В направлении z волновые функции имеют вид синусов или косинусов, а в плоскости r и ϕ определяются функциями Бесселя, в которые входят s и j , играющие роль «магнитных» квантовых чисел.

Некоторые значения корней уравнения $J_n(kR) = 0$ представлены в табл.

Таблица

Первые пять корней функций Бесселя целого индекса

Корни	$J_0(x)=0$	$J_1(x)=0$	$J_2(x)=0$	$J_3(x)=0$
1	2.405	3.832	5.136	6.380
2	5.520	7.016	8.417	9.761
3	8.654	10.173	11.620	13.015
4	11.791	13.324	14.796	16.223
5	14.931	16.471	17.960	19.409

Вид волновых функций, в зависимости от аргумента и индекса ($s, j = 0$), представлен на рис. 2.

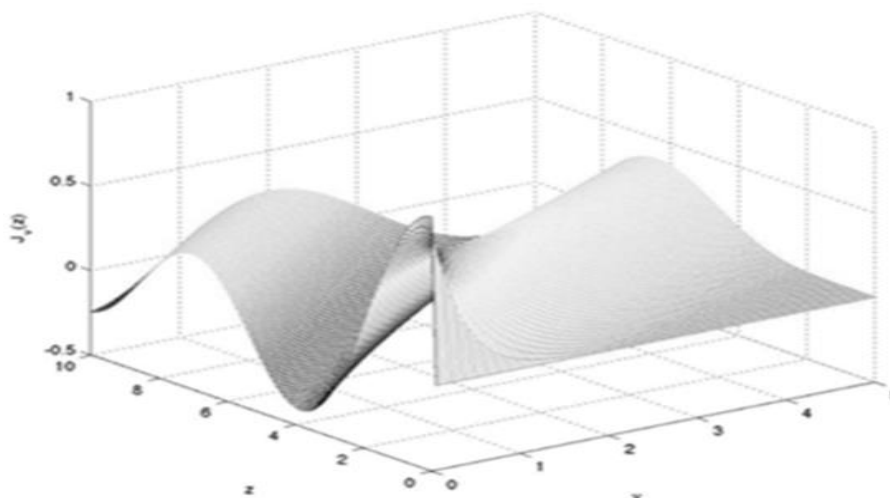


Рис. 2. Вид функции Бесселя в зависимости от аргумента и индекса

Рассмотрим величину тока, обусловленную движением зарядов. Используя стандартное выражение для тока [5]:

$$I_{mn}^a = iC^2(\psi_m^* \nabla \psi_n - \psi_n \nabla \psi_m^*) \quad (8)$$

и проведя несложные, но громоздкие преобразования с использованием представления градиента в цилиндрических координатах и соотношения между функциями Бесселя

$$\frac{d J_n(\rho)}{d \rho} = \frac{1}{2} \{ J_{n-1}(\rho) - J_{n+1}(\rho) \}, \quad (9)$$

получим выражения для компонент вектора тока в состоянии n :

$$I_\rho = 0, \quad (10)$$

$$I_\varphi = e \frac{\hbar}{\mu} C_1^2 \left[\frac{s}{r} J_n(\rho) J_n(\rho) \right], \quad (11)$$

$$I_z = e \frac{\hbar}{\mu} C_1^2 j [J_n(\rho) J_n(\rho)], \quad (12)$$

где $\rho = kr$, $C_1 = [J_{n+1}(kR)J_{n+1}(kR)]^{-1}$.

Исходя из вида волновых функций, следует отметить, что появляется несколько дополнительных слагаемых в выражении для тока через барьер. С учетом гармонической зависимости волновых функций от φ и z возникают дополнительные локальные максимумы, которые подтверждают значительные вероятности переходов через состояния с большими значениями порядка. С учетом близких значений корней функций Бесселя больших порядков появляется возможность переходов между состояниями с энергиями терагерцового диапазона. С изменением величины барьера за счет приложения внешнего электрического поля появляется возможность управления спектром состояний и более точной подстройки к резонансным переходам.

Особенностью структуры выражений для тока по состояниям (8–9) является зависимость от радиальной координаты, хотя радиальная компонента равна нулю. Это приводит к спиральному виду плотности тока (рис. 3). Соответственно и величина магнитного момента будет иметь подобный вид. Все это дает нетривиальную зависимость тока от приложенного внешнего магнитного поля.

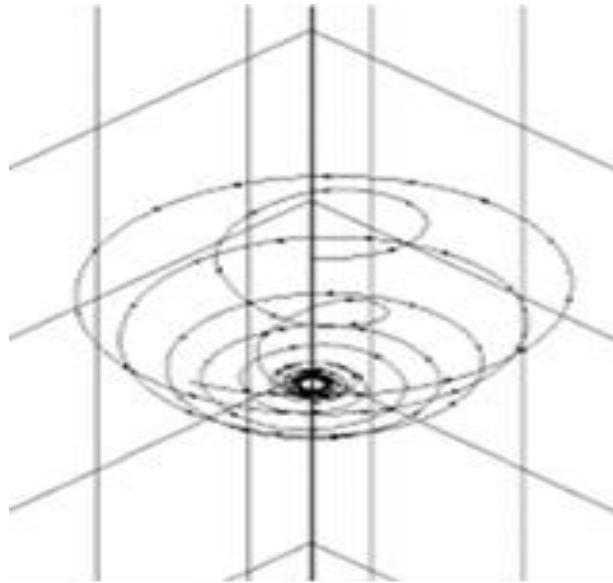


Рис. 3. Спиральное движение зарядов в цилиндрическом барьере ($n = s = j = 1$)

Вычисление тока между состояниями $n \neq m$ приводит к появлению радиальной составляющей, причем мнимой. Это означает, что радиальная составляющая ответственна за поглощение внешнего поля на переходах с разными $n \neq m$.

$$I_p = -ie \frac{\hbar}{\mu} C_2^2 (J_n(p) J_{m-1}(p) - J_n(p) J_{m+1}(p) - J_m(p) J_{n-1}(p) + J_m(p) J_{n+1}(p)), \quad (13)$$

$$I_\varphi = e \frac{\hbar}{\mu} C_2^2 \left[\frac{s}{\rho} J_n(\rho) J_m(\rho) \right], \quad (14)$$

$$I_z = e \frac{\hbar}{\mu} C_2^2 j[J_n(\rho)J_m(\rho)], \quad (15)$$

здесь — $C_2 = [J_{n+1}(kR)J_{m+1}(kR)]^{-1}$.

Необходимо отметить, что радиальная составляющая тока входит только в реактивную часть, а угловая и продольная — в активную.

Характерной особенностью радиальной составляющей «межзонного» тока является изменение ее знака для определенных соотношений $n \neq m$. Это ведет к появлению отрицательной дифференциальной проводимости, которая обеспечивает усиление сигнала.

Таким образом подтверждается предположение о резонансном усилении сигнала на определенных переходах между состояниями $n \neq m$.

Выполняя суммирование по n, m , получим, что радиальная составляющая межзонного тока равна нулю. Это подтверждает компенсацию усиления поглощением на различных переходах внутри барьера. Угловые и продольные компоненты оказываются совпадающими с точностью до постоянного численного множителя.

Кроме того, движение тока через состояния с большими значениями n и m , из-за свойства перемещаемости корней уравнения $J_n(kR) = 0$, дает возможность управления частотной зависимостью тока от внешнего поля. Действительно, разность величин E_{nm} для различных значений n и m неявно, через зависимость корней от высоты потенциального барьера, определяется и величиной приложенного поля. Это предоставляет дополнительную настройку в резонанс, которая может быть осуществлена подстройкой «продольной» составляющей тока, зависящей от длины нанотрубки.

С другой стороны, УНТ как туннельный цилиндрический барьер обладают интересным спектром состояний [8]. Так, спектр состояний определяется корнями функций Бесселя:

$$E_{ik} = U_0 + \frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\mu_i^2}{R^2} + \frac{k^2}{L^2} \right), \quad (16)$$

где $\mu^2 = [2m(E - U_0)/\hbar^2] - \frac{k^2}{L^2}$, $J_n(x)$ — функция Бесселя целого индекса, μ_i — действительные корни уравнения $J_n(\mu_i R) = 0$, $n, m, k = 0, 1, 2, 3 \dots$, R — радиус УНТ, L — ее длина.

Если определить частоту для разности состояний с большими индексами, то из-за перемещаемости корней функций Бесселя можно найти состояния с частотами порядка нескольких терагерц. Этот факт позволяет высказать предположение, что состояния УНТ как цилиндрического барьера определяют квантовые индуктивность и емкость УНТ.

Заключение. Предложенная интерпретация появления квантовых индуктивности и емкости УНТ носит качественный характер. С другой стороны, она позволяет высказать соображения о физическом механизме появления таких свойств УНТ.

Возникновение дополнительных пиков протекающего тока служит указанием на возбуждение туннельной системы внешним полем. Поэтому, изменяя величину поля, можно осуществлять резонансную настройку системы нанотрубок на определенную частоту внешнего поля.

Такая система является чисто электрической и допускает широкий интервал значений потенциала для настройки в резонанс с внешним полем.

Это тем более необходимо, потому что данная система нанотрубок обладает высокой чувствительностью резонансного туннелирования к величине внешнего поля. Создание регулярной решетки из РТД позволит разработать приборы, отображающие падающие электромагнитные волны с частотой до десятков терагерц. Представленные решетки могут найти широкое применение не только в приемных устройствах, но и для чувствительных сенсоров медицинского назначения.

В то же время немалый интерес вызывает и обратный процесс: квазирезонансное поглощение внешнего поля в такой структуре. Это поглощение приводит к изменению условий прохождения барьера и, соответственно, изменению величины тока и электрического поля [5].

В реальной ситуации появляется потребность учета влияния всегда присутствующего взаимодействия между электронами на процессы квантовой интерференции и резонансного туннелирования.

Последнее следует из того, что сдвиг резонансного уровня за счет взаимодействия на величину малую по сравнению с энергией электрона, но сопоставимую с шириной резонансного уровня резко изменяет резонансный ток. Такой сдвиг может быть обусловлен приложением внешнего поля, причем низкой частоты.

ЛІТЕРАТУРА

1. Handbook of Carbon Nanotubes / Ed. J. Abraham, S. Thomas, N. Kalarikkal. — Switzerland AG: Springer Nature, 2022. — 2112 p. — DOI: 10.1007/978-3-030-91346-5.
2. Schants, H.G. The Art and Science of Ultrawideband Antennas / H.G. Schants. — London: Artech House, 2015. — 593 p.
3. Ultrastrong coupling between electron tunneling and mechanical motion / F. Vigneau, J. Monsel, J. Tabanera [et al.] // Phys. Rev. Research. — 2022. — Vol. 4, iss. 4. — P. 043168. — DOI: 10.1103/PhysRevResearch.4.043168.
4. Chen, A. Nanomaterials based electrochemical sensors for biomedical applications / A. Chen, S. Chatterjee // Chemical Society Reviews. — 2013. — Vol. 42, № 12. — P. 5425–5438. — DOI: 10.1039/C3CS35518G.
5. Burke, P.J. Quantitative Theory of Nanowire and Nanotube Antenna Performance / P.J. Burke, Sh. Li, Z. Yu // IEEE Transactions on Nanotechnology. — 2006. — Vol. 5, № 4. — P. 314–334. — DOI: 10.1109/TNANO.2006.877430.
6. Razavy, M. Quantum Theory of Tunneling / M. Razavy. — 2nd Edition. — World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2014. — 792 p.
7. Watson, G.N. A treatise on the theory of Bessel functions / G.N. Watson. — Cambridge; New York: Cambridge University Press, 1966. — 816 p.
8. Бохан, Ю.И. Система углеродных нанотрубок для приема терагерцового излучения / Ю.И. Бохан // Актуальные проблемы физики твердого тела: сб. докл. X Междунар. науч. конф., Минск, 22–26 мая 2023 г. / НПЦ НАН Беларуси по материаловедению; редкол.: В.М. Федосюк (пред.) [и др.]. — Минск: А.Н. Вараксин, 2023. — С. 494–496.

REFERENCES

1. Handbook of Carbon Nanotubes / Ed. J. Abraham, S. Thomas, N. Kalarikkal. — Switzerland AG: Springer Nature, 2022. — 2112 p. — DOI: 10.1007/978-3-030-91346-5.
2. Schants, H.G. The Art and Science of Ultrawideband Antennas / H.G. Schants. — London: Artech House, 2015. — 593 p.
3. Ultrastrong coupling between electron tunneling and mechanical motion / F. Vigneau, J. Monsel, J. Tabanera [et al.] // Phys. Rev. Research. — 2022. — Vol. 4, iss. 4. — P. 043168. — DOI: 10.1103/PhysRevResearch.4.043168.
4. Chen, A. Nanomaterials based electrochemical sensors for biomedical applications / A. Chen, S. Chatterjee // Chemical Society Reviews. — 2013. — Vol. 42, № 12. — P. 5425–5438. — DOI: 10.1039/C3CS35518G.
5. Burke, P.J. Quantitative Theory of Nanowire and Nanotube Antenna Performance / P.J. Burke, Sh. Li, Z. Yu // IEEE Transactions on Nanotechnology. — 2006. — Vol. 5, № 4. — P. 314–334. — DOI: 10.1109/TNANO.2006.877430.
6. Razavy, M. Quantum Theory of Tunneling / M. Razavy. — 2nd Edition. — World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2014. — 792 p.
7. Watson, G.N. A treatise on the theory of Bessel functions / G.N. Watson. — Cambridge; New York: Cambridge University Press, 1966. — 816 p.
8. Bokhan Yu.I. *Aktualniye problemy fiziki tverdogo tela: sb. dokl. X Mezhdunar. nauch. konf., Minsk, 22–26 maya 2023 g.* [Current Issues of Solid State Physics: Proceedings of the X Intern. Scient. Conf., Minsk, May 22–26, 2023], Minsk: A.N. Varaksin, 2023, pp. 494–496.

Поступила в редакцию 14.07.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: yuibokhan@gmail.com — Бохан Ю.И.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИСТЕРЕЗИСНЫХ ЯВЛЕНИЙ В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ: ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ

В.Н. Шут*, И.Ф. Кашевич**, И.Е. Сипаков**

*Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

**Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»

Актуальность исследования обусловлена тем, что сегнетоэлектрики являются ключевыми материалами для энергоэффективных преобразователей, элементов электроники, устройств хранения данных. Разработанная платформа обеспечивает анализ гистерезиса на атомарном, термодинамическом и инженерном уровнях, ускоряя создание материалов нового поколения.

Цель статьи — разработка открытой платформы для многометодного моделирования и анализа гистерезисных явлений в сегнетоэлектриках, позволяющей количественно оценивать влияние дефектов кристаллической решетки и температур на динамику поляризации, а также визуализировать микроструктурные изменения и макропараметры.

Материал и методы. В качестве объекта исследования выбран титанат бария (BaTiO_3) — модельный сегнетоэлектрик с выраженными нелинейными свойствами и классической гистерезисной петлей. Для численного моделирования использован многометодный подход, объединяющий модифицированное уравнение Ландау — Халатникова, метод Монте-Карло и упрощенную модель Джилса — Атертона. Параметры методов подобраны на основе экспериментальных данных для BaTiO_3 .

Результаты и их обсуждение. Описаны ключевые подходы для разработки программной платформы, которая помогает моделировать гистерезисные явления в сегнетоэлектриках методами Ландау — Халатникова, Монте-Карло и Джилса — Атертона. Платформа обеспечивает анализ влияния дефектов, температуры и визуализацию данных в форматах, пригодных для дальнейших расчетов в сторонних пакетах. Сравнительный анализ методов выявил, что модель Ландау — Халатникова наиболее точна для однородных систем, Монте-Карло — для микроструктурного анализа, а упрощенная модель Джилса — Атертона — для быстрых инженерных расчетов.

Заключение. Создана программная платформа для многометодного моделирования и сравнительного анализа гистерезисных явлений в сегнетоэлектриках. Работоспособность представленной платформы подтверждена путем сравнения расчетных и экспериментальных данных. Интеграция методов в единую среду позволила анализировать гистерезис на всех уровнях — от атомарного (Монте-Карло) до макроскопического (Ландау — Халатникова). Приложение подходит для быстрых сравнительных исследований и обучения.

Ключевые слова: сегнетоэлектрики, гистерезисные явления, программная платформа, модель Ландау — Халатникова, метод Монте-Карло, модель Джилса — Атертона.

NUMERICAL MODELING OF HYSTERESIS PROPERTIES IN FERROELECTRIC MATERIALS: PROGRAM IMPLEMENTATION AND COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS

V.N. Shut*, I.F. Kashevich**, I.E. Sipakov***

*Education Establishment "Vitebsk State Technological University"

**Education Establishment "Vitebsk State P.M. Masherov University"

The relevance of the work is due to the fact that ferroelectrics are key materials for energy-efficient converters, electronic elements, and data storage devices. The developed platform provides hysteresis analysis at the atomic, thermodynamic, and engineering levels, accelerating the creation of new-generation materials.

The aim of the article is to develop an open platform for multi-method modeling and analysis of hysteresis phenomena in ferroelectrics, allowing quantitative assessment of the influence of crystal lattice defects and temperatures on the dynamics of polarization, as well as to visualize microstructural changes and macroparameters.

Material and methods. Barium titanate (BaTiO_3) was chosen as the object of study. It is a model ferroelectric with pronounced nonlinear properties and a classical hysteresis loop. For numerical modeling, a multi-method approach was used, combining the modified Landau — Khalatnikov equation; the Monte Carlo method and the simplified Jiles — Atherton model. The parameters of the methods were selected based on experimental data for BaTiO_3 .

Findings and their discussion. The main approaches for developing a software platform that allows to simulate hysteresis phenomena in ferroelectrics by the Landau — Khalatnikov, Monte Carlo and Jiles — Atherton methods are described. The platform provides analysis of the influence of defects, temperature and visualization of data in formats suitable for further calculations in third-party packages. A comparative analysis of the methods revealed that the Landau — Khalatnikov model is the most accurate for homogeneous systems, Monte Carlo is the most accurate for microstructural analysis, and the simplified Jiles — Atherton model is the most accurate for fast engineering calculations.

Conclusion. A software platform has been created for multi-method modeling and comparative analysis of hysteresis phenomena in ferroelectrics. The effectiveness of the developed platform has been confirmed by comparing calculated and experimental data. The integration of methods into a single environment has made it possible to analyze hysteresis at all levels, from the atomic (Monte Carlo) to the macroscopic (Landau — Khalatnikov). The application is well-suited for quick comparative research and training.

Key words: ferroelectrics, hysteresis phenomena, software platform, Landau — Khalatnikov model, Monte Carlo method, Jiles — Atherton model.

Сегнетоэлектрики — кристаллические диэлектрики, обладающие в определенном интервале температур спонтанной (самопроизвольной) поляризацией, которая существенно изменяется под влиянием внешних воздействий. Электрические свойства во многом подобны магнитным свойствам ферромагнетиков (отсюда название ферроэлектрики, принятое в зарубежной литературе). К числу наиболее исследованных и используемых на практике относятся титанат бария, сегнетова соль, триглицинсульфат и др. [1; 2].

Изучение сегнетоэлектрических материалов, таких как титанат бария (BaTiO_3), критически важно для разработки функциональных элементов микроэлектроники, энергонезависимой памяти и датчиков нового поколения. Высокая диэлектрическая проницаемость, температурная стабильность и нелинейные свойства BaTiO_3 делают его ключевым объектом для современных исследований. Однако сложность прогнозирования поведения этих материалов, включая динамику гистерезиса, влияние пьезоэлектрических эффектов и последствия термической обработки, требует углубленного моделирования. Отсутствие точных вычислительных инструментов, учитывающих взаимодействие дефектов структуры, доменной динамики и внешних полей, ограничивает возможность создания материалов с заданными характеристиками для работы в экстремальных условиях.

Цель статьи — разработка открытой платформы для многометодного моделирования и анализа гистерезисных явлений в сегнетоэлектриках, позволяющей количественно оценивать влияние дефектов кристаллической решетки и температур на динамику поляризации, а также визуализировать микроструктурные изменения и макропараметры.

Материал и методы. В качестве объекта исследования выбран титанат бария (BaTiO_3) — модельный сегнетоэлектрик с выраженными нелинейными свойствами и классической гистерезисной петлей. Для численного моделирования использован многометодный подход, объединяющий модифицированное уравнение Ландау — Халатникова, метод Монте-Карло и упрощенную модель Джилса — Атертона. Параметры методов подобраны на основе экспериментальных данных для BaTiO_3 .

Результаты и их обсуждение. В рамках настоящего исследования разработана открытая программная платформа, предназначенная для многометодного моделирования и анализа гистерезисных явлений в сегнетоэлектрических материалах. Интерфейс программы включает специализированные вкладки для каждого алгоритма, прогресс-бар для отслеживания вычислений и иллюстрирование на базе Matplotlib, поддерживающей настройку стилей графиков в реальном времени. Благодаря реализации многопоточности (QThread) ресурсоемкие расчеты, такие как моделирование крупных «спиновых решеток», выполняются в фоновом режиме, не блокируя взаимодействие с программой [3]. Для обеспечения воспроизводимости результатов предусмотрены функции их экспорта: петли гистерезиса сохраняются в векторных и растровом форматах (PDF, SVG, PNG) для публикаций, а расчетные данные — в CSV для дальнейшего анализа в сторонних пакетах.

Моделирование гистерезисных петель сегнетоэлектриков требует учета нелинейной динамики поляризации, связанной с переключением доменов под действием внешнего электрического поля. В нашем коде метод Ландау — Халатникова взят из теории фазовых переходов Ландау, к которой добавлены диссипативные члены для релаксации системы. Эта модель не только воспроизводит ключевые экспериментально наблюдаемые явления, такие как коэрцитивное поле и остаточная поляризация, но и позволяет исследовать влияние дефектов, температуры и пространственных неоднородностей [4].

В приближении Ландау мы описываем свободную энергию через поляризацию P как порядок параметра. В отсутствие внешнего поля ($E = 0$) потенциал имеет симметричную форму с минимумами, соответствующими спонтанной поляризации. При включении поля $E(t)$ симметрия нарушается, что приводит к смещению равновесных состояний. Динамика системы формируется уравнением релаксации:

$$\frac{dP}{dt} = -\frac{1}{\Gamma} \left(\frac{\partial F}{\partial P} \right) = -\frac{1}{\Gamma} (\alpha P + \beta P^3 + \gamma P^5 - E(t)), \quad (1)$$

где Γ — кинетический коэффициент, характеризующий вязкость или демпфирование в системе. Члены $-\alpha P$, $-\beta P^3$, $-\gamma P^5$ соответствуют производным от термодинамического потенциала, а $+E(t)$ — воздействию внешнего поля. Минус в уравнении показывает, что процесс диссипативен: система стремится снизить свою свободную энергию. Для решения дифференциального уравнения используется метод Рунге — Кутты 4-го порядка (RK4), что обусловлено его устойчивостью и точностью при моделировании нелинейных систем.

Алгоритм RK4, реализованный в цикле по полю E , аппроксимирует решение на каждом шаге, вычисляя четыре промежуточные поправки ($k1-k4$). Это позволяет учесть не только текущее значение поля $E(t)$, но и его изменение в пределах временного шага Δt . В коде временной шаг $dt = 0.01$ эмпирически выбран для баланса между точностью и вычислительной эффективностью.

Ключевой особенностью программы является способ задания внешнего поля $E(t)$. Массив E формируется как последовательность линейно возрастающих и убывающих значений от -10 до 10 В/м (в 1 000 шагов в каждом направлении). Такой подход имитирует циклическое изменение поля в эксперименте, создавая замкнутую траекторию в координатах $P-E$. Начальное условие $P[0] = 0$ соответствует деполяризованному состоянию, а итеративное вычисление $P[i]$ через RK4 гарантирует плавное отслеживание равновесной поляризации при квазистатическом изменении E .

Реальные сегнетоэлектрики содержат дефекты кристаллической решетки, которые локально искажают потенциал. В модели это учитывается через модификацию коэффициента γ :

$$\text{gamma_eff} = \text{gamma} \times (1 + \text{defect_density}).$$

Увеличение γ_{eff} усиливает вклад пятой степени P^5 , что физически соответствует росту энергии, необходимой для переполяризации материала из-за пиннинга доменных стенок на дефектах. Температурные эффекты вводятся через множитель $\text{temp_factor} = 1 + 0.001 \times (T - 300)$, линейно масштабирующий γ_{eff} . Это приближение отражает термическое расширение решетки и изменение доменной структуры: при нагреве выше комнатной температуры ($T > 300$ K) эффективное поле дефектов снижается, уменьшая площадь петли.

Значения параметров выбраны так, чтобы отражать реальные свойства титаната бария, и опираются на данные экспериментов. Например, коэффициент Ландау $a = 1 \times 10^6$ характеризует влияние температуры на поведение материала (т.е. он определяет условия фазового перехода).

Кубический коэффициент $\beta = 1.5 \times 10^8$ играет роль стабилизатора, не позволяя поляризации расти бесконтрольно, что соответствует нелинейным характеристикам титаната бария.

Коэффициент $\gamma = 1 \times 10^9$ учитывает вклад высших степеней поляризации в энергию системы, что необходимо для точного описания формы гистерезисной петли.

Плотность дефектов ρ принята равной нулю, это предполагает идеальную структуру материала. Указанное упрощение помогает сосредоточиться на базовых свойствах без учета случайных неоднородностей.

Температура Кюри $T_c = 345$ K представляет собой точку перехода титаната бария, установленную на основе измерений, из параэлектрической фазы в сегнетоэлектрическую.

Рабочая температура $T = 335$ K, ниже T_c , создает условия для возникновения спонтанной поляризации, а это важнейшая особенность сегнетоэлектриков. Когда температура опускается ниже критической,

коэффициент α становится отрицательным, что приводит к появлению устойчивых состояний поляризации, определяемых минимумом свободной энергии.

Анализ гистерезисной петли для BaTiO_3 , смоделированной методом Ландау — Халатникова, показывает основные черты ферроэлектрического поведения. При нулевом внешнем поле материал обладает спонтанной поляризацией около 0.28 Кл/м^2 . Это связано с отрицательным значением коэффициента α , который формирует два устойчивых состояния в двойной потенциальной яме энергии Ландау (рис. 1).

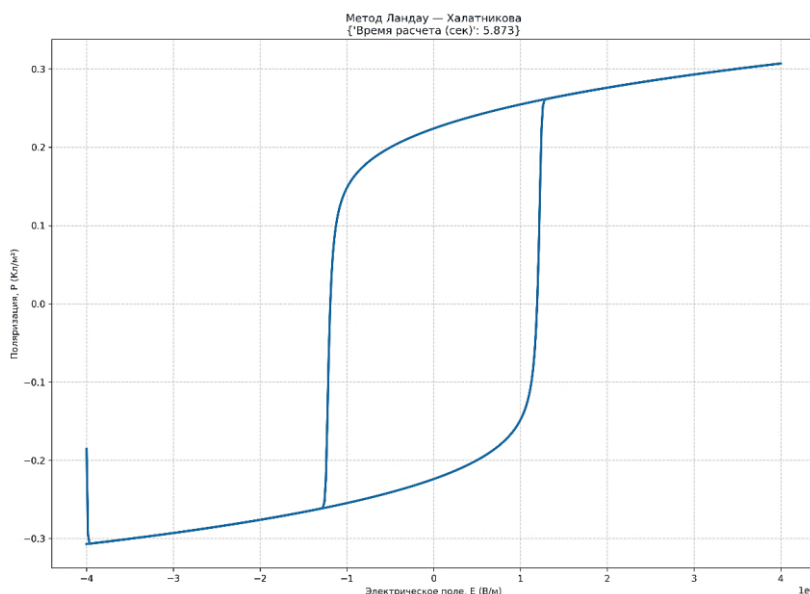


Рис. 1. Результат моделирования петли гистерезиса методом Ландау — Халатникова

Переключение поляризации происходит резко при коэрцитивном поле примерно $1.2 \times 10^6 \text{ В/м}$. Такой переход типичен для фазовых изменений первого рода и определяется балансом линейного и кубического членов энергии. Кубический коэффициент $\beta = 1.5 \times 10^8 \text{ Дж} \cdot \text{м}^5 / \text{Кл}^4$ задает высоту барьера между состояниями, что объясняет резкость переключения.

Симметрия петли обусловлена отсутствием дефектов (плотность дефектов $\rho = 0$). В реальных материалах дефекты могут фиксировать доменные стенки, нарушая симметрию. Максимальная поляризация ($\pm 0.3 \text{ Кл/м}^2$ при поле $\pm 4 \times 10^6 \text{ В/м}$) немного выше насыщения для BaTiO_3 , это может быть связано с ограниченным диапазоном поля.

В отличие от моделей Монте-Карло, где явно учитываются «спиновые конфигурации», или подхода Джилса — Атертона с разделением обратимой и необратимой намагненности, метод Ландау — Халатникова фокусируется на макроскопической динамике параметра порядка. Это делает его менее требовательным к вычислительным ресурсам, но ограничивает применимость для систем с сильными пространственными неоднородностями.

Метод Ландау — Халатникова, несмотря на феноменологическую природу, остается краеугольным камнем в моделировании сегнетоэлектриков. Его реализация в коде демонстрирует, как сочетание термодинамических принципов и численных методов позволяет воспроизводить сложные нелинейные явления. Анализ параметров a , β , γ через интерактивный интерфейс программы открывает возможности для виртуальных экспериментов, предсказывая поведение материалов при вариации состава, температуры и плотности дефектов.

Метод Монте-Карло (МК), в отличие от феноменологического подхода Ландау — Халатникова, опирается на микроскопическое описание сегнетоэлектрика как системы взаимодействующих дипольных моментов. Если модель Ландау работает с усредненной поляризацией P , то метод МК явно учитывает дискретную структуру материала, моделируя переключение отдельных «спинов» (условных элементарных диполей) под действием поля. Это позволяет изучать эффекты, связанные с доменной структурой, термодинамическими флуктуациями и кинетикой процессов перемагничивания [5; 6].

Чтобы понять, как метод Монте-Карло моделирует гистерезис, необходимо начать с микроскопического описания сегнетоэлектрика. Материал представляется как решетка взаимодействующих диполей, где каждый элемент («спин») s_{ij} может находиться в одном из двух состояний: $+1$ (поляризация «вверх») или -1 (поляризация «вниз»).

Полная энергия системы определяется взаимодействием «спинов» между собой и с внешним полем E :

$$H = -J \sum_{\langle i,j \rangle} s_i s_j - E \sum_i s_i. \quad (2)$$

В формуле (2) первое слагаемое ($-J \sum s_i s_j$) описывает ферроэлектрическое взаимодействие. При $J > 0$ соседние «спины» стремятся выровняться (минимизация энергии), что и соответствует сегнетоэлектрическому упорядочению. Второе слагаемое ($-E \sum s_i$) — энергия во внешнем поле. «Спины» же ориентируются вдоль E , снижая энергию системы.

Например, для двух соседних «спинов» $s_1 = +1$, $s_2 = -1$:

$$H = J \cdot (+1)(-1) = -J \text{ (невыгодное состояние),}$$

а уже при $s_1 = s_2 = +1$, что значит:

$$H = J \cdot (+1)(+1) = +J \text{ (выгодное состояние).}$$

По правилу переворота «спинов» при изменении ориентации «спина» $s_{i,j} \rightarrow -s_{i,j}$ энергия системы меняется на:

$$\Delta H = H_{\text{новое}} - H_{\text{старое}}. \quad (3)$$

Подставляя гамильтониан, получаем:

$$\Delta H = -J_{\text{соседи}} \sum (-s_{i,j} - s_{i,j}) \cdot s_{\text{сосед}} - E(-s_{i,j} - s_{i,j}). \quad (4)$$

Когда упростим, то получим:

$$\Delta H = 2s_{i,j}(J \sum_{\text{соседи}} s_{\text{сосед}} + E). \quad (5)$$

Вероятность принятия переворота определяется распределением Больцмана:

$$P_{\text{flip}} = \min(1, e^{-\Delta H/kT}). \quad (6)$$

И система будет понимать, что если $\Delta H < 0$, переворот энергетически выгоден ($P_{\text{flip}} = 1$). А если $\Delta H > 0$, вероятность экспоненциально падает с ростом ΔH и уменьшением kT .

Можем закрепить физический смысл: при $kT \rightarrow 0$ система «замерзает» в локальных минимумах, что соответствует гистерезису. При $kT \gg J$ тепловые флуктуации разрушают порядок (параэлектрическая фаза).

Гистерезисная петля в методе МК формируется следующим образом: внешнее поле E изменяется циклически от $-E_{\text{max}}$ до $+E_{\text{max}}$. На каждом шаге происходит:

- 1) термализация: L^2 попыток переворота «спинов» (один МК-шаг на «спин») обеспечивает релаксацию системы;
- 2) усреднение поляризованности: после установления квазиравновесия вычисляется $M = 1/L^2 \sum s_{i,j}$, что соответствует макроскопической поляризации P .

Гистерезис возникает из-за задержки переключения доменов: при уменьшении E «спины» сохраняют ориентацию до достижения коэрцитивного поля E_c , это отражает необратимые процессы перераспределения доменных стенок.

Следует обратить внимание на остальные параметры метода МК:

- размер решетки L влияет на разрешение доменной структуры, где малые L (< 30) дают артефакты, большие (> 100) требуют значительной вычислительной мощности;
- температура kT контролирует роль флуктуаций, при $kT \ll J$ доминирует гистерезис, при $kT \gg J$ петля сужается (разрушение порядка);

• учет скорости нагрева через $heating_{rate}$ ($J_{eff} = J \times (1 + 0.1 \times (heating_{rate} - 1))$) приближенно моделирует кинетику материалов при нестационарных условиях.

Опишем пример расчета петли гистерезиса методом Монте-Карло при следующих настройках: $L = 50$ (2 500 «спинов»), $J = 1.0$, $E_{max} = 4.0$, $kT = 1.0$. Перед каждым значением поля E выполняется «прогрев» в $2 \times L^2$ флипа, а затем происходит усреднение по $5 \times L^2$ флипам для расчета M .

Переключение поляризации осуществляется резко в узком диапазоне значений электрического поля, что свидетельствует о коллективном, лавинообразном перевороте доменов при достижении коэрцитивного поля $E_c \approx 1.8$ В/м. Система достигает полного насыщения поляризации ($P \approx \pm 1.0$ Кл/м²), а высокая остаточная поляризация при нулевом поле указывает на стабильность упорядоченного сегнетоэлектрического состояния при данной температуре.

Чтобы наглядно продемонстрировать гибкость модели и физическую адекватность программы, мы реализуем еще две серии расчетов, изменив соотношение между упорядочивающим взаимодействием и тепловой энергией. Повысим температуру (разупорядочивание), т.е. увеличим параметр kT с 1.0 до 2.2 (рис. 2(а)), а также понизим температуру (усилим упорядочивание), т.е. уменьшим параметр kT с 1.0 до 0.5 (рис. 2(б)).

Сравнительный анализ результатов моделирования методом Монте-Карло при различных температурах, представленный на рис. 2, наглядно демонстрирует корректность работы программы и ее способность воспроизводить важнейшие физические закономерности сегнетоэлектриков.

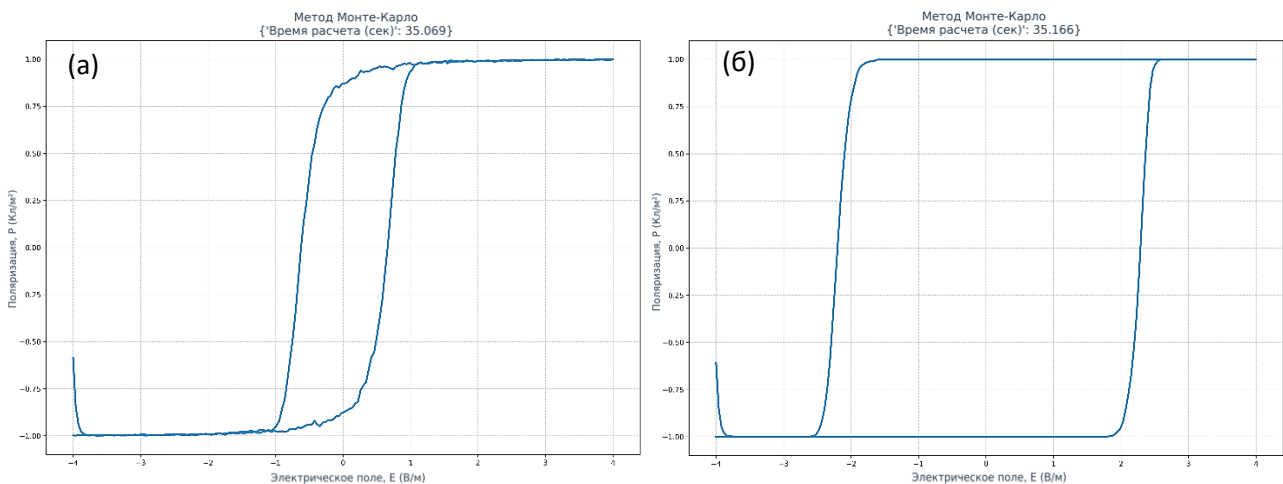


Рис. 2. Моделирование петли гистерезиса методом Монте-Карло при $kT = 2.2$ (а) и при $kT = 0.5$ (б)

При повышении температуры до $kT = 2.2$ (близко к критической точке фазового перехода) замечаем, как петля гистерезиса существенно сужается и скругляется. Коэрцитивное поле и остаточная поляризация уменьшаются, а уровень флуктуаций на графике возрастает. Такое явление отражает физическую картину, в которой тепловая энергия облегчает процесс переполаризации и начинает разрушать дальний порядок в системе.

При понижении температуры до $kT = 0.5$ тепловые флуктуации подавляются, что приводит к формированию почти идеальной прямоугольной петли гистерезиса с резкими вертикальными стенками. Коэрцитивное поле сильно возрастает (до $E_c \approx 2.3$ В/м) по сравнению с исходным расчетом, так как для преодоления усиленного коллективного взаимодействия «спинов» требуется более сильное внешнее поле.

Метод Монте-Карло, в отличие от подхода Ландау — Халатникова, предоставляет «микроскоп» для изучения сегнетоэлектриков, раскрывая роль доменной структуры и термодинамических флуктуаций. Его реализация в программе демонстрирует, как статистическая механика позволяет связать микроскопические взаимодействия (J , kT) с макроскопическими свойствами (коэрцитивное поле, остаточная поляризация). Совместное использование обоих методов в программе создает целостную картину: феноменологическая модель Ландау дает быстрые оценки, а расчеты МК уточняют детали, недоступные в приближении среднего поля. Однако метод требует значительных вычислительных ресурсов ($O(L^2)$) и не подходит для моделирования высокочастотных полей.

Метод Монте-Карло, опирающийся на микроскопические взаимодействия «спинов», эффективно описывает доменную динамику, но требует значительных вычислительных ресурсов. Для задач, где ключевым является макроскопическое поведение поляризации $P(E)$, более удобной представляется феноменологическая модель Джилса — Атертона (JA). Первоначально разработанная для ферромагнетиков, эта модель была адаптирована для сегнетоэлектриков, с учетом их специфики: нелинейной связи P – E , гистерезиса и влияния внутренних полей [7; 8].

В основе модели Джилса — Атертона (JA) находится полная поляризация P как сумма трех компонентов:

$$P = P_{an} + P_{rev} + P_{irr}, \quad (7)$$

где P_{an} — «безгистерезисная» поляризация (анизотермическая),

P_{rev} — обратимая (реверсивная) часть,

P_{irr} — необратимая (неревверсивная) часть.

Безгистерезисная поляризация P_{an} определяется равновесным откликом материала на эффективное поле E_e :

$$E_e = E + \alpha P, P_{an} = P_s \cdot \tanh\left(\frac{E_e}{a}\right), \quad (8)$$

где α — коэффициент взаимодействия,

P_s — поляризация насыщения,

a — параметр формы кривой $P(E)$.

Обратимая поляризация P_{rev} , которая связана с упругим откликом доменов:

$$P_{rev} = c(P_{an} - P_{irr}), \quad (9)$$

где $c \in [0,1]$ — доля обратимого отклика.

Необратимая поляризация P_{irr} описывает необратимые изменения структуры доменов. Ее динамика задается дифференциальным уравнением:

$$\frac{dP_{irr}}{dE} = \frac{1}{k(1-c)} \left[\frac{dP_{an}}{dE} - k \left| \frac{dP_{irr}}{dE} \right| (P_{an} - P_{irr}) \right], \quad (10)$$

где k — параметр, связанный с коэрцитивным полем,

$\delta = \pm 1$ — знак изменяющегося поля (учет направления цикла).

Объединяя (8), (9) и (10), получаем систему уравнений, которая должна была гарантировать корректное описание ширины петли за счет параметра k , и ее постепенное смещение при $\alpha \neq 0$.

$$\begin{cases} P_{an} = P_s \cdot \tanh\left(\frac{E + \alpha P}{a}\right), \\ dP_{irr} = \frac{P_{an} - P_{irr}}{k} \delta dE, \\ P = P_{irr} + c(P_{an} - P_{irr}), \end{cases} \quad (11)$$

где $\delta = \pm 1$ — знак изменяющегося поля (учет направления цикла).

При реализации полной модели JA мы столкнулись с двумя ключевыми сложностями:

1) уравнение для P_{irr} содержит нелинейные члены (например, $|dP_{irr}/dE|$), что приводит к вычислительной неустойчивости при численном интегрировании методом Рунге — Кутты;

2) точность модели критически зависит от подбора α , c , k , a . По причине неверного выбора параметров возникают артефакты: отсутствие гистерезиса или физически некорректные петли.

Например, при $c \rightarrow 1$ обратимая компонента доминирует, и петля гистерезиса исчезает, что противоречит экспериментальным данным для BaTiO₃.

Если бы мы напрямую интегрировали приведенную систему из трех уравнений (11), приходилось бы одновременно отслеживать два неизвестных (P_{irr} и P_{rev}), тщательно контролировать шаги по E и «бороться» с жесткостью уравнений.

Чтобы обойти описанные сложности, предложен упрощенный вариант модели JA, который при этом сохраняет основные физические эффекты.

Исходное выражение:

$$E_e = E + \alpha P_{prev}, P_{an} = P_s \cdot \tanh\left(\frac{E_e}{a}\right), \quad (12)$$

где P_{prev} — поляризация на предыдущем шаге.

Вместо разделения P_{irr} и P_{rev} вводится единое уравнение для приращения поляризации:

$$\frac{dP}{dE} = c \cdot (P_{an} - P_{prev}) + \frac{(P_{an} - P_{prev})}{k}, \quad (13)$$

где первое слагаемое ($c \cdot (P_{an} - P)$) соответствует обратимому отклику, второе слагаемое ($\frac{(P_{an} - P_{prev})}{k}$) описывает необратимые процессы, где k регулирует скорость приближения к P_{an} .

Интегрирование проводили явным методом Эйлера с шагом ΔE , это позволило сделать код проще и быстрее, не потеряв характерную форму петли:

$$P_{new} = P_{prev} + \Delta E \cdot \left[c \cdot (P_{an} - P_{prev}) + \frac{(P_{an} - P_{prev})}{k} \right]. \quad (14)$$

Теперь необходимо выяснить, почему такое упрощение допустимо. Во-первых, параметры P_s , a , α , c , k остаются теми же, что и в полной модели, а их влияние на форму, ширину и асимметрию петли полностью сохраняется. Во-вторых, явная схема Эйлера со встроенным «регулятором» $+1 \times 10^{-6}$ в знаменателе исключает резкий рост при $k \rightarrow 0$ и позволяет не снижать шаг интегрирования. В-третьих, упрощенная однокомпонентная схема демонстрирует практически всю физику гистерезиса: смещение петли с ростом a , изменение площади цикла при варьировании k ($k \rightarrow 0$ — рост коэрцитивного поля (петля расширяется)), а также асимметрию плеч при $c \neq 0.5$ (если же $c \rightarrow 1$, то доминирует обратимый отклик (петля сужается)).

Рассмотрим поведение BaTiO₃ при циклическом изменении внешнего электрического поля E (рис. 3). Параметры модели заданы следующим образом: поляризация насыщения — $P_s = 0.3$ Кл/м², коэффициент взаимодействия — $\alpha = 0.05$, параметр формы — $a = 0.15$, доля обратимого вклада — $c = 0.2$, $T = 300$ и коэрцитивный параметр — $k = 0.1$.

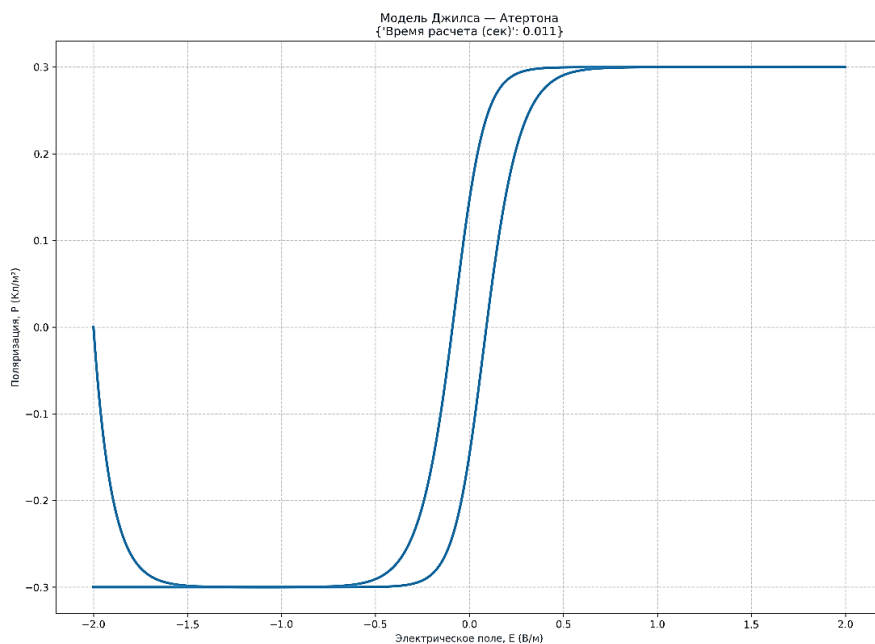


Рис. 3. Результат моделирования петли гистерезиса с помощью модели Джилса — Атертона

График демонстрирует характерное для сегнетоэлектриков поведение при циклическом изменении внешнего электрического поля. Полученная петля симметрична относительно начала координат, что указывает на отсутствие в модели внутреннего поля смещения. Поляризация насыщения достигает значения $\pm 0.3 \text{ Кл/м}^2$, это полностью соответствует заданному параметру модели. Коэрцитивное поле, необходимое для обнуления поляризации, составляет примерно $\pm 0.2 \times 10^6 \text{ В/м}$, а остаточная поляризация при нулевом внешнем поле — около $\pm 0.28 \text{ Кл/м}^2$. Гладкая, скругленная форма петли и плавный характер переключения отражают макроскопическую природу модели, которая эффективно описывает поведение материала для инженерных расчетов.

Несмотря на практическую эффективность упрощенной модели, ее применение допускает ряд компромиссов. Например, исключение нелинейных членов из исходных уравнений (например, $|dP_{irr}/dE|$) лишает модель способности описывать резкие переключения доменов, критичные для материалов с сильной коэрцитивностью. Данное упрощение также игнорирует предысторию цикла, что приводит к одинаковой форме петли при повторных циклах, а это противоречит реальному «старению» сегнетоэлектриков, где гистерезис может сужаться или расширяться со временем. Температурная зависимость, сводящаяся к линейному масштабированию P_s , не учитывает фазовых переходов вблизи точки Кюри, а параметры c и k , будучи константами, не отражают динамической перестройки доменной структуры под нагрузкой. Тем не менее для задач, где критичны скорость и устойчивость расчетов — проектирование конденсаторов или предварительный анализ материалов, эти упрощения оправданы, что позволяет сохранить баланс между физической адекватностью и вычислительной доступностью.

Можем сделать вывод, что, несмотря на некоторую идеализацию, упрощенная схема полностью удовлетворяет целям многометодного сравнения: она демонстрирует корректное смещение петли при изменении α , изменение ширины при варьировании k и изменение насыщения с P_s . Упрощенная модель подходит для инженерных расчетов, где важны скорость и устойчивость, а не точное воспроизведение микроструктуры.

Именно сочетание физической адекватности и программной доступности делает этот вариант JA-реализации оптимальным для интеграции в общий интерфейс программы и виртуальных экспериментов по оптимизации сегнетоэлектриков.

Каждый из рассмотренных методов предоставляет уникальные способы для анализа сегнетоэлектрических свойств. Первый фокусируется на термодинамических закономерностях, описывая систему через уравнения среднего поля, второй акцентируется на микроскопических процессах, моделируя взаимодействия отдельных «спинов», третий предлагает инструменты для быстрого прогнозирования гистерезиса в инженерных приложениях.

В табл. представлен подробный сравнительный анализ рассматриваемых выше методов моделирования сегнетоэлектрических материалов, а также дано сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными [9; 10].

Выбор между методами — это не просто вопрос вычислительных ресурсов, но стратегическое решение, определяющее глубину понимания физических процессов. Способен ли макроскопический подход предсказать влияние наноразмерных дефектов? Может ли микроскопическая модель стать инструментом для промышленных расчетов? Ответы на эти вопросы требуют системного сравнения методов, учитывающего их синергию и принципиальные ограничения.

Исходя из анализа табл. можем сделать вывод, что метод Ландау — Халатникова высокоэффективен для анализа термодинамических свойств и фазовых переходов в однородных системах. Но не способен полностью учитывать домены и дефекты, при использовании уравнения без добавочных членов, что ограничивает применение в исследованиях неоднородных материалов.

Монте-Карло же, напротив, предоставляет уникальную возможность изучать микроструктуру на атомарном уровне, однако требует значительных вычислительных ресурсов, что делает его недостаточно пригодным для масштабных инженерных задач.

Упрощенная модель Джилса — Атертона могла бы стать компромиссом для прикладных расчетов, сочетающим скорость и простоту, тем не менее его прогностическая сила снижается в условиях сильных нелинейностей или критических температур.

Сравнительный анализ методов моделирования

Критерий	Ландау — Халатникова	Монте-Карло	Джилса — Атертона
Физическая основа	Термодинамический потенциал Ландау	Микроскопическая модель Изинга	Феноменологическое разделение Р
Поляризация насыщения (P_s) Экспериментальные данные (тонкие пленки): 0,26 (Кл/м ²)	0,28 (Кл/м ²)	≈0,3 (Кл/м ²)	0,3 (Кл/м ²)
Коэрцитивная сила (E_c) Экспериментальные данные (тонкие пленки): 1,0–3,0 × 10 ⁶ (В/м)	1,2 × 10 ⁶ (В/м)	≈1,5 × 10 ⁶ (В/м)	0,2 × 10 ⁶ (В/м)
Быстрота расчета	Быстрая (5.9 с)	Медленная (35.2 с)	Очень быстрая (0.01 с)
Уровень детализации	Макроскопический (Р)	Атомарный («спины», домены)	Макроскопический (Р)
Температурные эффекты	Линейная Т-зависимость P_s	Прямое моделирование через кТ	Эмпирическое масштабирование P_s
Учет доменов/дефектов	Феноменологический учет	Явный учет	Нет
Динамика	Уравнения релаксации (dP/dt)	Шаги Метрополиса	Квазистатика (dP/dE)
Точность	Высокая для однородных систем	Высокая для неоднородных систем	Средняя (калибровка зависимая)
Гибкость	Ограничена потенциалом Ландау	Высокая (дефекты, градиенты)	Ограничена параметрами с, k
Инструменты	COMSOL, Python	LAMMPS, Python	Python (NumPy), Excel
Задачи	Фазовые переходы, P(T)-анализ	Домены, дефекты, микроструктура	Инженерный расчет
Достоинства	Скорость, термодинамическая интерпретация	Детализация микроструктуры	Практичность, скорость
Недостатки	Игнорирование доменов	Высокие вычислительные затраты	Упрощение нелинейных эффектов

Если предпринять попытку синтезировать эти методы, например, используя машинное обучение для автоматизации калибровки параметров модели Ландау — Халатникова на основе данных Монте-Карло, то можно устранить их некоторые «индивидуальные» недостатки. Нейросети, обученные на микроструктурных паттернах (например, конфигурациях доменов), могут выявлять скрытые связи между атомарными взаимодействиями и макроскопическими параметрами, такими как коэрцитивное поле или поляризация насыщения. Представленная стратегия открывает путь к созданию гибридных моделей, что критически важно для ускорения перехода от отдельных фундаментальных исследований к полноценным промышленным приложениям.

Заключение. В результате проделанной работы нами было создано полноценное графическое приложение для моделирования сегнетоэлектрических гистерезисных петель с использованием языка программирования Python. Его ключевой особенностью является интеграция трех методов в единый графический интерфейс: метод Ландау — Халатникова, метод Монте-Карло и упрощенная модель Джилса — Атертона. Архитектура платформы модульна, где каждый метод реализован в виде независимого класса, что в будущем обеспечит гибкость при добавлении новых алгоритмов или для модификации уже существующих. Для фиксации результатов все расчеты сопровождаются автоматическим протоколированием параметров моделирования. Данная разработка направлена на преодоление ограничений узкоспециализированных инструментов, предлагает исследователям универсальную среду для комплексного изучения сегнетоэлектриков.

Проведенный же анализ методов моделирования сегнетоэлектриков выявил их комплементарность, а метод Ландау — Халатникова показал наивысшую эффективность для моделирования термодинамики однородных сегнетоэлектриков, обеспечив качественное описание фазовых переходов и гистерезиса через уравнения среднего поля, тогда как Монте-Карло раскрыл микроструктурные механизмы гистерезиса, такие как формирование доменов и влияние дефектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лайнс, М. Сегнетоэлектрики и родственные им материалы / М. Лайнс, А. Гласс. — М.: Мир, 1981. — 736 с.
2. Uchino, K. Applied Mathematics in Ferroelectricity and Piezoelectricity / K. Uchino. — [S. l.]: MDPI, 2023. — 632 p.
3. Прохоренко, Н.А. Python 3 и PyQt 5: разработка приложений / Н.А. Прохоренко, В.А. Дронов. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2018. — 832 с.: ил. — (Профессиональное программирование). — ISBN 978-5-9775-3978-4.
4. Song, T.K. Landau — Khalatnikov Simulations for Ferroelectric Switching in Ferroelectric Random Access Memory Application / T.K. Song // J. Korean Phys. Soc. — 2005. — Vol. 46, № 1. — P. 5.
5. Юдин, П.Н. Применение метода Монте-Карло для моделирования диэлектрического отклика сегнетоэлектриков / П.Н. Юдин, М.А. Никольский, С.П. Зубко // Журнал технической физики. — 2003. — Т. 73, вып. 8. — С. 56–61.
6. Максимова, О.Г. Изучение температурного поведения сегнетоэлектриков методом компьютерного моделирования / О.Г. Максимова, А.В. Максимов, В.В. Казаков, П.С. Вахрамеев // Вестник Херсонского национального технического университета. — 2015. — № 1. — С. 138–142.
7. Бадяй, Д.В. Использование модели Джилла — Атертона для определения параметров облученного электронами кристалла ТГС / Д.В. Бадяй, И.Б. Копылова // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. — 2018. — № 81. — С. 34–37.
8. Müller, A. A reformulation of the Jiles-Atherton hysteresis model for ferromagnetic/ferroelectric components / A. Müller // PAMM Proc. Appl. Math. Mech. — 2009. — Vol. 9, iss. 1. — P. 401–402.
9. Ramesh, R. Enabling ultra-low-voltage switching in BaTiO₃ / R. Ramesh, L.W. Martin // Nature Materials. — 2022. — Vol. 21, № 7. — P. 779–785.
10. Ferroelectric properties of BaTiO₃ thin films co-doped with Mn and Nb / D. Phuyal, S. Mukherjee, S. Jana [et al.] // Digitala Vetenskapliga Arkivet. — 2019. — URL: <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1351267> (date of access: 05.05.2025).

REFERENCES

1. Lines M., Glass A. *Segnetoelektriki i rodstvenniye im materialy* [Ferroelectrics and Related Materials], M.: Mir, 1981, 736 p.
2. Uchino, K. Applied Mathematics in Ferroelectricity and Piezoelectricity / K. Uchino. — [S. l.]: MDPI, 2023. — 632 p.
3. Prokhorenok N.A., Dronov V.A. *Python 3 i PyQt 5: razrabotka prilozheni* [Python 3 and PyQt 5: Application Development], St. Petersburg: BHV-Peterburg, 2018, 832 p.: ill. — (Professional programming). — ISBN 978-5-9775-3978-4.
4. Song, T.K. Landau — Khalatnikov Simulations for Ferroelectric Switching in Ferroelectric Random Access Memory Application / T.K. Song // J. Korean Phys. Soc. — 2005. — Vol. 46, № 1. — P. 5.
5. Yudin P.N., Nikolski M.A., Zubko S.P. *Zhurnal tekhnicheskoi fiziki* [Journal of Technical Physics], 2003, 73(8), pp. 56–61.
6. Maksimova O.G., Maksimov A.V., Kazakov V.V., Vakhrameev P.S. *Vestnik Khersonskogo natsionalnogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Kherson National Technical University], 2015, 1, pp. 138–142.
7. Badyai D.V., Kopylova I.B. *Vestnik Amurskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Yestestvenniye i ekonomicheskiye nauki* [Bulletin of Amur State University. Natural and Economic Sciences], 2018, 81, pp. 34–37.
8. Müller, A. A reformulation of the Jiles-Atherton hysteresis model for ferromagnetic/ferroelectric components / A. Müller // PAMM Proc. Appl. Math. Mech. — 2009. — Vol. 9, iss. 1. — P. 401–402.
9. Ramesh, R. Enabling ultra-low-voltage switching in BaTiO₃ / R. Ramesh, L.W. Martin // Nature Materials. — 2022. — Vol. 21, № 7. — P. 779–785.
10. Ferroelectric properties of BaTiO₃ thin films co-doped with Mn and Nb / D. Phuyal, S. Mukherjee, S. Jana [et al.] // Digitala Vetenskapliga Arkivet. — 2019. — URL: <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1351267> (date of access: 05.05.2025).

Поступила в редакцию 14.07.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: sipakovie@vsu.by — Сипаков И.Е.



БІАЛОГІЯ

УДК 595.76(476.5)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗНООБРАЗИЯ И ВИДОВОГО СОСТАВА ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ (*PICEETUM OXALIDOSUM*, *PICEETUM PLEUROSUM*, *PIECETUM MYRTILLOSUM*) В БЕЛОРУССКОМ ПООЗЕРЬЕ

А.А. Лакотко, Г.Г. Сушко

Учреждение образования «Витебский государственный университет
имени П.М. Машерова»

Экосистемы бореальных еловых лесов в Белорусском Поозерье находятся у южной границы, являются крайне неустойчивыми и требуют постоянного мониторинга их состояния. Жужелицы — это удобная модельная группа биоиндикаторов для мониторинга наземных консументов.

Цель работы — оценка основных трендов α - и β -разнообразия ассамблей жужелиц наиболее характерных типов еловых лесов в условиях Белорусского Поозерья.

Материал и методы. Материал собран с использованием почвенных ловушек в еловых лесах (*Piceetum oxalidosum*, *Piceetum pleurosom* и *Piecetum myrtillosum*) в Лиозненском, Витебском, Шумилинском и Шарковщинском районах Витебской области. Для оценки параметров α -разнообразия применены непараметрический дисперсионный анализ, индексы Шеннона и Пielу, а также числа Хилла, для анализа β -разнообразия — тесты ANOSIM, IndVal и ординация NMDS.

Результаты и их обсуждение. Представленные исследования жужелиц трех типов наиболее распространенных в условиях Белорусского Поозерья еловых лесов продемонстрировали относительно невысокие показатели разнообразия и выравненности ассамблей по обилию. Общей чертой всех изученных типов леса является высокое обилие преимущественно лесных мезофильных видов *Carabus hortensis*, *Pterostichus niger* и *Pterostichus melanarius*. Наибольшим обилием жужелиц и специфическим видовым составом отличались ельники кисличные (*Piceetum oxalidosum*), которые в то же время характеризовались наименьшим видовым разнообразием и выравненностью в ряду исследованных биотопов.

Заключение. Так как бореальные еловые леса умеренной зоны представляют собой одни из наиболее уязвимых экосистем, в свете последних климатических изменений требуется регулярный мониторинг их биоразнообразия, включая, в том числе, и консументов. Среди последних высокой индикаторной ролью отличаются жесткокрылые насекомые семейства жужелиц. Выявленные особенности видового состава и показателей разнообразия ассамблей жужелиц наиболее распространенных типов еловых лесов в Белорусском Поозерье могут стать материалом для сравнительного анализа при последующих мониторинговых исследованиях состояния экосистем еловых лесов.

Ключевые слова: биоразнообразие, еловые леса, жужелицы, Белорусское Поозерье.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE DIVERSITY AND SPECIES COMPOSITION OF GROUND BEETLES (COLEOPTERA, CARABIDAE) OF SPRUCE FORESTS (*PICEETUM OXALIDOSUM*, *PICEETUM PLEUROSUM*, *PIECETUM MYRTILLOSUM*) IN BELARUSIAN LAKE DISTRICT

A.A. Lakotko, G.G. Sushko

Education Establishment "Vitebsk State P.M. Masherov University"

The ecosystems of boreal spruce forests in Belarusian Lake District are located at the southern border and are extremely unstable and require constant monitoring of their condition. Ground beetles are a convenient model group of bio-indicators for monitoring terrestrial consumers.

The aim of the work is to assess the main trends of α - and β -diversity of ground beetle assemblages of the most characteristic types of spruce forests in the conditions of Belarusian Lake District.

Material and methods. The material was collected using soil traps in spruce forests (*Piceetum oxalidosum*, *Piceetum pleurosum* and *Piceetum myrtillosum*) in Liozno, Vitebsk, Shumilino and Sharkovshchina Districts of Vitebsk Region. Nonparametric analysis of variance, Shannon and Pielou indices, and Hill numbers were used to estimate the α -diversity parameters. ANOSIM, IndVal tests and NMDS ordination were used to analyze β -diversity.

Findings and their discussion. The presented studies of ground beetles of the three types most common in the conditions of Belarusian Lake District spruce forests demonstrated relatively low diversity and evenness of assemblages. A common feature of all studied forest types is the high abundance of predominantly forest mesophilic species of *Carabus hortensis*, *Pterostichus niger* and *Pterostichus melanarius*. The highest abundance of ground beetles and specific species composition were found in *Piceetum oxalidosum* forests, which, on the other hand, were characterized by the lowest species diversity and evenness in a number of the studied habitats.

Conclusion. Since boreal spruce forests of the temperate zone are one of the most vulnerable ecosystems, due to recent climate changes, regular monitoring of their biodiversity is required, including consumers. Among the latter, ground beetles have a high indicator role. The revealed features of the species composition and diversity metrics of ground beetle assemblages of the most common types of spruce forests in Belarusian Lake District can become material for comparative analysis in subsequent monitoring studies of the ecological state of spruce forest ecosystems.

Key words: biodiversity, spruce forests, ground beetles, Belarusian Lake District.

На территории Республики Беларусь ель европейская (*Picea abies* L.) является одной из основных лесообразующих древесных пород. Леса с ее преобладанием занимают 671,8 тыс. га (9,5% покрытых лесом земель) [1]. *Picea abies* принимает участие в породном составе практически всех, отмеченных в северной и центральной геоботанических подзонах, типах лесов (до 40%) и является важным индикатором их экологического состояния [1]. Всего на территории Беларуси выделено 12 типов еловых лесов, среди которых наиболее распространены ельник кисличный (*Piceetum oxalidosum*) и мшистый (*Piceetum pleurosum*), занимающие более 60% лесного фонда [2].

Вследствие климатических изменений последнего времени и возрастания среднегодовой температуры лесное хозяйство в южных и восточных районах Беларуси сталкивается с проблемой недостаточной почвенной влагообеспеченности (это приводит к ослаблению лесных насаждений и массовому усыханию древостоев), а также их поражения болезнями и вредителями. Предполагается, что в связи со сменой климатических условий границы ареалов пород ели европейской будут смещаться на север [3]. Поэтому изучение биоразнообразия обитателей бореальных хвойных лесов в настоящее время приобретает высокую значимость для мониторинга экологического состояния лесных экосистем температурной зоны.

Одним из удобных объектов мониторинга сообществ консументов наземных экосистем являются жесткокрылые семейства жуки вследствие их высокой биоиндикаторной значимости [4]. В составе комплексов почвенных беспозвоночных животных они занимают особое место, так как их популяции отличаются значительным обилием и видовым разнообразием. Кроме того, их таксономическая структура и экологические особенности в Республике Беларусь изучены достаточно [5; 6]. Однако основные комплексные исследования карабидокомплексов датируются в основном второй половиной прошлого века и началом нынешнего [5–7]. Вследствие современных тенденций изменения климата и антропогенной

трансформации экосистем актуальной является оценка рецентного состояния их видового разнообразия. В связи с этим цель данной работы — оценка основных трендов α - и β -разнообразия ассамблей жуужелиц наиболее характерных типов еловых лесов в условиях Белорусского Поозерья.

Материал и методы. Исследования нами проводились в 2023–2024 годах трех типах еловых лесов — ельников кисличных (*Piceetum oxalidosum*), мшистых (*Piceetum pleurosum*) и черничных (*Piceetum myrtillosum*), имеющих наиболее широкое распространение на территории Белорусского Поозерья. Сбор материала производился в Лиозненском (N 55.120113, E 30.457284), Витебском (N 55.263408, E 30.214733), Шумилинском (N 55.110205, E 29.170777) и Шарковщинском (N 55.312375, E 27.170777) районах Витебской области. Жуужелиц учитывали с помощью почвенных ловушек, в качестве которых взяты пластиковые стаканчики диаметром 72 мм. Жуужков собирали с интервалом 10–14 дней с середины апреля до начала ноября. В качестве фиксатора использовалась 9% уксусная кислота. Единицей учета (выборки) были приняты 3 ловушки, данные с которых в течение сезона исследований объединялись для последующего статистического анализа. Всего в каждом стационаре получено по 30 выборок.

Оценка различий между выборками оценивалась с применением непараметрического дисперсионного анализа (теста Краскела — Уоллиса). Для оценки α -разнообразия использованы индексы Шеннона и Пиелу, а также Числа Хилла (Hill's numbers), графическое отображение которых демонстрирует отличие основных показателей разнообразия. Первое число Хилла (q_0) оценивает видовое богатство и предсказывает его ожидаемое максимально возможное значение с помощью метода экстраполяции. Второе число Хилла (q_1) является экспонентой энтропийного индекса Шеннона (H'). Третье число Хилла (q_2) отражает обратный индекс концентрации Симпсона ($1-D$) (Chao et al. 2014) [8]. Непараметрический тест ANOSIM был применен с целью сравнения видового состава жуужелиц в ельниках с различными эдафическими условиями (β -разнообразие). Для визуализации различий видового состава использовали ординацию — неметрическое многомерное шкалирование (NMDS) с расстоянием Брэя — Кертиса. Степень биотопической приуроченности видов выявлялась с помощью статистической процедуры IndVal (Indicator Value). Значения индекса IndVal могут варьировать от 0 (не является индикаторным видом) до 1 (идеальный индикатор) при статистической значимости $p < 0,05$ [9].

Анализы выполнены с использованием пакетов анализа PAST 4.11 [10] и iNEXT [11].

Авторы выражают глубокую признательность доценту, кандидату биологических наук И.А. Солодовникову (г. Витебск) за ценные советы и помощь в определении материала.

Результаты и их обсуждение. В ходе исследований обработано 4 345 особей жесткокрылых, принадлежащих к 26 видам 13 родов семейства Carabidae. Наибольшее число видов выявлено в ельниках черничных (19), тогда как наименьшее — в ельниках кисличных (14) (рис. 1). При этом значимых различий среднего числа видов в выборках не обнаружено ($\chi^2 = 0,11$, $p = 0,93$). Оценка видового богатства методами разрежения и экстраполяции показала, что кривые, оценивающие видовое богатство (число Хилла q_0), не соответствуют асимптоте. Таким образом, существует вероятность обнаружения других видов. Оценка числа видов по q_0 продемонстрировала, что установлено 98% видового богатства жуужелиц ельника мшистого, следовательно, неучтенными осталось 2% видового богатства. В ельнике кисличном вероятность обнаружения видов составляет 27%, в ельнике черничном — 17% (табл. 1). Это указывает на достаточно высокие выборочные усилия.

Таблица 1

Показатели α -разнообразия ассамблей жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в ельниках мшистых, кисличных и черничных

Параметр биоразнообразия	Ельник мшистый	Ельник кисличный	Ельник черничный	p
Общее число видов	17	14	19	
Среднее число видов в выборках ($\pm$ ст. ошибка)	11 $\pm$ 0.35	11 $\pm$ 0.36	12 $\pm$ 0.64	0.93
Среднее число особей в выборках ($\pm$ ст. ошибка)	120 $\pm$ 9.11	271 $\pm$ 21.63	160 $\pm$ 7.97	<0.001
Среднее значение индекса Шеннона (H') ($\pm$ ст. ошибка)	1.81 $\pm$ 0.03	1.76 $\pm$ 0.01	1.86 $\pm$ 0.04	0.04
Среднее значение индекса Пиелу (J') ($\pm$ ст. ошибка)	0.57 $\pm$ 0.01	0.54 $\pm$ 0.02	0.59 $\pm$ 0.02	0.24

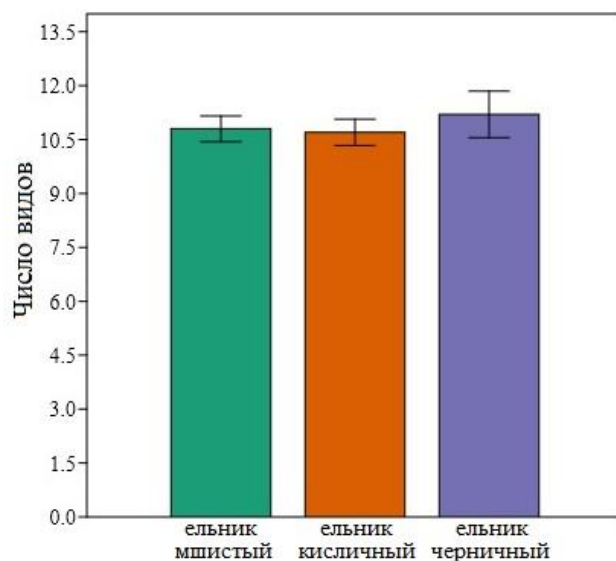


Рис. 1. Видовое богатство ($\pm$ ст. ошибка) (Coleoptera, Carabidae) по выборкам жуужелиц в ельниках мшистых, кисличных и черничных

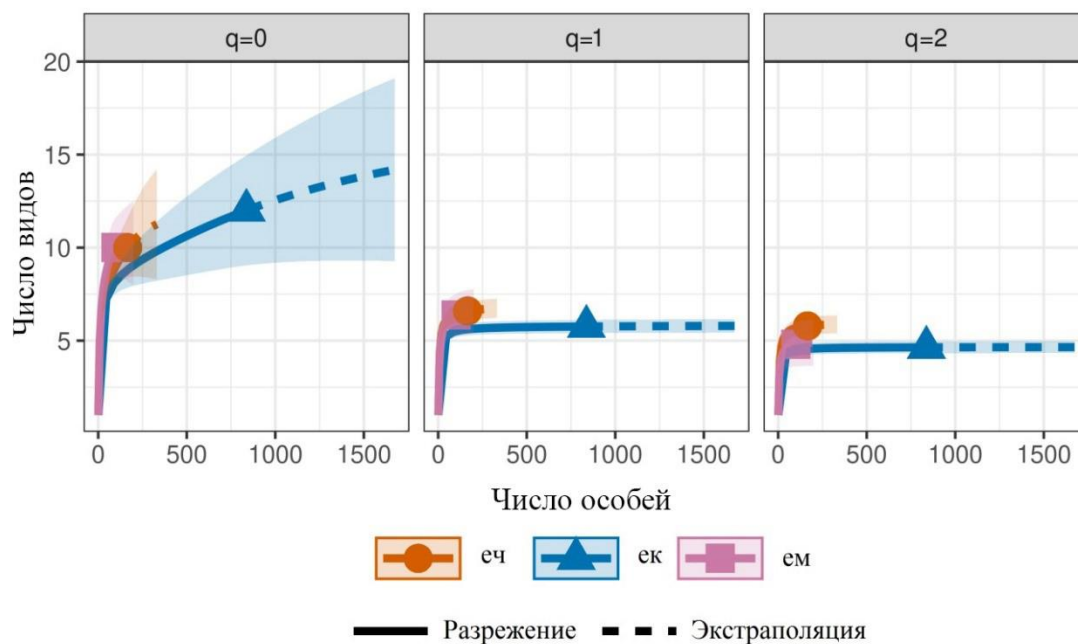


Рис. 2. Кривые разрежения (сплошная линия) и экстраполяции (пунктирная линия) на основе чисел Хилла ассамблей жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в ельниках мшистых (ем), кисличных (ек) и черничных (еч): q_0 — видовое богатство, q_1 — экспоненциальный индекс Шеннона, q_2 — инверсный индекс Симпсона

Число особей в выборках в трех исследованных типах ельников различалось значимо ($\chi^2=21,68$, $p<0.001$) (рис. 3). Наибольшим обилием по числу особей в выборках обладали ельники кисличные, тогда как наименьшим — ельники мшистые (табл. 2).

Видовое разнообразие в исследуемых местообитаниях также различалось значимо ($\chi^2=5,51$, $p=0.04$) (рис. 4). Однако наиболее высоким средним значением индекса Шеннона отличались ельники черничные ($H'=1,86\pm 0,04$), а разнообразие жуужелиц ельников кисличных было наименьшим (табл. 1). Оцененное видовое разнообразие с помощью чисел Хилла продемонстрировало, что кривые, соответствующие экспоненциальному индексу Шеннона и инверсному индексу Симпсона, выходят на плато (рис. 2). Это указывает на то, что выявленное разнообразие жуужелиц согласно q_1 , q_2 в высокой степени соответствует реальному (табл. 2).

Таблица 2

Оценки полноты выборки исследованных ассамблей жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в ельниках мшистых, кисличных и черничных, согласно числам Хилла порядков $q=0, 1$ и 2

Биотоп	Число Хилла		
	$q=0$	$q=1$	$q=2$
Ельник черничный	0.83	0.99	1
Ельник кисличный	0.73	1	1
Ельник мшистый	0.98	0.99	1

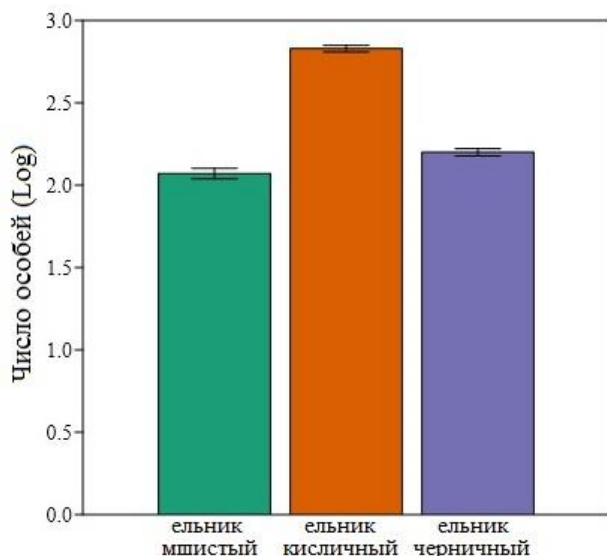


Рис. 3. Число особей ($\pm$ ст. ошибка) (Coleoptera, Carabidae) по выборкам жуужелиц в ельниках мшистых, кисличных и черничных

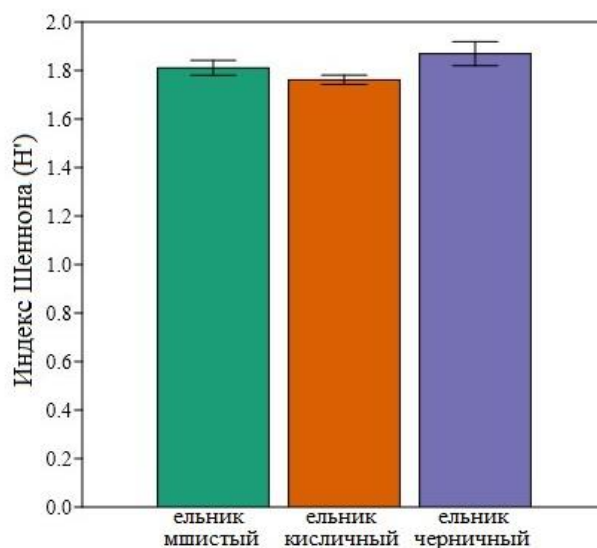


Рис. 4. Видовое разнообразие по показателям индекса Шеннона ($\pm$ ст. ошибка) (Coleoptera, Carabidae) по выборкам жуужелиц в ельниках мшистых, кисличных и черничных

Выравненность видов по обилию характеризовалась средними значениями ($J'=0,54-0,59$) и при этом не различалась значимо ($\chi^2=2,81$, $p=0,24$) между тремя исследованными типами леса (рис. 5). Это обусловлено олигодоминированием в ассамблеях жуужелиц. В частности, в ельнике мшистом высоким относительным обилием отличались 5 видов: *Nebria brevicollis* (29.15%), *Pterostichus niger* (27.81%), *P. melanarius* (17.25%), *P. oblongopunctatus* (8.21%) и *Carabus granulatus* (5.53%). В ельнике кисличном высоким обилием характеризовались также 5 видов, однако состав группы доминантов изменился. В их числе *Carabus hortensis* (23.61%), *Pterostichus niger* (31.28%), *Carabus granulatus* (16.74%), *Pterostichus melanarius* (13.43%) и *Carabus cancellatus* (6.36%). В ельнике черничном, где преобладали *Pterostichus niger* (28.46%), *P. melanarius* (14.86%), *P. oblongopunctatus* (14.73%), *Carabus nemoralis* (14.36%), *Calathus micropterus* (12.11%) и *Carabus hortensis* (10.24%), соотношение видов по относительному обилию тоже изменилось (табл. 3).

Анализ β -разнообразия продемонстрировал высокие значимые различия (ANOSIM; $R=0,93$, $p=0,001$) видового состава жуужелиц в трех типах еловых лесов. Ординация с помощью неметрического многомерного шкалирования подтвердила дифференциацию видового состава (стресс — 0,04) ассамблей жуужелиц в трех типах леса. При этом ассамблеи ельника кисличного в наибольшей степени отличались от остальных (рис. 6).

Тест IndVal выявил виды, в наибольшей степени ассоциированные с определенными типами исследованных еловых лесов. С ельниками мшистыми были наиболее связаны *Cychris caraboides* (IndVal=99,75, $p=0,007$), *Nebria brevicollis* (IndVal=98,61, $p=0,001$). К ельникам кисличным были приурочены *Carabus cancellatus* (IndVal=96,86, $p=0,001$), *Carabus coriaceus* (IndVal=98,54, $p=0,001$), *Carabus granulatus* (IndVal=94,61, $p=0,008$), *Carabus hortensis* (IndVal=87,65, $p=0,001$), *Harpalus laevipes*

(IndVal=76,15, $p=0,001$), *Pterostichus niger* (IndVal=72,07, $p=0,001$), *Pterostichus melanarius* (IndVal=68,32, $p=0,007$). С ельниками черничными в наибольшей степени были ассоциированы *Calathus micropterus* (IndVal=97,98, $p=0,007$), *Carabus granulatus* (IndVal=94,61, $p=0,001$), *Carabus nemoralis* (IndVal=67,25, $p=0,007$), *Pterostichus oblongopunctatus* (IndVal=68,32, $p=0,007$), *Harpalus rufipes* (IndVal=74,67, $p=0,01$), *Leistus terminatus* (IndVal=60,0, $p=0,01$) (рис. 7).

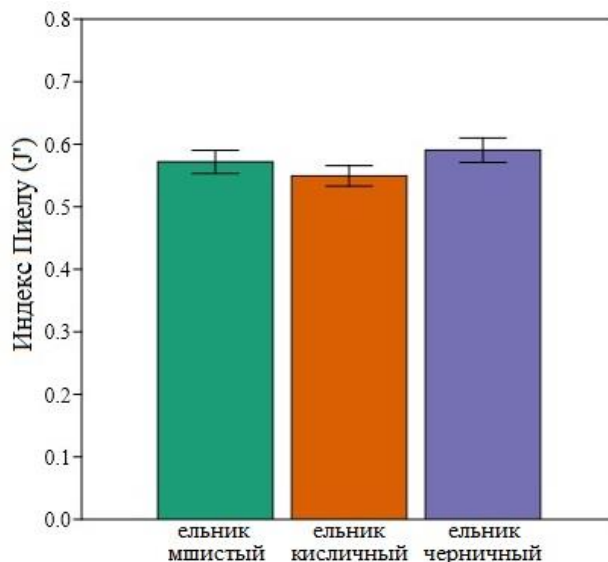


Рис. 5. Выравненность по показателям индекса Пиелу ($\pm$ ст. ошибка) (Coleoptera, Carabidae) по выборкам жуужелиц в ельниках мшистых, кисличных и черничных

Таблица 3

Относительное обилие (%) разнообразия ассамблей жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в ельниках мшистых, кисличных и черничных

Вид	Ельник мшистый	Ельник кисличный	Ельник черничный
<i>Carabus hortensis</i> Linnaeus, 1758	5.03	23.61	10.24
<i>Carabus granulatus</i> Linnaeus, 1758	5.53	16.74	0.25
<i>Carabus coriaceus</i> Linnaeus, 1758	0.17	3.79	0.12
<i>Carabus cancellatus</i> Illiger, 1798	0.84	6.36	0.25
<i>Carabus glabratus</i> Paykull, 1790	0.67	0	1.87
<i>Carabus nemoralis</i> O.F. Müller, 1764	0	1.47	14.36
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824)	0	0	0.12
<i>Cychris caraboides</i> Linnaeus, 1758	2.51	0	0
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (Fabricius, 1787)	8.21	2.63	14.73
<i>Pterostichus niger</i> (Schaller, 1783)	27.81	31.28	28.46
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	17.25	13.43	14.86
<i>Pterostichus antracinus</i> (Illiger, 1798)	0.34	0	0
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer, 1796)	0.50	0.11	0.37
<i>Patrobis atrorufus</i> (Ströem, 1768)	0.34	0	0
<i>Calathus micropterus</i> (Duftschmid, 1812)	0	0.05	12.11
<i>Amara brunnea</i> (Gyllenhal, 1810)	0	0	0.12
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0.12

Окончание табл. 3

<i>Harpalus laevipes</i> Zetterstedt, 1828	0	0.31	0.25
<i>Harpalus rufipes</i> (De Geer, 1774)	0	0.02	0.87
<i>Leistus terminatus</i> (Hellwig, 1793)	0	0	0.62
<i>Stomis pumicatus</i> (Panzer, 1796)	0.17	0	0
<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792)	29.15	0.05	0.12
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius, 1775)	0.50	0	0
<i>Platinus krynicki</i> Sperk, 1835	0.17	0	0
<i>Platinus assimilis</i> (Paykull, 1790)	0.84	0.11	0
<i>Badyster lacertosus</i> Sturm, 1815	0	0	0.12

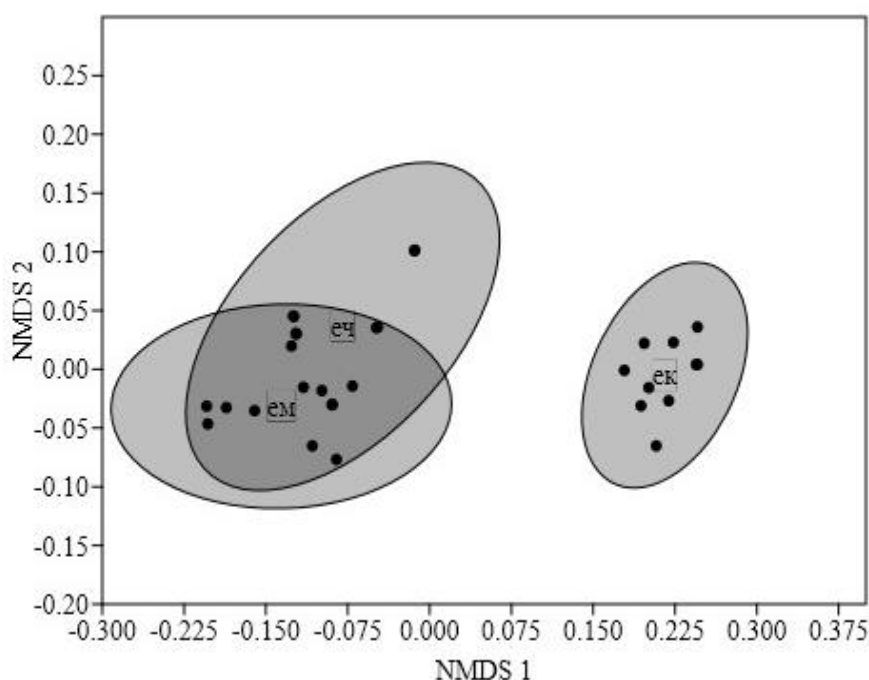


Рис. 6. Диаграмма ординации (NMDS) ассамблей жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) ассамблей жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в ельниках мшистых (ем), кисличных (ек) и черничных (еч)

Представленные исследования жуужелиц трех типов наиболее распространенных в условиях Белорусского Поозерья еловых лесов продемонстрировали относительно невысокие показатели разнообразия и выравниваемости ассамблей по обилию, что в целом характерно как для карабидокомплексов Русской равнины в целом [5], так и для Белорусского Поозерья [6; 7; 12]. Выявленная олигодоминантность с преобладанием нескольких видов с высоким обилием является общим свойством структуры населения жуужелиц лесных сообществ [5].

Предыдущие исследования показали, что основными доминантами еловых лесов являются *Pterostichus oblongopunctatus*, *Calathus micropterus* и *Carabus hortensis* [5]. В то же время различные типы ельников имеют свои особенности структуры карабидокомплексов. В частности, для Белорусского Поозерья как доминанты сосняков кисличных даны *Pterostichus oblongopunctatus* и *Calathus micropterus* [6; 12], которые в наших исследованиях характеризовались меньшим обилием в данных биоценозах. Тогда как вид и *Nebria brevicollis*, указанный ранее в основном для ельников кисличных [5; 6], обнаружен нами в высоком обилии в ельнике мшистом. Ряд видов, характерных для ельников, в данных биотопах нами не обнаружен (*Carabus nitens*, *Bembidion dentellum*, *Pterostichus diligens*, *Harpalus rufipes*) [6].

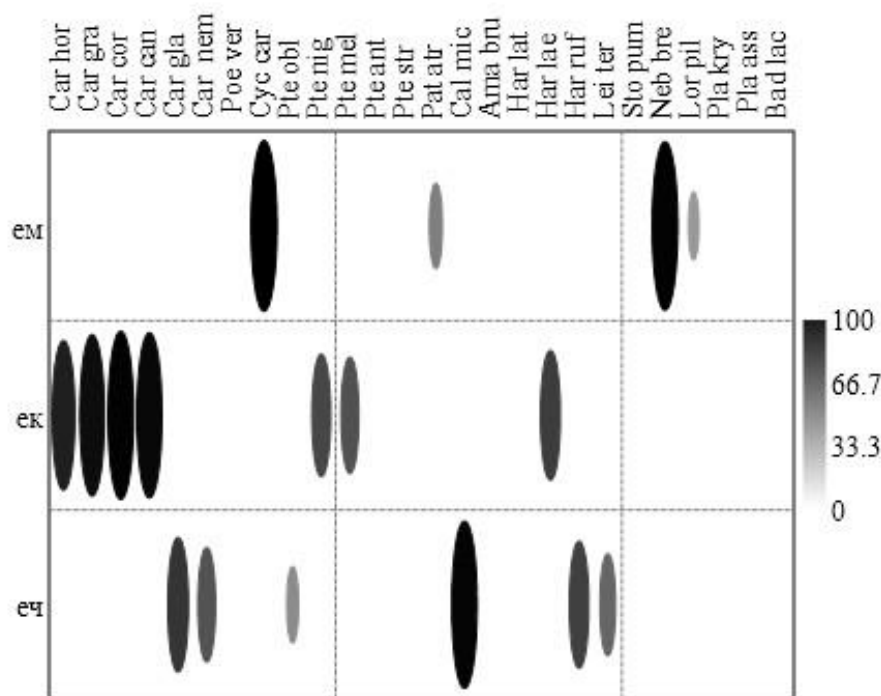


Рис. 7. Анализ индикаторной значимости (IndVal%) видов жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в ельниках мшистых (ем), кисличных (ек) и черничных (еч)

Общей чертой всех исследованных типов леса является высокое обилие преимущественно лесных мезофильных видов *Carabus hortensis*, *Pterostichus niger* и *Pterostichus melanarius*. Следует отметить, что наибольшим обилием жуужелиц и специфическим видовым составом отличались ельники кисличные, которые одновременно характеризовались наименьшим видовым разнообразием и выравненностью в ряду исследованных биотопов. Как продемонстрировали полученные результаты, по сравнению с проведенными в начале нашего столетия рецентные комплексы жуужелиц основных типов еловых лесов сохранили ключевые черты видового разнообразия. В то же время некоторые изменения претерпела структура карабидокомплексов, которые заключаются в дифференциации групп доминантных видов и их обилия.

Заклучение. Так как бореальные еловые леса умеренной зоны представляют собой одни из наиболее уязвимых экосистем, в свете последних климатических изменений требуется регулярный мониторинг их биоразнообразия, включая, в том числе, и консументов. Среди последних высокой индикаторной ролью отличаются жесткокрылые насекомые семейства жуужелиц. Выявленные особенности видового состава и показателей разнообразия ассамблей жуужелиц наиболее распространенных типов еловых лесов в Белорусском Поозерье могут стать материалом для сравнительного анализа при последующих мониторинговых исследованиях состояния экосистем еловых лесов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сарнацкий, В.В. Ельники: формирование, повышение продуктивности и устойчивости в условиях Беларуси / В.В. Сарнацкий. — Минск: Тэхналогія, 2009. — 334 с.
2. Юркевич, И.Д. География, типология и районирование лесной растительности Белоруссии / И.Д. Юркевич, В.С. Гельтман. — Минск: Наука и техника, 1965. — 288 с.
3. Стратегия адаптации лесного хозяйства Беларуси к изменению климата до 2050 года: постановление коллегии Министерства лесного хозяйства Респ. Беларусь от 5 дек. 2019 г. — 11 с. — URL: <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/2-Minlesxoz-Strategija-adaptatsii-l-x.pdf> (дата обращения: 01.03.2025).
4. Rainio, J. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators / J. Rainio, J. Niemelä // Biodiversity and Conservation. — 2003. — Vol. 12. — P. 487–506.
5. Александрович, О.Р. Жуужелицы (Coleoptera, Carabidae) запада лесной зоны Русской равнины. Фауна, зоогеография, экология, фауногенез / О.Р. Александрович. — Saarbrücken, Deutschland: LAMBERT Academic Publishing, 2014. — 462 с.
6. Солодовников, И.А. Жуужелицы (Coleoptera, Carabidae) Белорусского Поозерья. С каталогом видов жуужелиц Беларуси и сопредельных государств: монография / И.А. Солодовников. — Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2008. — 325 с.

7. Кузьмич, В.А. Сообщества жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в различных типах еловых лесов в Беларуси / В.А. Кузьмич, И.А. Солодовников // Ученые записки УО «ВГУ имени П.М. Машерова». — 2007. — Т. 6. — С. 287–299.
8. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies / A. Chao, N.J. Gotelli, T.C. Hsieh [et al.] // Ecological Monographs. — 2014. — Vol. 84, № 1. — P. 45–67.
9. McCune, B. Analysis of ecological communities / B. McCune, J.B. Grace // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. — 2002. — Vol. 289, № 2. — 98 p.
10. Hammer, Ø. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis / Ø. Hammer, D.A.T. Harper, P.D. Ryan // Palaeontologia Electronica. — 2001. — P. 4–9.
11. Anne Chao's Website // iNEXT software. — 2020. — URL: <http://www.chao.shinyapps.io/iNEXT> (date of access: 21.02.2025).
12. Кузьмич, В.А. Видовой состав и структура доминирования жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в ельниках зеленомошных Белорусского Поозерья / В.А. Кузьмич, И.А. Солодовников // Сборник трудов молодых ученых Национальной академии наук Беларуси: в 2 т. — Минск, 2003. — Т. 2. — С. 213–216.

REFERENCES

1. Sarnatski V.V. *Yelniki: formirovaniye, povysheniye produktivnosti i ustoychivosti v usloviyakh Belarusi* [Spruce forests: Shaping, Productivity and Sustainability Increase in the Conditions of Belarus], Minsk: Tekhnalogiya, 2009, 334 p.
2. Yurkevich I.D., Geltman V.S. *Geografiya, tipologiya i rayonirovaniye lesnoi rastitelnosti Belorussii* [Geography, Typology and Local Adjustment of Forest Plants of Belarus], Minsk: Nauka i tekhnika, 1965, 288 p.
3. *Strategiya adaptatsii lesnogo khoziaistva Belarusi k izmeneniyu klimata do 2050 goda: postanovleniye kollegii Ministerstva lesnogo khoziaistva Resp. Belarus ot 5 dek. 2019 goda* [Strategy of Forest Economy Adaptation in Belarus to Climate Change up to 2050: Ministry of Forest Economy Collegium of the Republic of Belarus Decree of December 5, 2019], 11 p. — URL: <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/2-Minlesxoz-Strategiya-adaptatsii-l-x.pdf> (date of access: 01.03.2025).
4. Rainio, J. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators / J. Rainio, J. Niemelä // Biodiversity and Conservation. — 2003. — Vol. 12. — P. 487–506.
5. Aleksandrovich O.R. *Zhuzhelitsy (Coleoptera, Carabidae) zapada lesnoi zony Russkoi ravniny. Fauna, zoogeografiya, ekologiya, faunogenez* [Ground Beetles (Coleoptera, Carabidae) of the West of the Forest Zone of the Russian Plain. Fauna, Zoogeography, Ecology, Faunogenesis], Saarbrücken, Deutschland: LAMBERT Academic Publishing, 2014. — 462 c.
6. Solodovnikov I.A. *Zhuzhelitsy (Coleoptera, Carabidae) Belorusskogo Poozeriya. S katalogom vidov zhuzhelits Belarusi i sopredelnykh gosudarstv: monografiya* [Ground Beetles (Coleoptera, Carabidae) of Belarusian Lake District. With the Catalogue of Ground Beetles Species of Belarus and Border Countries: Monograph], Vitebsk: VGU imeni P.M. Masherova, 2008, 325 p.
7. Kuzmich V.A., Solodovnikov I.A. *Ucheniye zapiski UO "VGU im. P.M. Masherova"* [Scientific Notes of Vitebsk State P.M. Masherov University], 2007, 6, pp. 287–299.
8. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies / A. Chao, N.J. Gotelli, T.C. Hsieh [et al.] // Ecological Monographs. — 2014. — Vol. 84, № 1. — P. 45–67.
9. McCune, B. Analysis of ecological communities / B. McCune, J.B. Grace // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. — 2002. — Vol. 289, № 2. — 98 p.
10. Hammer, Ø. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis / Ø. Hammer, D.A.T. Harper, P.D. Ryan // Palaeontologia Electronica. — 2001. — P. 4–9.
11. Anne Chao's Website // iNEXT software. — 2020. — URL: <http://www.chao.shinyapps.io/iNEXT> (date of access: 21.02.2025).
12. Kuzmich V.A., Solodovnikov I.A. *Sbornik trudov molodykh uchenykh Natsionalnoi akademii nauk Belarusi: v 2 t.* [A Collection of Works by Young Scholars of the National Academy of Sciences of Belarus: in 2 Volumes], Minsk, 2003, 2, pp. 213–216.

Поступила в редакцию 22.04.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: anatoly.lakotko@yandex.by — Лакотко А.А.

О НАХОДКАХ НАЗЕМНЫХ МОЛЛЮСКОВ *PUPOIDES CAENOPICTUS* (HUTTON, 1834) И *CASPIOPHAEDUSA PERLUCENS* (BOETTGER, 1877) (GASTROPODA: PULMONATA) НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

И.А. Солодовников, В.М. Коцур

Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»

Мониторинг фауны представляет важную составляющую в зоологических исследованиях. Это позволяет дополнить региональные списки ранее не обнаруженными аборигенными таксонами и зафиксировать появление новых чужеродных видов. Значительная часть фаунистических сводок и списков приводится только для административных единиц, вне привязки к природным регионам. Поэтому вопрос наличия или отсутствия того или иного таксона в административной единице играет большую роль как в формировании региональных списков, так и в природоохранных мероприятиях.

Цель работы — уточнение видового состава наземных моллюсков Российской Федерации.

Материал и методы. Основой послужили собственные сборы авторов на территории Республики Дагестан и обнаруженные в Краснодарском крае Российской Федерации особи моллюсков, переданные на обработку Г.В. Чебанным (г. Краснодар). Материал хранится в коллекциях первого и второго авторов.

Особи *P. caenopictus* и сопутствующих видов собирались вручную. Для изучения строения раковин использовали бинокулярный микроскоп МСП-1.

Результаты и их обсуждение. Представлены сведения о первой находке на территории России чужеродного наземного моллюска *Pupoides caenopictus* (Hutton, 1834). Также приведены данные по обнаружению на территории Республики Дагестан вида *Caspiophaedusa perlucens* (Boettger, 1877) и сделан анализ его предшествующих указаний для фауны Российской Федерации.

Заключение. В результате исследований выявлен новый для территории Российской Федерации *Pupoides caenopictus*. Также описаны обстоятельства обнаружения живых особей *Caspiophaedusa perlucens* в Самурском лесу на территории Республики Дагестан.

Ключевые слова: Pulmonata, *Pupoides caenopictus*, *Caspiophaedusa perlucens*, Российская Федерация, чужеродные виды, новые находки.

THE FINDINGS OF TERRESTRIAL MOLLUSKS *PUPOIDES CAENOPICTUS* (HUTTON, 1834) AND *CASPIOPHAEDUSA PERLUCENS* (BOETTGER, 1877) (GASTROPODA: PULMONATA) IN RUSSIA

I.A. Solodovnikov, V.M. Kotsur

Education Establishment "Vitebsk State P.M. Masherov University"

Fauna monitoring is an important component in zoological researches. Such studies allow both to supplement regional lists with previously undetected native taxa and to record the appearance of new alien species. A significant part of the faunal summaries and lists is given only for administrative units, without reference to natural regions. Therefore, the question of the presence or absence of a particular taxon in an administrative unit is important both for the formation of regional lists and for nature conservation measures.

The aim of the work is to clarify the species composition of terrestrial mollusks in the Russian Federation.

Material and methods. The material for the work was the authors' collections in the territory of the Republic of Dagestan and materials on Krasnodar Territory of the Russian Federation, transferred for processing to G.V. Chebanny (Krasnodar). The material is stored in the collections of the first and second authors.

P. caenopictus and accompanying species specimens were collected by hand. The structure of shells was studied with binocular microscope MSP-1.

Findings and their discussion. Information on the first find of the alien terrestrial mollusk *Pupoides caenopictus* (Hutton, 1834) in Russia is given. Data on the discovery of the species of *Caspiophaedusa perlucens* (Boettger, 1877) in the Republic of Dagestan are also provided; an analysis of its previous indications for the fauna of the Russian Federation is presented.

Conclusion. As a result of the research, the authors identified a new species for the territory of the Russian Federation, *Pupoides caenopictus*. Besides, the circumstances of the discovery of living individuals of *Caspiophaedusa perlucens* in the Samur Forest in the Republic of Dagestan are described.

Key words: Pulmonata, *Pupoides caenopictus*, *Caspiophaedusa perlucens*, the Russian Federation, alien species, new findings.

Мониторинг фауны — важная составляющая в региональных зоологических исследованиях. Развитие транспорта и грузоперевозок стало мощным фактором, влияющим на распространение многих видов беспозвоночных. В полной мере это касается и наземных моллюсков. Несмотря на маломобильность, эти животные благодаря способности входить в диапаузу и прикрепляться к различным предметам преодолевают значительные расстояния и формируют новую популяцию вдалеке от основного ареала. Наряду с этим актуальной представляется работа по уточнению ареалов видов, обитающих на сопредельных с Российской Федерацией регионах и, возможно, заходящих на ее территорию. Популяции видов наземных моллюсков на границе ареала, как правило, более чувствительны к внешним воздействиям по сравнению с популяциями, обитающими в центральных областях распространения. Несмотря на то, что географическое распространение видов наземных моллюсков описывается в рамках физико-географических и биогеографических региональных подразделений, значительная часть фаунистических сводок и списков приводится для административных единиц, вне привязки к природным регионам. Подобные исследования позволяют дополнить региональные списки ранее не обнаруженными аборигенными таксонами и зафиксировать появление новых чужеродных видов. В связи с этим определение границ ареала того или иного вида помимо получения фундаментальных данных имеет и прикладной аспект для оптимизации сети особо охраняемых природных территорий и природоохранных мероприятий, проводимых в регионе, а также своевременного обнаружения и контроля чужеродных видов, проникающих на ту или иную административную территорию. Цель работы — уточнение видового состава наземных моллюсков Российской Федерации.

Примерами таких видов являются *Pupoides caenopictus* (Hutton, 1834) и *Caspiophaedusa perlucens* (Boettger, 1877). Вид *P. caenopictus* чужеродный и впервые указывается для фауны России. История указаний вида *C. perlucens* для территории России достаточно сложная и будет обсуждена ниже.

Материал и методы. В данной работе использовались собственные сборы первого автора и материалы, переданные на обработку Г.В. Чебанным (г. Краснодар). Материал хранится в сухом виде в коллекциях первого и второго авторов.

Особи *P. caenopictus* и сопутствующих видов собирались вручную с газона и из швов между плитками на дорожках на территории складской зоны промышленного предприятия. Особи *C. perlucens* были обнаружены при разборе трухлявой мацерированной древесины грецкого ореха и ее просевом через геологическое сито с последующим поуровневым разбором.

Для изучения строения раковин использовали бинокулярный микроскоп МСП-1. Фотосъемка производилась на белом фоне при помощи фотоаппарата Canon EOS 60D с объективом Canon EF-S 60 mm f/2.8 USM macrolens первым автором. Исходные изображения обрабатывались в программах ZereneStacker, версия 1.04 Build T2021-02-16-2045 и AdobePhotoshop CS5 2012, версия 12.0.3.x64.

Для морфометрической характеристики раковины моллюсков были измерены общепринятые показатели: высота раковины максимальная, ширина раковины максимальная, высота устья, ширина устья [1].

Результаты и их обсуждение.

Pupoides caenopictus (Hutton, 1834)

Материал: Российская Федерация, Краснодарский край, западная окраина г. Краснодара, ул. Западный обход, территория завода, ул. проезд Мирный, 16, швы между плитками дорожки у газона, $h = 27$ м, 45.071362° N, 38.894343° E, 20.07.2020, leg. Г.В. Чебанный, 25 экз. (рис., А–С).

Ареал вида *P. caenopictus* занимает широкую полосу от юго-западной Азии (полуостров Индостан) до северо-восточной Африки [2; 3]. Находки вида зарегистрированы в Афганистане и Пакистане [4], Израиле [5], Саудовской Аравии, Омане, Эритрее, Джибути, Судане [6], Йемене, Египте, Алжире, Марокко, Сенегале, Кабо-Верде и Кении [3], а также в Анголе [9].

Единственным локалитетом *P. caenopictus* в пределах стран бывшего Советского Союза являются наносы реки Вахш в заповеднике «Тигровая балка» (юг Таджикистана) [2; 8–10]. В пределах своего естественного ареала *P. caenopictus* преимущественно приурочен к горным местностям на высотах от 250 м в Алжире и до 4000 м на плато Эфиопии [3]. В горной местности *P. caenopictus* обитает на известняковых скалах и под камнями. Раковины моллюсков при этом зачастую покрыты слоем грязи подобно *Rupestrella rhodia*. В то же время *P. caenopictus* отмечен и на равнинных участках (окрестности Каира). В Индии вид обнаружен на глинобитных стенах домов и под черепицей [3].

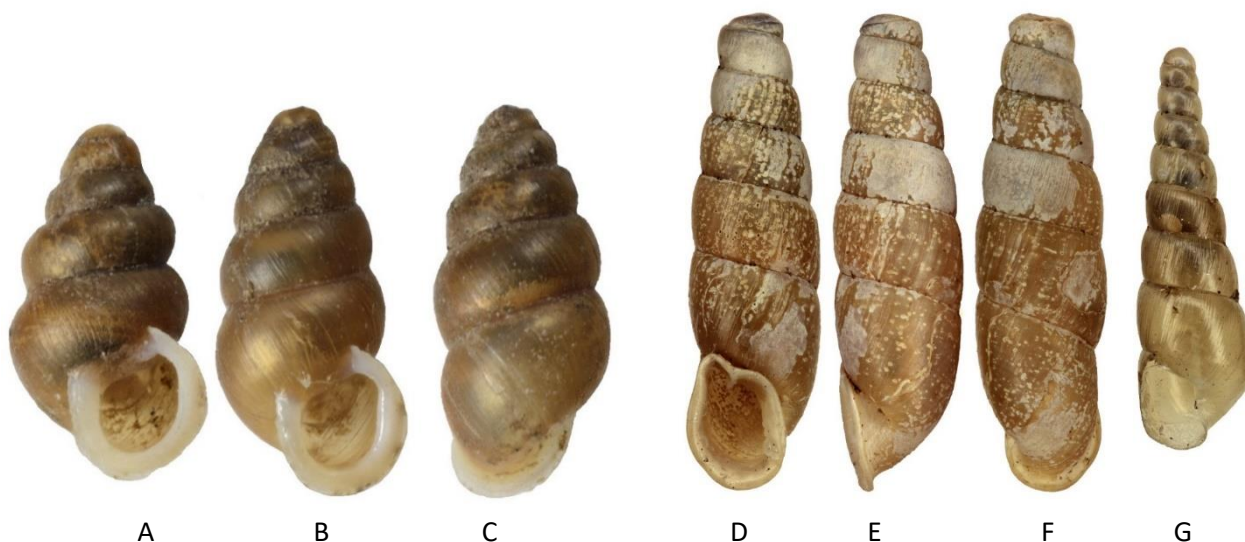


Рис. Внешний вид раковины моллюсков. А–С. *Pupoides caenopictus* (Hutton, 1834) (г. Краснодар, Краснодарский край, Российская Федерация); D–G. *Caspiophaedusa perlucens* (Boettger, 1877) (Самурский лес, Дагестан, Российская Федерация)

Морфометрические показатели изученных взрослых экземпляров ($n = 16$): высота раковины — 3,87–4,43 (среднее $4,13 \pm 0,126$) мм, ширина раковины наибольшая — 1,77–1,93 (среднее $1,86 \pm 0,033$) мм, высота устья — 1,47–1,67 (среднее $1,58 \pm 0,049$) мм, ширина устья — 1,27–1,43 (среднее $1,38 \pm 0,039$) мм.

Особи нового чужеродного для фауны России вида обитали на газоне и в стыках бетонных плит дороги, идущей по периметру здания. Повторное исследование территории в 2022–2023 годах также выявило присутствие живых особей *P. caenopictus*, что свидетельствует об успешной перезимовке. На конец октября 2023 года на газоне обнаруживались единичные особи. Совместно с легочным моллюском *P. caenopictus* также были собраны многочисленные экземпляры *Vallonia pulchella*.

Популяция чужеродного вида *P. caenopictus* сформировалась в пределах складской зоны предприятия, используемой, среди прочего, для складирования контейнеров и партий материалов, импортированных из других государств. Данные объекты и послужили, судя по всему, источниками завоза *P. caenopictus*. Ксерофитный и петрофильный характер естественных местообитаний *P. caenopictus* определяет такие особенности моллюска, как способность прикрепляться к предметам эпифрагмой и возможность впадать в длительную диапаузу. Эти свойства облегчают расселение моллюска с различными предметами в условиях современного товарооборота.

***Caspiophaedusa perlucens* (Boettger, 1877)**

Материал: Россия, Южный Дагестан, Магарамкентский район, с. Приморское, государственный природный заказник федерального значения «Самурский», в трухлявой древесине грецкого ореха (*Juglans regia*), $h = -12$ м, 41.853545° N, 48.565854° E, 02.08.2022, leg. И.А., А.И., С.В. Солодовниковы, О.И. Данилова, 1 взрослый моллюск и 2 ювенильных (рис., D–G).

В 2022 г. на юге Республики Дагестан первым автором в лежащем трухлявом стволе ореха (*Juglans* sp.) были собраны 1 взрослая деколлированная и 2 ювенильные живые особи *C. perlucens* с сохранившимися вершинами раковин. Государственный природный заказник федерального значения «Самурский» располагается в дельте реки Самур. Площадь заказника, находящегося на территории

Магарамкентского (9,3 тыс. га) и Дербентского (1,9 тыс. га) районов, 11,2 тыс. га. Лесные массивы заказника «Самурский» продолжают далее и на территории Азербайджана. Основная часть заказника представляет собой широколиственные лиановые леса из тополя, ольхи, дуба и граба, рассеченных рукавами р. Самур. Часть лесных массивов является искусственными насаждениями грецкого ореха, гледичии, робинии, яблони, граната и других пород [11]. Именно в древесине грецкого ореха в подобном насаждении и были обнаружены особи *C. perlucens*.

Ареал данного вида согласно работе A.V. Sysoev и A.A. Schileyko [12] включает Талыш, южные склоны Большого Кавказа от Лагодехи до Худаты, северный и северо-восточные части Малого Кавказа и Зангезура, а также иранскую провинцию Гилан, где обитает отдельный подвид *C. perlucens gilanensis* Nordsieck, 1978 [13].

Первое указание исследуемого вида для территории России приведено И.М. Лихаревым [1] в Фауне СССР, посвященной семейству Clausiliidae, где отмечено: «Две раковины данного вида найдены А.А. Стекловым в четвертичных суглинках двухметровой террасы р. Ярык-Су (Дагестан)» [1, т. 3, с. 129]. В перечислении областей распространения («лесные области Талыша и северного Ирана, южных склонов Большого Кавказа от Лагодехи на западе и до Худата на востоке; лесные области северных и северо-восточных отрогов Малого Кавказа; леса Зангезура» [3, т. 3, с. 128–129]) также нет указаний на территорию Российской Федерации. В то же время на карте распространения *C. perlucens* на ряде участков заштрихованный ареал вида немного захватывает левый берег р. Самур в среднем и нижнем течении, относящийся к территории РФ [1, т. 3, с. 126].

Примечательно, что в более раннем определителе наземных моллюсков фауны СССР И.М. Лихарев и Е.С. Раммельмейр [14] в качестве ареала данного вида указали Восточную Грузию, Западный Азербайджан и Талыш.

В многотомном издании, посвященном наземным легочным моллюскам мира, при характеристике распространения монотипного рода *Caspiophaedusa* А.А. Шилейко дана территория Дагестана [15, т. 5, с. 589]. К сожалению, не очевидно, относится ли это указание к найденным А.А. Стекловым особям из четвертичных отложений и приведенным И.М. Лихаревым или каким-либо другим новым локалитетам.

Ареал вида в Каталоге моллюсков России и сопредельных стран [16, с. 255] и в работе [12, с. 87] аналогичен приведенному И.М. Лихаревым [1] в 3 томе «Фауны СССР» по сем. Clausiliidae.

В целом аналогичный ареал для *C. perlucens* указан на сайте Caucasian molluscan database (2021) [17]. На карте распространения *C. perlucens* на данном интернет-ресурсе точки сборов вида расположены в пределах территории Грузии, Армении и Азербайджана, но сплошная заливка ареала, как и на карте, приведенной в [1], захватывает небольшие участки российской территории по левому и правому берегу р. Самур. На этот же интернет-ресурс ссылаются А. Sulikowska-Drozdz, L. Mumladze [18].

Морфометрические показатели изученного взрослого экземпляра *C. perlucens*: высота раковины — 12,08 мм, ширина раковины — 3,35 мм, высота устья — 3,35 мм, ширина устья — 2,51 мм.

Все вышеизложенное позволяет предположить, что обсуждаемая находка *C. perlucens* на территории государственного природного заказника федерального значения «Самурский» является первым достоверным указанием обнаружения живых экземпляров данного вида для территории России.

Заключение. В результате исследований авторами был выявлен новый для территории Российской Федерации вид наземного моллюска — *Pupoides caenopictus*. Также описаны обстоятельства обнаружения живых особей *Caspiophaedusa perlucens* в Самурском лесу на территории Республики Дагестан.

*Особую благодарность выражаем Г.В. Чебанному (Россия, г. Краснодар) за помощь в получении оригинального материала по *Pupoides caenopictus* и комментарии по современному состоянию популяций, А.И. Солодовниковой, С.В. Солодовниковой и О.И. Даниловой (Республика Беларусь, г. Витебск) за помощь в сборе малакологического материала в Самурском лесу, а также Dr. Miklos Szekeres (Hungarian Natural History Museum, Budapest) за подтверждение определения экземпляров *Caspiophaedusa perlucens*.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Лихарев, И.М. Моллюски клаузилиды. Фауна СССР. Моллюски. Новая серия, № 83 / И.М. Лихарев. — М.; Л., 1962. — Т. 3, вып. 4. — 317 с.
2. Шилейко, А.А. Наземные моллюски подотряда Pupillina фауны СССР (Gastropoda, Pulmonata, Geophila). Фауна СССР / А.А. Шилейко. — М.; Л., 1984. — Т. 130. — 399 с.

3. Seddon, M.B. The distribution of *Pupoides coenopictus* (Hutton, 1834) in N.W. Africa (Gastropoda: Pupillidae) / M.B. Seddon // Journal of Conchology. — 1992. — Т. 34. — P. 149–158.
4. Iqbal, F. Rediscovery and Redescription of Snail *Pupoides karachiensis* Peile, 1929 (Gastropoda: Pupillidae) with Notes on *P. coenopictus* (Hutton, 1834) from the Karachi Tidal Marsh / F. Iqbal, K. Auffenberg, S. Khanam, J. Mustaqim // Tropical Natural History. — 2023. — Vol. 23, № 1. — P. 52–55.
5. Mienis, H.K. *Pupoides coenopictus* (Hutton, 1834) in Israel / H.K. Mienis // Basteria. — 1974. — Vol. 38, № 5/6. — P. 99–100.
6. Neubert, E. Annotated checklist of the terrestrial and freshwater molluscs of the Arabian Peninsula with descriptions of new species / E. Neubert // Fauna of Arabia. — 1998. — Vol. 17. — P. 333–461.
7. Ali, R.F. First land snail records from Gebel Elba in southeastern Egypt at the border between the Palaearctic and Ethiopian regions / R.F. Ali, B. Hausdorf // Check List. — 2017. — Vol. 13, № 1. — P. 1–3.
8. Groh, K. Bibliography of the land and freshwater molluscs of the Cape Verde Islands, with a historical synopsis of malacological exploration in the archipelago and an annotated check-list / K. Groh // Zoologia Caboverdiana. — 2012. — Vol. 3, № 1. — P. 37–51.
9. Discover life Available. — URL: <https://www.discoverlife.org/mp/20q?search=Pupoides+caenopictus> (date of access: 20.05.2024).
10. Иззатуллаев, З.И. Тропический моллюск *Pupoides coenopictus* Hutton в СССР / З.И. Иззатуллаев // Известия отделения биологических наук АН Таджикской ССР. — 1970. — № 3(40). — С. 82–83.
11. Самурский заказник. — URL: <https://xn--80aagcdegn8dj.xn--p1ai/%D1%81%D0%B0%D0%BC%D1%83%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%B7%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D0%BA/> (date of access: 02.03.2025).
12. Sysoev, A.V. Land Snails of Russia and Adjacent Countries / A.V. Sysoev, A.A. Schileyko. — Pensoft, Sofia & Moscow, 2009. — Pp. 312 + 142 Colour plates.
13. Nordsieck, H. Zur Anatomie und Systematik der Clausilien, XX. Die rezenten Arten der Serrulininae und der Gattung Caspiophaedusa / H. Nordsieck // Archiv für Molluskenkunde. — 1978. — Vol. 109, № 1/3. — P. 91–101.
14. Лихарев, И.М. Наземные моллюски фауны СССР. Определитель по фауне СССР / И.М. Лихарев, Е.С. Раммельмейр. — М.; Л., 1952. — Т. 43. — 511 с.
15. Schileyko, A.A. Treatise on Recent Terrestrial Pulmonate Molluscs. Part 5: Clausiliidae / A.A. Schileyko // Ruthenica. — 2000. — Suppl. 2. — P. 565–729.
16. Кантор, Ю.И. Каталог моллюсков России и сопредельных стран / Ю.И. Кантор, А.В. Сысоев. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. — 627 с.
17. Caucasian molluscan database. — URL: <http://www.caucasus-snails.uni-hamburg.de> (date of access: 06.07.2021).
18. Sulikowska-Drozdz, A. Life histories of three Serrulinini species (Stylommatophora: Clausiliidae) from Georgia kept under laboratory conditions / A. Sulikowska-Drozdz, L. Mumladze // Folia Malacologica. — 2021. — Vol. 29, № 3. — P. 137–146.

REFERENCES

1. Likharev I.M. *Molluski klauziliidy. Fauna SSSR. Molluski. Novaya seriya, No 83* [Clausiliid molluscs. Fauna SSSR. Mollusca. New series, № 83], М.; Л., 1962, 3 (4), pp. 1–317.
2. Schileyko A.A. *Nazemniye molluski podotriada Pupillina fauny SSSR (Gastropoda, Pulmonata, Geophila). Fauna SSSR* [Terrestrial mollusks of the suborder of Pupillina of the fauna of the USSR (Gastropoda, Pulmonata, Geophila). Fauna of the USSR], М.; Л., 1984, 130, pp. 1–399.
3. Seddon, M.B. The distribution of *Pupoides coenopictus* (Hutton, 1834) in N.W. Africa (Gastropoda: Pupillidae) / M.B. Seddon // Journal of Conchology. — 1992. — Vol. 34. — P. 149–158.
4. Iqbal, F. Rediscovery and Redescription of Snail *Pupoides karachiensis* Peile, 1929 (Gastropoda: Pupillidae) with Notes on *P. coenopictus* (Hutton, 1834) from the Karachi Tidal Marsh / F. Iqbal, K. Auffenberg, S. Khanam, J. Mustaqim // Tropical Natural History. — 2023. — Vol. 23, № 1. — P. 52–55.
5. Mienis, H.K. *Pupoides coenopictus* (Hutton, 1834) in Israel / H.K. Mienis // Basteria. — 1974. — Vol. 38, № 5/6. — P. 99–100.
6. Neubert, E. Annotated checklist of the terrestrial and freshwater molluscs of the Arabian Peninsula with descriptions of new species / E. Neubert // Fauna of Arabia. — 1998. — Vol. 17. — P. 333–461.
7. Ali, R.F. First land snail records from Gebel Elba in southeastern Egypt at the border between the Palaearctic and Ethiopian regions / R.F. Ali, B. Hausdorf // Check List. — 2017. — Vol. 13, № 1. — P. 1–3.
8. Groh, K. Bibliography of the land and freshwater molluscs of the Cape Verde Islands, with a historical synopsis of malacological exploration in the archipelago and an annotated check-list / K. Groh // Zoologia Caboverdiana. — 2012. — Vol. 3, № 1. — P. 37–51.
9. Discover life Available. — URL: <https://www.discoverlife.org/mp/20q?search=Pupoides+caenopictus> (date of access: 20.05.2024).
10. Izatulaev Z.I. *Izvestiya otdeleniya biologicheskikh nauk AN Tadjzhikskoy SSR* [Journal of the Biology Department of the AS of Tajik SSR], 1970, 3(40), pp. 82–83.
11. *Samursky zakaznik* [Samursky Nature Reserve], URL: <https://daznapoved.pf/%D1%81%D0%B0%D0%BC%D1%83%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%B7%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D0%BA/> (date of access: 02.03.2025).
12. Sysoev, A.V. Land Snails of Russia and Adjacent Countries / A.V. Sysoev, A.A. Schileyko. — Pensoft, Sofia & Moscow, 2009. — Pp. 312 + 142 Colour plates.
13. Nordsieck, H. Zur Anatomie und Systematik der Clausilien, XX. Die rezenten Arten der Serrulininae und der Gattung Caspiophaedusa / H. Nordsieck // Archiv für Molluskenkunde. — 1978. — Vol. 109, № 1/3. — P. 91–101.
14. Likharev I.M., Rammelmeyr E.S. *Nazemniye molluski fauny SSSR. Opredelitel po faune SSSR* [Terrestrial mollusks of the fauna of the USSR. The USSR Fauna Directory], М.; Л., 1952, 43, pp. 1–511.
15. Schileyko, A.A. Treatise on Recent Terrestrial Pulmonate Molluscs. Part 5: Clausiliidae / A.A. Schileyko // Ruthenica. — 2000. — Suppl. 2. — P. 565–729.
16. Kantor Yu.I., Sysoev A.V. *Katalog molluskov Rossii i sopredelnykh stran* [Catalog of mollusks from Russia and adjacent countries], М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005, 627 p.
17. Caucasian molluscan database. — URL: <http://www.caucasus-snails.uni-hamburg.de> (date of access: 06.07.2021).
18. Sulikowska-Drozdz A. Life histories of three Serrulinini species (Stylommatophora: Clausiliidae) from Georgia kept under laboratory conditions / A. Sulikowska-Drozdz, L. Mumladze // Folia Malacologica. — 2021. — Vol. 29, № 3. — P. 137–146.

Поступила в редакцию 11.02.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: iasolodov@mail.ru — Солодовников И.А.

УДК 582.288.22

КОЛЛЕКЦИЯ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ГЕРБАРИЯ БГУ КАК ИСТОЧНИК МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РАЗНООБРАЗИЯ СЕПТОРИОПОДОБНЫХ ПИКНИДИАЛЬНЫХ МИКРОМИЦЕТОВ

И.А. Федюшко

Белорусский государственный университет

Впервые проведен скрининг коллекции сосудистых растений Гербария БГУ (MSKU) на предмет выявления пикнидиальных септориоподобных микромицетов.

Цель работы — полный скрининг коллекции сосудистых растений флоры Беларуси Гербария БГУ (MSKU) на предмет наличия пикнидиальных септориоподобных микромицетов.

Материал и методы. Исследованию были подвержены более 50 тысяч гербарных листов коллекции сосудистых растений Гербария БГУ, из них на 236 образцах обнаружены пикнидиальные септориоподобные микромицеты. Определение осуществляли стандартными методиками по идентификации грибов. Для усиления визуализации перегородок конидий использовали метод протяжки раствора красителя через временный влажный микропрепарат.

Результаты и их обсуждение. Посредством скрининга коллекции выявлено 95 видов пикнидиальных септориоподобных микромицетов (анаморфы видов из pp. *Septoria*, *Sphaerulina*, *Mycosphaerella*, *Pseudoseptoria*, *Zymoseptoria*, *Longiseptatispora*, *Stagonospora* и *Caryophylloseptoria*), из которых 51 вид впервые регистрируется на территории Беларуси. Материал собран в период с 1929 по 2022 г. на площади всей республики. Микромицеты обнаружены на растениях 34 семейств флоры Беларуси. В большинстве случаев поражают травянистые растения. Среди установленных видов микромицетов 17 отнесены нами к чужеродным для микобиоты Беларуси.

Заключение. Впервые выполнен скрининг коллекции сосудистых растений флоры Беларуси Гербария БГУ как дополнительного источника данных и материала для изучения разнообразия пикнидиальных септориоподобных микромицетов. Высказано предположение о возможности использования нового инструмента в выявлении статуса чужеродности видов грибов.

Ключевые слова: грибы, пикнидиальные септориоподобные микромицеты, Гербарий БГУ, MSKU, аборигенный компонент микобиоты, чужеродный компонент микобиоты, Беларусь.

THE BSU HERBARIUM VASCULAR PLANT COLLECTION AS A VALUABLE RESOURCE FOR RESEARCHING THE DIVERSITY OF SEPTORIA-LIKE PYCNIDIAL MICROMYCETES

I.A. Fiadzushka

Belarusian State University

The BSU (MSKU) Herbarium vascular plant collection underwent its initial screening for pycnidial Septoria-like micromycetes.

The aim of the work is to conduct a complete screening of the Belarusian vascular plant collection at the BSU Herbarium (MSKU) to identify the presence of Septoria-like pycnidial micromycetes.

Materials and methods. A review of over 50,000 herbarium sheets from the Belarusian State University vascular plant collection identified Septoria-like pycnidial micromycetes on 236 specimens. Standard mycological identification techniques were employed. To improve the visualization of conidial septa, a dye solution was drawn through temporary wet mounts.

Findings and their discussion. Our screening identified 95 species of pycnidial Septoria-like micromycetes (anamorphs of species from the genera of *Septoria*, *Sphaerulina*, *Mycosphaerella*, *Pseudoseptoria*, *Zymoseptoria*, *Longiseptatispora*, *Stagonospora* and *Caryophylloseptoria*). 51 species of these represent first records for Belarus. Specimens were collected across the Republic between 1929 and 2022, and the micromycetes were found on plants from 34 vascular plant families, predominantly herbaceous species. We have classified 17 of the identified species as alien to the Belarusian mycobiota.

Conclusion. The screening of a vascular plant collection of Belarusian flora of BSU Herbarium as an additional source of data and materials to study the diversity of pycnidial *Septoria*-like micromycetes is carried out for the first time. The possibility is supposed to use the new instrument to find out the status of alien fungi species.

Key words: fungi, pycnidial *Septoria*-like micromycetes, Herbarium of the Belarusian State University, MSKU, native component of the mycobiota, alien component of the mycobiota, Belarus.

Гербарий представляет собой ценный источник разносторонней информации, аккумулирующий результаты многолетнего мониторинга биоразнообразия региональной флоры и микобиоты. Его научная значимость возрастает с накоплением материала, поскольку обработанный информационный массив позволяет решать ряд задач в различных научных дисциплинах, от морфологии и систематики до климатологии, фито- и микогеографии, а также филогенетики. Основным источником гербарных материалов служат растения; при исследовании микобиоты — грибы и грибоподобные организмы, которые приурочены к растениям и прочим субстратам. Для грибов (в широком смысле) часто формируются специализированные микологические коллекции с собственной иерархической структурой [1].

В последнее время в Беларуси активно исследуется разнообразие септориоподобных пикнидиальных микромицетов [2]. Морфологическое сходство структур спороношения этих грибов с другими пикнидиальными микромицетами и сферическими аскомицетами обуславливает недостаточную изученность данной группы на территории Беларуси. Несмотря на это, они вызывают значительный научный интерес, поскольку представлены патогенами растений и некоторых бурых водорослей, а также суперпаразитами ржавчинных грибов [3]. Многие фитопатогенные виды поражают ценные сельскохозяйственные культуры, а также являются представителями адвентивной фракции микобиоты Беларуси.

В связи с тем, что эти грибы консортивно связаны с растениями, то обширные гербарные коллекции флоры представляют собой ценный дополнительный источник информации при исследовании микобиоты [4]. В ходе исследования видового разнообразия септориоподобных пикнидиальных микромицетов в 2024 году был выявлен ранее неизвестный для территории Беларуси вид гриба — *Septoria scleranthi* Desm. [5]. Анализ данных литературы о биологии фитопатогена показал его строгую специфичность к растениям рода *Scleranthus* L. [3]. В результате изучения коллекции сосудистых растений фонда Гербария БГУ (MSKU) по данному роду установлено, что фитопатоген повсеместно распространен в Беларуси там, где произрастает его растение-хозяин. Кроме того, уточнена и его субстратная приуроченность к аборигенным и чужеродным видам рода *Scleranthus* на территории Беларуси и высказано предположение, что микромицет скорее всего является аборигенным видом [4].

Следовательно, цель работы — полный скрининг коллекции сосудистых растений флоры Беларуси Гербария БГУ (MSKU) на предмет наличия пикнидиальных септориоподобных микромицетов.

Материал и методы. Материалом исследования явилась вторая по величине в республике коллекция сосудистых растений Гербария БГУ (MSKU-V) в объеме более 50 тысяч гербарных листов (на январь 2025 г.). Образцы были подвержены первичному анализу на наличие симптомов поражений пикнидиальными грибами. В итоге нами отобрано свыше 1,5 тысячи гербарных листов для последующей идентификации микромицетов.

Определение грибов, а также уточнение видовых названий их растений-хозяев осуществлялось с использованием бинокулярных микроскопов Stemi-2000 (Carl Zeiss, Германия), «Микромед-2» (модель 2-20 inf.) (компания «Микромед», Россия), а также соответствующей литературы [3; 6]. Для усиления визуализации септированности конидий применяли метод протяжки раствора красителя (1% водный раствор метиленового синего) через временный влажный микропрепарат. Валидность и синонимика латинских названий таксонов микромицетов и растений, а также их систематическое положение приведены в соответствии с международными глобальными базами данных Plants of the World Online (для растений), MucovaBank (для грибов). Принадлежность к чужеродным микромицетам определяли по субстратной приуроченности к адвентивным и аборигенным видам флоры Беларуси [6; 7].

Для видов грибов, у которых валидные названия соответствуют телеоморфным родам, но нами были обнаружены в анаморфе, перед названием указывается стадия — *stadium asexuale* (st. asex.). Список видов выявленных грибов цитируется следующим образом: семейство растений, на котором обнаружены микромицеты, далее перечень видов микромицетов. Знаком «●» отмечены виды, которые ранее не упоминались для территории Беларуси в соответствии с работами [2; 5].

Результаты и их обсуждение. После проведения первичного скрининга коллекции нами отобрано свыше 1,5 тыс. гербарных листов (далее ГЛ) со структурами спороношений, которые морфологически схожи с пикнидами септориоподобных целомицетов. После анализа весь отобранный гербарий разделен на три группы: материал, который не поддается идентификации из-за отсутствия спор (65,0%); микромицеты, визуально схожие с искомыми объектами (иные пикнидиальные целомицеты и сферические сумчатые грибы) (19,3%); искомые пикнидиальные септориоподобные целомицеты (15,7%).

Таким образом, в дальнейшем нами анализировался только материал с искомой группой грибов (236 ГЛ). Все идентифицированные микромицеты были зарегистрированы в микологической коллекции Гербария БГУ (MSKU-F). Для удобства работы с таким материалом из коллекции MSKU-V изымались небольшие фрагменты органов растений с пикнидиомами и оформлялись как самостоятельные ГЛ в микологической коллекции с присвоением перекрестных номеров. В результате анализа оказалось, что нами обнаружено 95 видов пикнидиальных септориоподобных микромицетов в анаморфной стадии развития.

СПИСОК СЕПТОРИОПОДОБНЫХ МИКРОМИЦЕТОВ, ВЫЯВЛЕННЫХ НА МАТЕРИАЛЕ КОЛЛЕКЦИИ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ФЛОРЫ БЕЛАРУСИ ГЕРБАРИЯ БГУ (MSKU)

Apiaceae: ● *Septoria cari* I.E. Brezhnev, *S. chaerophylli-aromatici* Kabát & Bubák, ● *S. coniicola* Hollós, ● *S. oenanthae* Ellis & Everh., *S. oreoselini* Sacc., *S. petroselini* (Lib.) Desm., ● *S. pimpinellae* Ellis, st. asex.: *Mycosphaerella agopodii* Pot. (= *Septoria aegopodii* Desm. ex J. Kickx).

Araceae: *Septoria callae* (Lasch ex Rabenh.) Sacc.

Asteraceae: ● *Septoria achilleicola* Melnik, *S. bidentis* Sacc., *S. cirsii* Niessl, ● *S. cirsii-heterophylli* Petr., ● *S. crepidis* Vestergr., ● *S. cyani* Hollós, *S. erigerontis* Peck, ● *S. leontodontis* A.L. Sm. & Ramsb., ● *S. matricariae* Hollós, ● *S. tabacina* Died., *S. tanacetii* Niessl, *S. virgaureae* (Lib.) Desm., ● *S. xanthii* Desm., st. asex.: *Sphaerulina socia* (Pass.) Verkley, Quaedvl. & Crous (= *Septoria socia* Pass.).

Brassicaceae: ● *Septoria arabidis* Sacc., ● *S. sisymbrii* Hennings & Ranojević.

Campanulaceae: ● *Septoria jasionis* (Bres.) Died.

Caprifoliaceae: *Septoria scabiosicola* (Desm.) Desm., *S. valerianae* Sacc. & Fautrey.

Caryophyllaceae: ● *Caryophylloseptoria silenae* (Westend.) Verkley, Quaedvl. & Crous, ● *Septoria alsines* Rostr., *S. cerastii* Roberge ex Desm., ● *S. gypsophilae* Died., ● *S. gypsophilum* Bondartsev, *S. scleranthi* Desm., ● *S. sinarum* Speg., ● *S. viscaria* Rostr., st. asex.: *Mycosphaerella isariphora* (Desm.) Johanson (= *S. stellariae* Roberge ex Desm.).

Celastraceae: ● *Septoria parnassiae* Died.

Convolvulaceae: ● *Septoria calystegiae* Westend., *S. convolvuli* Desm.

Cornaceae: st. asex.: *Sphaerulina cornicola* (DC.) U. Braun & Bensch (= *Septoria cornicola* (DC.) Desm.).

Cyperaceae: ● *Septoria caricis* Pass., ● *S. didymospora* Golovin, ● *S. punctoidea* P. Karst.

Fabaceae: st. asex.: *Longiseptatispora meliloti* (Lasch ex Rabenh.) L.W. Hou & Crous, *Septoria astragali* Desm., ● *S. cytisi* Desm., ● *S. henningsiana* G. Winter.

Hypericaceae: st. asex.: *Sphaerulina hyperici* (Roberge ex Desm.) Verkley, Quaedvl. & Crous (= *Septoria hyperici* Roberge ex Desm.).

Iridaceae: *Septoria gladioli* Pass.

Juncaceae: ● *Septoria crassisporea* G. Winter, ● *Stagonospora bufonia* Bres.

Lamiaceae: ● *Septoria diedickei* Sacc. & D. Sacc., *S. galeopsidis* Westend., *S. lamiicola* Sacc., *S. menthae* (Thüm.) Oudem., *S. origanica* Allesch., ● *S. salviae* Pass., ● *S. scutellariae* Thüm., *S. stachydis* Roberge ex Desm.

Lythraceae: *Septoria brissaceana* Sacc. & Letendre.

Malvaceae: *Septoria heterochroa* Roberge ex Desm., ● *S. parasitica* Fautrey.

Onagraceae: ● *Septoria alpicola* Sacc., ● *S. epilobii* Westend., *S. oenotherae* (Rabenh.) Westend.

Orchidaceae: ● *Septoria orchidacearum* Westend.

Orobanchaceae: ● *Septoria odontitis* Bond.-Mont., ● *S. rhinanthi* Bondartsev.

Papaveraceae: *Septoria chelidonii* (Lib.) Desm.

Plantaginaceae: *Septoria plantaginis-majoris* (Sacc.) Nannf., ● *S. veronicae* Roberge & Desm.

Poaceae: *Pseudoseptoria donacis* (Pass.) B. Sutton, *Septoria bromi* Sacc., *S. macropoda* Pass., st. asex.: *Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvl. & Crous.

Polemoniaceae: *Septoria polemonii* Thüm.

Polygalaceae: • *Septoria polygalicola* Hollós.

Polygonaceae: *Septoria polygonorum* Desm.

Ranunculaceae: • *Septoria cymbalarina* Thüm., • *S. delphinii* Hollós, st. asex. *Sphaeria hepaticicola* Duby (= *Septoria hepaticicola* (Duby) Jørst., *Septoria hepaticae* Desm.).

Rosaceae: • *Septoria corcontica* Kabát & Bubák, st. asex.: *Mycosphaerella fragariae* (Tul.) Lindau (= *Septoria fragariae* Desm.), st. asex.: *M. pyri* (Auersw.) Boerema (= *S. pyricola* (Desm.) Desm.), st. asex.: *M. tormentillae* (Sacc.) Tomilin (*S. tormentillae* Roberge ex Desm., st. asex.: *Sphaerulina gei* (Roberge ex Desm.) Verkley, Quaedvl. & Crous (= *Septoria gei* Roberge ex Desm.), st. asex.: *S. westendorpii* Verkley, Quaedvl. & Crous (= *S. rubi* Westend.).

Rubiaceae: • *Septoria galiorum* Ellis.

Salicaceae: • st. asex.: *Mycosphaerella salicicola* (Fr.) Johanson ex Oudem. (= *Septoria salicicola* (Fr.) Sacc., *S. capraeae* Westend.), st. asex.: *Sphaerulina frondicola* (Fr.) Verkley, Quaedvl. & Crous (= *Septoria populi* Desm.).

Sapindaceae: • *Septoria seminalis* Sacc.

Scrophulariaceae: • *Septoria scrophulariae* Peck.

Solanaceae: • *Septoria dulcamarae* Desm.

Violaceae: • *Septoria violae-palustris* Died.

Исходя из полученных данных, представленные образцы были собраны с территории 6 административных областей: Минской (20 районов — 58 видов микромицетов), Брестской (12 районов — 28 видов), Гомельской (11 районов — 26 видов), Могилевской (7 районов — 12 видов), Витебской (5 районов — 10 видов), Гродненской (4 района — 6 видов).

Самыми ранними сборами, которые можно указывать сегодня для изучаемой группы микромицетов, являются сборы Арановіч А. (1929 г.), Балковец Л. (1933 г.) и Цеттерман Н.О. (1945 г.). Имея такого рода данные, при накоплении достаточного количества материала мы можем разработать новый подход в выделении чужеродных видов грибов, анализируя годы первого упоминания адвентивных видов растений и сопоставляя последние с наиболее старым упоминанием грибов. В результате можно сделать выводы о чужеродности микромицета: если гриб отмечался раньше, чем было первое упоминание чужеродного вида растения-хозяина, то он, по всей вероятности, относится к аборигенному компоненту микобиоты; если же регистрировался изначально на чужеродных растениях, а позже на аборигенных, то это — чужеродный микромицет. Кроме того, имея подобного рода данные, можно определять дальнейший статус: инвазивный или натурализовавшийся вид.

По результатам таксономического анализа обнаруженные в анаморфе пикнидиальные септориоподобные микромицеты относятся к 9 родам грибов: *Septoria* (79 видов), *Sphaeria* (1 вид), *Sphaerulina* (6 видов), *Mycosphaerella* (4 вида), *Pseudoseptoria*, *Zymoseptoria*, *Longiseptatispora*, *Stagonospora* и *Caryophylloseptoria* по 1 виду. Среди 95 видов микромицетов впервые приводится для территории Беларуси 51 вид: 48 видов из р. *Septoria*, по 1 виду из рр. *Mycosphaerella*, *Stagonospora*, *Caryophylloseptoria*.

Посредством анализа субстратной приуроченности установлено, что 94 вида микромицета фитопатогены, а 1 вид сапротроф (*Stagonospora bufonia*). Больше всего видов грибов обнаружено на растениях семейств Asteraceae — 14, Caryophyllaceae — 9, Apiaceae и Lamiaceae — 8, Rosaceae — 6. По 4 вида отмечалось на растениях семейств Fabaceae и Poaceae, по 3 — Ranunculaceae, Cyperaceae, Onagraceae, по 2 — Brassicaceae, Caprifoliaceae, Convolvulaceae, Juncaceae, Malvaceae, Orobanchaceae, Plantaginaceae, Salicaceae. И всего по 1 виду на растениях семейств Araceae, Campanulaceae, Celastraceae, Cornaceae, Hypericaceae, Iridaceae, Lythraceae, Orchidaceae, Papaveraceae, Polemoniaceae, Polygalaceae, Polygonaceae, Rubiaceae, Sapindaceae, Scrophulariaceae, Solanaceae, Violaceae.

На древесных и кустарниковых растениях зарегистрировано всего 7 микромицетов (все фитопатогены), на травянистых, которые преобладают, — 88 видов (87 фитопатогенных и 1 сапротрофный).

На растениях адвентивной фракции флоры Беларуси обнаружено 23 вида микромицета. В результате анализа на принадлежность выявленных грибов к чужеродным видам, к ним по данным литературы [8] ранее были отнесены *Septoria petroselini*, *S. erigerontis* (= *S. stenactidis*), *S. tanacetii*, *S. convolvuli*, *S. chelidonii*, *S. heterochroa*, *S. oenotherae*, *Pseudoseptoria nodorum* (= *Septoria nodorum*).

Кроме вышеуказанных видов грибов к списку чужеродных также стоит отнести еще 9 новых видов, которые поражают исключительно адвентивные виды флоры Беларуси: *Septoria cari* (на *Carum carvi*),

S. coniicola (на *Conium maculatum*), *S. matricariae* (на *Matricaria discoidea*), *S. xanthii* (на *Xanthium strumarium*), *S. sisymbrii* (на *Sisymbrium altissimum*, *S. loeselii*), *S. calystegiae* (на *Convolvulus arvensis*), *S. parasitica* (на *Malva excisa*).

Необходимо отметить, что виды *S. cyani* и *S. seminalis* чаще наблюдаются на адвентивных видах растений (*Centaurea cyanus* и *Acer negundo* соответственно). По данным литературы оба гриба [3] могут встречаться на аборигенных для флоры Беларуси видах растений, но учитывая частоту обнаружения *S. cyani* и *S. seminalis*, по результатам скрининга гербарного материала коллекции, а также собственных гербарных сборов, мы можем предположить, что эти два вида грибов следует рассматривать как чужеродные. Соответственно из 23 видов грибов лишь 17 (8 видов ранее признанных чужеродными и 9 новых) относятся к адвентивной фракции микобиоты Беларуси.

Заключение. Таким образом, использование коллекций сосудистых растений в микологических исследованиях играет огромную роль в изучении разнообразия, а также распространения видов довольно сложной в первичной диагностике группы пикнидиальных септориоподобных микромицетов. Данная работа расширяет сведения о видовом разнообразии грибов, субстратной приуроченности, а также может учитываться при анализе адвентивного компонента микобиоты нашей республики.

Кроме того, работа с гербариями сосудистых растений, которые по числу гербарных листов значительно превышают микологические коллекции, может стать основой нового инструмента для выявления чужеродных видов грибов: путем сопоставления информации о дате сбора микромицета и первых упоминаний об адвентивных видах питающих растений на территории Беларуси.

Работа выполнена в рамках государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» (подпрограмма «Биоразнообразие, биоресурсы, экология», задание 10.2.02 «Проблемы биологических инвазий и паразитарных угроз в природных и антропогенно трансформированных экосистемах», научно-исследовательская работа «Инвазивные фитопатогенные грибы, грибоподобные организмы и беспозвоночные животные на культивируемых и близкородственных дикорастущих растениях: статус в сообществах, распространение, диагностика» (№ гос. регистрации 20211704)).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гербарий Белорусского государственного университета (MSKU) / Т.А. Сауткина, В.Д. Поликсенова, С.М. Дробышевская. — Минск: БГУ, 2016. — 87 с.
2. Федюшко, И.А. Состояние изученности пикнидиальных септориоподобных микромицетов в Беларуси / И.А. Федюшко, В.Д. Поликсенова // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. — 2024. — Вып. 54. — С. 280–291.
3. Тетережникова-Бабаян, Д.Н. Грибы рода Септория в СССР / Д.Н. Тетережникова-Бабаян. — Ереван: АН АрмССР, 1987. — 479 с.
4. Федюшко, И.А. Роль коллекций сосудистых растений в изучении разнообразия септориоподобных пикнидиальных микромицетов / И.А. Федюшко // 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, 2024. — С. 346–349.
5. Федюшко, И.А. Новые для Беларуси виды пикнидиальных септориоподобных микромицетов / И.А. Федюшко // Экспериментальная биология и биотехнология. — 2024. — Вып. 2. — С. 72–87.
6. Определитель высших растений Беларуси / Т.А. Сауткина [и др.]. — Минск: Дизайн ПРО, 1999. — 472 с.
7. Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения / Д.В. Дубовик [и др.]. — Минск: Беларуская навука, 2020. — 195 с.
8. Поликсенова, В.Д. Чужеродные фитопатогенные микромицеты Беларуси / В.Д. Поликсенова, А.К. Храмов // Вестник БГУ. Серия 2, Химия. Биология. География. — 2015. — № 3. — С. 43–48.

REFERENCES

1. Sautkina T.A., Poliksenova V.D., Drobyshevskaya S.M. *Gerbariy Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta (MSKU)* [Belarusian State University Herbarium (MSKU)], Minsk: BGU, 2016, 87 p.
2. Fedushko I.A., Poliksenova V.D. *Botanika (issledovaniya): sb. nauch. tr.* [Botany (Research): A Collection of Scientific Works], 2024, 54, pp. 280–291.
3. Tetereznikova-Babayan D.N. *Griby roda Septoria v SSSR* [Septoria Genus Fungi in the USSR], Erevan: AN ArmSSR, 1987, 479 p.
4. Fedushko I.A. *Ekologicheskaya kultura i okhrana okruzhayushchei sredy: IV Dorofeyevskiy chteniye: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Vitebsk, 29 noyab. 2024 g.* [Ecological Culture and Protection of the Environment: IV Dorofeyev Readings: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Vitebsk, November 29, 2024], Vitebsk, 2024, pp. 346–349.
5. Fedushko I.A. *Eksperimentalnaya biologiya i biotekhnologiya* [Experimental Biology and Biotechnology], 2024, 2, pp. 72–87.
6. Sautkina T.A. *Opredelitel vysshikh rasteni Belarusi* [Directory of Vascular Plants of Belarus], Minsk: Disain PRO, 1999, 472 p.
7. Dubovik D.V. *Chernaya kniga flory Belarusi: chuzherodniye vredonosniye rasteniya* [Black Book of the Flora of Belarus: Alien Harmful Plants], Minsk: Belaruskaya navuka, 2020, 195 p.
8. Poliksenova V.D., Khramtsov A.K. *Vestnik BGU. Seriya 2, Khimiya. Biologiya. Geografiya* [Journal of BSU. 2, Chemistry. Biology. Geography], 2015, 3, pp. 43–48.

Поступила в редакцию 28.03.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: fiadziushka.ilya@gmail.com — Федюшко И.А.

ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ИОНОВ МЕДИ НА ОРГАНИЗМЫ, ОТЛИЧАЮЩИЕСЯ МОЛЕКУЛЯРНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ ТРАНСПОРТА КИСЛОРОДА

О.М. Балаева-Тихомирова, Е.И. Кацнельсон

Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»

В статье представлены результаты исследования, полученные при воздействии ионов меди(II) различной концентрации на газообмен и ключевые показатели углеводного обмена пресноводных легочных моллюсков, отличающихся молекулярными механизмами транспорта кислорода.

Цель работы — установить влияние ионов меди на газообмен и углеводный обмен легочных пресноводных гидробионтов.

Материал и методы. В эксперименте были использованы прудовик обыкновенный — *Lymnaea stagnalis* (белок-переносчик — гемоцианин) и катушка роговая — *Planorbarius corneus* (белок-переносчик — гемоглобин). Изучали действие растворов сульфата меди(II) в концентрациях 0,01; 0,1 и 1 мг/дм³ на протяжении 48 часов эксперимента. Определяли показатели газообмена (количество поглощенного кислорода и выделяемого углекислого газа), содержание глюкозы в гемолимфе и гликогена в гепатопанкреасе.

Результаты и их обсуждение. Установлено, что воздействие ионов меди(II) приводит к изменениям в процессах газообмена и метаболизма углеводов у легочных пресноводных моллюсков, степень влияния связана с концентрацией реагента и способностью организмов применять адаптационные механизмы защиты. Влияние токсиканта химической природы во всех исследуемых концентрациях на прудовика обыкновенного вызывает снижение концентраций потребляемого кислорода и выделяемого углекислого газа, увеличение уровня глюкозы в гемолимфе и снижение концентрации гликогена в гепатопанкреасе. У катушки роговой при таком же воздействии на организм фиксируются сходные трансформации только в концентрации токсиканта 1 мг/дм³.

Заключение. Влияние ионов меди приводит к развитию адаптационных механизмов за счет подавления потребления кислорода и снижения выделения углекислого газа, использования в качестве резервного источника энергии только углеводов и функционирования параллельно анаэробного гликолиза совместно с аэробными процессами.

Ключевые слова: ионы меди, легочные пресноводные моллюски, интоксикация, потребление кислорода, гликолиз.

TOXIC EFFECT OF COPPER IONS ON ORGANISMS WITH DIFFERENT MOLECULAR MECHANISMS OF OXYGEN TRANSPORT

O.M. Balayeva-Tikhomirova, E.I. Katsnelson

Education Establishment "Vitebsk State P.M. Masherov University"

The article presents a study results obtained under the influence of copper(II) ions of various concentrations on gas exchange and key indicators of carbohydrate metabolism of freshwater pulmonary mollusks, which differ in molecular mechanisms of oxygen transport.

The purpose of the article is to establish the effect of copper ions on the gas exchange and carbohydrate metabolism of pulmonary freshwater aquatic organisms.

Material and methods. The experiment used the common pond snail — *Lymnaea stagnalis* (protein-carrier — hemocyanin) and the horned snail — *Planorbarius corneus* (protein-carrier — hemoglobin). The effect of copper(II) sulfate solutions at concentrations of 0,01; 0,1, and 1 mg/dm³ was studied over 48 hours of the experiment. The gas exchange parameters (the amount of the absorbed oxygen and the released carbon dioxide), the glucose content in the hemolymph and glycogen in the hepatopancreas were identified.

Findings and their discussion. It was established that the effect of copper(II) ions leads to changes in the processes of gas exchange and carbohydrate metabolism in freshwater pulmonate mollusks, the degree of influence is associated with the concentration of the

reagent and the ability of organisms to use adaptive defense mechanisms. The effect of the toxicant of the chemical nature in all studied concentrations on the common pond snail led to a decrease in the concentrations of consumed oxygen and released carbon dioxide, an increase in the level of glucose in the hemolymph and a decrease in the concentration of glycogen in the hepatopancreas. In the case of the horned snail, with the same effect on the organism, similar changes are recorded only in the concentration of the toxicant of 1 mg/dm³.

Conclusion. The influence of copper ions leads to the development of adaptation mechanisms by suppressing oxygen consumption and reducing the release of carbon dioxide, using only carbohydrates as a reserve energy source and functioning of anaerobic glycolysis in parallel with aerobic processes.

Key words: copper ions, pulmonary freshwater mollusks, intoxication, oxygen consumption, glucocorticolysis.

Поиск средств и методов оценки качества водной среды остается актуальным. Особое значение для биоиндикации поверхностных вод имеют гидробионты, которые способны к специфическому и неспецифическому реагированию на загрязнение. Реакция дыхательной системы является одной из наиболее чувствительных характеристик водных организмов и используется для оценки влияния неблагоприятных факторов среды обитания [1].

Организмы, средой обитания которых является вода, чувствительны к количеству растворенного в ней кислорода, особенно при его дефиците. На содержание растворенного в воде кислорода и способность его усваивать гидробионтами влияют такие факторы, как температура, сезонность, время суток, характер питания, стадия жизненного цикла, генетические особенности вида, загрязнение водоемов химическими веществами [2]. Поскольку дыхательная система уязвима для загрязнителей, пестициды и тяжелые металлы, даже в небольших количествах, особенно при длительном воздействии, оказывают токсическое действие на водные организмы [3]. Следовательно, важно разрабатывать методы комплексной оценки состояния организма при одновременном влиянии на него неблагоприятных условий обитания и соединений химической природы.

Для моллюсков обитание в водоемах с низким содержанием кислорода на протяжении многих поколений сформировало адаптивные механизмы. К поведенческим адаптациям относят способность мигрировать в более оптимальные условия обитания. Для оптимизации биохимических процессов у моллюсков выработалась способность частично или полностью переходить с аэробного типа дыхания на анаэробное, с сокращением количества используемого кислорода. Данные изменения необходимы для нормального функционирования организма моллюска и энергетического обеспечения его жизнедеятельности. В исследованиях, проводимых ранее на гидробионтах, выявлено, что увеличение содержания углекислого газа в одних условиях стимулирует потребление кислорода, в других приводит к ускорению процесса гликолиза [4]. При развитии ответных реакций на гипоксию, вызванную влиянием загрязнителей химической природы, изменяются как скорость обменных процессов, так и их направление, что подтверждает частичное или полное переключение аэробного пути обмена на анаэробный. О замедлении метаболизма моллюсков свидетельствует потеря подвижности, которая развивается при длительном нахождении в среде с недостатком кислорода [5]. Эта особенность гидробионтов связана с накоплением не полностью окисленных продуктов промежуточного обмена, которые образуются при анаэробии и кислородной недостаточности. В то же время в период реоксигенации организмы потребляют повышенное количество кислорода — для окисления токсичных промежуточных соединений и устранения кислородной недостаточности. Кратковременное пребывание животных в условиях низкого содержания кислорода или в воде, богатой водорослями, приводит к снижению интенсивности метаболических процессов [6]. В анаэробных условиях, вследствие неполного окисления продуктов гликолиза и сниженного выхода энергии, гликоген расходуется значительно быстрее — в 3–6 раз, а по некоторым данным, в 10 раз интенсивнее, чем в аэробных.

Подводя итог обзору литературы, следует отметить, что медь представляет собой важный микроэлемент, участвующий в работе ферментов (цитохромоксидаза, супероксиддисмутаза), но в повышенных концентрациях становится токсичной. Одним из ведущих механизмов токсического действия ионов меди может быть нарушение дыхания, поскольку Cu^{2+} ингибирует активность цитохромоксидазы, что снижает эффективность клеточного дыхания. Кроме того, избыток меди приводит к генерации активных форм кислорода (окислительный стресс), а это вызывает повреждение липидов, белков и ДНК. При хроническом воздействии наиболее значимо изменение активности ферментов (снижение

активности каталазы, супероксиддисмутазы и других антиоксидантных ферментов). Возможно и нарушение ионного баланса, так как медь конкурирует с другими металлами (Zn, Fe) за транспортные белки, что может приводить к дефициту необходимых элементов. Эти первичные биохимические процессы снижают двигательную активность, угнетают фильтрационную способность и нарушают репродуктивные функции (снижение плодовитости).

Цель работы — установить влияние ионов меди на газообмен и углеводный обмен легочных пресноводных гидробионтов.

Материал и методы. В эксперименте были использованы 108 моллюсков двух видов: прудовик обыкновенный — *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758); катушка роговая — *Planorbarius corneus* (Linnaeus, 1758), которые были собраны в бассейне реки Витьба (Витебск, Беларусь) в осенне-весенний период. Для адаптации перед началом эксперимента животные содержались в лабораторных условиях: в сосудах с непроточной водой в течение 10 суток при стандартных условиях ($t=18-20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\text{pH}=7,2-7,4$; содержание кислорода в воде — $10\text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$), из расчета не менее 0,5 литра на особь, кормили молодыми листьями салата, меняли воду каждые три дня.

В эксперименте участвовали животные, относящиеся к одному размерному классу (масса от 6,80 до 9,65 г). Их расчетный возраст оценивался в 68 недель (1 год и 3 месяца), что свидетельствует об использовании в эксперименте половозрелых особей [7].

Забор гемолимфы проводили после взвешивания особей, посредством раздражения ноги иголкой шприца. Гемолимфу собирали и измеряли с помощью автоматических пипеток. Морфометрические показатели легочных моллюсков определяли по методике Е.М. Хейсина [8].

В экспериментах было исследовано влияние сульфата меди в концентрациях 0,01; 0,1 и 1 мг/дм³, которые были выбраны с учетом значений предельно допустимых концентраций (ПДК), установленных для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения [9]. Продолжительность острого эксперимента 48 часов. Контролем служили особи, содержащиеся в отстоянной водопроводной воде в стандартных условиях.

Для выявления накопления ионов меди в гемолимфе применяли спектрофотометрический метод. Уровень глюкозы в гемолимфе определяли глюкозооксидазным методом наборами фирмы Диакон Диасис [10], а содержание гликогена в гепатопанкреасе — методом Krisman [11].

Для расчета дыхательного коэффициента использовали отношение объема выделяемого из организма углекислого газа к объему поглощаемого за то же время кислорода [12]. Интенсивность общего газообмена у гидробионтов устанавливали по сумме поглощенного кислорода и выделившегося углекислого газа. Для этого применялись стеклянные сосуды объемом 250 см³, по одному на каждую особь. Сосуды заполнялись водой до полного вытеснения воздуха. В каждый сосуд помещали по одному моллюску одинакового размера, после чего сосуды герметично закрывали пробками и выдерживали в течение четырех часов для дальнейшего анализа (Строганов, 1971). Определение интенсивности потребления кислорода осуществлялось с помощью йодометрического титрования исследуемой пробы тиосульфата натрия по методу Winkler в модификации Н.С. Строганова (1971) [13]. Исследовать интенсивность выделения углекислого газа позволил метод потенциометрического титрования раствором гидроксида натрия, согласно модифицированному методу Н.Ю. Аликина (1971) [13].

Весь цифровой материал вводили для хранения и обработки в таблицы Microsoft Excel с применением теста Манна — Уитни. Полученные результаты представлены в виде медианы и интерквартильной широты (25–75 процентилей). Для оценки достоверности различий между независимыми выборками использовали тест Манна — Уитни, U критическое для критерия Манна — Уитни ($U_{кр}=27$ при $p<0,05$).

Результаты и их обсуждение. Ионы меди(II) оказывают значительное влияние на метаболизм прудовика обыкновенного и катушки роговой. Уровень их воздействия зависит от концентрации, формы ионов, продолжительности экспозиции, а также физиологического состояния организма. Высокая концентрация Cu^{2+} приводит к снижению двигательной активности гидробионтов, угнетению фильтрационной способности, а также нарушению репродуктивных функций (снижению плодовитости).

В табл. 1 представлены морфометрические показатели легочных пресноводных моллюсков реки Витьба города Витебска Витебского района.

Таблица 1

**Морфометрические показатели легочных пресноводных моллюсков
р. Витьба г. Витебска Витебского р-на, [25%; 75%]**

Вид моллюска, (n=9)	Высота, см	Ширина, см	Масса, г	Объем гемолимфы, см ³
Весна				
<i>Lymnaea stagnalis</i>	5,05 [4,90–5,70]	1,75 [1,70–2,00]	8,57 [7,67–8,80]	1,60 [1,40–1,90]
<i>Planorbarius corneus</i>	2,45 [2,30–2,60]	3,20 [3,10–3,50]	8,20 [6,80–8,70]	1,28 [1,00–1,40]
Лето				
<i>Lymnaea stagnalis</i>	4,85 [4,50–5,40]	1,90 [1,70–2,30]	8,47 [8,05–9,15]	1,80 [1,20–2,40]
<i>Planorbarius corneus</i>	2,55 [2,40–2,70]	3,40 [3,20–3,70]	7,90 [7,70–9,50]	1,30 [1,10–1,50]
Осень				
<i>Lymnaea stagnalis</i>	4,75 [4,50–5,30]	1,79 [1,74–2,19]	8,10 [7,60–9,30]	1,95 [1,00–2,60]
<i>Planorbarius corneus</i>	2,45 [2,30–2,60]	3,30 [3,20–3,65]	7,70 [7,40–9,65]	1,23 [0,90–1,55]

При стандартных условиях ($t=18-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{pH}=7,2-7,4$) установлена видовая специфичность газообмена (табл. 2). Интенсивность потребления O_2 наиболее выражена у *Lymnaea stagnalis* (0,094 мг/г в час). У *Planorbarius corneus* данный показатель составляет 0,023 мг/г в час.

Таблица 2

**Показатели газообмена (мг/г час) у моллюсков,
различающихся типом транспорта кислорода, [25%; 75%]**

Вид моллюска, (n=27)	Интенсивность потребления кислорода, мг/г в час	Интенсивность выделения CO_2 , мг/г час	Дыхательный коэффициент
<i>Lymnaea stagnalis</i>	0,094 [0,089–0,097] ¹ p<0,05	0,037 [0,035–0,039] ¹ p<0,05	0,394 [0,393–0,402] ¹ p<0,05
<i>Planorbarius corneus</i>	0,023 [0,021–0,026]	0,021 [0,018–0,024]	0,913 [0,857–0,923]

Примечание: ¹p<0,05 по сравнению с *Planorbarius corneus*.

При изучении процессов газообмена у прудовика обыкновенного и катушки роговой выявлена тесная взаимосвязь между количеством потребляемого кислорода и концентрацией выделяемого при этом углекислого газа. При сравнении межвидовых особенностей фиксируются статистически значимые отличия между прудовиком обыкновенным и катушкой роговой. Установлено, что за единицу времени *Lymnaea stagnalis* поглощает наибольшее количество кислорода, при этом концентрация выделяемого углекислого газа снижается. У прудовика обыкновенного дыхательный коэффициент равен 0,372, у катушки роговой — 0,929, разница показателя у двух видов составила 2,5 раза, что связано с особенностью молекулярных механизмов транспорта кислорода. Результат экспериментальных исследований позволяет предположить, что молекулярные механизмы транспорта кислорода исследуемых организмов, с использованием в качестве белков-переносчиков гемоцианина и гемоглобина, вызывают различные реакции на нехарактерные изменения факторов среды обитания. В исследованиях Е.А. Пузаткиной [13] прослежена взаимосвязь между содержанием каротиноидов и показателями газообмена моллюсков, что обусловлено межвидовыми особенностями, которые впоследствии влияют на способность организма адаптироваться к неблагоприятным факторам среды.

Результаты исследования влияния сульфата меди(II) на газообмен прудовика обыкновенного и катушки роговой представлены в табл. 3. Статистически значимые отличия зафиксированы у *Lymnaea stagnalis* при воздействии растворов сульфата меди(II) во всех концентрациях. Отмечено снижение уровня поглощения кислорода и, как следствие, выделения углекислого газа. При расчете значений дыхательного коэффициента также выявлены значимые изменения во всех используемых в эксперименте

концентрациях токсиканта (0,01; 0,1 и 1 мг/дм³). При наибольшем негативном воздействии токсиканта фиксируется значение дыхательного коэффициента выше единицы, что свидетельствует об изменении в обмене веществ и переключении аэробного дыхания на химические реакции, протекающие в организме при анаэробных процессах. Данные изменения подтверждают развитие адаптационных механизмов, которые являются следствием негативного воздействия окружающей среды.

Таблица 3

**Показатели газообмена (мг/г час) моллюсков
при влиянии различных концентраций ионов меди [25%; 75%]**

Показатели	Концентрация CuSO ₄ , мг/дм ³			
	Контроль (n=27)	0,01 (n=27)	0,1 (n=27)	1 (n=27)
<i>Lymnaea stagnalis</i>				
Интенсивность потребления кислорода, мг/г·час	0,094 [0,089–0,097]	0,023 [0,018–0,025] ¹ p<0,05	0,016 [0,015–0,018] ¹ p<0,05	0,010 [0,009–0,012] ¹ p<0,05
Интенсивность выделения углекислого газа, мг/г·час	0,037 [0,035–0,039]	0,017 [0,016–0,018] ¹ p<0,05	0,022 [0,018–0,027] ¹ p<0,05	0,021 [0,019–0,022] ¹ p<0,05
Дыхательный коэффициент	0,394 [0,393–0,402]	0,739 [0,720–0,889] ¹ p<0,05	1,375 [1,200–1,500] ¹ p<0,05	2,100 [1,833–2,111] ¹ p<0,05
<i>Planorbarius corneus</i>				
Интенсивность потребления кислорода, мг/г·час	0,023 [0,021–0,026]	0,027 [0,024–0,029]	0,019 [0,018–0,021]	0,009 [0,008–0,010] ¹ p<0,05
Интенсивность выделения углекислого газа, мг/г·час	0,021 [0,018–0,024]	0,023 [0,020–0,024]	0,020 [0,017–0,022]	0,022 [0,020–0,024] ¹ p<0,05
Дыхательный коэффициент	0,913 [0,857–0,923]	0,852 [0,828–0,833]	1,053 [0,952–1,222]	2,444 [2,400–2,500] ¹ p<0,05

Примечание: ¹p<0,05 — по сравнению с контрольной группой.

У моллюсков, использующих в качестве белка-переносчика гемоглобин, при воздействии сульфата меди(II) в концентрациях 0,01 и 0,1 мг/дм³ по сравнению с контролем не установлено статистически значимых отличий в содержаниях кислорода и углекислого газа. Значительные изменения в газообмене гидробионтов отмечаются при повышении содержания соли меди до 1 мг/дм³. В данной концентрации сульфата меди(II) дыхательный коэффициент также отличается от контрольных значений, подобных изменений не зафиксировано при более низком содержании тяжелого металла. У легочных моллюсков были зарегистрированы изменения в процессах дыхания и газообмена — из-за гипоксии, развивающейся в ответ на воздействие ионов Cu²⁺. Однако установленные изменения по-разному воздействовали на два вида экспериментальных моллюсков. Все используемые концентрации растворов сульфата меди(II) у прудовика обыкновенного приводили к снижению поглощения растворенного в воде кислорода и, как следствие, уменьшению выделения углекислого газа. Для катушки роговой, у которой белком-переносчиком является гемоглобин (эволюционно более совершенная структура для связывания и транспортировки кислорода), сходное воздействие на газообмен наблюдается только в растворе с концентрацией соли 1 мг/дм³.

В результате расчета дыхательного коэффициента у прудовика обыкновенного значения выше единицы были получены при влиянии сульфата меди(II) в средней и высокой концентрациях. Такого изменения коэффициента не фиксировалось у катушки роговой при концентрациях сульфата меди(II) 0,01 и 0,1 мг/дм³, только при содержании в воде токсиканта в количестве 1 мг/дм³ отмечено увеличение дыхательного коэффициента выше единицы. Следовательно, экспериментальные данные

подтверждают, что легочные пресноводные моллюски при уменьшении потребления кислорода используют в качестве адаптации механизм переключения обмена веществ на реакции разложения углеводов, которые являются основными процессами анаэробного гликолиза. Указанными исследованиями установлено, что влияние сульфата меди(II) более выражено у прудовика обыкновенного, так как растворы токсиканта во всех используемых в эксперименте концентрациях приводили к уменьшению поглощения кислорода из воды и снижению количества выделяемого углекислого газа. Выявлено, что катушка роговая более устойчива и изменения в газообмене фиксируются только при наибольшем воздействии 1 мг/дм³. У двух видов легочных пресноводных моллюсков обнаружено увеличение показателя «дыхательный коэффициент» больше единицы при концентрации сульфата меди(II) 1 мг/дм³. Таким образом, изменения дыхательного коэффициента моллюсков находятся в зависимости от вида, экологических условий обитания, степени негативного влияния, способности использовать процессы анаэробного дыхания и молекулярных механизмов транспорта кислорода.

При содержании легочных пресноводных моллюсков в растворах ионов Cu²⁺ различной концентрации происходит их накопление в гемолимфе (табл. 4). Зафиксировано дозозависимое содержание ионов меди(II) у экспериментальных животных, напрямую связанное с концентрацией используемого раствора соли. У прудовика обыкновенного уровень ионов Cu²⁺ повышается в 1,3 раза уже при концентрации токсиканта 0,01 мг/дм³, у катушки роговой статистически достоверных различий по сравнению с контролем не установлено. Сульфат меди(II) в концентрациях 0,1 и 1 мг/дм³ накапливается в гемолимфе обоих видов моллюсков и составляет соответственно у *Lymnaea stagnalis* 1,30 и 1,79 мг/дм³, у *Planorbarius corneus* 0,89 и 1,26 мг/дм³. Следовательно, уровень ионов Cu²⁺ максимально увеличился в 2 раза по сравнению с контрольной группой.

Таблица 4

Содержание ионов Cu²⁺(мг/дм³) в гемолимфе *Lymnaea stagnalis* и *Planorbarius corneus* после воздействия влияния сульфата меди(II)

Группа, (n=27)	Вид моллюсков	
	<i>Planorbarius corneus</i>	<i>Lymnaea stagnalis</i>
Контроль	0,64 [0,41–0,84]	0,89 [0,63–1,12]
CuSO ₄ , 0,01 мг/дм ³	0,77 [0,52–0,98]	1,18 [0,91–1,32] ¹ p<0,05
CuSO ₄ , 0,1 мг/дм ³	0,89 [0,74–1,06] ¹ p<0,05	1,30 [1,11–1,58] ¹ p<0,05
CuSO ₄ , 1 мг/дм ³	1,26 [1,13–1,49] ¹ p<0,05	1,79 [1,61–2,07] ¹ p<0,05

Примечание: ¹p<0,05 — по сравнению с контрольной группой.

Модельный эксперимент по установлению влияния ионов меди(II) на метаболизм легочных пресноводных моллюсков сопровождался изменениями в углеводном обмене, которые можно оценить по содержанию глюкозы в гемолимфе и гликогена в гепатопанкреасе (табл. 5, 6). При воздействии иона тяжелого металла отмечено развитие гипоксии и переключение организма на анаэробное дыхание, при котором основным источником энергии является гликоген. Это подтверждается значениями дыхательного коэффициента выше 1 (табл. 3).

Из табл. 5 видно, что метаболизм катушки роговой быстрее реагирует на неблагоприятное влияние соли меди(II) и подключает анаэробные механизмы защиты уже при концентрации 0,01 мг/дм³, увеличивая расход гликогена. У прудовика обыкновенного защитные реакции начинают работать при более высоком содержании токсического вещества, и использование гликогена увеличивается в 1,3 и 2 раза. Содержание гликогена в гепатопанкреасе моллюсков при действии CuSO₄ в концентрациях 0,1 и 1 мг/дм³ соответственно составило: у *Lymnaea stagnalis* — 21,15 и 13,74 мг/г, у *Planorbarius corneus* — 15,56 и 8,92 мг/г. Как видно из значений, наиболее активный гликогенолиз происходит у исследуемых животных при их содержании в растворе соли с максимальной концентрацией: концентрация гликогена уменьшается в 2–2,8 раза в зависимости от вида моллюсков.

Содержание гликогена (мг/г) в гепатопанкреасе *Lymnaea stagnalis* и *Planorbarius corneus* после воздействия влияния сульфата меди(II)

Группы, (n=27)	Вид моллюсков	
	<i>Lymnaea stagnalis</i>	<i>Planorbarius corneus</i>
Контроль	26,91 [23,45–29,86]	24,61 [21,59–28,78]
CuSO ₄ , 0,01 мг/дм ³	27,72 [21,56–32,63] ¹ p<0,05	16,45 [12,64–21,17] ¹ p<0,05
CuSO ₄ , 0,1 мг/дм ³	21,15 [18,39–25,41] ¹ p<0,05	15,56 [14,72–23,65] ¹ p<0,05
CuSO ₄ , 1 мг/дм ³	13,74 [10,71–18,36] ¹ p<0,05	8,92 [7,44–12,08] ¹ p<0,05

Примечание: ¹p<0,05 по сравнению с контрольной группой.

Результат модельного эксперимента подтверждает, что с увеличением концентрации сульфата меди(II) усиливается токсическое действие на гидробионтов, и по причине влияния фиксируется уменьшение поглощаемого кислорода и выделяемого углекислого газа, а также отмечается переход организма на анаэробный тип дыхания с увеличением скорости разложения молекул гликогена.

Концентрация глюкозы (ммоль/дм³) в гемолимфе *Lymnaea stagnalis* и *Planorbarius corneus* после воздействия влияния сульфата меди(II)

Группы, (n=27)	Вид моллюсков	
	<i>Lymnaea stagnalis</i>	<i>Planorbarius corneus</i>
Контроль	0,37 [0,21–0,59]	1,54 [1,31–1,96]
CuSO ₄ , 0,01 мг/дм ³	0,60 [0,32–0,97] ¹ p<0,05	1,62 [1,34–2,03]
CuSO ₄ , 0,1 мг/дм ³	1,00 [0,88–1,22] ¹ p<0,05	1,73 [1,52–1,89] ¹ p<0,05
CuSO ₄ , 1 мг/дм ³	1,54 [1,42–2,16] ¹ p<0,05	2,60 [2,35–2,91] ¹ p<0,05

Примечание: ¹p<0,05 по сравнению с контрольной группой.

При уменьшении содержания гликогена в гепатопанкреасе фиксируется активация обратного процесса обмена углеводов: повышение уровня глюкозы в гемолимфе и уменьшение концентрации гликогена в гепатопанкреасе [14]. Уровень глюкозы повышается незначительно при более низкой концентрации соли тяжелого металла. Из табл. 6 следует, что гипергликемия фиксируется у обоих видов моллюсков в концентрациях раствора 0,1 и 1 мг/дм³ и соответственно составляет: у *Lymnaea stagnalis* — 1,00 и 1,54 ммоль/дм³, у *Planorbarius corneus* — 1,73 и 2,60 ммоль/дм³. Содержание глюкозы максимально повышается в 1,7–4,2 раза в зависимости от видовых особенностей. Полученные данные коррелируют с содержанием гликогена в гепатопанкреасе и свидетельствуют об активизации реакций анаэробного дыхания. Таким образом, выявлена закономерность в обмене углеводов: снижение концентрации гликогена в гепатопанкреасе повышает уровень глюкозы в гемолимфе.

Заключение. Влияние ионов меди приводит к развитию адаптационных механизмов за счет подавления потребления кислорода и снижения выделения углекислого газа, использования в качестве резервного источника энергии только углеводов и функционирования параллельно анаэробного гликолиза совместно с аэробными процессами. Установлена видовая специфичность газообмена у *Lymnaea stagnalis* и *Planorbarius corneus*. В сравнении с прудовиком обыкновенным роговая катушка обладает большей устойчивостью к воздействию ионов меди. У роговой катушки статистически значимые изменения в газообмене и метаболизме углеводов выявляются только при концентрации меди 1,0 мг/дм³. Прудовик обыкновенный же демонстрирует такие изменения при всех концентрациях токсиканта, что обусловлено различиями в молекулярных механизмах переноса кислорода и содержании каротиноидов.

Работа выполнена на базе учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова» в рамках задания ГПНИ 10 «Природопользование и экология» и задания 3.04 «Оценка состояния водных экосистем Белорусского Поозерья в условиях изменения климата и техногенного воздействия» ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» (№ ГР 20210475 от 31.03.2021).

ЛИТЕРАТУРА

1. Чуйко, Г.М. Современные подходы использования методов биодиагностики при экотоксикологической оценке водных экосистем / Г.М. Чуйко // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: труды VI Междунар. науч.-практ. конф., Пермь, 29 мая — 1 июля / Пермс. гос. нац. исслед. ун-т. — Пермь, 2017. — Т. 3. — С. 90–94.
2. Свободно-радикальное окисление липидов и белков — универсальный процесс жизнедеятельности организма / М.А. Луцкий [и др.] // Успехи современного естествознания. — 2014. — № 12-1. — С. 24–28.
3. Livingstone, D.R. Oxidative stress in aquatic organisms in relation to pollution and aquaculture / D.R. Livingstone // Revue de Médecine Vétérinaire. — 2003. — Vol. 154, № 6. — P. 427–430.
4. Halliwell, B. Oxygen toxicity, oxygen radicalis, transition metals and disease / B. Halliwell, J.M. Gutteridge // Biochem. J. — 1984. — Vol. 292. — P. 1–14.
5. Карнаухов, В.Н. Функции каротиноидов в тканях животных / В.Н. Карнаухов. — М.: Наука, 1976. — 104 с.
6. Рязанцева, Л.Т. Ферменты-антиоксиданты: структурно-функциональные свойства и роль в регулировании метаболических процессов / Л.Т. Рязанцева // Вестник Воронежского государственного технического университета. — 2011. — Т. 7, № 2. — С. 126–129.
7. Зотин, А.А. Индивидуальный рост *Lymnaea stagnalis*. Поздний постличиный онтогенез / А.А. Зотин // Известия РАН. Серия биологическая. — 2009. — № 6. — С. 1–8.
8. Хейсин, Е.М. Краткий определитель пресноводной фауны / Е.М. Хейсин. — 2-е изд. — М.: Гос. учеб.-пед. изд-во М-ва просвещения РСФСР, 1962. — 148 с.
9. Гигиенические нормативы 2.1.5.10-21-2003 // Сб. гигиенических нормативов по разделу коммунальной гигиены. — Минск, 2004. — С. 38–75.
10. Чиркин, А.А. Клинический анализ лабораторных данных / А.А. Чиркин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Медицинская литература, 2019. — 368 с.
11. Krisman, C.R. A method for the colometric estimation of glycogen with iodine / C.R. Krisman // Anal. Biochem. — 1962. — Vol. 4. — P. 17–23.
12. Ходоровская, Н.И. Физико-химические и гидробиологические методы исследования экологического состояния водоемов / Н.И. Ходоровская, О.Н. Кандерова. — Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. — 70 с.
13. Пузаткина, Е.А. Влияние экзогенных факторов на состояние газообмена и содержание каротиноидов в тканях пресноводных моллюсков: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Пузаткина Елена Александровна; Казан. гос. ун-т. — Казань, 2006. — 187 л.
14. Балаева-Тихомирова, О.М. Действие солей тяжелых металлов на углеводный обмен тканей пресноводных легочных моллюсков / О.М. Балаева-Тихомирова, Т.А. Толкачева, Е.И. Кацнельсон // Вестник Мозырского государственного педагогического университета им. И.П. Шамякина. — 2018. — № 1(51). — С. 12–17.

REFERENCES

1. Chuiko G.M. *Sovremennye problemy vodokhranilishch i ikh vodosborov: trudy VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Perm, 29 maya – 1 iyulia* [Contemporary Issues of Water Bodies and their Catchment Areas: Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference, Perm, May 29 – June 1], Perm, 2017, 3, pp. 90–94.
2. Lutski M.A. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya* [Advances of the Contemporary Natural Science], 2014, 12(1), pp. 24–28.
3. Livingstone, D.R. Oxidative stress in aquatic organisms in relation to pollution and aquaculture / D.R. Livingstone // Revue de Médecine Vétérinaire. — 2003. — Vol. 154, № 6. — P. 427–430.
4. Halliwell, B. Oxygen toxicity, oxygen radicalis, transition metals and disease / B. Halliwell, J.M. Gutteridge // Biochem. J. — 1984. — Vol. 292. — P. 1–14.
5. Karnaukhov V.N. *Funktsii karotinoidov v tkaniakh zhivotnykh* [Functions of Carotenoids in Animal Tissues], M.: Nauka, 1976, 104 p.
6. Riazantseva L.T. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Journal of Voronezh State Technical University], 2011, 7(2), pp. 126–129.
7. Zotin A.A. *Izvestiya RAN. Seriya biologicheskaya* [Bulletin of the RAS. Biology], 2009, 6, pp. 1–8.
8. Kheisin E.M. *Kratki opredelitel presnovodnoi fauny* [Brief Directory of Freshwater Fauna], M.: Gos. ucheb.-ped. Izd-vo M-va prosveshcheniya RSFSR, 1962, 148 p.
9. *Sb. gigiyenicheskikh normativov po razdelu kommunalnoi gigiyeny* [A Collection of Hygiene Normatives of Communal Hygiene], Minsk, 2004, pp. 38–75.
10. Chirkin A.A. *Klinicheski analiz laboratornykh dannyykh* [Clinical Analysis of Laboratory Data], M.: Meditsinskaya literatura, 2019, 368 p.
11. Krisman, C.R. A method for the colometric estimation of glycogen with iodine / C.R. Krisman // Anal. Biochem. — 1962. — Vol. 4. — P. 17–23.
12. Khodorovskaya N.I., Kanderova O.N. *Fiziko-khimicheskiye i gidrobiologicheskiye metody issledovaniya ekologicheskogo sostoyaniya vodoyemov* [Physical and Chemical and Hydrobiological Research Methods of Ecological Status of Waterbodies], Cheliabinsk: Izd. YuUrGU, 2002, 70 p.
13. Puzatkina E.A. *Vliyaniye ekzogennykh faktorov na sostoyaniye gazoobmena i sodержaniye karotinoidov v tkaniakh presnovodnykh molluskov: dis. ... kand. biol. nauk* [Impact of Exogenous Factors on the State of Gas Exchange and Carotenoid Content in Freshwater Mollusk Tissues: PhD (Biology) Dissertation], Kazan, 2006, 187 sh.
14. Balayeva-Tikhomirova O.M., Tolkacheva T.A., Katsnelson E.I. *Vestnik Mozyrskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. I.P. Shamiakina* [Journal of Mozyr State Pedagogical I.P. Shamiakin University], 2018, 1(51), pp. 12–17.

Поступила в редакцию 14.07.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: olgabal.tih@gmail.com — Балаева-Тихомирова О.М.



ПЕДАГОГІКА

УДК 796.035:796.012-053.2-056.26

ОРГАНИЗАЦИЯ КОРРЕКЦИОННО-РАЗВИВАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПСИХОМОТОРНОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ С ТМНР В ДЕТСКИХ СОЦИАЛЬНЫХ ПАНСИОНАТАХ

Ю.В. Гапонёнок, П.И. Новицкий

Учреждение образования «Витебский государственный университет
имени П.М. Машерова»

В статье актуализируется проблема психомоторного развития детей с тяжелыми, множественными нарушениями в физическом и (или) психическом развитии (ТМНР), проживающих в социальных детских домах. Рассматривается перспективность противостояния дизонтогенезу психомоторики детей посредством организации специально созданной коррекционно-развивающей среды их психомоторного развития.

Цель — теоретико-методические основания организации коррекционно-развивающей среды психомоторного развития детей с ТМНР в детских социальных пансионатах.

Материал и методы. *Используются отечественные и зарубежные научные работы, а также авторов представленного исследования, связанные с вопросами адаптивного физического воспитания данной категории детей. Методы: систематизация, индукция, обобщение и моделирование.*

Результаты и их обсуждение. *На основе анализа особенностей психомоторного развития организма в условиях нарушенного интеллектуального генеза выделены корреляты психомоторного дизонтогенеза детей с тяжелыми нарушениями психофизического развития. Корреляты, отражающие особенности психомоторного состояния организма детей с ТМНР, в то же время определяют ряд конкретных направлений коррекционно-развивающего процесса, выступая системообразующими в модели педагогически управляемой коррекционно-развивающей среды их психомоторного развития. Организованная различными формами физической активности (не исключая физиотерапевтическую и фармацевтическую компоненты) указанная среда воссоздает активацию и сопровождение механизмов организации целостного психомоторного поведения детей с нарушенным развитием, аналогично происходящим естественным образом в двигательном онтогенезе нормотипично развивающегося организма.*

Заключение. *Научно-методическое обеспечение педагогически организованного психомоторного развития детей, проживающих в детских социальных пансионатах, является актуальной, но недостаточно решаемой проблемой адаптивной физической культуры (АФК). Противостоять дизонтогенезу психомоторики детей с ТМНР возможно посредством специально организованной в образовательном процессе и внеучебной деятельности социального пансионата коррекционно-развивающей среды, обеспечивающей формирование индивидуально доступных ребенку жизненно важных двигательных умений, развитие физических качеств и кардиореспираторной системы, психических процессов и основных воспринимающих систем организма (анализаторов).*

Ключевые слова: *коррекционно-развивающая среда психомоторного развития, дети с тяжелыми, множественными нарушениями в физическом и (или) психическом развитии, детские социальные пансионаты, адаптивная физическая культура.*

ORGANIZATION OF PSYCHOMOTOR CORRECTION AND DEVELOPMENT ENVIRONMENT OF CHILDREN WITH SEVERE, MULTIPLE DISORDERS OF MENTAL AND/OR PHYSICAL DEVELOPMENT IN CHILDREN'S SOCIAL HOMES

Yu.V. Gaponenok, P.I. Novitsky

Education Establishment "Vitebsk State P.M. Masherov University"

The article actualizes the problem of psychomotor development of children with severe and/or multiple physical and/or mental disorders (SMDD) who live in social children's homes. The prospects of counteracting dysontogenesis of children's psychomotor skills by organizing a specially created correction and development environment for their psychomotor development are considered.

The purpose is theoretical and methodological bases for the organization of the correction and development environment for psychomotor development of SMDD children at social homes.

Materials and methods. *We use domestic and foreign scientific papers, including those by the authors of the article, related to the issues of adaptive physical education of this category of children. The following methods are used: systematization, induction, generalization and modeling.*

Findings and their discussion. *Based on the analysis of domestic and foreign studies on the peculiarities of psychomotor development in the context of disrupted intellectual genesis, correlates of psychomotor dysontogenesis of children with severe psychophysical development disorders have been identified. The correlates that reflect the characteristics of the psychomotor state of children with severe psychomotor development disorders at the same time determine a number of specific trends for the correction and development process, acting as systemic components in the model of pedagogically managed correction and development environment for their psychomotor development. This environment, organized through various forms of physical activity (including physiotherapeutic and pharmaceutical presence), recreates the activation and accompaniment of mechanisms that organise holistic psychomotor behaviour in children with develop body.*

Conclusion. *Scientific and methodological support for pedagogically organized psychomotor development of children living in children's social homes is an urgent insufficiently solved problem of adaptive physical education (APE). It is possible to resist the dysontogenesis of psychomotor disorders of children with TMNR through a specially organized correctional and developmental environment in the educational process and extracurricular activities of a social home that ensures the formation of vital motor skills individually accessible to the child, the development of physical qualities and the cardiorespiratory system, mental processes and the main perceiving systems of the body (analyzers).*

Key words: *correction and development environment of psychomotor development, children with severe, multiple disorders of mental and/or physical development, children's social homes, adaptive physical education.*

Ратификация в 2016 году в Республике Беларусь «Конвенции о правах инвалидов», вопросы осуществления которой стало курировать Министерство труда и социальной защиты [1], актуализировала устранение дискриминации инвалидов в отношении их полноценного участия в жизни общества.

За последние годы в стране сделано много важных шагов по улучшению положения и условий жизни людей с инвалидностью. В 2017 году правительством был подготовлен и утвержден Национальный план действий по реализации в Республике Беларусь положений Конвенции о правах инвалидов на 2017–2025 гг. Его приоритетными задачами явились обеспечение равенства прав инвалидов и защиты от дискриминации по признаку инвалидности, создание условий для интеграции инвалидов во все сферы жизнедеятельности общества, укрепление в сознании общества уважительного отношения к правам и достоинству инвалидов, а также организация условий для реализации положений Конвенции [2].

Инвалиды в Республике Беларусь имеют политические, социально-экономические, личные права и свободы, а их статус и правовое положение регулируются Конституцией Республики Беларусь, актами законодательства. Это различные конституционные права и свободы (право на свободу, неприкосновенность, достоинство личности и др.), в том числе право каждого на образование и охрану здоровья [3].

Гуманитарный и научный прогресс, принцип инклюзии в образовании современного общества установили необходимость и возможность обучения и воспитания каждого человека, включая лиц, психическое и / или физическое состояние которых долгие годы оставляло их в категории «необучаемых».

В такой контингент входили и дети с ТМНР, пребывающие в системе социального обеспечения в детских домах-интернатах для детей-инвалидов с особенностями психофизического развития, переименованных с 1 июля 2024 года в детские социальные пансионаты (в соответствии с обновленным Законом Республики Беларусь «О социальном обслуживании»). В настоящее время в отечественной системе социальной защиты функционирует 9 детских социальных пансионатов.

Основными задачами детского пансионата являются: обеспечение выполнения государственных минимальных социальных стандартов в области социального обслуживания, организация постоянного постороннего ухода или посторонней помощи, бытового обслуживания и медицинской помощи гражданам, создание для них условий для оказания коррекционно-педагогической помощи, а также получения специального образования. Как образовательный процесс для получения специального образования, так и оказание коррекционно-педагогической помощи в детском пансионате организуется учреждением образования по месту нахождения детского пансионата [4]. Координируют деятельность в сфере специального и инклюзивного образования в регионах центры коррекционно-развивающего обучения и реабилитации (далее ЦКРОиР), которые во взаимодействии с детскими социальными пансионатами обеспечивают создание комплексной системы психолого-медико-педагогической помощи обучающимся с особенностями психофизического развития (ОПФР).

Дети с ТМНР относятся к одной из наиболее сложной категории обучающихся. Трудности обучения и воспитания затрагивают практическое решение всех общих требований образовательного стандарта специального образования к детям, освоившим учебные программы ЦКРОиР: «... владение основами знаний об окружающем мире, умениями, навыками, способами деятельности, необходимыми дляобретения максимально возможной независимости в рамках удовлетворения основных жизненных потребностей» [5].

Одним из ведущих условий максимально возможного участия обучающихся с ТМНР в освоении учебных программ (в том числе индивидуальных) по учебным предметам образовательного процесса является состояние психомоторных возможностей их организма и здоровья в целом. Практически все виды учебной деятельности (письмо, рисование, конструирование, манипуляции с предметами и учебным материалом, дидактические задания, игры и др.) связаны с психомоторикой обучающегося — разносторонней нервно-мышечной деятельностью.

Обобщая современные знания, касающиеся психомоторики человека, под «психомоторным развитием» следует понимать всю область разносторонней (по видам движений) и разнонаправленной (по проявлению физических качеств) мышечной деятельности организма, объединяющей ее биомеханические, физиологические и психологические аспекты [6].

Дети с ТМНР, по существу, представляют отдельную категорию учащихся, как по своим познавательным возможностям, так и психомоторному состоянию организма: значительно сниженным показателям здоровья и двигательных компетенций, а также потенциальных возможностей позитивного прогноза их существенного увеличения (улучшения) с возрастом. При проведении диагностики у большинства обучающихся с ТМНР регистрируется низкий уровень психомоторного развития [7].

Сложно решаемой проблемой остается организация и содержание адаптивного физического воспитания (АФВ) детей с ТМНР в паллиативном отделении социальных детских домов [8], рассматриваемого нами одним из важнейших факторов повышения жизнеспособности и психомоторного состояния их организма.

В то же время, несмотря на последнее, учитывая недостаточную разработанность адаптивных методик в оздоровлении, обучении двигательным действиям и развитии двигательных способностей детей с ТМНР, адаптивное физическое воспитание и сегодня еще не раскрыло свой научный и практический потенциал в решении этих проблем.

Актуальность и своевременность выбранного направления исследования обусловлены инновационностью его подхода, а также связаны с тем, что аналогичные исследования ограничены, а образовательный процесс по АФВ рассматриваемой группы обучающихся (с ТМНР) остается до настоящего времени наименее обеспеченным в научно-методическом сопровождении.

Однако в системе специального образования идет постоянный поиск эффективных подходов и новых технологий качественного решения психомоторного развития детей с ОПФР, в том числе указанной категории обучающихся. В отечественной и зарубежной научной и методической литературе

по специальной педагогике и АФК уже накопился немногочисленный, но достаточно обширный по охвату проблемного поля перечень таких научных и практических разработок (А.Н. Плешаков, Р.Д. Бабенкова, Б.И. Захарьин, С.Ю. Юровский, Э.П. Бебриш, В.М. Мозговой, А.С. Самыличев, Е.С. Черник, Б.В. Сермеев, О.Н. Рубцова, Н. Вайзман, С.П. Евсеев, Л.В. Шапкова, О.А. Барабаш, Т.Л. Лещинская, И.В. Ковалец, В.А. Барков, О.С. Хруль, П.И. Новицкий, Е.М. Петер, П. Лаутеслагер, Г. и Д. Доман, В. Хаги). Следует отметить, что в отдельных учреждениях специального образования и социального обслуживания населения Витебской области (города Витебск, Орша, Богушевск) учителями АФК используются достаточно результативные инновационные подходы и решения физического воспитания обучающихся с ТМНР, остающиеся, к сожалению, вне широкого применения педагогами других учреждений.

Результаты собственной исследовательской деятельности и изучение практического опыта по АФВ детей с ТМНР в детских социальных пансионатах убеждают нас, что психомоторное развитие проживающего здесь контингента должно осуществляться посредством комплексного педагогического воздействия всего имеющегося в учреждении образовательного-средового потенциала. По сути, речь идет о создании в детских социальных пансионатах субъектами образовательного процесса «искусственно управляемой коррекционно-развивающей среды психомоторного развития» [6, с. 130] детей с ТМНР.

Отсутствие в регионах республики научных работ и проектов, связанных с обобщением передового опыта, разработкой и внедрением инновационных технологий АФК обучающихся с ТМНР в массовую образовательную практику учреждений специального образования, тормозит научно-практическое развитие данной образовательной области в национальной системе специального образования, ограничивает необходимое для руководителей и практических работников этой сферы научно-методическое сопровождение, негативно влияя на обеспечение охраны здоровья обучающихся и качество специального образования данной категории детей в целом (включая правовые, гуманистические и инклюзивные аспекты). В полной мере это касается и отсутствия разработок по организации коррекционно-развивающей среды психомоторного развития в детских социальных пансионатах, осуществляющих образовательный процесс с детьми, имеющими ТМНР.

Таким образом, цель исследования заключалась в раскрытии теоретико-методических оснований организации коррекционно-развивающей среды психомоторного развития детей с ТМНР в детских социальных пансионатах.

Материал и методы. Непосредственная разработка организации коррекционно-развивающей среды психомоторного развития детей связывалась с учетом условий и специфики оказания коррекционно-педагогической помощи и получения специального образования детей с ТМНР в государственном учреждении «Богушевский детский социальный пансионат “Лучезарный”». В пансионате функционируют несколько отделений для детей-инвалидов с ОПФР: детское, сопровождаемое, реабилитации и абилитации, психоневрологическое и отделение паллиативного ухода. Проживающие в пансионате воспитанники до 18 лет обучаются по специальным программам ЦКРОиР. Процесс обучения осуществляется учителями ГУО «Богушевская средняя школа имени А.Э. Марфицкого Сенненского района» и ГУО «Центр коррекционно-развивающего обучения и реабилитации Сенненского района». В рамках учебной работы осваивается ряд учебных дисциплин, в том числе и «Адаптивная физическая культура», цель которой максимальное развитие жизнеспособности детей посредством коррекции и компенсации нарушенных функций [9]. Однако применительно к большинству проживающих в пансионатах детей с ТМНР, имеющих тяжелые нарушения физического развития, специально разработанная примерная учебная программа отсутствует, поскольку программа ЦКРОиР по «Адаптивной физической культуре» «... не рассчитана на работу с детьми с тяжелыми нарушениями функций опорно-двигательного аппарата...» [9, с. 40].

Определение структуры и содержания коррекционно-развивающей среды психомоторного развития обучающихся основывается на изучении и обобщении опыта отечественной общей и специальной педагогики и психологии, практики, осуществляющих обучение и воспитание учащихся с интеллектуальной недостаточностью во втором отделении специальной школы и детей с ТМНР, проживающих в социальных детских домах. Для разработки научно-методического обеспечения организации коррекционно-развивающей среды психомоторного развития детей использовались результаты

исследований белорусских ученых-дефектологов (Т.Л. Лещинской, Т.В. Вареновой, И.В. Ковалец, О.С. Хруль, Т.В. Лисовской, О.С. Хитрюк, С.Е. Гайдукевич, Ю.Н. Кисляковой, О.П. Коляды, С.Н. Феклистой, В.Э. Гаманович и ряда других), связанные с вопросами сенсомоторного развития, организации образовательной и адаптивной игровой среды в учреждении специального образования и в семье, дифференциации образования и педагогической диагностики актуального состояния функциональных умений детей с ОПФР, реализации принципа инклюзии.

Теоретический базис выбранного подхода к организации и содержанию коррекционно-развивающей среды психомоторного развития детей с ТМНР составили:

— научные и методические работы отечественных и российских ученых в области специальной педагогики и АФК (Р.Д. Белов, А.Н. Плешаков, Р.Д. Бабенкова, Б.И. Захарьин, С.Ю. Юровский, Э.П. Бебриш, В.М. Мозговой, А.С. Самыличев, А.А. Дмитриев, Е.С. Черник, Б.В. Сермеев, Н.П. Вайзман, Л.В. Шапкова, О.А. Барабаш, В.А. Барков, И.В. Ковалец, О.С. Хруль, П.И. Новицкий и др.), раскрывающие теоретико-эмпирические основы организации, планирования и методики психомоторного развития детей с умеренной и тяжелой интеллектуальной недостаточностью, с тяжелыми и/или множественными нарушениями психического и/или физического развития;

— теоретико-эмпирические исследования и концепции психомоторного дизонтогенеза детей в условиях нарушенного интеллектуального генеза (А.Р. Лурия, С.С. Ляпидевский, В.И. Шостак, В.И. Лубовской, Л.С. Выготский, Э. Сеген, Е.М. Мастюкова, Н.П. Вайзман, П.И. Новицкий и др.);

— научно-методические разработки планирования и содержания уроков АФК сопряженного коррекционно-развивающего воздействия (П.И. Новицкий) и практический опыт их использования учителями АФК в специальных школах г. Витебска и г. Орши (Д.Т. Эйвазов, В.Г. Юрасов, Е.В. Николаева);

— практический опыт организации в учреждении специального образования единого коррекционно-образовательного процесса физического воспитания детей с ТМНР на учебных занятиях по АФК, других образовательных областей («Музыкально-ритмические занятия», «Игра» и др.), а также в условиях внеклассной работы посредством совместной деятельности специалистов ЦКРОиР Оршанского района и родителей обучающихся (И.К. Кихтева, Е.В. Попкова, И.Э. Свидинская, И.Н. Течмурадова);

— промежуточные результаты совместной работы факультета физической культуры и спорта ВГУ имени П.М. Машерова и Богусhevского детского социального пансионата «Лучезарный» над содержанием индивидуальных образовательных маршрутов дифференцированного адаптивного физического воспитания детей с ТМНР, включая паллиативное отделение (Ю.В. Гапонёнок, М.А. Коголь).

Результаты и их обсуждение. Как показывают состояние научно-методического обеспечения и практический опыт образовательного процесса в учреждениях, обеспечивающих получение образования учащимися с ТМНР, педагогическим работникам необходимы соответствующие рекомендации по организации, содержанию, средствам и методам психомоторного развития рассматриваемой категории обучающихся.

Недостаточность педагогической эффективности психомоторного развития учащихся с ТМНР может иметь различные причины как субъективного, так и объективного характера: невысокий уровень специальных знаний и умений у педагога, осуществляющего АФВ; отношение учителя АФК, родителей и окружающего социума к физическому совершенствованию ученика с инвалидностью; материально-техническое обеспечение образовательного процесса; ограниченный доступ и (или) не совсем активное использование специальной литературы по технологии и специфике преподавания учебного предмета «Адаптивная физическая культура»; наконец, индивидуальные особенности обучающихся.

Известно, что лица с тяжелыми нарушениями умственного развития нуждаются в обширной, регулярной, последовательной и пожизненной поддержке в повседневной жизни и полностью зависят от ухода (А.О. Маллер, Г.В. Цикото, 1988; Л.М. Шипицына, 2005; L.H. Peters, C.G. Maathuis, M. Hadders-Algra, 2013 и др.). Проблемы независимой жизнедеятельности в материальном и социальном окружении обусловлены в равной степени как существенным нарушением естественного психического онтогенеза ребенка, так и дизонтогенезом его психомоторного развития.

Анализ результатов отечественных и зарубежных исследований особенностей психомоторного развития организма в условиях нарушенного интеллектуального генеза (А.Р. Лурия, 1973; С.С. Ляпидевский, В.И. Шостак, 1973; В.И. Лубовский, 1971; А.С. Самыличев, 1985; Е.М. Мастюкова, 1992;

Н.П. Вайзман, 1997; А.Д. Синельникова, 2000; В.М. Мозговой, 1994, 2005; А.А. Дмитриев, 1987, 1989; П.И. Новицкий, 2006–2024; R. Filik, A. Sipos, P. Kehoe et al., 2006; A. Oppewal, T.I. Hilgenkamp, R. van Wijck, H.M. Evenhuis, 2013; S. Houwen, van der A. Putten, C. Vlaskamp, 2014 и др.) позволяет сегодня выделить целый ряд коррелятов моторного дизонтогенеза детей с тяжелыми нарушениями психофизического развития, среди которых в качестве основных выступают:

- дефицит разносторонности двигательной деятельности и физических нагрузок;
- низкая функциональная активность анализаторов и дефицит проприоцептивной импульсации;
- ограниченность функционального потенциала респираторной системы;
- энергетический дисбаланс обеспечения жизнеспособности систем организма;
- снижение лабильности нервно-мышечной системы;
- ограниченность самостоятельного включения индивида в активную двигательную деятельность,

как в повседневной жизни, так и в процессе проведения занятий физическими упражнениями [6, с. 131–132].

В свою очередь нормотипичное проявление (не дефицитарное развитие) этих коррелятов в естественном онтогенезе представляет собой условие и стимулирующий фактор развития количественных и качественных показателей двигательного анализатора ребенка, выражения как самостоятельной, так и организованной произвольной двигательной активности, востребованной приспособлением, взаимодействием и независимым поведением в повседневной жизни [10].

Перечисленные факторы, затрагивающие проблемы организации образовательного процесса и отражающие особенности психомоторного состояния организма детей с ТМНР, в то же время определяют ряд конкретных направлений коррекционно-развивающего процесса в сфере АФК и по сути выступают системообразующими в модели педагогической системы «искусственно управляемой коррекционно-развивающей среды» (П.И. Новицкий, 2023): «...специально педагогически организованной различными формами физической активности (не исключая физиотерапевтическое и фармацевтическое присутствие) среды активации и сопровождения механизмов организации целостного психомоторного поведения детей с нарушенным развитием, аналогично происходящим естественным образом в двигательном онтогенезе нормотипично развивающегося организма» [10].

С учетом вышеназванных коррелятов психомоторного дизонтогенеза детей педагогически организованная коррекционно-развивающая среда должна обеспечить формирование индивидуально доступных ребенку жизненно важных двигательных умений, развитие физических качеств и кардиореспираторной системы, психических процессов и основных воспринимающих систем организма (анализаторов).

Решение этой задачи возможно благодаря организации в детском социальном пансионате единого коррекционно-образовательного процесса психомоторного развития воспитанников с ТМНР как на учебных занятиях по АФК и иных образовательных областей («Музыкально-ритмические занятия», «Игра» и др.), так и во время внеучебной работы и проведения мероприятий реабилитационной направленности. Соответственно, в данном процессе активно участвуют все работники и специалисты, имеющие отношение к коррекционно-развивающему процессу, реабилитации и уходу за детьми (учителя АФК и других учебных предметов, воспитатели, инструктор ЛФК, работники физической реабилитации, психолог, врач и др.).

Важнейшим условием этого процесса служит наличие и доступность соответствующего окружающего пространства (инвентарь и оборудование мест для занятий «Адаптивной физической культурой», рекреаций и кабинетов, дидактические материалы и др.).

Таким образом, структурно-содержательная сущность рассматриваемой коррекционно-развивающей среды заключается в обеспечении постоянных условий для психомоторного развития проживающих в пансионате детей, что осуществляется различными формами работы и видами соответствующей деятельности специалистов и выражается в практической реализации специальных задач (табл.). На примере ГУ «Богусhevский детский социальный пансионат “Лучезарный”», с учетом видов и направлений его деятельности, имеющихся материально-технических условий для реализации основных задач пансионата, в организационном и содержательном плане такая среда может быть следующей (табл.).

Структурно-содержательное представление коррекционно-развивающей среды психомоторного развития детей с ТМНР

Формы работы и условия коррекционно-развивающего процесса	Основные задачи и направленность коррекционно-педагогического воздействия
Уроки АФК сопряженного коррекционно-развивающего воздействия (включая индивидуальные) по учебной программе «Адаптивная физическая культура» для ЦКРОиР	Сопряженное с формированием жизненно важных двигательных умений, развитие физических качеств и кардиореспираторной системы, психических процессов и основных воспринимающих систем организма (анализаторов)
Ежедневные занятия АФК сопряженного коррекционно-развивающего воздействия (включая индивидуальные) организованные инструктором социального пансионата	
Утренняя зарядка	Общеразвивающее воздействие на психомоторное состояние организма
Занятия ЛФК (занятия на фитболах, степ-платформах, «йога» для суставов)	Коррекция и увеличение подвижности основных звеньев ОДА, профилактика контрактур
Организованные прогулки (рефлекторная прогулка, канистерапия, гарденотерапия и др.)	Психоэмоциональное развитие, сенсорное развитие, зрительно-моторная координация, координационные способности
Учебные занятия по учебным программам «Музыкально-ритмические занятия», «Игра», «Социально-бытовая ориентация», «Сенсомоторное развитие»	Развитие манипулятивной и предметной деятельности, тонко-моторной и сенсорно-моторной деятельности
Занятие в «Сенсорной комнате» (интерактивный физкультурный комплекс)	Сенсорное и сенсомоторное развитие, выработка привычки и мотивации к физкультурной деятельности
Занятие в «Тренажерном зале», включая тренажеры с биологической обратной связью («Аника», «Корвит», тренажер Гросса)	Развитие двигательных способностей, восстановление мелкой моторики и координации движений, моделирование опорных реакций, профилактика нарушений позы и локомоций, связанных с длительной иммобилизацией, стимуляция опорных зон стоп
Массаж	Нормализация мышечного тонуса, улучшение кровоснабжения мышечных тканей, коррекция тугоподвижности суставов
Лично-досуговая деятельность в игровых зонах отделений социального пансионата	Стимулирование игровой и предметно-манипулятивной деятельности, развитие координационных способностей и психоэмоциональное
Физиотерапевтические процедуры (магнитотерапия, ультразвуковая терапия и др.)	Восстановление тканей, нормализация кровообращения, устранение болевого синдрома

Заключение. Научно-методическое обеспечение педагогически организованного психомоторного развития детей, проживающих в детских социальных пансионатах, является актуальной, однако недостаточно решаемой проблемой АФК. Противостоять дизонтогенезу психомоторики детей с ТМНР возможно посредством специально организованной в образовательном процессе и внеучебной деятельности социального пансионата коррекционно-развивающей среды, обеспечивающей формирование индивидуально доступных ребенку жизненно важных двигательных умений, стимуляцию активности проприоцепторов (проприорецепторов) и лабильности нервно-мышечной системы, развитие физических качеств и кардиореспираторной системы, психических процессов и основных воспринимающих систем организма (анализаторов).

ЛИТЕРАТУРА

1. О ратификации Конвенции о правах инвалидов. Закон Респ. Беларусь, 18 окт. 2016 г., № 424-3 // ЭталонOnline. — URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=H11600424&p1=1> (дата обращения: 26.05.2025).
2. Национальный план действий по реализации положений Конвенции о правах инвалидов в Республике Беларусь. — URL: <https://www.mintrud.gov.by/system/extensions/spaw/uploads/files/ПРОЕКТ-Nats.-plan-kst.pdf> (дата обращения: 26.05.2025).

3. Конституция Республики Беларусь. — URL: <https://president.gov.by/ru/gosudarstvo/constitution> (дата обращения: 26.05.2025).
4. Устав Государственного учреждения «Минский городской детский социальный пансионат «Солнечный»» (новая редакция). — URL: <https://deti-dom.by/pravovaya-informaciya/ustav/> (дата обращения: 26.05.2025).
5. Образовательный стандарт специального образования. — URL: https://do.academy.edu.by/npa/Docum/06/60-spec_obrazov.pdf (дата обращения: 26.05.2025).
6. Новицкий, П.И. Дизонтогенез психомоторики детей с умеренной и тяжелой интеллектуальной недостаточностью: монография / П.И. Новицкий. — Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2024. — 181 с.
7. Гапонёнок, Ю.В. Особенности детей с множественными физическими и психическими нарушениями в развитии Богушевского дома-интерната (Витебская область) / Ю.В. Гапонёнок // II Европейские игры — 2019: психолого-педагогические и медико-биологические аспекты подготовки спортсменов: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 4–5 апр. 2019 г.: в 4 ч. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры; редкол.: С.Б. Репкин (гл. ред.) [и др.]. — Минск, 2019. — Ч. 4. — С. 209–211.
8. Гапонёнок, Ю.В. Адаптивная физическая культура в условиях специализированного интерната / Ю.В. Гапонёнок // Новые горизонты — 2021: сб. материалов VIII Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума, Минск, 11–12 нояб. 2021 г.: в 2 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. — Минск, 2021. — Т. 2. — С. 128–129.
9. Учебная программа по учебному предмету «Адаптивная физическая культура» для I–IX классов центров коррекционно-развивающего обучения и реабилитации / М-во образования Респ. Беларусь. — Минск, 2017. — 56 с.
10. Новицкий, П.И. Уроки сопряженного коррекционно-развивающего воздействия в физическом воспитании учащихся с умеренными и тяжелыми нарушениями интеллектуального развития / П.И. Новицкий // Физическая реабилитация в спорте, медицине и адаптивной физической культуре: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 2 июня 2023 г. / Нац. гос. ун-т физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта. — СПб., 2023. — С. 372–381.

REFERENCES

1. *O ratifikatsii Konventsii o pravakh invalidov. Zakon Resp. Belarus, 18 okt. 2016 g., No. 424-Z* [On Ratifying the Convention of the Rights of the Disabled No. 424-Z Law of the Republic of Belarus of October 18, 2016], EtalonOnline. — URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=H11600424&p1=1> (date of access: 26.05.2025).
2. *Natsionalny plan deistviy po realizatsii polozheni Konventsii o pravakh invalidov v Respublike Belarus* [National Plan to Implement the Convention of the Rights of the Disabled Provisions in the Republic of Belarus]. — URL: <https://www.mintrud.gov.by/system/extensions/spaw/uploads/files/PROEKT-Nats.-plan-kst.pdf> (date of access: 26.05.2025).
3. *Konstitutsiya Respubliki Belarus* [The Constitution of the Republic of Belarus]. — URL: <https://president.gov.by/ru/gosudarstvo/constitution> (date of access: 26.05.2025).
4. *Ustav Gosudarstvennogo uchrezhdeniya "Minski gorodskoi detski sotsialny pansionat «Solnechny»" (novaya redaktsiya)* [Regulation of State Establishment "Minsk City Children's Social Home «Solnechny»" (a New Edition)]. — URL: <https://deti-dom.by/pravovaya-informaciya/ustav/> (date of access: 26.05.2025).
5. *Obrazovatelny standart spetsialnogo obrazovaniya* [Education Standard of Special Education]. — URL: https://do.academy.edu.by/npa/Docum/06/60-spec_obrazov.pdf (date of access: 26.05.2025).
6. Novitsky P.I. *Dizontogenez psikhomotoriki detei s umerennoi i tiazheloi intellektualnoi nedostatochnostyu: monografiya* [Dysontogenesis of Psychomotor Development of Children with Moderate and Severe Intellectual Disability: Monograph], Vitebsk: VGU imeni P.M. Masherova, 2024, 181 p.
7. Gaponenok Yu.V. *II Yevropeyskiye igry — 2019: psikhologo-pedagogicheskiye i mediko-biologicheskiye aspekty podgotovki sportsmenov: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Minsk, 4–5 apr. 2019 g.: v 4 ch.* [II European Games — 2019: Psychological and Pedagogical, Medical and Biological Aspects of Athlete Training: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Minsk, April 4–5, 2019: in 4 Parts], Minsk, 2019, 4, pp. 209–211.
8. Gaponenok Yu.V. *Noviye gorizonty — 2021: sb. materialov VIII Belorussko-Kitaiskogo molodezhnogo innovatsionnogo foruma, Minsk, 11–12 noyab. 2021 g.: v 2 t.* [New Horizons — 2021: Proceedings of the VIII Belarusian and Chinese Youth Innovation Forum, Minsk, November 11–12, 2021: in 2 Volumes], Minsk, 2021, 2, pp. 128–129.
9. *Uchebnaya programma po uchebnomu predmetu "Adaptivnaya fizicheskaya kultura" dlia I–IX klassov tsentrov korrektsionno-razvivayushchego obucheniya i rehabilitatsii* ["Adaptive Physical Education" Academic Discipline Curriculum for the I–IX Years of Correction and Development Teaching and Rehabilitation Centers], Minsk, 2017, 56 p.
10. Novitsky P.I. *Fizicheskaya rehabilitatsiya v sporte, meditsine i adaptivnoi fizicheskoi kulture: materialy VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Sankt-Peterburg, 2 iyunia 2023 g.* [Physical Rehabilitation in Sport, Medicine and Adaptive Physical Education: Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, June 2, 2023], SPb., 2023, pp. 372–381.

Поступила в редакцию 27.05.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: yuliya.gaponenok@gmail.com — Гапонёнок Ю.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЭЛИТНЫХ ГРЕБЦОВ ПРОВИНЦИИ ХЭНАНЬ

Чжан Цзысюань, В.В. Клинов

Учреждение образования «Белорусский государственный
университет физической культуры»

Авторами представлены результаты комплексного анализа уровня физической подготовленности элитных гребцов провинции Хэнань. Внимание сосредоточено на трех ключевых аспектах: аэробной, анаэробной подготовленности и силовых качествах. На основании полученных данных сформулированы приоритетные направления совершенствования тренировочного процесса: акцент на развитии способности к поддержанию высокой мощности и внедрение «поляризованной» модели аэробной тренировки; необходимость сбалансированного совершенствования всех компонентов силовой подготовки с усилением работы над скоростно-силовыми способностями и силовой выносливостью.

Цель статьи — комплексная оценка уровня развития ключевых компонентов физической подготовленности (аэробной, анаэробной мощности, силовых качеств) у ведущих гребцов провинции Хэнань и разработка научно обоснованных рекомендаций по оптимизации их тренировочного процесса с учетом выявленных сильных и слабых сторон.

Материал и методы. Исследование проводилось на тренировочной базе провинции Хэнань с ведущими спортсменами сборной команды. Использовались следующие методы: тестирование, сравнительный анализ и математическая статистика.

Результаты и их обсуждение. Полученные в ходе тестирования данные были проанализированы на трех уровнях: анаэробная работоспособность, аэробная выносливость и силовые качества.

Силовая подготовка гребцов провинции Хэнань характеризуется диспропорцией в развитии различных силовых качеств. При хорошем уровне максимальной силы наблюдается отставание в развитии скоростно-силовых способностей и особенно силовой выносливости, что напрямую коррелирует с выявленными слабыми местами в анаэробном тестировании. Обнаруживается диссоциация анаэробных возможностей: спортсмены обладают хорошей алактатной анаэробной мощностью, но недостаточной гликолитической анаэробной мощностью и силовой выносливостью, а также высокой скоростью утомления.

Заключение. Проведенное исследование позволило объективно оценить уровень физической подготовленности ведущих гребцов провинции Хэнань и обозначить приоритетные направления для совершенствования тренировочного процесса.

Ключевые слова: Китай, провинция Хэнань, гребец, гребля на байдарках и каноэ, физическая подготовка, аэробная мощность, анаэробная мощность, силовые качества, выносливость.

A STUDY OF THE LEVEL OF PHYSICAL FITNESS OF ELITE ROWERS IN HENAN PROVINCE

Zhang Zixuan, V.V. Klinov

Education Establishment “Belarusian State University of Physical Education”

The article presents the results of a comprehensive analysis of the level of physical fitness of elite rowers in Henan Province. The study focuses on three key aspects: aerobic, anaerobic fitness and strength qualities. Based on the data obtained, priority areas for improving the training process are formulated: emphasis on developing the ability to maintain great power and introducing a “polarized” model of aerobic training; the need for a balanced development of all components of strength training with increased work on speed-strength abilities and strength endurance.

The aim of the study is to comprehensively assess the level of development of key components of physical fitness (aerobic, anaerobic power, strength qualities) among leading rowers of Henan Province and to develop scientifically based guidelines for optimizing their training process, taking into account the identified strengths and weaknesses.

Materials and methods. The study was conducted at the training base of Henan Province and involved the leading athletes of the national team. The following methods were used: testing, comparative analysis and mathematical statistics.

Findings and their discussion. The data obtained during the testing were analyzed at three levels: anaerobic performance, aerobic endurance and strength qualities.

The strength training of rowers in Henan Province is characterized by a disproportion in the development of various strength qualities. While the level of maximum strength is good, there is a lag in the development of speed-strength abilities and especially strength endurance, which directly correlates with the identified weaknesses in anaerobic testing. Dissociation of anaerobic capabilities is observed: athletes have good alactate anaerobic power, but insufficient glycolytic anaerobic power and strength endurance, as well as a high rate of fatigue.

Conclusion. *The study allowed us to objectively assess the level of physical fitness of leading rowers in Henan Province and identify priority areas for improving the training process.*

Key words: *China, Henan Province, rower, canoeing, physical training, aerobic power, anaerobic power, strength qualities, endurance.*

Гребля на байдарках и каноэ представляет собой циклический скоростно-силовой вид спорта, в котором доминирующим фактором соревновательного успеха выступает уровень развития физических качеств спортсмена, требующий проявления значительной силы, высокой скорости и выносливости [1].

Несмотря на существенную роль технического мастерства, приоритет физической подготовленности в современной системе тренировки элитных гребцов неуклонно возрастает. Формирование рациональной модели физической подготовки, соответствующей специфике соревновательной деятельности, играет ключевую роль в оптимизации техники и тактики [2].

В научной литературе проблеме физической подготовки гребцов уделяется значительное внимание, с опорой на эмпирические данные, особенно при изучении интеграции физической и технической подготовки. Однако сохраняется существенный пробел: исследования зачастую фокусируются на изолированном развитии отдельных физических качеств (аэробной, анаэробной выносливости, силы), игнорируя рассмотрение взаимосвязей между ними, таких как взаимодействие аэробной и анаэробной систем энергообеспечения, взаимовлияние различных проявлений силы (максимальной, скоростно-силовой, силовой выносливости). В условиях постоянного появления новых тренажерных средств и методик тренировки понимание этих взаимосвязей становится критически важным для повышения эффективности тренировочного процесса и прикладной ценности научных рекомендаций.

Цель статьи — комплексная оценка уровня развития ключевых компонентов физической подготовленности (аэробной, анаэробной мощности, силовых качеств) у ведущих гребцов провинции Хэнань и разработка научно обоснованных рекомендаций по оптимизации их тренировочного процесса с учетом выявленных сильных и слабых сторон, а также современных тенденций в подготовке элитных спортсменов.

Материал и методы. В качестве объектов исследования, которое проводилось на тренировочной базе провинции Хэнань, были выбраны ведущие спортсмены сборной команды данного региона по гребле на байдарках (11 мужчин и 9 женщин). Использовались следующие методы: тестирование, сравнительный анализ и математическая статистика.

Результаты и их обсуждение. Полученные в ходе тестирования результаты были проанализированы на трех уровнях: анаэробная работоспособность, аэробная выносливость и силовые качества.

Исследование проводилось в рамках подготовки сборной команды провинции Хэнань к Национальным играм Китайской Народной Республики (КНР). Все спортсмены являлись мастерами спорта КНР, не имели острых травм и заболеваний на момент тестирования и были ознакомлены с протоколом исследования (средний возраст $20,2 \pm 2,4$).

Максимальное потребление кислорода (VO_{2max}) — ключевой показатель аэробной выносливости, отражающий максимальную способность организма к транспорту и утилизации кислорода при предельной нагрузке [3]. Оно определялось с использованием портативной метаболической системы Jaeger Oxycon Pro (Германия) и беговой дорожки LE6000. Протокол тестирования — ступенчато-возрастающая нагрузка до отказа. Рассчитывался показатель абсолютный (л/мин) и относительный (мл/кг/мин).

Анаэробная работоспособность оценивалась с помощью 30-секундного теста Вингейта (Wingate Anaerobic Test, WAnT) на велоэргометре Monark (Швеция). Определялись следующие показатели:

— относительная пиковая мощность (Relative Peak Power, RPP), Вт/кг: максимальная механическая мощность, развиваемая за 5-секундный интервал теста. Индикатор алактатной анаэробной мощности и взрывной силы;

– относительная средняя мощность (Relative Mean Power, RMP), Вт/кг: средняя механическая мощность за все 30 секунд теста. Индикатор мощности гликолитической анаэробной системы и силовой выносливости;

– индекс утомляемости (Fatigue Index, FI), %: процентное снижение мощности от пиковой до минимальной за время теста. Рассчитывался по формуле: $FI (\%) = [(\text{пиковая мощность} - \text{минимальная мощность}) / \text{пиковая мощность}] \times 100\%$. Характеризует способность поддерживать высокую мощность и устойчивость к утомлению [4].

Тестирование силовых качеств проводилось по трем направлениям: максимальная сила, скоростно-силовые способности, силовая выносливость (табл. 1). Для объективного сравнения разнородных показателей и выявления диспропорций в силовой подготовке результаты были нормализованы (переведены в проценты от максимального результата в группе для каждого теста).

Таблица 1

Перечень упражнений для тестирования различных силовых качеств гребцов провинции Хэнань

Силовое качество	Тестовое упражнение	Метод оценки
Максимальная сила	Жим штанги лежа (max) Тяга штанги в наклоне (max)	Вес (кг)
Скоростно-силовые	Жим штанги лежа (30% от max), макс. скорость Прыжок вверх с места (Counter Movement Jump, CMJ)	Мощность (Вт) Высота (см)
Силовая выносливость	Подтягивания (макс. кол-во раз) Сгибание рук со штангой (25% от массы тела, макс. кол-во раз за 1 мин)	Кол-во раз

Обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2019 и IBM SPSS Statistics 26.0. Рассчитывались описательные статистики ($M \pm SD$ — среднее арифметическое и стандартное отклонение). Для оценки достоверности различий между группами (мужчины/женщины, данные Хэнань/белорусские данные) применялся t-критерий Стьюдента для независимых выборок. Для оценки взаимосвязей между показателями использовался коэффициент корреляции Пирсона (r). Уровень статистической значимости устанавливался при $p < 0.05$.

Анаэробная метаболическая способность является критической для успеха в спринтерских дисциплинах. Проведено сравнение показателей аэробной и анаэробной подготовленности гребцов провинции Хэнань с данными белорусских элитных гребцов (молодежная сборная Республики Беларусь). Результаты 30-секундного теста Вингейта и теста VO_{2max} представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты 30-секундного анаэробного теста и VO_{2max} гребцов провинции Хэнань и белорусских гребцов ($M \pm SD$)

Половой признак	Показатель	Гребцы провинции Хэнань	Гребцы Республики Беларусь
Мужчины	Относительная пиковая мощность (RPP) (Вт/кг)	11.12 ± 2.51	11.38 ± 2.11
	Относительная средняя мощность (RMP) (Вт/кг)	6.97 ± 1.48	8.21 ± 2.12
	Индекс утомляемости (FI) (%)	64.46 ± 5.17	58.57 ± 4.32
	Относительное VO_{2max} (мл/кг/мин)	60.32 ± 3.61	62.07 ± 1.61
Женщины	Относительная пиковая мощность (RPP) (Вт/кг)	9.12 ± 2.10	8.37 ± 0.87
	Относительная средняя мощность (RMP) (Вт/кг)	6.31 ± 3.11	7.25 ± 1.85
	Индекс утомляемости (FI) (%)	58.21 ± 7.32	56.12 ± 4.88
	Относительное VO_{2max} (мл/кг/мин)	56.45 ± 4.24	57.56 ± 3.14

Сравнение полученных результатов с данными белорусских элитных гребцов выявило такие закономерности:

1. Относительная пиковая мощность (RPP): у гребцов Хэнань (мужчины: 11.12 ± 2.51 Вт/кг; женщины: 9.12 ± 2.10 Вт/кг) статистически значимо не отличалась ($p > 0.05$) от показателей белорусских спортсменов (мужчины: 11.38 ± 2.11 Вт/кг; женщины: 8.37 ± 0.87 Вт/кг). Это свидетельствует о сопоставимом уровне развития алактатной анаэробной мощности и взрывной силы у спортсменов провинции Хэнань на момент тестирования.

2. Относительная средняя мощность (RMP): показатели гребцов Хэнань (мужчины: 6.97 ± 1.48 Вт/кг; женщины: 6.31 ± 3.11 Вт/кг) были достоверно ниже ($p < 0.01$), чем у белорусских элитных гребцов (мужчины: 8.21 ± 2.12 Вт/кг; женщины: 7.25 ± 1.85 Вт/кг). Величина различий составила в среднем 15–18%. Это указывает на существенное отставание в развитии гликолитической анаэробной мощности и, что особенно важно, силовой выносливости — способности поддерживать высокую мощность в течение 30 секунд.

3. Индекс утомляемости (FI): значения FI у спортсменов Хэнань (мужчины: $64.46 \pm 5.17\%$; женщины: $58.21 \pm 7.32\%$) были достоверно выше ($p < 0.01$), чем у белорусских спортсменов (мужчины: $58.57 \pm 4.32\%$; женщины: $56.12 \pm 4.88\%$). Более высокий FI означает более быстрое снижение мощности во время выполнения работы, то есть меньшую устойчивость к утомлению при высокоинтенсивной нагрузке. У мужчин этот дефицит выражен сильнее.

4. Относительное VO_{2max} : показатели аэробной выносливости (мужчины: 60.32 ± 3.61 мл/кг/мин; женщины: 56.45 ± 4.24 мл/кг/мин) находились на уровне, характерном для квалифицированных гребцов, но также несколько уступали белорусским данным (мужчины: 62.07 ± 1.61 мл/кг/мин, $p < 0.05$; женщины: 57.56 ± 3.14 мл/кг/мин, $p > 0.05$).

Анализ кривых мощности Вингейта с 5-секундными интервалами подтвердил эти выводы. Пик мощности у спортсменов Хэнань достигается быстро (в интервале 5–10 секунд), что характерно для быстрого развития алактатной системы и взрывной силы. Однако последующее снижение мощности происходит значительно быстрее, чем у белорусских элитных спортсменов. Кривая имеет выраженный «нисходящий» тренд. Это показывает высокий FI и подтверждает дефицит в способности поддерживать субмаксимальную мощность в течение 30 секунд, что критически важно для гонок на 200 и 500 м.

Ведущие гребцы провинции Хэнань демонстрируют сопоставимый с белорусским элитным уровнем потенциал к развитию взрывной силы и кратковременной анаэробной мощности (RPP). Однако их ключевым лимитирующим фактором является недостаточная силовая выносливость и устойчивость к утомлению при высокоинтенсивной работе, что выражается в достоверно более низкой средней мощности (RMP) и достоверно более высоком индексе утомляемости (FI) по сравнению с белорусскими элитными гребцами. Это требует приоритетного внимания в тренировочном процессе.

Аэробная выносливость играет ключевую роль в восстановлении между высокоинтенсивными усилиями, поддержании техники на дистанции и общей тренировочной переносимости. В традиционной подготовке китайских гребцов долгое время доминировала модель «лактатного порога» (Lactate Threshold, LT-модель). Данная модель предполагает, что наибольший прирост аэробной выносливости достигается при тренировках в интенсивности, соответствующей уровню лактата крови 2–4 ммоль/л, то есть вблизи анаэробного порога (AnT). Это подтверждает значительный объем работы в зоне высокой интенсивности [2].

Однако современные исследования элитных спортсменов на выносливость, включая гребцов, указывают на большую эффективность «поляризованной» (Polarized, POL) модели тренировки [5; 6].

LT-модель, с ее акцентом на зону 2, по мнению Чэнь Сяопина, часто приводит спортсменов в состояние хронического недовосстановления и утомления («не может замедлиться и не может быстро подняться»), когда не обеспечивается оптимальный стимул для развития ни базовой аэробной мощности, ни максимальной анаэробной производительности [7].

В нашем исследовании была обнаружена статистически значимая отрицательная корреляция между относительным VO_{2max} и индексом утомляемости (FI) у гребцов Хэнань ($r = -0.614$, $p = 0.01$). Это согласуется с результатами Томлина и Венгера (Tomlin & Wenger, 2002) [8], которые выявили значимую корреляцию между VO_{2max} и скоростью восстановления после высокоинтенсивной работы ($r = 0.78$) и отрицательную корреляцию с FI ($r = -0.65$) у спринтеров. Это означает, что развитие аэробной выносливости (VO_{2max}) позволяет достигать быстрого восстановления между усилиями и снижения скорости

падения мощности (уменьшению FI), то есть косвенно улучшает способность поддерживать высокую интенсивность в течение длительного времени — именно тот компонент, который был выявлен как слабый у гребцов Хэнань в анаэробном тесте.

Традиционная LT-модель тренировки, возможно, видится одним из факторов, ограничивающих рост показателей RMP и FI у гребцов Хэнань. Низкий уровень аэробной мощности (VO_{2max}) у части спортсменов и выявленная его значимая связь со снижением утомляемости ($r = -0.614$) обосновывают необходимость пересмотра распределения тренировочных интенсивностей. Внедрение «поляризованной» модели, с акцентом на значительный объем низкоинтенсивной аэробной работы и целенаправленные высокоинтенсивные интервалы, представляется научно обоснованным путем для улучшения аэробного базиса, ускорения восстановления и, как следствие, повышения способности к поддержанию высокой мощности (RMP) и снижению FI.

Силовые качества являются основой для эффективной передачи мощности на весло и стабилизации лодки. Силовая подготовка может занимать до 25–30% общего тренировочного времени гребцов. Многие исследователи подчеркивают важность развития специальной силы гребца, включая динамическую максимальную силу, скоростно-силовые способности и силовую выносливость [9].

Для оценки силового потенциала гребцов провинции Хэнань были протестированы различные проявления силы (табл. 1). 100% — лучший результат в группе по каждому тесту. Данные по силовым качествам сравнивались с нормативными требованиями, предъявляемыми к спортсменам национального уровня [10], и анализировались на предмет внутренних диспропорций. Анализ выявил:

1. Максимальная сила — показатели в жиме лежа и тяге в наклоне находятся на высоком уровне (85–95% от лучшего результата в группе), что соответствует хорошей базовой силовой подготовке.

2. Скоростно-силовые способности — показатели мощности в жиме лежа с 30% от тах и высоты прыжка демонстрируют определенный разброс и в среднем более низкие значения (65–75%) по сравнению с максимальной силой. Это свидетельствует о недостаточной способности к быстрому развитию усилия, что критично для старта и ускорения.

3. Силовая выносливость — результаты в подтягиваниях и сгибаниях рук со штангой (25% массы тела) оказались наиболее слабым звеном (55–65%). Это прямо коррелирует с выявленным ранее низким показателем относительной средней мощности (RMP) и высоким индексом утомляемости (FI) в тесте Вингейта. Способность многократно проявлять субмаксимальные усилия в условиях нарастающего утомления развита недостаточно.

В практике подготовки гребцов провинции Хэнань основным направлением силовой подготовки остается «силовая тренировка на суше». Она служит необходимым дополнением к специальной силовой работе на воде. Однако анализ применяемых средств показал, что часто используются относительно изолированные упражнения. Для преодоления выявленных диспропорций (недостаток развития скоростно-силовых способностей и силовой выносливости) и улучшения межмышечной координации необходима коррекция содержания силовой подготовки на суше.

Силовая подготовка гребцов провинции Хэнань характеризуется диспропорцией в развитии различных силовых качеств. При достаточном уровне максимальной силы наблюдается отставание в развитии скоростно-силовых способностей и особенно силовой выносливости, что напрямую коррелирует с выявленными слабыми местами в анаэробном тестировании (низкая RMP, высокий FI). Требуется переориентация силовой подготовки на сбалансированное развитие всех компонентов, с особым акцентом на скоростно-силовые упражнения и упражнения на силовую выносливость в специфических режимах, максимально приближенных к гребку. Необходима интеграция работы верхних и нижних конечностей, корпуса, а также использование комплексных движений и современных методик (нестабильные платформы, упругие элементы) для улучшения межмышечной координации и специфичности.

Полученные результаты позволяют сформулировать ключевые проблемы в физической подготовке элитных гребцов провинции Хэнань:

1. Диссоциация анаэробных возможностей: спортсмены обладают хорошей алактатной анаэробной мощностью (RPP), но недостаточной гликолитической анаэробной мощностью и силовой выносливостью (RMP), а также высокой скоростью утомления (FI). Это создает дисбаланс, ограничивающий результативность на дистанциях, требующих поддержания субмаксимальной интенсивности (200 м, 500 м).

2. Несколько сниженные показатели VO_{2max} и их значимая связь с FI указывают на недостаточный вклад аэробной системы в восстановление и поддержание работоспособности. Доминирование традиционной LT-модели может быть фактором, препятствующим развитию как базовой аэробной выносливости, так и способности к переносимости высокоинтенсивных интервалов.

3. Диспропорции в силовой подготовке: явное отставание скоростно-силовых способностей и силовой выносливости при высоком уровне максимальной силы указывает на недостаточную специфичность и сбалансированность силовых тренировок. Это является прямым отражением низкой RMP и высокого FI.

4. Необходимость интеграции и специфичности. Выявленные проблемы взаимосвязаны. Недостаток аэробной базы усугубляет утомляемость (высокий FI). Слабая силовая выносливость напрямую ведет к падению мощности (низкая RMP). Изолированная тренировка компонентов без учета их взаимодействия и специфики гребка ограничивает общую эффективность.

Проведенное исследование позволило объективно оценить уровень физической подготовленности ведущих гребцов провинции Хэнань и обозначить приоритетные направления для совершенствования тренировочного процесса:

1. Ключевой задачей является повышение относительной средней мощности (RMP) и снижение индекса утомляемости (FI), то есть развитие способности поддерживать высокую субмаксимальную мощность в течение времени, соответствующего соревновательной дистанции. Это требует комплексного подхода:

1.1. Аэробная тренировка — переход к «поляризованной» модели распределения интенсивности:

- увеличение объема низкоинтенсивной аэробной работы (зона 1, <2 ммоль/л лактата) до 75–80% общего объема циклической работы (бег, велосипед, гребля низкой интенсивности);
- сохранение/увеличение высокоинтенсивных интервалов (зона 3, >4 ммоль/л лактата) до 5–10% объема (короткие интервалы 30 с — 2 мин, длительный отдых);
- сокращение объема работы в пороговой зоне (зона 2, 2–4 ммоль/л лактата) до 10–20%. Использовать преимущественно в соревновательный период или как тестовые контрольные тренировки.

1.2. Анаэробная тренировка: акцент на развитии гликолитической анаэробной мощности и силовой выносливости:

- интервальные тренировки на воде/эргометре: серии 30 с — 2 мин работы на интенсивности 90–100% от соревновательной с неполным восстановлением (например, 8–10 x 1 мин раб/1 мин отдых; 4–6 x 2 мин раб/2 мин отдых). Контроль по мощности/скорости и лактату;
- тренировки на силовую выносливость: длительные удержания мощности (3–8 мин) на уровне 80–85% от максимальной (соответствует RMP) с контролем падения.

2. Совершенствование силовой подготовки. Необходимо устранить дисбаланс в развитии силовых качеств:

2.1. Развитие скоростно-силовых способностей:

- скоростно-силовые упражнения: взрывные жимы/тяги (30–50% max) с акцентом на максимальную скорость выполнения. Плиометрика (прыжки, броски медболов);
- комплексные скоростно-силовые упражнения, вовлекающие ноги–корпус–руки (рывки/толчки штанги/гири).

2.2. Приоритетное развитие силовой выносливости:

- круговая тренировка с акцентом на верх тела: подтягивания/отжимания в высоком повторе (15–30+), тяги/жимы с 40–60% max с контролем времени под нагрузкой и темпа в режиме AMRAP (макс. повт. за время) или EMOM (каждую минуту);
- интервальная работа с отягощениями: «гребные» тяги/жимы (имитация гребка) с резиной/на блоках в режиме работы 30 с — 1 мин раб/30 с — 1 мин отдых;
- становая тяга/приседания в режиме выносливости (вес 50–70% max, 15–20+ повт.).

2.3. Предусмотреть тренировку различных мышечных групп:

- использовать комплексные движения (тяга + стабилизация корпуса; жим + присед);
- включать упражнения на нестабильных платформах (BOSU, TRX) для улучшения стабилизации и координации;
- сохранять тренировку максимальной силы как базу (2 раза в неделю).

3. Мониторинг и индивидуализация: регулярное тестирование ключевых показателей (RPP, RMP, FI на велоэргометре; контрольные силовые тесты; лактатный профиль при аэробных нагрузках). Индивидуализация тренировочных нагрузок и акцентов на основе данных тестирования и текущего состояния спортсмена. Учет региональных особенностей (климат, базы подготовки, доступное оборудование) при планировании тренировок.

4. Интеграция физической и технико-тактической подготовки. Все развиваемые физические качества должны находить отражение и закрепляться в специфической работе на воде. Упражнения для развития скоростно-силовых способностей и силовой выносливости следует интегрировать в технико-тактическую подготовку.

Заключение. Таким образом, представленное исследование позволило оценить уровень развития ключевых компонентов физической подготовки у ведущих гребцов провинции Хэнань и разработать научно обоснованные рекомендации, что поможет оптимизировать систему подготовки гребцов, преодолеть выявленные слабые звенья и вывести спортивные результаты на более высокий уровень.

ЛИТЕРАТУРА

1. 丁俊杰, 潘慧玖 — 亚洲男子单皮艇赛艇技术的研究和 200 米距离单皮艇比赛结构的特点 [J] — 中国体育科技 = Дин Цзюньцзе. Исследование азиатской мужской одиночной гребной техники и характеристик структуры соревнований на байдарках-одиночках на 200 метров / Дин Цзюньцзе, Пан Хуэйцзю // Спортивная наука и технологии Китая. — 2011. — Т. 47, № 4. — С. 69–73.
2. 张峰 — 我国女子皮艇有氧速度结构和相关竞争能力的总体思路 [J] — 体育与科学 = Чжан Фэн. Общая идея аэробной скоростной структуры и связанной с ней конкурентоспособности китайских женщин-байдарочников / Чжан Фэн // Спорт и наука. — 2008. — Т. 29, № 4. — С. 73–79.
3. 邱俊强 — 最大摄氧量及其衍生物研究进展 [J]. 北京体育大学学报 = Цю Цзюньцян. Прогресс исследований максимального потребления кислорода и его производных / Цю Цзюньцян // Журнал Пекинского спортивного университета. — 2011. — Т. 34, № 1. — С. 73–76.
4. 王青 — 研究和创建我国优秀运动员竞争力的诊断和监测系统 — 北京: 人民体育出版社 = Ван Цин. Исследование и создание диагностической и мониторинговой системы для конкурентоспособности выдающихся спортсменов Китая / Ван Цин. — Пекин: Издательство «Народный спорт», 2004. — 600 с.
5. Six weeks of a polarized training-intensity distribution leads to greater physiological and performance adaptations than a threshold model in trained cyclists / C.M. Neal [et al.] // J. Appl Physiol. — 2013. — Vol. 114, № 4. — P. 461–471.
6. Seiler, S. Intervals, Thresholds, and Long Slow Distance: the Role of Intensity and Duration in Endurance Training / S. Seiler, E. Tønnessen // Sportscience. — 2009. — Vol. 13. — P. 32–53.
7. 陈小平 — 竞技体育训练实践发展的理论思考 — 北京: 北京体育大学出版社 = Чэнь Сяопин. Теоретические размышления о развитии практики соревновательной спортивной тренировки / Чэнь Сяопин. — Пекин: Издательство Пекинского спортивного университета, 2008. — 182 с.
8. Tomlin, D.L. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise / D.L. Tomlin, H.A. Wenger // Sports Med. — 2002. — Vol. 5, № 3. — P. 194–203.
9. 河南省皮划艇运动员体能训练指南. 河南省体育科学研究所. 郑州 = Руководство по физической подготовке для гребцов провинции Хэнань. — Чжэнчжоу: Хэнаньский институт спортивной науки, 2020.

REFERENCES

1. 丁俊杰, 潘慧玖 — 亚洲男子单皮艇赛艇技术的研究和 200 米距离单皮艇比赛结构的特点 [J] — 中国体育科技.
2. 张峰 — 我国女子皮艇有氧速度结构和相关竞争能力的总体思路 [J].
3. 邱俊强 — 最大摄氧量及其衍生物研究进展 [J]. 北京体育大学学报.
4. 王青 — 研究和创建我国优秀运动员竞争力的诊断和监测系统 — 北京: 人民体育出版社.
5. Six weeks of a polarized training-intensity distribution leads to greater physiological and performance adaptations than a threshold model in trained cyclists / C.M. Neal [et al.] // J. Appl Physiol. — 2013. — Vol. 114, № 4. — P. 461–471.
6. Seiler, S. Intervals, Thresholds, and Long Slow Distance: the Role of Intensity and Duration in Endurance Training / S. Seiler, E. Tønnessen // Sportscience. — 2009. — Vol. 13. — P. 32–53.
7. 陈小平 — 竞技体育训练实践发展的理论思考 — 北京: 北京体育大学出版社.
8. Tomlin, D.L. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise / D.L. Tomlin, H.A. Wenger // Sports Med. — 2002. — Vol. 5, № 3. — P. 194–203.
9. 河南省皮划艇运动员体能训练指南. 河南省体育科学研究所. 郑州.

Поступила в редакцию 14.07.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: klinov.v@mail.ru — Клинов В.В.

УДК 37.041+378.4

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ САМООБРАЗОВАНИЯ СТУДЕНТОВ В УСЛОВИЯХ УНИВЕРСИТЕТА

М.В. Макрицкий, Н.А. Ракова, В.В. Тетерина

Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»

В работе рассматриваются пути формирования у студентов профессиональных умений и навыков, способствующих самообразованию, роль преподавателя в процессе организации их самостоятельной работы и самообразовательной деятельности, определены основные формы и методы использования учебных занятий в совершенствовании умений и навыков самообразования студентов.

Цель статьи — выделить ключевые мотивы самообразования студентов, теоретически обосновать, разработать и апробировать доминирующие формы и методы, обеспечивающие формирование умений и навыков самообразовательной деятельности будущих педагогов; выявить этапы, условия осуществления этого процесса.

Материал и методы. Материалом послужили научная и методическая литература по теме исследования, учебники и учебные пособия, данные бесед, наблюдений, опросов студентов. Методы: анализ литературных и документальных источников, анкетирование, анализ, синтез, обобщение, математической обработки данных.

Результаты и их обсуждение. Уточнена сущность и структура понятия «самообразование». Разработана система подготовки студентов к самообразованию, включающая теорию и практическую деятельность. Установлено, что степень сформированности умений и навыков самообразования находится в прямой зависимости от: уровня усвоения профессионально-педагогических знаний, умений и навыков; методов стимулирования социально-профессиональных мотивов будущей педагогической деятельности; уровня развития адекватной самооценки качеств, способствующих самообразованию; осознания студентами значимости профессиональных характеристик, активности в процессе самообразования.

Заключение. Таким образом, самообразование и самостоятельная работа студентов позволяют развивать их индивидуальные познавательные способности, содействуют овладению методами познания, актуализируют потребность в постоянном пополнении знаний, воспитывают самостоятельность как черту характера личности.

Ключевые слова: самообразование, этапы самообразования, мотивы, самостоятельная работа, педагогическое руководство, уровни самообразования.

FEATURES OF ORGANIZING STUDENT SELF-EDUCATION IN UNIVERSITY ENVIRONMENT

M.V. Makritsky, N.A. Rakova, V.V. Teterina

Education Establishment "Vitebsk State P.M. Masherov University"

The paper examines the ways in which students develop professional skills that contribute to self-education, the role of the teacher in the process of organizing their independent work and self-educational activities, identifies the main forms and methods of using academic activities in the formation of students' self-education skills.

The purpose of the article is to identify the main motives of students' self-education, theoretically substantiate, develop and test the dominant forms and methods that ensure the formation of skills and abilities of self-educational activities of would-be teachers; identify the main stages, conditions conducive to the implementation of the process.

Material and methods. The material were scientific and methodological literature on the research topic, textbooks and manuals, data from conversations, observations, and student surveys. The main methods used were: analysis of literary and documentary sources, questionnaires, analysis, synthesis, generalization, methods of mathematical data processing.

Findings and their discussion. The essence and structure of the concept of self-education are clarified. A system of preparing students for self-education has been developed, which consists of two parts: theoretical training and practical activities. It is found out that the degree of formation of self-education skills is directly dependent on the level of assimilation of professional and pedagogical knowledge, skills and abilities; on methods of stimulating social and professional motives for future pedagogical activity; on the level of development of adequate self-assessment of qualities that contribute to self-education; on students' awareness of the importance of professional qualities, activity in the process of self-education.

Conclusion. *Thus, student self-education and independent work contribute to the development of their individual cognitive abilities, promote the mastery of cognitive methods, actualize the need for constant replenishment of knowledge, foster independence as a personality trait.*

Key words: *self-education, stages of self-education, motives, independent work, pedagogical guidance, levels of self-education.*

В условиях кардинальных изменений в сфере социальной, экономической и культурной жизни общества закономерно происходит смена ценностей и приоритетов в общественном и педагогическом сознании людей. Центром, точкой отсчета в теории и практике высшего образования должен стать человек, личность обучающегося, потребности его развития и саморазвития, которые могут удовлетворяться в развивающем, инновационном обучении, в условиях гуманизации педагогического процесса.

Постоянно идет процесс перестройки системы высшего образования, происходят интенсивные поиски путей, форм и методов подготовки современного учителя. Высоким потенциалом в данном смысле обладает организация самостоятельной работы и самообразования студентов. Как самообразование, так и самостоятельная работа будущего педагога направлены на усвоение учебной информации, приобретение знаний, умений и навыков, необходимых для овладения будущей профессией. Образовательная среда, вовлекающая студента в самостоятельную работу и самообразовательную деятельность, создает ему возможность для проявления личностной активности, самореализации и самоактуализации.

Самообразование и самостоятельная работа будущего учителя обладают образовательным потенциалом, совершенствуют культуру мышления, умственного труда, содействуют становлению активного, обогащающего интеллект, осознанного восприятия информации. Включение в процесс систематической, целенаправленной самостоятельной работы развивает наблюдательность студентов, логическое и абстрактное мышление. Студенты учатся анализировать информацию, выделяя главную и второстепенную, критически оценивать изучаемый материал, самостоятельно добывать знания и творчески использовать их в педагогической деятельности, что определяет траекторию их дальнейшего самообразования.

Цель статьи — выделить ключевые мотивы самообразования обучающихся в УВО, теоретически обосновать, разработать и апробировать доминирующие формы и методы, обеспечивающие формирование умений и навыков самообразовательной деятельности будущих педагогов; выявить этапы и условия осуществления этого процесса.

Материал и методы. Материалом послужили научная и методическая литература по теме исследования, учебники и учебные пособия, данные бесед, наблюдений, опросов студентов. Методы: анализ литературных и документальных источников, анкетирование, анализ, синтез, обобщение, методы математической обработки данных.

В исследовании приняли участие 76 студентов II–III курсов факультета физической культуры и спорта ВГУ имени П.М. Машерова.

Результаты и их обсуждение. В истории развития человеческого общества самообразование возникло и существовало как неформальная, независимая форма обучения, часто находящаяся в противоречии с государственной системой образования.

Так, чешский педагог Я.А. Коменский (1592–1670), в жизни которого самообразованию отводилось центральное место, осознал отрицательный опыт господствовавшей тогда образовательной системы и занялся разработкой теоретических вопросов, связанных с улучшением постановки учебной работы и вопросами подготовки юношества к самостоятельному познанию [1].

По мнению английского философа Д. Локка (1632–1704), задача воспитания заключалась не в том, чтобы «довести обучающегося до полного усвоения всех наук или какой-либо одной из них, а в том, чтобы выработать такие привычки, которые сделали бы человека способным в ходе дальнейшей жизни овладевать любой областью знания, заниматься самообразованием» [2].

Среди педагогических идей XVII века пристального внимания, на наш взгляд, заслуживают взгляды Симеона Полоцкого. Воззрения отечественного просветителя на ум ребенка, развивающийся под воздействием всего того, что он читает, слышит, видит, позже нашли свое место в психологической характеристике процесса самообразования [3, с. 258].

Вклад в развитие самообразования в период раннего просвещения на Беларуси внесли К. Лыщинский, И.Ф. Копиевский, Г. Конисский, Я. Белобоцкий.

Педагогические представления по вопросам самообразования стали популяризироваться со второй половины XVIII века. В первых десятилетиях XIX века получает распространение и коллективная форма самообразования — кружки.

Наиболее весомый вклад в развитие теории и практики самообразования в тот период внес Д.И. Писарев, разработавший систему суждений на этот вид деятельности [4]. Он использовал самообразование для пропаганды естественно-научных, прикладных знаний, стремился к более широкому распространению знаний по природоведческим наукам с целью общественного обновления.

В центре внимания деятелей белорусского просвещения были вопросы формирования умений педагога по воспитанию навыков самообразования у обучающихся и овладению знаниями ими в дальнейшем.

Белорусский педагог Ф.А. Кудринский (Богдан Степанец) (1867–1933) считал, что учитель обязан давать ученикам фактические знания и развивать их умственные способности. Только такое сочетание, по его мнению, должно было удовлетворять желания учеников впоследствии овладеть информацией самостоятельно [5]. А это требовало высокого уровня педагогической подготовки учителя. Главной целью обучения исследователь назвал «развитие у воспитанника способности самостоятельными умениями приобретать новые знания». В этом он видел и смысл самообразования, к которому следует подготовить каждого выпускника школы.

Одним из первых кружков самообразования, созданных при Несвижской семинарии в последней четверти XIX века, руководил А.Е. Богданович. Развертыванию кружковой работы во многих городах Беларуси способствовало пробуждающееся самосознание молодежи, студентов, учителей. Некоторые кружки издавали свои журналы, вестники, рекомендации, памятки. В журнале «Гомон» прямо сказано: «Пусть занимается каждый самообразованием — это очень и очень необходимо» [6].

Анализ первоисточников показывает, что в послереволюционные годы помощь самообразованию молодежи была заявлена в числе первоочередных задач органов народного образования, для этого была создана Центральная комиссия по самообразованию, стали издаваться журналы «В помощь самообразованию», справочник по самообразованию, различные методики.

Таким образом, прогрессивные педагоги выступали против механических способов запоминания. Они стремились отводить время на занятия в том числе и для самостоятельной работы учащихся, прививая им востребованные жизнью навыки [7–11].

Степень осознания необходимости самообразования следует учитывать на протяжении всех лет обучения студента в УВО, так как она становится мотивом его деятельности. Мотивы являются значимой характеристикой направленности личности будущего учителя, они побуждают к определенному действию (в нашем случае — к самообразованию). Мотивы также обуславливают цели и характер деятельности, формируют познавательное отношение (интереса) к деятельности.

Анкетирование студентов II–III курсов продемонстрировало, что наиболее важными мотивами самообразовательной деятельности будущего учителя являются личностные и профессиональные: «знание придает уверенность в себе» (77%), «принято быть в числе лучших студентов» (49%), «знания пригодятся в профдеятельности» (56%), «в дальнейшем планирую заниматься научной работой по психологии, педагогике» (14%), «любые знания пригодятся в будущем» (69%), «хочу овладеть методикой преподавания предметов» (48%).

В ходе исследования нами было установлено, что только 20% студентов II курса и 38% III курса считают себя психологически подготовленными к самообразовательной деятельности в системе учебной и внеаудиторной деятельности; систематически занимаются самообразованием лишь немногие студенты: 22% — II курса и 28% — III курса.

Мониторинг показал, что готовность студентов к самообразованию напрямую зависит от качества организации системы учебно-воспитательных методов и средств, а также от сформированности мотивов, потребностей, интересов, личностных качеств, практических умений и навыков самообразования у студентов с I курса.

Наше исследование установило низкий уровень владения студентами умениями, способствующими самообразованию. Респонденты признались, что наиболее сформированными они считают

умения извлекать информацию из учебного и самообразовательного материала (25%), использовать для изучения поставленной проблемы дополнительные источники (22%), планировать самостоятельную работу и самообразование на ближайшее время (24%), алгоритмизировать отдельные виды деятельности для достижения желаемых результатов (14%), фиксировать и анализировать изучаемый материал в виде конспектов, записей и т.п. (33%). Большинство из выделенных на основе теоретического анализа и наблюдения умений получили низкую самооценку студентов, что позволяет сделать вывод о недостаточной сформированности навыков и необходимости использовать специальную систему форм, методов и средств, способствующих эффективному их формированию.

В процессе самообразования будущих педагогов мы выделяем три уровня — репродуктивный, эвристический, креативный. Каждому уровню соответствует определенный тип самостоятельной работы: репродуктивная, частично-поисковая и творческая, которые направлены на совершенствование эффективности профессиональной подготовки студентов.

Репродуктивный уровень предполагает выполнение работы на основе готового образца, подробной инструкции, известного алгоритма. Он представляет собой первую ступеньку для перехода к выполнению более сложных заданий, требующих проявления большей познавательной активности и самостоятельности студентов.

Эвристический уровень самостоятельной работы направлен на усвоение информации из различных источников — аналитических статей, банков данных, сети Интернет. Поиск необходимой информации сопровождается выработкой определенного алгоритма действий, основанного на приобретенных познавательных умениях. Творческое самообразование требует от студента самой высокой степени активности и самостоятельности в процессе постижения новых знаний, а также их применения в педагогической деятельности в сложных нестандартных ситуациях.

В процессе изучения подготовки и приобщения студентов к самообразованию мы выделили ряд последовательных этапов (ступеней) данной деятельности. В основу был положен характер развития мотивов и целей этого вида образования. Прежде всего нами учитывались такие мотивы, как интересы, способности, осознание значимости избранной профессии, практические устремления.

На первом этапе самообразовательной деятельности мы стремились создать у будущих учителей желание, расположение к систематической последовательной работе по расширению круга знаний, дать представление о системе образования и более рациональных ее приемах, помочь осознать смысл и значение этих занятий на протяжении всей жизни.

На втором этапе самообразования студенты начинают проявлять преимущественный интерес к определенной области знаний, переходят к чтению научной литературы. Наша задача — научить их осуществлять критический анализ содержания прочитанного, высказывать собственное мнение по тем или иным научным проблемам. Коллективное обсуждение, высказывание различных мнений на практических занятиях формирует их собственные суждения и взгляды. Этот этап способствует непосредственной исследовательской работе студентов.

На следующей ступени самообразования обучающиеся останавливают свой выбор на определенной педагогической проблеме и под руководством преподавателей работают над данной темой в течение длительного времени: овладевают методикой наблюдения, анкетирования, эксперимента, статистической обработки данных. На третьем этапе самообразовательной деятельности принимают активное участие в студенческом научном обществе.

Четвертая ступень самообразовательной деятельности характеризуется стремлением студентов найти ответы на проблемные вопросы, которыми они заинтересовались во время педагогической практики, проведения уроков и внеклассных мероприятий в различных учебных заведениях. Самообразование на этом этапе интегрируется с поиском, научным подходом к изучаемому материалу.

Таким образом, при целенаправленном руководстве самообразованием студенты не только овладевают умениями и навыками по расширению круга знаний, но и готовятся к поисковой работе. Самообразовательная деятельность студентов в УВО — важная предпосылка перехода к научно-исследовательской работе будущего учителя.

С целью повышения уровня подготовки современного учителя нами были сформированы методические рекомендации по организации самообразования для студентов и преподавателей:

- вовлечение студентов в самостоятельную работу для овладения ими навыками рационального учебного труда;
- поэтапное формирование самообразовательных умений от более простой, воспроизводящей, до репродуктивной работы, а затем и к творческой деятельности;
- развитие умений целеполагания, выбора учебных действий и их рациональной последовательности для достижения поставленных задач, выполнения самоконтроля и рационального использования времени, определенного для самостоятельной работы;
- совместное обсуждение на аудиторных занятиях самообразовательной деятельности студентов;
- осуществление теоретической и методической подготовки, повышение квалификации преподавателей для успешного решения проблемы организации самообразования.

Заключение. Самообразование и самостоятельная работа, как свидетельствуют результаты исследования, развивают индивидуальные познавательные способности студентов, содействуют овладению методами познания, актуализируют потребность в постоянном пополнении знаний. В процессе этого формируется и совершенствуется система знаний, умений и навыков, способствующих профессиональному самообразованию.

В ходе исследования выяснилось, что любая форма самостоятельной работы содержит в себе разнообразные возможности воздействия на студентов. Она направлена на осуществление воспитательных задач, которым подчинены содержание учебного материала, формы и методы этой работы, так или иначе влияющие на становление личности студента. Самообразовательная деятельность воспитывает самостоятельность как черту характера личности и такие важные качества, как дисциплинированность, организованность, целеустремленность, умение преодолевать трудности, чувство ответственности, настойчивость, трудолюбие, познавательная активность.

Проведенное исследование доказало, что степень сформированности умений и навыков самообразования находится в прямой зависимости от уровня усвоения профессионально-педагогических знаний, умений и навыков, от методов стимулирования социально-профессиональных мотивов будущей педагогической деятельности, от уровня развития адекватной самооценки достижений, влияющих на успехи в самообразовании, от осознания студентами значимости профессиональных качеств, активности самовоспитания и самообразования.

Самообразование и самостоятельная работа студентов позволяют развивать индивидуальные познавательные способности обучающихся, содействуют самореализации в избранной профессии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абазовская, Н.В. Самообразование как фактор формирования профессиональной компетентности / Н.В. Абазовская, С.В. Лебедева // Педагогические инновации: традиции, опыт, перспективы: материалы междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 3 мая 2012 г. / Витеб. гос. ун-т; ред.: Н.А. Ракова (отв. ред.) [и др.]. — Витебск, 2012. — С. 41–43.
2. Айзенберг, А.Я. Самообразование: история, теория и совершенные проблемы: учеб. пособие для вузов / А.Я. Айзенберг. — М.: Высш. шк., 1986. — 128 с.
3. Антология педагогической мысли Белорусской ССР / сост. Э.К. Дорошкевич, М.С. Мятельский, П.С. Солнцев. — М.: Педагогика, 1986. — 486 с.
4. Лазарук, М.А. Асвета і педагогічная думка ў Беларусі (са старажытных часоў да 1917 г.) / М.А. Лазарук, М.Г. Мінкевіч, С.А. Умрэйка [і інш.]. — М.: Народная асвета, 1984. — 463 с.
5. Балаева-Тихомирова, О.М. Реализация компетентного подхода при организации самостоятельной работы студентов / О.М. Балаева-Тихомирова // Актуальные проблемы химического образования в средней и высшей школе: сб. науч. ст. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]; под ред. проф. Е.Я. Аршанского. — Витебск, 2018. — С. 181–183.
6. Левчук, З.К. Самостоятельная работа студентов в контексте технологии полного усвоения знаний / З.К. Левчук // Педагогические инновации — 2017: материалы междунар. науч.-практ. интернет-конф., Витебск, 17 мая 2017 г. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: Н.А. Ракова (отв. ред.) [и др.]. — Витебск, 2017. — С. 187–188.
7. Факторович, А.А. Педагогические технологии: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся по гуманитарным направлениям / А.А. Факторович. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Юрайт, 2023. — 127, [2] с.
8. Коменский, Я.А. Избранные педагогические сочинения: в 2 т. / под ред. А.И. Пискунова. — М.: Педагогика, 1982. — Т. 1. — 656 с.; т. 2. — 576 с.
9. Локк, Д. Сочинения: в 3 т.: пер. с англ. / Д. Локк. — М.: Мысль, 1985. — Т. 1. — 622 с.; т. 2. — 560 с.; т. 3. — 668 с.
10. Любченко, О.А. Информационное обеспечение самостоятельной работы студентов в условиях библиотечной образовательной среды / О.А. Любченко // Наука — образованию, производству, экономике: материалы 74-й Регион. науч.-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 18 фев. 2022 г. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: Е.Я. Аршанский [и др.]. — Витебск, 2022. — С. 252–254.
11. Писарев, Д.И. Избранные педагогические сочинения / Д.И. Писарев; вступ. ст. В.В. Большаковой. — М.: Педагогика, 1984. — 367 с.

REFERENCES

1. Abazovskaya N.V., Lebedeva S.V. *Pedagogicheskiye innovatsii: traditsii, opyt, perspektivy: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Vitebsk, 3 maya 2012 g.* [Pedagogical innovations: traditions, experience, prospects: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Vitebsk, May 3, 2012], Vitebsk, 2012, pp. 41–43.
2. Aizenberg A.Ya. *Samoobrazovaniye: istoriya, teoriya i sovershennyye problemy: ucheb. posobiye dlia vuzov* [Self-education: history, theory and perfect problems: university textbook], M.: Vysh. shk., 1986, 128 p.
3. Doroshkevich E.K., Myatelsky M.S., Solntsev P.S. *Antologiya pedagogicheskoi mysli Belorusskoi SSR* [Anthology of pedagogical thought of the Byelorussian SSR], M.: Pedagogika, 1986, 486 p.
4. Lazaruk M.A., Minkevich M.G., Umreika S.A. *Asveta i pedagogichnaya dumka u Belarusi (sa starazhitnykh chasou da 1917 g.)* [Education and pedagogic thought of Belarus (from the ancient times to 1917)], M.: Narodnaya asveta, 1984, 463 s.
5. Balayeva-Tikhomirova O.M. *Aktualnye problemy khimicheskogo obrazovaniya v srednei i vysshei shkole: sb. nauch. st.* [Current issues of chemical education in secondary and higher schools: a collection of scientific papers], Vitebsk: VSU, 2018, pp. 181–183.
6. Levchuk Z.K. *Pedagogicheskiye innovatsii — 2017: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. internet-konf., Vitebsk, 17 maya 2017 g.* [Pedagogical innovations — 2017: proceedings of the International scientific-practical Internet conference, Vitebsk, May 17, 2017], Vitebsk: VSU, 2017, pp. 187–188.
7. Faktorovich A.A. *Pedagogicheskiye tekhnologii: ucheb. posobiye dlia studentov vyssh. ucheb. zavedeni, obuchayushchikhsia po gumanitarnym napravleniyam* [Pedagogical technologies: a textbook for Humanitarian students], M.: Yurait, 2023, 127, [2] p.
8. Komensky Ya.A. *Izbranniye pedagogicheskiye sochineniya: v 2 t.* [Selected pedagogical works (in 2 volumes)], M.: Pedagogika, 1982, 1, 656 p.; 2, 576 p.
9. Locke D. *Sochineniya: v 3 t.* [Works: in 3 volumes], M.: Mysl, 1985, 1, 622 p.; 2, 560 p.; 3, 668 p.
10. Lyubchenko O.A. *Nauka — obrazovaniyu, proizvodstvu, ekonomike: materialy 74-i Regionalnoi nauch.-prakt. konf. prepodavatelei, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov, Vitebsk, 18 fevr. 2018 g.* [Science — for Education, Production, Economy: Proceedings of the 74th Regional Scientific and Practical Conference of Teachers, Researchers and Postgraduates, Vitebsk, February 18, 2022], Vitebsk: VSU, 2022, pp. 252–254.
11. Pisarev D.I. *Izbranniye pedagogicheskiye sochineniya* [Selected pedagogical works], M.: Pedagogika, 1984, 367 p.

Поступила в редакцию 24.10.2024

Адрес для корреспонденции: e-mail: kpiom@vsu.by — Макрицкий М.В.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ И ДИДАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕДИАОБРАЗОВАНИЯ ПЕДАГОГОВ В СИСТЕМЕ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

В.Н. Гирина, С.А. Данилевич

Учреждение образования «Могилевский государственный
областной институт развития образования»

В работе проанализированы философско-культурологические основания, концептуальные подходы и теории, содержательные и методические аспекты медиаобразования. Выявлена специфика медиаобразования на разных уровнях современной образовательной системы в Республике Беларусь. Представлен опыт кафедры дидактики и частных методик Могилевского государственного областного института развития образования по повышению уровня медиакомпетентности педагогических работников при освоении ими учебных программ курсов повышения квалификации.

Цель статьи — определение дидактических оснований повышения квалификации педагогов в системе повышения квалификации посредством изучения концептуальных подходов, теорий, моделей медиаобразования и анализа собственного опыта преподавания.

Материал и методы. Материалом послужили исследования по философии образования, педагогике, дидактике, программно-учебная документация учреждения образования «Могилевский государственный областной институт развития образования». Использовались методы анализа и синтеза, сравнения и обобщения, изучения письменных источников, моделирования.

Результаты и их обсуждение. Установлено соотношение понятий «медиаобразование», «медиаграмотность», «медиакомпетентность». Предложены оригинальные трактовки понятий «медиакультура личности» и «медийный менталитет» для их применения в повышении квалификации педагогов. Актуализирована необходимость использования интегративного подхода на основе теории педагогически ориентированного мировоззренческого синтеза к медиаобразованию в дошкольном, общем среднем и дополнительном образовании взрослых.

Заключение. Сделан вывод о целенаправленной и последовательной работе по медиаобразованию в системе повышения квалификации педагогов, от медиакомпетентности, медиакультуры и медийного менталитета которых зависит успех современной образовательной деятельности на всех ступенях общего среднего образования. Положительный опыт УО «МГОИРО» может стать основой для моделирования образовательного процесса с учетом актуальных подходов и концептуальных установок медиаобразования.

Ключевые слова: медиа, медиасфера, медиатекст, медиакультура, медиабезопасность, медиаобразование, медиаграмотность, медиакомпетенции, медиакомпетентность, медиакультура личности, медийный менталитет.

CONCEPTUAL AND DIDACTICAL FOUNDATIONS OF MEDIA EDUCATION FOR TEACHERS IN THE SYSTEM OF ADVANCED TRAINING

V.N. Girina, S.A. Danilevich

Education Establishment "Mogilev State Regional Institute for Educational Development"

The article analyzes the philosophical and cultural foundations, conceptual approaches and theories, content and methodological aspects of media education. The specificity of media education at different levels of the modern educational system in the Republic of Belarus is revealed. The experience of the Department of Didactics and Private Methods of the state education institution "Mogilev State Regional Institute for Educational Development" in increasing the level of media competence of teaching staff when mastering the curriculum of advanced training courses is presented.

The purpose of the article is to identify the didactic foundations for advanced training of teachers in the advanced training system based on the study of conceptual approaches, theories, models of media education and analysis of our own teaching experience.

Material and methods. The material was research on the philosophy of education, pedagogy, didactics, curriculum and academic documentation of the education institution "Mogilev State Regional Institute for Educational Development". Methods of analysis and synthesis, comparison and generalization, study of written sources, and modeling were used.

Findings and their discussion. The relationship between the concepts “media education”, “media literacy”, “media competence” has been established. Original interpretations of the concepts of “personal media culture” and “media mentality” are proposed for their application in advanced training for teachers. The need to use an integrative approach based on the theory of pedagogically oriented ideological synthesis to media education in preschool, general secondary and additional adult education has been updated.

Conclusion. The conclusion is made about the need for targeted and consistent work on media education in the system of advanced training for teachers, on whose media competence, media culture and media mentality the success of modern educational activities at all levels of general secondary education depends. The positive experience of the education institution “Mogilev State Regional Institute for Educational Development” can serve as the basis for modeling the educational process, taking into account current approaches and conceptual guidelines of media education.

Key words: media, media sphere, media text, media culture, media safety, media education, media literacy, media competence, media competency, media culture of personality, media mentality.

Дидактика призвана анализировать происходящие в образовании процессы, обосновывать необходимость реформ, прогнозировать последствия введения в систему образования новых парадигм, методологических подходов, инноваций. Сегодня в организации, содержании и методике образования следует воспроизводить лишь устойчивые, получившие общественное признание, базовые приобретения отечественной и мировой культуры. Изменение дидактических оснований должно отвечать задачам обогащения, корректировки, трансформации этого ценностного багажа, а также запросам общества и интересам личности.

Особенностью современного мира является та особая роль, которую в нем играют новейшие информационные и коммуникационные технологии. Постепенное развитие телефонной связи, радио, телевидения и Интернета привело к ситуации возникновения в нашей жизни не просто «медиа», понимаемых как набор средств удовлетворения конкретных потребностей, но как весьма своеобразной среды, с помощью которой организуется взаимодействие человечества с миром, пусть и определяемым (порой исключительно индивидуально) в качестве актуальной действительности. В силу своего глобального охвата нынешние медиа обрели вполне определенную самостоятельность, став, по сути, посредником не просто между различными дискурсами о бытии, но и между сознанием человека и миром.

В этих условиях даже магистральная функция культуры современного человечества с достаточным на то основанием понимается как коммуникативная — сложнейшая и разветвленная сеть коммуникаций охватывает практически весь обитаемый мир и оказывает самое непосредственное влияние на формирование ценностных ориентаций и жизненных смыслов миллиардов людей, которые зачастую получают информацию о мире в форме адаптированного (к цели и условиям потребления) медиаконтента, представляющего собой не просто краткое сообщение о факте, предназначенное для самостоятельного осмысления, но включающего в себя и интерпретацию факта, и его оценку (моральную, экономическую, политическую или иную — в зависимости от первичного факта), а также ориентацию (стимул) на последующую реакцию. Очевидно, что в подобной ситуации особое влияние имеет личность того субъекта, который создает и транслирует медиаконтент. Если в «доинформационную эру» значимым автором признаваемых важными для общества текстов мог быть далеко не каждый, поскольку представленные тексты проходили несколько этапов рецензирования и цензурирования, а обретение, например, писателем широкой популярности у читательской аудитории было весьма нетривиальной задачей, то с появлением Интернета любой легко может стать автором, но при этом автором, не несущим ответственности за качество своего произведения. Одновременно, в силу специфики глобальной аудитории пользователей Интернета, не взыскующей, как правило, высокоинтеллектуального информационного продукта, качество медиатекстов оказывается в большинстве случаев гораздо ниже, нежели это было в период существования человечества в рамках «Галактики Гуттенберга». А популярность, непосредственно ставшая критерием успешности и, прежде всего, коммерческой, — это фактически «специальный медиапродукт», покупаемый и продаваемый за деньги. И нет ничего удивительного в том, что владельцы наиболее авторитетных медиаплощадок (таких, например, как популярные социальные сети) сегодня являются не просто баснословно богатыми людьми, но и обладают значительной (пусть и неформализованной) политической властью.

Неудивительно, что в условиях глобализации и новых вызовов, с которыми приходится сталкиваться как отдельным людям, так и целым странам, особенно остро встает проблема противодействия тем негативным факторам, которые обнаруживают себя при рассмотрении воздействия современных медиа на волю и сознание наших современников. В настоящее время значительно расширяются и углубляются разнообразные деструктивные манипуляции сознанием пользователей, а это приводит в итоге к установлению в ряде стран и даже регионов планеты так называемой «диктатуры социальных

сетей», возникновению информационных и гибридных войн, «цветных революций», которые также можно назвать и «медийными». В силу приведенных выше проблем актуализируются задачи адаптации «поколения Интернета» к ситуации медиакультуры и ее вызовам, почему представляется необходимым подвергнуть переосмыслению и сущность медиаобразования.

Для предотвращения подобных медийных спекуляций следует проводить определенную работу по формированию у подрастающего поколения Республики Беларусь медиабезопасности, под которой понимается интегральная устойчивая способность своевременно распознавать те угрозы, с которыми человек может столкнуться в медиапространстве и эффективно противостоять им, адекватно реагируя на их проявления в социальной практике. В таких условиях повышаются требования к профессионализму педагога не только для противодействия деструктивным влияниям сети Интернет на подрастающее поколение, не в полной мере еще обладающее критическим мышлением и умением отделить правду от фейка, но и для использования возможностей медиа в образовательных целях.

Материал и методы. В связи с означенным актуализированы дидактические вопросы в плане медиаобразования. Чему учить? Как учить? Для чего учить? Где учить? Какие методы, приемы и средства для этого применять? С какого возраста начинать обучение?

В плане нашего исследования представляют интерес выводы В.А. Возчикова, который рассматривает с философских позиций взаимодействие и взаимовлияние информационного общества, философии образования, медиакультуры и медиаобразования и подчеркивает, что «способность образования чутко улавливать цивилизационные изменения и своевременно реагировать на них есть показатель его жизненности, соответствия общественным ожиданиям и потребностям, поскольку образование, взаимодействующее с медиасферой, расширяет свои возможности, используя для реализации собственных целей мировоззренческую составляющую медиакультуры. Экзистенциально-личностные смыслы медиаобразования — способствовать человеку в творческих исканиях собственной сути, обнаружению и развитию потенциальных ... стремлений; медиаобразование предстает фактором развития личности в контексте прошлого и настоящего опыта, становления мировоззренческой ориентации и формирования аналитического отношения к той или иной идейно-нравственной позиции, обеспечивает осознанную и обоснованную выработку убеждений» [1, с. 11].

Следует отметить, что понятийный аппарат по медиаобразованию еще не устоялся. Термины имеют разные определения, постоянно возникают новые. В качестве синонимов медиаобразования используются выражения «информационная культура», «образование в области массовой информации и коммуникации (массмедиа)» и др. Показательны в этой связи словари и справочники. Например, в словаре терминов по медиаобразованию, медиапедагогике, медиаграмотности, медиакомпетентности А.В. Федорова, изданном в 2014 году, приведено 4 различных определения медиаобразования, 6 определений медиаграмотности. Справочник же, подготовленный в 2019 г. группой ученых КазНУ имени аль-Фараби по медиаграмотности и медиаобразованию и предназначенный, в первую очередь, для школьников и молодежи, содержит как абстрактные философские и социологические категории (аксиология, язык, заблуждение, понимание и др.), так и специальные термины, применяемые в сфере медиа (блог, верификация, виртуальная реальность, вирусы сознания, гипертекст, дайджест, кликбэйт, медиапространство и др.). В это издание вошли и краткие сведения об ученых, внесших большой вклад в развитие данного направления в науке, некоторые слова международного и политического характера, краткое содержание концепций педагогов, социологов, философов, представляющих важнейшие вехи становления теорий коммуникации, философии языка и массовой культуры и др.

А.В. Федоров и А.А. Левицкая видят перспективы развития использования опыта стран СНГ в массовом медиаобразовании во введении обязательных учебных курсов по медиаобразованию в классических университетах и педагогических вузах (и как следствие этого — в широком внедрении медиаобразования в школах), в активном обращении к концепциям интегрированного медиаобразования, теориям развития аналитического мышления, культурологическим и социокультурным подходам в массовом медиаобразовании и т.д. [2].

Медиаобразование непосредственно связано с освоением медиакультуры. Указанное понятие сложилось на рубеже XX–XXI столетий и стремительно вытесняет предшествующие ему «средства массовой информации» (массмедиа) или «средства массовой коммуникации». То есть от буквального «средства» или отрефлексированного «посредник» оно оформляется в значении «среды» и занимает ключевое место в культуре, одновременно выполняя множество социокультурных ролей [3; 4].

Социокультурные роли и многообразие специфических функций медиакультуры объясняют разнообразие концептуальных основ медиаобразования, которые базируются на более общих подходах (парадигмах) современного образования. В западной теоретической педагогике они представлены рационалистическим, феноменологическим и социал-реконструктивистским течениями. Существенное влияние на становление медиаобразования на постсоветском пространстве оказывает научная школа под руководством президента Российской ассоциации кинообразования и медиапедагогике, профессора А.В. Федорова. Важен проведенный анализ разработанных теоретических концепций, существующих в медиаобразовании (протекционистской, этической, идеологической, экологической, семиотической, социокультурной, культурологической, эстетической (художественной), практической, а также теорий развития «критического мышления» и источника «удовлетворения потребностей».

Все вышеперечисленные теории не встречаются в чистом виде в практике медиаобразования, зачастую они синтезируются, составляя теоретическую основу для той или иной модели медиаобразования. Попытку обобщить разработанные модели предпринял А.В. Федоров, выделив образовательно-информационные, воспитательно-этические, практико-утилитарные, эстетические и модели развивающего обучения. В контексте дидактики общего среднего образования и дополнительного образования педагогов предложенную классификацию моделей вряд ли можно признать приемлемой, поскольку в реальной практической деятельности все они переплетаются и взаимосвязаны. Однако на разных этапах системы непрерывного образования и ступенях образования при изучении предметов гуманитарного и естественно-научного циклов, учебного плана общего среднего образования может осуществляться опора на одну из них. Например, при освоении учебного предмета «Искусство. Отечественная и мировая художественная культура» на первый план может выйти эстетическая модель, при изучении истории — образовательно-информационные и воспитательно-этические модели.

Следовательно, как резюмирует И.В. Жилавская, «задачи медиаобразования заключаются в том, чтобы обучить молодого человека грамотно “читать” медиатекст; развить способности к восприятию и аргументированной оценке информации, самостоятельности суждений, критического мышления, привить эстетический вкус; помогать интегрировать знания и умения, получаемые на различных учебных занятиях, в процессе восприятия, анализа и творческой деятельности; проявить и сформировать через медиадетельность и медиаактивность личности ее социальную и гражданскую ответственность» [5, с. 84].

Как видим, несмотря на существующие значительные наработки в сфере медиаобразования, наблюдается их разнообразие и разноплановость, не хватает детального анализа и актуализации требований к медиакомпетентности педагогов, на начальном этапе находится разработка дидактических основ медиаобразования в системе повышения квалификации.

Результаты и их обсуждение. Поскольку сложность в определении дидактических основ медиаобразования заключается в том, что не существует единой концепции, имеет место несколько, порой исключаящих друг друга, теорий и методик, предполагается для повышения квалификации педагогов применить интегративный подход посредством теории педагогически ориентированного мировоззренческого синтеза, разработанной М.И. Вишневым, суть которой в объединении и согласовании друг с другом признаваемых плодотворными мировоззренческих идей о человеке, его становлении и бытии [6, с. 170].

В первую очередь необходимо рассмотреть соотношение понятий «медиаобразование», «медиаграмотность», «медиакомпетентность». Успешную попытку разработки теоретических основ организации образования в области медиа на разных этапах системы непрерывного образования предприняла И.А. Фатеева [7]. Она предложила термином «медиаобразование» называть научно-образовательную область, предметом которой являются средства массовой информации и коммуникации в педагогическом аспекте их многообразных связей с миром, обществом и человеком. В теоретическом отношении эта область лежит на пересечении педагогики и комплексной науки о медиа (название науки еще не устоялось, варианты: коммуникативистика, теория массовой коммуникации, медиалогия), а в практическом подразумевает совместную деятельность обучающихся и обучаемых по подготовке к жизни в медиатизированном мире.

На наш взгляд, термин «медиаобразование» больше применим к определению педагогического процесса, тогда как термины «медиаграмотность» и «медиакомпетентность» определяют сформированное (или не сформированное) качество личности человека. Мы придерживаемся мнения,

что медиаграмотность является лишь первоначальным результатом процесса медиаобразования, ведь понятие «грамотный человек» вовсе не выступает в качестве синонима понятия «образованный человек».

Заслуживает внимания, на наш взгляд, предложение А.А. Немирич рассматривать исследуемое понятие по ступеням образования, относя формирование *медиаграмотности* к уровню дошкольного образования, развитие *медиаобразования* к уровню средней школы, *медиакомпетентность* к уровню первых курсов университета, а *медиакультуру* и *медиаменталитет* к уровню старших курсов вузов, последипломному образованию и профессиональной деятельности [8, с. 23]. По определениям А.А. Немирич, «медиакультура личности — это совокупность ее материальных и интеллектуальных ценностей в области медиа, исторически определенной системы их воспроизводства и функционирования в обществе, преумножение социокультурного опыта в области медиа, а медийный менталитет включает в себя устойчивые, глубинные основания мировосприятия, мировоззрения и поведения, которые придают личности свойство уникальной неповторимости в сочетании с открытостью к информации, способностью к всесторонней самореализации в ментальном и духовном пространстве» [8, с. 25].

Данный подход, с нашей точки зрения, необходимо конкретизировать касательно системы образования в Республике Беларусь. В дошкольной дидактике — пропедевтический период медиаграмотности на доступном для воспитанников дошкольного образования материале, в начальной школе — основы медиаграмотности на этапе обучения, в 5–11 классах — формирование медиаграмотности посредством изучения учебных предметов, далее — усвоение медиакомпетенций в период получения среднего и высшего образования, и в конце концов достижение самого высокого результата в процессе медиаобразования, который обозначается термином «медиакомпетентность». Если для массового медиаобразования медиакомпетентность — самый высокий результат медиаобразования, то для педагогической профессии особенно актуальными являются понятия «медиакомпетенции», «медиакультура личности» и «медийный менталитет». Медиакомпетенции при этом приобретаются в процессе обучения в УВО, а медиакультура личности и медийный менталитет — в процессе профессиональной деятельности, во время прохождения повышения квалификации в учреждениях дополнительного образования взрослых и самообразовательной деятельности.

По уровню медиаобразования в Республике Беларусь может реализовываться на этапе дошкольного, общего среднего образования (начального, базового, среднего), среднего специального, высшего) и последипломного образования. При этом центральным, базовым элементом системы и необходимым звеном в подготовке массовой аудитории к современной жизни является медиаобразование на этапе общего среднего образования.

Н.П. Рыжих акцентирует внимание на объективно существующих противоречиях: «между необходимостью подготовки школьников к жизни при все нарастающей информатизации общества и реальным состоянием практического использования медиаобразования в учебно-воспитательном процессе; между вовлечением детей в процесс потребления медиапродукции и отсутствием целенаправленного педагогического руководства этим процессом; между настоятельной потребностью использования инновационных процессов в общеобразовательных учреждениях и учреждениях дополнительного образования и слабым использованием потенциала медиаобразования; между накопленным в мировой медиапедагогике значительным опытом в использовании обучающих, креативных и воспитательных возможностей медиа и недостаточным использованием потенциальных возможностей медиаобразования» [9, с. 6–7].

М.Н. Фомина отмечает, что существует два основных подхода к организации школьного медиаобразования: межпредметный (или аспектный) подход нацеливает на изучение массовой коммуникации в рамках традиционных предметов, предметный (или социокультурный) «предполагает введение специального предмета по медиаобразованию (например, “Медиаобразование” (или “Медиакультура”, “Основы медиа”). Авторы медиаобразовательных исследований интегративной ориентации сходятся во мнении, что медиаобразование, интегрированное в гуманитарные и естественнонаучные школьные дисциплины, призвано выполнять уникальную функцию подготовки школьников к жизни в информационном пространстве путем усиления медиаобразовательной аспектности при изучении различных школьных дисциплин» [10, с. 10]. Для современного этапа медиаобразования в системе общего среднего образования Беларуси больше подходит интегративный подход, поскольку оно характеризуется как синтезное, вобравшее в себя теоретические воззрения и практические разработки белорусских медиапедагогов советского периода с учетом новых возможностей медийных средств. По мнению Д.И. Прохорова, как и компетентность, «медиаграмотность не может быть

сформирована отдельно, она формируется в рамках общего образовательного процесса, при изучении различных учебных предметов, на внеурочных учебных и воспитательных мероприятиях, в контексте образовательной и социальной среды, окружающей обучающегося, его родителей или законных представителей несовершеннолетнего» [11].

Актуальны разработанные А.А. Журиным принципы интеграции медиаобразования в методику преподавания учебных предметов: «Принцип приоритетов, который означает подчинение целей и задач медиаобразования целям и задачам учебного предмета. Вторая сторона этого принципа заключается в том, что интеграция медиаобразования предполагает не интеграцию новых, специальных знаний в традиционные школьные курсы, а формирование умений работать с информацией на учебном материале, причем эта работа должна быть подчинена задачам текущего урока. Суть принципа дополнения и развития заключается в том, что из всех целей и задач медиаобразования отбираются только те, которые дополняют и развивают цели и задачи обучения предмету. Принцип встраиваемости в различные методические системы означает, что цели и задачи интегрированного медиаобразования могут быть решены в рамках любой педагогической технологии. Это оказывается возможным благодаря тому, что за учителем остается право выбора методических приемов, организационных форм и средств обучения, направленных на решение поставленных задач» [12, с. 17].

В процессе медиаобразования обучающихся в системе общего среднего образования к ним могут предъявляться следующие требования: учащиеся должны владеть терминологией медиаобразования, усвоить, что все медиатексты содержат «сообщения», уметь «декодировать» и анализировать (с помощью так называемого «критического анализа») медиатексты в историческом, социальном и культурном контексте, понимая при этом отношение между аудиторией, медиатекстом и окружающей действительностью. На основе полученных знаний учащиеся имеют возможность создавать собственные медиатексты образовательного характера.

Поскольку медиакомпетентность базируется на соответствующих компетенциях, задачи медиаобразования педагогов заключаются в том, чтобы последние обладали компетенциями по образованию, развитию, воспитанию учащихся посредством медиа. Это и усвоение систематических знаний о медиакультуре и содействие получению новых знаний через медиа по различным учебным предметам; развитие способности к восприятию и аргументированной оценке информации и обучения учащихся грамотному чтению, пониманию и интерпретации медиатекстов; формирование через медиа деятельности социальной и гражданской ответственности, развитие эстетического вкуса, коммуникативных умений, воспитания патриотизма, миролюбия и т.д.

В государственном учреждении образования «Могилевский государственный областной институт развития образования» уделяется особое внимание вопросам повышения медиакомпетентности педагогов. Проведенный анализ программ повышения квалификации с 2012 по 2023 год показывает, что первоначально до 2012 года данная тема включалась в лекционные материалы как один из вопросов. Например, тема: Пути совершенствования профессионально-педагогической культуры современного педагога — 2 часа. Ценностный, технологический и личностно-творческий компоненты профессионально-педагогической культуры. Информационные, коммуникативные и аналитические аспекты профессиональной культуры. Педагогическая этика как компонент профессиональной культуры педагога. Ступени профессионального роста. Инновационная направленность формирования профессионально-педагогической культуры. Роль медиаобразования в профессиональной подготовке педагогов.

С 2012 по 2015 год на ПК читалась только одна лекция по медиакультуре. С 2016 по 2018 год вопросы по медиаобразованию были включены уже в несколько тем. Например, лекция: Культурно-образовательное пространство современного мира — 2 часа. Многополярность, мультикультурность и мозаичность современного мира. Категория «культурно-образовательное пространство» в современной философии и теории образования. Аксиологические функции массмедиа в современном культурно-образовательном пространстве. Тенденции в мировой системе образовательного пространства. Дисциплинарно-символические пространства культуры. Влияние массовой культуры на образовательный процесс в современной системе образования.

В 2019 был создан модуль «Медиакультура и медиаобразование», состоящий из трех тем: Медиакультура и медиаобразование в современном обществе. Развитие современного образования в условиях медиакультуры. Информационная культура и медиакомпетентность участников образовательного процесса. В 2021 году к данному модулю были разработана тема: Перспективы развития

информационной дидактики — 2 часа (лекция), а в 2022 году — Визуальный поворот в современной дидактике — 2 часа (лекция). Кроме того, с 2022 года в УО «МГОИРО» проводятся курсы повышения квалификации по теме «Развитие дидактической компетентности учителей в условиях “визуального поворота”: от теории к эффективному педагогическому опыту».

Заключение. При глубоком осознании той решающей роли (далеко не однозначной), что играют медиа в жизни современного общества, медиаобразование превращается из обучения посредством широкого использования разнообразного медиаконтента в исследование, критическое осмысление сущности медиасферы, а также влияния новейших коммуникационных и информационных технологий на образование и формирование личности в эпоху Интернета, что обеспечивает индивидуальную и коллективную медиабезопасность, а также рост позитивной социальной динамики.

Особенно важной является целенаправленная и последовательная работа по медиаобразованию, в первую очередь в системе повышения квалификации педагогов, от медиакомпетентности, медиакультуры личности и медийного менталитета которых зависит успех современной образовательной деятельности на все ступенях общего среднего образования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Возчиков, В.А. Философия образования и медиакультура информационного общества: автореф. дис. ... д-ра философ. наук: 09.00.11 / Возчиков Вячеслав Анатольевич; Рос. гос. пед. ун-т им. А.И. Герцена. — СПб., 2007. — 38 с.
2. Федоров, А.В. Медиаобразовательные ориентиры в странах СНГ: прогноз на будущее / А.В. Федоров, А.А. Левицкая // *Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык*. — 2020. — № 1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mediaobrazovatelnye-orientiry-v-stranah-sng-prognoz-na-budushee> (дата обращения: 17.10.2024).
3. Черных, А. Мир современных медиа / А. Черных. — М.: Территория будущего, 2007. — 312 с.
4. Бакулев, Г.П. Массовая коммуникация: западные теории и концепции: учеб. пособие для студентов вузов / Г.П. Бакулев. — М.: Аспект Пресс, 2005. — 176 с.
5. Жилавская, И.В. Медиаобразование молодежной аудитории / И.В. Жилавская. — Томск: ТИИТ, 2009. — 322 с.
6. Вишневский, М.И. Философский синтез как мировоззренческая основа образования: монография / М.И. Вишневский. — Могилев: МГУ им. А.А. Кулешова, 1999. — 252 с.
7. Фатеева, И.А. Медиаобразование: теоретические основы и практика реализации: монография / И.А. Фатеева. — Челябинск: Челяб. гос. ун-т, 2007. — 270 с.
8. Немирич, А.А. Медиаобразование в России: на пути к медиаменталитету / А.А. Немирич // *Знак: Проблемное поле медиаобразования*. — 2011. — № 2(8). — С. 21–27.
9. Рыжих, Н.П. Использование медиаобразования в воспитании детей / Н.П. Рыжих; под ред. А.В. Федорова. — Таганрог: Изд-во Таганрог. гос. пед. ин-та, 2011. — 232 с.
10. Фомина, М.Н. Медиаобразование в контексте освоения курса мировой художественной культуры в общеобразовательной школе: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Фомина Мария Нафтуловна; Ин-т общ. сред. образования Рос. акад. образования. — М., 2001. — 18 с.
11. Прохоров, Д.И. Формирование медиаграмотности педагогических работников в современных условиях / Д.И. Прохоров // *Мастерство online*. — 2021. — № 1. — URL: <http://ripo.unibel.by/index.php?id=5024> (дата обращения: 03.01.2025).
12. Журин, А.А. Интеграция медиаобразования с курсом химии средней общеобразовательной школы: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02 / Журин Алексей Анатольевич; Рос. акад. образования. — М., 2004. — 41 с.

REFERENCES

1. Vozchikov V.A. *Filosofiya obrazovaniya i mediakultura informatsionnogo obshchestva: avtoref. dis. ... d-ra filosof. nauk* [Philosophy of Education and Media Culture of the Information Society: Dr.Sc. (Philosophy) Dissertation Abstract], SPb., 2007, 38 p.
2. Fedorov A.V., Levitskaya A.A. *Crede Experto: transport, obshchestvo, obrazovaniye, yazyk* [Crede Experto: Transport, Society, Education, Language], 2020, 1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mediaobrazovatelnye-orientiry-v-stranah-sng-prognoz-na-budushee> (date of access: 17.10.2024).
3. Chernykh A. *Mir sovremennykh media* [The World of the Contemporary Media], M.: Territoriya budushchego, 2007, 312 p.
4. Bakulev G.P. *Massovaya kommunikatsiya: zapadnye teorii i kontseptsii: ucheb. posobiye dlia studentov vuzov* [Mass Communication: Western Theories and Concepts: University Student Textbook], M.: Aspekt Press, 2005, 176 p.
5. Zhilavskaya I.V. *Mediaobrazovaniye molodezhnoi auditorii* [Media Education of Young Audience], Tomsk: TIIT, 2009, 322 p.
6. Vishnevskiy M.I. *Filosofski sintez kak mirovozzrencheskaya osnova obrazovaniya: monografiya* [Philosophic Synthesis as a World View Basis of Education: Monograph], Mogilev: MGU im. A.A. Kuleshova, 1999, 252 p.
7. Fateyeva I.A. *Mediaobrazovaniye: teoreticheskiye osnovy i praktika realizatsii: monografiya* [Media Education: Theoretical Bases and Implementation Practice: Monograph], Cheliabinsk: Cheliab. gos. un-t, 2007, 270 p.
8. Nemirich A.A. *Znak: Problemnoye pole mediaobrazovaniya* [Problem Field of Media Education], 2011, 2(8), pp. 21–27.
9. Ryzhikh N.P. *Ispolzovaniye mediaobrazovaniya v vospitanii detei* [The Use of Media Education in Children Education], Taganrog: Izd-vo Taganrog. gos. ped. in-ta, 2011, 232 p.
10. Fominova M.N. *Mediaobrazovaniye v kontekste osvoyeniya kursa mirovoi khudozhestvennoi kultury v obshcheobrazovatelnoi shkole: avtoref. dis. ... kand. ped. nauk* [Media Education in the Context of Doing the Course of World Art Culture at General Secondary School: PhD (Education) Dissertation Abstract], M., 2001, 18 p.
11. Prokhorov D.I. *Masterstvo online* [Online Skill], 2021, 1. — URL: <http://ripo.unibel.by/index.php?id=5024> (date of access: 29.03.2025).
12. Zhurin A.A. *Integratsiya mediaobrazovaniya s kursom khimii srednei obshcheobrazovatelnoi shkoly: avtoref. dis. ... d-ra ped. nauk* [Integration of Media Education with the Course of Chemistry in General Secondary School: Dr.Sc. (Education) Dissertation Abstract], M., 2004, 41 p.

Поступила в редакцию 08.01.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: girinavn@mail.ru — Гирина В.Н.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОЦЕНКА СТЕПЕНИ СФОРМИРОВАННОСТИ У СТУДЕНТОВ ЯЗЫКОВЫХ СПОСОБНОСТЕЙ И МЕЖКУЛЬТУРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Чжао Линьлин, С.А. Прохожий

Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»

Доказывается, что формирование межкультурной коммуникации является одной из целей современного образования. Раскрывается значимость изучения иностранных языков и культуры других народов как одного из условий формирования межкультурной коммуникации обучающихся.

Цель статьи — выявить сущность понятия «межкультурная коммуникация», оценить уровень ее сформированности у белорусских обучающихся, предложить некоторые методические приемы решения данной проблемы на примере работы Центра китайского языка и культуры Витебского государственного университета имени П.М. Машерова.

Материал и методы. Источниками послужили исследования белорусских и российских ученых по проблеме формирования межкультурной коммуникации у обучающихся, овладения иностранными языками и навыками коммуникации в условиях современного образования. Методы: теоретический анализ, систематизации и обобщения, беседа, анкетирование, анализ независимых характеристик, наблюдение за образовательным процессом.

Результаты и их обсуждение. Авторами определяется сущность понятия межкультурной коммуникации как явления, предполагающего взаимодействие двух и более культур на основе преодоления языковых и культурных барьеров.

Обозначается важность межкультурной коммуникации в современных условиях, характеризующихся усилением политических, экономических и культурных связей между различными странами и народами и, соответственно, отмечается резкое повышение интереса молодежи к изучению языка и культуры иных народов. Изучение иностранных языков в учебных заведениях Республики Беларусь — отражение специфики и особенностей сегодняшних общецивилизационных процессов последовательного продуктивного развития международных отношений.

В связи с данным положением проводится анализ процесса формирования межкультурной коммуникации белорусских обучающихся на основе изучения культуры и языков других стран (на примере работы Центра китайского языка и культуры).

Заключение. Необходимость овладения знаниями и навыками межкультурной коммуникации диктуется практическими потребностями реальной жизни. Процессы демократизации общественной жизни, открытость и доступность последних достижений мировой культуры позволяют узнавать много нового о поведении и образе жизни других народов. Новые знания приобретаются прежде всего в образовательном процессе университетов посредством использования различных форм общения на основе изучения иностранных языков. Формирование межкультурной коммуникации, бесспорно, является одной из целей современного образования.

Ключевые слова: общение, коммуникация, межкультурная коммуникация, культура, язык.

IDENTIFICATION AND ASSESSMENT OF THE DEVELOPMENT OF STUDENTS' LANGUAGE ABILITIES AND INTERCULTURAL COMMUNICATIONS

Zhao Linlin, S.A. Prokhozhiy

Education Establishment "Vitebsk State P.M. Masherov University"

It is being proved that the formation of intercultural communication is one of the goals of modern education. The importance of learning foreign languages and culture of other peoples is revealed as one of the conditions for the formation of intercultural communication of students.

The purpose of the article is to identify the essence of the concept of intercultural communication, to assess the level of its formation among Belarusian students, to propose some methods for solving this problem using the example of the work of the Center for Chinese Language and Culture of Vitebsk State P.M. Masherov University.

Material and methods. The source was the work of Belarusian and Russian scientists on the problem of the formation of intercultural communication among students, the importance of mastering foreign languages and communication skills in the context of modern education. The methods of scientific research were: theoretical analysis, methods of systematization and generalization, conversations, questionnaires, analysis of independent characteristics, observations of the educational process.

Findings and their discussion. The article reveals the essence of the concept of intercultural communication as a phenomenon involving the interaction of two or more cultures based on overcoming linguistic and cultural barriers.

It indicates the importance of intercultural communication in modern conditions, characterized by increased political, economic and cultural ties between different countries and peoples and, accordingly, there is a sharp increase in the interest of young people in learning the language and culture of other peoples. It is explained that the study of foreign languages at the establishments of education of the Republic of Belarus is a reflection of the specifics and features of modern subsidiary processes of consistent productive development of international relations.

In connection with this provision, an analysis is being made of the process of forming intercultural communication between Belarusian students based on the study of culture and languages of other countries (on the example of the work of the Center for Chinese Language and Culture).

Conclusion. The need to master knowledge and communication skills is dictated by the practical needs of real life. The processes of globalization, democratization of public life, openness and accessibility of the latest achievements of world culture allow a huge number of people to learn a lot about the behavior and lifestyle of other peoples. New knowledge is acquired primarily in the educational process of establishments of higher education, through the use of various forms of communication based on the study of foreign languages. The formation of intercultural communication is undoubtedly one of the goals of modern education.

Key words: communication, intercultural communication, culture, language.

Сегодня в мире происходит процесс глобализации, проявляющийся в усилении политических, экономических и культурных связей между различными странами и народами. Эта тенденция затрагивает все уровни общественной жизни и ставит в центр внимания многих отраслей знания проблему межкультурной коммуникации.

Исследователями межкультурная коммуникация понимается, прежде всего, как общение представителей различных культур. Одновременно стремление к сохранению культурной самобытности подтверждает общую закономерность, согласно которой человечество, интегрируясь, не утрачивает своего культурного разнообразия. В связи с этим представляется чрезвычайно важным уметь определять культурные особенности народов, чтобы понимать и принимать друг друга.

В условиях постоянной экономической и культурной экспансии межкультурная коммуникация приобретает особое значение из-за культурных различий, существующих за пределами национальных границ. Формирование же способности к межкультурной коммуникации сегодня становится важнейшей составляющей развития общества и, соответственно, одной из целей современного образования.

Цель статьи — выявить сущность понятия «межкультурная коммуникация», оценить уровень ее сформированности у белорусских обучающихся, предложить некоторые методические приемы решения данной проблемы на примере работы Центра китайского языка и культуры Витебского государственного университета имени П.М. Машерова.

Материал и методы. Источниками послужили исследования белорусских и российских ученых по проблеме формирования межкультурной коммуникации у обучающихся, овладения иностранными языками и навыками коммуникации в условиях современного образования. Методы: теоретический анализ, систематизации и обобщения, беседа, анкетирование, анализ независимых характеристик, наблюдение за образовательным процессом.

Результаты и их обсуждение. Межкультурная коммуникация понимается современными исследователями как особый процесс общения, имеющий свои характеристики и условия протекания. Раскрывая тезаурус понятия «межкультурная коммуникация», мы посчитали необходимым, в первую очередь, представить сущность понятия «общение» как ключевого термина в вышеприведенной формулировке. Ученые едины в точке зрения, что общение — это процесс установления и развития контактов между людьми, включающий в себя обмен информацией, выработку одной стратегии взаимодействия, восприятия и понимания другого человека. Как отмечает А.Г. Садохин, общение представляет собой сложный и многогранный процесс, который может выступать одновременно и как процесс взаимодействия индивидов, и как отношение людей друг к другу, и как процесс их взаимовлияния, сопереживания и взаимопонимания [1].

Термин же «коммуникация» получил распространение в отечественной науке в последние несколько лет, но, однако, прочно вошел в понятийный аппарат социально-гуманитарного знания.

Белорусский исследователь Д.П. Зылевич утверждает: «Межкультурная коммуникация — энергично развивающееся и востребованное обществом научное направление, находящееся на стыке лингвистики, культурологии, коммуникативистики и лингводидактики» [2].

Понятие «коммуникация» отражается и во многих научных публикациях. Данный термин можно рассматривать двояко: и как процесс передачи информации, и как деятельность. Так, В.П. Конецкая интерпретирует коммуникацию как передачу информации по различным каналам с помощью вербальных и невербальных средств [3]. Аналогичной точки зрения придерживается М.С. Каган. Он представляет исследуемое нами понятие как связь субъекта и объекта, где субъект передает информацию, а объект получает эту информацию [4]. Схожее мнение высказывает Г.М. Андреева. Она видит коммуникацию как часть процесса общения, в который входит коммуникация, или процесс передачи информации, интеракция, или взаимодействие субъектов друг с другом, или перцепция, или восприятие [5]. В.Б. Кашкин, напротив, считает, что коммуникация — это совместная деятельность собеседников, при которой они формируют общее мнение на действия и вещи [6]. Такой же интерпретации придерживается и М.Ю. Коваленко. Ученый подчеркивает, что коммуникация есть процесс обмена информацией между собеседниками, которая передается целенаправленно и в соответствии с определенными правилами принимается. При этом коммуникация представлена как «субъект-субъектная связь», где есть отправитель (источник), сообщение и получатель информации [7]. А.Я. Кибанов определяет коммуникацию как «многоплановый процесс развития контактов между людьми, порождаемый потребностями совместной жизнедеятельности» [8]. В данном случае информация играет особую роль для каждого из собеседников при условии, что она не только принята, но и осмыслена.

Анализ рассмотренных выше понятий позволил нам прийти к определению сущности термина «межкультурная коммуникация», спецификой которого является то, что в процессе межкультурной коммуникации каждый человек одновременно решает две важнейшие проблемы: стремится сохранить свою культурную идентичность и включиться в чужую культуру.

Согласно М.О. Гузиковой и П.Ю. Фофановой «межкультурная коммуникация» — это обмен информацией, осуществляемый носителями разных культур, что, соответственно, значительным образом влияет на их коммуникацию и в некоторой степени определяет ее ход [9]. Авторы обращают внимание на то, что если коммуниканты относятся к разным языковым группам, то они, естественно, сталкиваются с теми либо иными трудностями, поскольку недопонимание в общении препятствует процессу передачи и осмысления информации.

Исходя из данного положения термин «межкультурная коммуникация» предполагает взаимодействие двух и более культур и преодоление языковых и культурных барьеров, что возможно в первую очередь только при изучении иностранных языков.

В современном мире наблюдается резкое повышение интереса к языкам и культуре иных народов (в нашем примере Республики Беларусь и Китайской Народной Республики). Язык и культура тесно и неразрывно связаны между собой. Язык же обязательно используется в коммуникативных ситуациях, обусловленных взаимодействием внешних культур.

Следует отметить, что проблема иноязычного образования в течение многих лет являлась предметом исследования целого ряда белорусских ученых, таких как Л.И. Бобылева [10; 11], Е.В. Трухан [12; 13], Л.В. Хведченя [14]. Определенный опыт по формированию межкультурной коммуникации обучающихся в условиях реализации иноязычного образования накоплен и в ВГУ имени П.М. Машерова, где с 2020 года начала осуществляться подготовка иностранных граждан (в частности КНР) по специальности образовательных программ бакалавриата и магистратуры.

Экономические, политические, межкультурные связи между Республикой Беларусь и Китайской Народной Республикой привели к потребности изучения китайского языка и китайской культуры белорусскими обучающимися. В данной статье проводится анализ сформированности межкультурной коммуникации на примере изучения китайского языка и китайской культуры белорусскими студентами и преподавателями в условиях работы Центра китайского языка и культуры.

Одним из важнейших направлений работы вышеназванного Центра является исследование способностей обучающихся к межкультурной коммуникации. Для этого используются количественные, качественные и смешанные методы измерения, а также анкетирование, имитационная разработка сценариев, собеседование.

Остановимся подробнее на каждом из методов.

1. *Анкетирование* обучающихся проводится с целью определения уровня их знаний о культуре другого народа. В данном случае опрашиваются и белорусские, и китайские студенты. Путем анкетирования китайских студентов, обучающихся в Беларуси, можно узнать мнение и стереотипы китайцев о белорусской культуре. То же самое эффективно работает и в обратном направлении — что думают белорусы о Китае, его жителях и традициях. Этот метод позволяет сделать вывод, что обучающиеся из разных стран имеют разные представления об одном и том же. Неодинаковое культурное происхождение приводит к несхожим позициям в межкультурном общении. Восприятие у представителя одной национальности будет своим, отличным от восприятия представителя иной национальности (например, число 666 воспринимается китайцами очень позитивно, символизирует успех и процветание, но для белорусов оно имеет крайне негативный контекст).

2. *Имитационная разработка сценариев*. С помощью постановки сценария и его моделирования можно оценивать уровень владения языком обучающимися, которые самостоятельно моделируют и пишут диалоги, отражающие их собственные идеи. Анализ работ позволяет сделать вывод, что многие обучающиеся очень заинтересованы в изучении китайского языка и считают, что это необходимо для них. Некоторые увлечены овладением китайского языка, но им не хватает уверенности в себе. Они считают, что у них имеются сложности с грамматикой, которая видится самой большой проблемой при изучении китайского языка. При использовании данного метода следует обратить внимание и на то, что родной язык обучающихся также оказывает на них определенное влияние. Например, с точки зрения грамматики, обучающиеся не могут быть уверены, в каком структурном порядке составлять предложения и диалоги. Известно, что феномен сохранения структуры родного языка при переводе на иностранный (так называемая языковая интерференция) очень распространен при освоении второго языка. Негативный перенос происходит на всех уровнях языковой структуры. К тому же при овладении иностранным языком практически всегда обнаруживается, что обучающиеся говорят на иностранных языках с соответствующим акцентом. В процессе изучения китайского языка, как правило, присутствует русскоязычный акцент.

3. *Собеседование*. В ходе бесед и дискуссий в аудитории было обнаружено, что обучающиеся, которые имели опыт работы за границей и контактировали с людьми из разных культурных слоев, интуитивно гораздо лучше понимают культурные различия между Китаем и Беларусью. Они даже перенимают некоторые общепринятые жизненные привычки жителей посещенных ими стран.

Приведем некоторые примеры. В интервью любитель китайского языка Сергей, преподаватель информационно-компьютерных технологий, признался, что «будет изучать китайский язык с помощью мобильных приложений или фильмов и видеороликов YouTube, чтобы понимать межкультурные отличия». Кроме того, он отметил, что как любитель шахмат обязательно изучит их китайскую версию с иероглифами, а также несколько простых игр на знание китайского языка.

Другой любитель китайского языка Михаил в интервью упомянул о китайских боевых искусствах и кунг-фу. Он знает, что китайское кунг-фу, казалось бы, легкое движение, на самом деле спорт, требующий постоянного дыхания и циркуляции энергии внутри тела. Участник опроса понимает, что занятия китайским кунг-фу полезны для физического и психического здоровья человека.

В собеседовании участвовала и Варя, белорусская школьница, интересующаяся китайским языком и культурой. Кроме занятий, она знакомилась с китайской одеждой при помощи китайского программного обеспечения Таобао. Хотя Таобао — всего лишь китайская платформа для онлайн-покупок, она также может использоваться для изучения элементов китайской культуры. Здесь представлено огромное разнообразие товаров. Когда вводится запрос «Ханьфу, веер, зеркало для макияжа», при просмотре результатов поиска можно ознакомиться с различными стилями Ханьфу. При вводе запроса «закладка в китайском стиле» или «шелковый шарф», появляются различные изделия прошлых времен с элементами китайских орнаментов. Увидев современный дамский халат (Ципао), Варя сразу же его купила.

На основе результатов диагностики в Центре китайского языка и культуры Витебского государственного университета имени П.М. Машерова организовываются практические занятия, направленные на изучение языка и знакомство с культурой народа Поднебесной. Занятия проводятся волонтером Посольства КНР в Республике Беларусь.

В качестве примера приведем занятие, посвященное особенностям национальной кухни Китая и национальной кухни Беларуси.

Тема занятия: Сходство и различие традиционной национальной кухни Китая и Беларуси

Основные цели занятия:

Образовательные: формирование лексико-грамматических навыков и умений; введение и закрепление новой лексики по теме «Еда»; совершенствование умения монологической речи.

Воспитательные: воспитание умения работать в парах, а также уважительного отношения обучающихся ко взглядам и мнениям друг друга.

Развивающие: развитие навыков изучающего чтения; навыков устной речи и фонематического слуха; лингвокультурологических компетенций на примере указанной лексической темы.

1 этап. *Организация начала занятия.* Приветствие с использованием устойчивых речевых фраз. Объяснение значения и причин возникновения варианта приветствия в китайском языке, которое дословно переводится «Ты поел?».

2 этап. *Постановка целей и задач занятия.*

3 этап. *Повторение материала и снятие языковых трудностей:* 1. Назвать известные уже продукты на китайском языке, которые демонстрируются на интерактивной доске. 2. Показать на проектной доске те картинки, названия которых еще не выучены. 3. Записать новые слова, научиться их произносить. 4. Составить небольшие словосочетания с ранее изученными и новыми словами (хлеб и молоко, хлеб или молоко, не хлеб, а молоко и т.д., что это? это молоко). 5. Преподаватель называет слово, обучающийся показывает картинку на интерактивной доске.

Данные упражнения позволяют отработать навыки правильного чтения и произношения слов, которые впоследствии будут использоваться в тексте.

4 этап. *Введение слов «завтрак/на завтрак», «обед/на обед», «ужин/на ужин», «есть», «пить»:* 1. Отработка навыков произношения указанных слов. 2. Чтение словосочетаний/предложений с указанными словами. 3. Постановка необходимой словоформы в словосочетание. 4. Показать картинки на интерактивной доске и сказать фразу «В Беларуси на завтрак я обычно ем ..., на обед я ем ..., на ужин я ем...». «В Беларуси на завтрак я обычно пью ..., на обед я пью ..., на ужин я пью...».

5 этап. *Работа с текстом «Традиционная еда в Китае»* (в статье представлен текст на русском языке).

Здравствуйте! Меня зовут Макс, сейчас я живу и учусь в Китае. В Китае еда очень вкусная и разная. Каждое блюдо должно обладать тремя важными характеристиками: цветом, ароматом и вкусом. Во время еды на столе должны быть блюда разных вкусов: кислого, сладкого, соленого, острого. Блюдо должно состоять из маленьких кусочков. На завтрак обычно готовят кашу, суп, лапшу, булочки, рис и соевое молоко. На обед мясо, овощи, морепродукты, лапшу, рыбу. Всегда на столе есть рис. Также готовят супы. На обед пьют чай. Ужин включает нежирную еду: овощные салаты, рыбу, картофель, также сыр тофу или маринованный имбирь. На ужин в Китае пьют чай или сок.

Работа с текстом содержит в себя традиционные этапы: предтекстовые упражнения, чтение текста, послетекстовые упражнения: 1. Определение новых слов: (не)вкусный, (не)кислый, (не) сладкий, (не)солёный, (не)острый. Повторение формирования отрицания с частицей «не». 2. Работа с новой лексикой (запись в тетради, повторение каждым обучающимся, запись слова, произнесенного преподавателем на доске). 3. Демонстрация картинок (слова из текста) на проектной доске с заданием: — Что это? — Это мясо — Мясо сладкое? — Нет, мясо не сладкое. 4. Чтение текста преподавателем. 5. Чтение текста обучающимися. 6. Постановка подходящего по смыслу слова в предложение. 7. Составление предложения из заданных слов. 8. Согласие или опровержение предложенных утверждений. 9. Ответы на вопросы к тексту о китайской еде. 10. Заполнение таблицы (можно использовать картинки и названия продуктов) на интерактивной доске:

	Белорусская еда	Китайская еда
Завтрак		
Обед		
Ужин		

11. Проведение сравнительного анализа исходя из заполненной таблицы о том, какие продукты на завтрак, обед и ужин являются традиционными в Китае, какие в Беларуси, есть ли сходства и различия.

6 этап. *Рефлексия содержания учебного материала.* Преподаватель обращается к ней, чтобы выяснить, как обучающиеся осознали содержание пройденного. На этапе рефлексии можно использовать

вопросы: Какие новые слова и выражения сегодня были изучены? Какие из них вызвали трудности? Рекомендуются и следующие приемы: незаконченное предложение, синквейн, фишбоун.

В качестве домашнего задания обучающимся предлагается подготовить пересказ изученного текста.

Заключение. Следовательно, необходимость овладения знаниями и навыками межкультурной коммуникации диктуется практическими потребностями реальной жизни. Процессы демократизации общественной жизни, открытость и доступность последних достижений мировой культуры позволяют узнавать много нового о поведении и образе жизни других народов. Новые знания приобретаются прежде всего в образовательном процессе университетов посредством использования различных форм общения на основе изучения иностранных языков. Формирование межкультурной коммуникации, бесспорно, является одной из целей современного образования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Садохин, А.П. Теория и практика межкультурной коммуникации: учеб. пособие для вузов / А.П. Садохин. — М.: ЮнитиДана, 2004. — 145 с.
2. Межкультурная коммуникация: курс лекций для магистрантов, обучающихся по специальности 1-23 80 05 Журналистика / авт.-сост. Д.П. Зылевич. — Минск: БГТУ, 2019. — 86 с.
3. Конецкая, В.П. Социология коммуникаций / В.П. Конецкая. — М.: Междунар. ун-т бизнеса и управления, 1997. — 304 с.
4. Каган, М.С. Системный подход и гуманитарное знание: избранные статьи / М.С. Каган. — Л.: ЛГУ, 1991. — 383 с.
5. Андреева, Г.М. Социальная психология / Г.М. Андреева. — М.: Аспект Пресс, 2003. — 229 с.
6. Кашкин, В.Б. Парадоксы границы в языке и коммуникации. Заключение: Границы и пограничные явления в языке и коммуникации / В.Б. Кашкин, Е.А. Княжева // Мосты. — 2021. — № 2. — С. 3–12.
7. Коваленко, М.Ю. Включение студентов в проектную деятельность как механизм формирования социальной креативности / М.Ю. Коваленко // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. — 2020. — Т. 26, № 2. — С. 180–185.
8. Кибанов, А.Я. Управление персоналом: теория и практика. Кадровая политика и стратегия управления персоналом: учеб.-практ. пособие / А.Я. Кибанов, Л.В. Ивановская. — М.: Проспект, 2023. — 64 с.
9. Гузикова, М.О. Основы теории межкультурной коммуникации: учеб. пособие / М.О. Гузикова, П.Ю. Фофанова. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. — 124 с.
10. Бобылева, Л.И. Использование социального сервиса подкастов в обучении иноязычному общению / Л.И. Бобылева // Лингвокультурное образование в системе вузовской подготовки специалистов. — 2018. — Т. 1, № 3(11). — С. 332–337.
11. Методика преподавания иностранных языков: метод. рекомендации / [авт.-сост. Л.И. Бобылева]; М-во образования Респ. Беларусь, УО «ВГУ им. П.М. Машерова», Каф. англ. филологии. — Витебск: УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2011. — 47 с.
12. Педагогическое иноязычное образование: история, тенденции, перспективы / Е.В. Трухан [и др.]; под науч. ред. О.Ю. Шиманской. — Минск: РИВШ, 2024. — 194 с.
13. Трухан, Е.В. Теория и практика общего иноязычного образования в Беларуси (1960–2010) / Е.В. Трухан. — Минск: БНТУ, 2016. — 179 с.
14. Хведченя, Л.В. Грамматика английского языка / Л.В. Хведченя. — Минск: Народная асвета, 2017. — 390 с.
15. Жукова, В.И. Исследование уровня сформированности межкультурной компетенции студентов / В.И. Жукова, М.С. Фирскина, Т.Г. Дулинец // Молодой ученый. — 2016. — № 11(115). — С. 1452–1455.

REFERENCES

1. Sadokhin A.P. *Teoriya i praktika mezhkulturnoi kommunikatsii: ucheb. posobiye dlia vuzov* [Theory and Practice of Crosscultural Communication: University Textbook], M.: YunitiDana, 2004, 145 p.
2. Zylevich D.P. *Mezhkulturnaya kommunikatsiya: kurs lektsii dlia magistrantov, obuchayushchikhsia po spetsialnosti 1-23 80 05 Zhurnalistika* [Crosscultural Communication: A Course of Lectures Journalism Master Degree], Minsk: BGU, 2019, 86 p.
3. Konetskaya V.P. *Sotsiologiya kommunikatsiy* [Sociology of Communication], M.: Mezhdunar. un-t biznesa i upravleniya, 1997, 304 p.
4. Kagan M.S. *Sistemny podkhod i humanitarnoye znaniye: izbranniye statyi* [System Approach and Humanitarian Knowledge: Selected Articles], L.: LGU, 1991, 383 p.
5. Andreyeva G.M. *Sotsialnaya psikhologiya* [Social Psychology], M.: Aspekt Press, 2003, 229 p.
6. Kashkin V.B., Kniazheva E.A. *Paradoksy granitsy v yazyke i kommunikatsii. Zakliucheniye: Granitsy i pogranichniye yavleniya v yazyke i kommunikatsii* [Paradoxes of the Border in the Language and Communication. Conclusion: Borders and Border Phenomena in the Language and Communication], Mosty, 2021, 2, pp. 3–12.
7. Kovalenko M.Yu. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pedagogika. Psikhologiya. Sotsiokinetika* [Journal of Kostroma State University. Pedagogy. Psychology. Social Cynetics], 2020, 26(2), pp. 180–185.
8. Kibanov A.Ya., Ivanovskaya L.V. *Upravleniye personalom: Teoriya i praktika. Kadrovaya politika i strategiya upravleniya personalom: ucheb.-prakt. posobiye* [Staff Management: Theory and Practice. Staff Policy and Strategy of Staff Management: Textbook], M.: Prospekt, 2023, 64 p.
9. Guzikova M.O., Fofanova P.Yu. *Osnovy teorii mezhkulturnoi kommunikatsii: ucheb. posobiye* [Basics of the Theory of Crosscultural Communication: Textbook], Yekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2015, 124 p.
10. Bobyleva L.I. *Lingvokulturnoye obrazovaniye v sisteme vuzovskoi podgotovki spetsialistov* [Linguistic and Cultural Education in the System of University Training], 2018, 1, 3(11), pp. 332–337.
11. Bobyleva L.I. *Metodika prepodavaniya inostrannykh yazykov: medod. rekomendatsii* [Methods of Foreign Language Teaching: Guidelines], Vitebsk: UO "VGU im. P.M. Masheroval", 2011, 47 p.
12. Trukhan E.V. *Pedagogicheskoye inoyazychnoye obrazovaniye: istoriya, tendentsii, perspektivy* [Pedagogical Foreign Language Education: History, Trends, Prospects], Minsk: RIVSh, 2024, 194 p.
13. Trukhan E.V. *Teoriya i praktika obshchego inoyazychnogo obrazovaniya v Belarusi (1960–2010)* [Theory and Practice of General Foreign Language Education in Belarus (1960–2010)], Minsk: BNTU, 2016, 179 p.
14. Khvedchenia L.V. *Grammatika angliyskogo yazyka* [Grammar of the English Language], Minsk: Narodnaya asveta, 2017, 390 p.
15. Zhukova V.I., Firskina M.S., Dulinet T.G. *Molodoi ucheny* [Young Scholar], 2016, 11(115), pp. 1452–1455.

Поступила в редакцию 29.11.2024

Адрес для корреспонденции: e-mail: ProkhozhiySA@vsu.by — Прохожий С.А.

КОНСТРУИРОВАНИЕ ДЕФИНИЦИИ «МУЗЫКАЛЬНОЕ ВОЛОНТЕРСТВО» МЕТОДОМ ДВУХУРОВНЕВОЙ ТРИАДИЧЕСКОЙ ДЕШИФРОВКИ КАТЕГОРИИ

Я.Т. Гильмуллина

Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»

Музыкальное волонтерство представляет собой уникальный феномен в контексте образовательной, культурной и социальной деятельности. Несмотря на растущую популярность, данное явление остается мало разработанным в теоретическом аспекте и нуждается в формулировании ясного и научно обоснованного определения.

Цель исследования — конструирование дефиниции «музыкальное волонтерство» методом двухуровневой триадической дешифровки категории.

Материал и методы. Материалом послужили диссертации, учебно-методическая литература, научные публикации по волонтерской деятельности. Для достижения поставленной цели использовались теоретические методы: анализ, сравнение, синтез, обобщение, дедукция, логический метод. Основным инструментом исследования выбран метод двухуровневой триадической дешифровки базовой категории.

Результаты и их обсуждение. В работе выделены триады первого и второго уровней для конструирования дефиниции «музыкальное волонтерство». Одноуровневая триадическая дешифровка понятия способствовала получению простейшего определения, содержащего ключевые аспекты исследуемого явления. Триады второго уровня позволили сформулировать развернутое определение понятия: музыкальное волонтерство — это добровольная, бескорыстная и социально значимая деятельность, основанная на применении музыки в образовательных, воспитательных и терапевтических целях и направленная на культурное просвещение, укрепление социальной сплоченности и психоэмоциональную поддержку общества.

Заключение. Предложенное понятие «музыкальное волонтерство» достаточно корректно передает его сущность, многогранность и социальное воздействие. Данная дефиниция способствует раскрытию сути явления как такового и представляет основу для формирования предметной области музыкального волонтерства. Полученное определение конкретизирует направления развития музыкального волонтерства в рамках разработки и реализации образовательных, культурных и социальных проектов. Теоретическое осмысление этого понятия может служить ориентиром для создания методических рекомендаций и программ подготовки волонтеров.

Ключевые слова: волонтерская (добровольческая) деятельность, музыка, общество, музыкальное волонтерство, метод двухуровневой триадической дешифровки категории.

CONSTRUCTING THE DEFINITION OF MUSICAL VOLUNTEERING USING THE TWO-LEVEL TRIADIC DECODING METHOD

Ya.T. Gilmullina

Education Establishment “Vitebsk State P.M. Masherov University”

Musical volunteering is a unique phenomenon in the context of educational, cultural, and social activities. Despite its growing popularity in practice, this phenomenon remains underdeveloped in theoretical aspects and requires the formulation of a clear and scientifically grounded definition.

The purpose of the study is to construct the definition of musical volunteering using the two-level triadic decoding method.

Material and methods. The study is based on dissertation research, educational and methodological literature, and scientific publications on volunteer activities. To achieve the research goal, theoretical methods were used, including analysis, comparison, synthesis, generalization, deduction, and logical methods. The main research tool was the two-level triadic decoding method of the fundamental category.

Findings and their discussion. The article identifies first- and second-level triads for constructing the definition of musical volunteering. The one-level triadic decoding of the concept facilitated the formation of a basic definition that includes the key aspects. The second-level triads enabled the formulation of an expanded definition: musical volunteering is a voluntary, selfless, and socially significant activity based on the use of music for educational, developmental, and therapeutic purposes, aimed at cultural enlightenment, strengthening social cohesion, and providing psycho-emotional support to society.

Conclusion. The formulated definition of musical volunteering clearly and logically describes its essence, key characteristics, multidimensionality, and social impact. This definition contributes to revealing the essence of the phenomenon and serves as a foundation for establishing the field of musical volunteering. The obtained definition clarifies the directions for developing musical volunteering within the framework of designing and implementing educational, cultural, and social projects. The theoretical comprehension of this concept may serve as a guideline for creating methodological recommendations and volunteer training programs.

Key words: volunteer activity, music, society, musical volunteering, two-level triadic decoding method of the category.

Музыкальное волонтерство представляет собой уникальный феномен в контексте образовательной, культурной и социальной деятельности. Несмотря на растущую популярность, данное явление остается мало разработанным в теоретическом аспекте и нуждается в формулировании ясного и научно обоснованного определения.

В условиях увеличивающегося общественного интереса к добровольческой деятельности музыка приобретает значимость как эффективное средство, оказывающее глубокое влияние на различные социальные группы, а также на личностное развитие самих волонтеров.

Изучение данного феномена позволит определить его ключевые особенности, выявить механизмы воздействия музыки в волонтерской деятельности и разработать научно обоснованные подходы к его организации. Это, в свою очередь, будет способствовать совершенствованию добровольческих практик и расширению возможностей для профессиональной подготовки волонтеров.

В ходе анализа диссертационных исследований, научных публикаций, а также учебно-методической литературы не выявлено работ, посвященных систематическому изучению феномена музыкального волонтерства. Проведенный библиографический поиск свидетельствует об отсутствии устоявшихся научных подходов к его дефиниции, структурным характеристикам, функциям и методологическим основам.

В русскоязычных источниках единственное определение этого явления предлагает А. Апрелева-Коломейцева. По мнению музыкального терапевта, данная деятельность может быть представлена как «вид социального служения граждан, в основе которого лежит использование музыкального воздействия и взаимодействия в добровольной, бескорыстной, социально значимой деятельности» [1, с. 19]. А. Апрелева-Коломейцева не ставит целью дать научное обоснование дефиниции, так как издание имеет в первую очередь прикладной характер и ориентировано на применение музыки в терапевтических целях.

Добровольческая деятельность, основанная на использовании музыки, фрагментарно освещается в трудах по культурному волонтерству как его составная часть. Однако само понятие музыкального волонтерства в полной мере не вводится и не имеет самостоятельной теоретической разработанности.

Целью исследования — конструирование дефиниции «музыкальное волонтерство» методом двухуровневой триадической дешифровки категории.

Материал и методы. Материалом послужили диссертации, учебно-методическая литература, научные публикации по волонтерской деятельности. Для достижения поставленной цели использовались теоретические методы: анализ, сравнение, синтез, обобщение, дедукция, логический метод. Основным инструментом исследования выбран метод двухуровневой триадической дешифровки базовой категории.

Результаты и их обсуждение. Сущность понятия «музыкальное волонтерство» не раскрыта в научной литературе, что усложняет формирование целостного представления об этом явлении и обуславливает использование комплексного подхода для его определения. Конструирование дефиниции потребовало применения метода, позволяющего учитывать сложную природу данного феномена, его междисциплинарный характер и функциональную многогранность. В качестве основного инструмента исследования был выбран метод двухуровневой триадической дешифровки базовой категории, разработанный В.И. Разумовым и получивший развитие в трудах Г.Д. Боуш в рамках теории динамических информационных систем [2, с. 170–175]. Данный метод используется для конструирования дефиниций в различных областях научного знания. В социально-гуманитарных науках его применяли Н.В. Айхель [3], А.В. Васильева [4], А.А. Кильдюшева [5] и др.

Использование метода двухуровневой триадической дешифровки в контексте конструирования дефиниции «музыкальное волонтерство» позволяет:

1. Проанализировать данный феномен на углубленном уровне (детализированное рассмотрение понятия, выявление ключевых структурных компонентов).
2. Учесть междисциплинарный характер и многогранность явления (комплексный анализ и установление взаимосвязей между различными элементами).
3. Обеспечить теоретическую и методологическую обоснованность дефиниции (выстраивание четкой и логически последовательной схемы, представление модели понятия, конструирование целостного научно обоснованного определения).

Метод двухуровневой триадической дешифровки категорий базируется на глубоком изучении сущности исследуемого объекта, формирует триады категорий и понятий, описывающих данный объект на двух уровнях.

Для выделения триады первого уровня назовем критерии, на основе которых будет происходить выбор категорий:

1. Характеристика действия.
2. Средство реализации.
3. Целевая аудитория.

Для определения категории «характеристика действия» рассмотрим сущность понятия «волонтерство» в различных диссертационных исследованиях. Данное явление представлено как: вид социальной (общественной) активности (И.Н. Григорьев, И.Ф. Файзуллин); помощь; оказание помощи и поддержки (В.В. Митрофаненко, Г.А. Рошко, И.А. Степанова, Н.В. Трофимова); деятельностная форма благотворительности (Л.В. Болотова, Е.А. Луговая); деятельность; вид, тип, форма деятельности (Е.С. Азарова, Е.В. Акимова, Д.Д. Андрианова, М.Н. Балаян, К.А. Бочко, К.И. Буякова, С.Г. Екимов, А.В. Кибальник, М.О. Костюченко, Е.А. Луговая, Н.В. Маковей, Н.А. Новикова, Ю.В. Паршина, М.В. Певная, Н.В. Попова, Т.А. Садчикова, Т.В. Соколова).

Таким образом, можно утверждать, что волонтерство (добровольчество) по характеру действия целесообразно обозначить как категорию деятельности, предполагающей наличие конкретной цели, осознанности, процесса и результативности, что в полной мере соответствует характеристике добровольчества в целом.

Следующей категорией триады первого уровня является музыка. В контексте музыкального волонтерства она служит средством реализации различных целей, представляя собой не только искусство, но и инструмент воздействия на общество. Именно музыка формирует специфику данного вида добровольчества, отличая его от других направлений волонтерской деятельности.

Целевой аудиторией музыкального волонтерства выступает общество, которое можно рассматривать не только как объект воздействия, но и как активного участника процесса взаимодействия с волонтерами на основе музыкального искусства.

Таким образом, первый уровень включает три основные категории: деятельность, музыку и общество (рис. 1). Одноуровневая триадическая дешифровка понятия позволила выделить наиболее значимые характеристики исследуемого явления, отражающие его сущностные свойства. С помощью триады категорий первого уровня можно сконструировать простейшее определение понятия, содержащее ключевые аспекты: **музыкальное волонтерство** — это вид волонтерской деятельности, основанный на применении музыки в интересах общества.



Рис. 1. Схема одноуровневой триадической дешифровки понятия «музыкальное волонтерство»

Второй уровень триадического метода заключается в дешифровке категорий первого уровня. Для этого необходимо провести углубленный анализ каждой из составляющих первой триады и определить критерии дешифровки данных категорий (табл. 1).

Таблица 1

Критерии дешифровки категорий первого уровня

Категория первого уровня	Критерий дешифровки
деятельность	принципы волонтерской деятельности
музыка	цели применения музыки в волонтерской деятельности
общество	социальные результаты

Главными принципами волонтерской **деятельности** являются: добровольность: волонтерская деятельность осуществляется исключительно по свободному выбору личности, без принуждения и внешнего давления; бескорыстность: волонтерство исключает материальную выгоду, основывается на стремлении безвозмездно помогать другим; социальная значимость: деятельность волонтеров направлена на удовлетворение актуальных потребностей общества [6, с. 8].

Представленные принципы наиболее значимые и рассматриваются в трудах многих исследователей в контексте изучения феномена волонтерства (добровольчества). Данное явление проанализировано в таких направлениях, как педагогика (Ю.В. Паршина, И.Ф. Файзуллин), психология (Е.С. Азарова), социология (В.В. Овсий), культурология (Е.А. Луговая), философия (Н.В. Попова), экономика (А.В. Трохина).

Такой анализ волонтерской деятельности позволяет определить принципы добровольности, бескорыстности и социальной значимости, которые составляют триаду второго уровня, дешифрующую категорию «деятельность».

Музыка представляет собой многогранный инструмент воздействия, который оказывает влияние на всех участников волонтерской деятельности. Остановимся на различных подходах к формулировке ключевых целей добровольчества в сфере музыкального искусства.

Г.А. Рошко выделяет образовательный, культурно-просветительский и воспитательный компоненты волонтерской деятельности в сфере искусства. Эти аспекты заключаются в развитии музыкальной культуры, музыкального вкуса и эмоциональной отзывчивости у различных социальных групп. В процессе добровольческой деятельности у самих волонтеров формируются такие качества, как патриотизм, толерантность и альтруизм [7, с. 41].

Достижение воспитательных и музыкально-развивающих целей в процессе волонтерской деятельности детей в дополнительном музыкальном образовании анализирует Н.И. Чинякова. Она подчеркивает, что публичное исполнение должно быть ориентировано на психологическую поддержку слушательской аудитории [8, с. 101].

О.Е. Плеханова отмечает значимость волонтерской деятельности как воспитательной и образовательной технологии в подготовке педагогов-музыкантов к социокультурной реабилитации людей пожилого возраста. Исследователь изучает реабилитационное воздействие музыки, направленное на изменение эмоционального состояния пожилых людей, восстановление коммуникативных навыков, поддержание двигательной активности [9, с. 219–220].

На терапевтическом значении музыки в процессе фортепианного исполнительства фокусируют внимание И.А. Шепелева и А.Е. Лебедева. Занятия на фортепиано, слушание фортепианной музыки ориентированы на коррекцию психоэмоциональной сферы, преодоление дисгармонии в самооценке и трудностей в развитии коммуникативных навыков [10, с. 143].

Таким образом, общие цели реализации музыки в контексте добровольчества представлены образовательным, воспитательным и терапевтическим направлениями. Соответственно триаду категорий второго уровня, дешифрующую категорию «музыка» можно сформулировать следующим образом: образование, воспитание, терапия.

Для выделения сущностных характеристик **общества** в контексте музыкального волонтерства необходимо выявить социальные результаты с учетом предполагаемых целей (табл. 2).

Применение музыки в волонтерской деятельности

Цель	Сущность	Социальный результат
образовательная	распространение музыкальной грамотности, развитие творческих способностей, расширение культурного кругозора, популяризация классического, духовного и народного музыкального искусства	культурное просвещение
воспитательная	создание гармоничного и взаимопонимающего общества через социальную интеграцию, формирование нравственных ценностей, гражданственности, воспитание эстетического вкуса и эмоциональной отзывчивости	укрепление социальной сплоченности
терапевтическая	улучшение общего состояния человека, создание благоприятной эмоциональной среды	психозэмоциональная поддержка

Культурное просвещение, укрепление социальной сплоченности и психозэмоциональная поддержка составляют триаду второго уровня, дешифрующую категорию «общество».

Рассмотрим модель понятия «музыкальное волонтерство», разработанную на основе метода двухуровневой триадической дешифровки (рис. 2). Категории первого уровня обозначаются однозначным индексом, категории второго уровня имеют двузначный индекс, что позволяет в дальнейшем применять методы перестановки и свертки дешифрующих категорий для описания предметной области исследуемого объекта.

На основании вышеизложенного можно сформулировать следующее развернутое определение: **музыкальное волонтерство** — это добровольная, бескорыстная и социально значимая деятельность, основанная на применении музыки в образовательных, воспитательных и терапевтических целях и направленная на культурное просвещение, укрепление социальной сплоченности и психозэмоциональную поддержку общества.

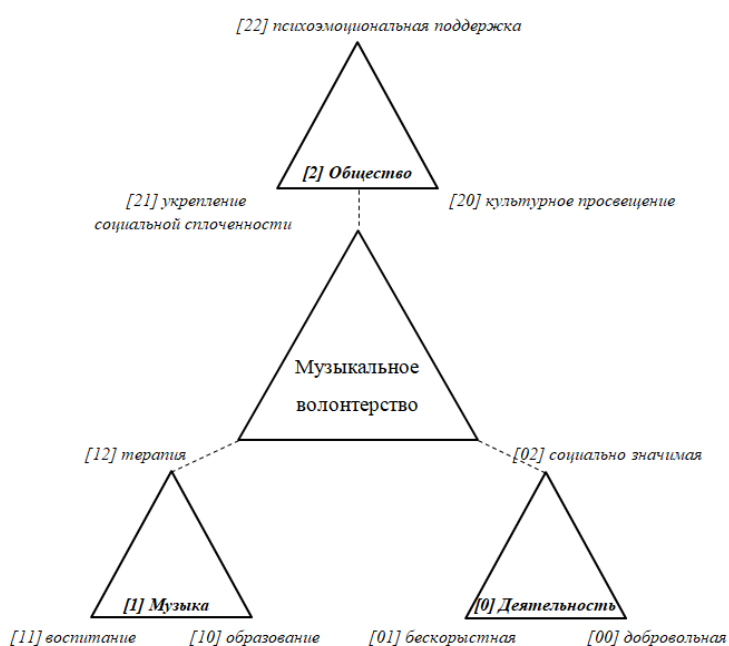


Рис. 2. Схема двухуровневой триадической дешифровки понятия «музыкальное волонтерство»

Заключение. Предложенное понятие «музыкальное волонтерство» достаточно корректно передает его сущность, многогранность и социальное воздействие. Данная дефиниция способствует раскрытию сути явления как такового и представляет основу для формирования предметной области музыкального волонтерства.

Полученное определение конкретизирует направления развития музыкального волонтерства в рамках разработки и реализации образовательных, культурных и социальных проектов. Теоретическое осмысление этого понятия может служить ориентиром для создания методических рекомендаций и программ подготовки волонтеров.

Дальнейшее исследование нацелено на осмысление музыкального волонтерства с позиции субъекта этого вида добровольчества, анализ влияния данного феномена на волонтеров-музыкантов и их личностное развитие. Особое внимание будет уделено роли музыкального волонтерства в профильных учебных заведениях. Это позволит конкретизировать участие будущих педагогов-музыкантов в волонтерской деятельности с позиции гражданственности, национальной идентификации и социальной ответственности. Перспективной областью исследования станет разработка методических рекомендаций по организации музыкального волонтерства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Апрелева, А. Музыкант как волонтер: терапевтическое применение музыки в медицинских и социальных учреждениях / А. Апрелева. — М.: Лепта Книга, 2017. — 272 с. — (Серия «Азбука милосердия»: метод. и справ. пособия).
2. Боуш, Г.Д. Методология научного исследования (в кандидатских и докторских диссертациях): учебник / Г.Д. Боуш, В.И. Разумов. — М.: ИНФРА-М, 2025. — 227 с. — (Высшее образование).
3. Айхель, Н.В. Конструирование дефиниции «познавательные умения» методом двухуровневой триадической дешифровки категории / Н.В. Айхель // Вестник Ленинградского государственного университета имени А.С. Пушкина. — 2022. — № 4. — С. 12–28.
4. Васильева, А.В. Конструирование дефиниции категории «интерактивное обучение» методом двухуровневой триадической дешифровки категории / А.В. Васильева // Известия Российского государственного педагогического университета имени А.И. Герцена. — 2021. — № 200. — С. 101–113.
5. Кильдюшева, А.А. Конструирование дефиниции категории «музей» триадическим методом / А.А. Кильдюшева // Вестник Омского университета. — 2018. — Т. 23, № 3. — С. 170–180.
6. Основы организации и управления добровольческой деятельностью: учебник для студентов вузов / под общ. ред. О.А. Аникеевой, А.П. Рудницкой, О.В. Решетникова. — М.: Издательство РГСУ, 2019. — 245 с.
7. Рошко, Г.А. Готовность будущего учителя музыки к организации волонтерской деятельности в сфере искусства / Г.А. Рошко // Наука и школа. — 2012. — № 2. — С. 40–44.
8. Чинякова, Н.И. Организация волонтерской деятельности детей в дополнительном музыкальном образовании / Н.И. Чинякова // Гуманитарные науки и образование. — 2020. — Т. 11, № 2. — С. 97–103.
9. Плеханова, О.Е. Роль волонтерской деятельности в подготовке педагога-музыканта к социокультурной реабилитации людей пожилого возраста / О.Е. Плеханова // Педагогическое образование в России. — 2014. — № 12. — С. 217–220.
10. Шепелева, И.А. Фортепианное исполнительство как средство музыкального волонтерства / И.А. Шепелева, А.Е. Лебедева // Проблемы эстетического образования в контексте устойчивого развития общества: материалы междунар. студ. науч.-практ. конф., Минск, 21 апр. 2021 г. / Белорус. гос. пед. ун-т; редкол.: М.А. Шатарова (отв. ред.) [и др.]. — Минск, 2021. — С. 142–144.

REFERENCES

1. Apreleva A. *Muzykant kak volonter: terapevticheskoye primeneniye muzyki v meditsinskikh i sotsialnykh uchrezhdeniyakh* [Musician as a volunteer: Therapeutic use of music in medical and social institutions], Moscow: Lepta Kniga, 2017, 272 p.
2. Boush G.D., Razumov V.I. *Metodologiya nauchnogo issledovaniya (v kandidatskikh i doktorskikh dissertatsiyakh): uchebnik* [Methodology of scientific research (in candidate and doctoral dissertations): textbook], Moscow: INFRA-M, 2025, 227 p.
3. Eichel N.V. *Vestnik Leningradskogo gosudarstvennogo universiteta imeni A.S. Pushkina* [Journal of Leningrad State A.S. Pushkin University], 2022, 4, pp. 12–28.
4. Vasilyeva A.V. *Izvestiya Rossiyskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni A.I. Gertsena* [Journal of Russian State Pedagogical A.I. Gertsen University], 2021, 200, pp. 101–113.
5. Kildyusheva A.A. *Vestnik OmGU* [Journal of Omsk State University], 2018, 23(3), pp. 170–180.
6. Anikeeva O.A., Rudnitskaya A.P., Reshetnikova O.V. *Osnovy organizatsii i upravleniya dobrovolcheskoy deyatel'nostyu: uchebnik dlya studentov vuzov* [Fundamentals of organization and management of volunteer activities: textbook for university students], Moscow: Izdatelstvo RGSU, 2019, 245 p.
7. Roshko G.A. *Nauka i shkola* [Science and School], 2012, 2, pp. 40–44.
8. Chinyakova N.I. *Gumanitarnye nauki i obrazovaniye* [Humanitarian Sciences and Education], 2020, 11(2), pp. 97–103.
9. Plekhanova O.E. *Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii* [Pedagogical Education in Russia], 2014, 12, pp. 217–220.
10. Shepeleva I.A., Lebedeva A.E. *Problemy esteticheskogo obrazovaniya v kontekste ustoichivogo razvitiya obshchestva: materialy mezhdunar. studen. nauch.-prakt. konf., Minsk, 21 apr. 2021 g.* [Problems of Aesthetic Education in the Context of Sustainable Development of Society: Proceedings of the International Student Scientific and Practical Conference, Minsk, April 21, 2021], Minsk, 2021, pp. 142–144.

Поступила в редакцию 18.03.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: yanatimurovna@gmail.com — Гильмуллина Я.Т.

З ВЕСТКІ ПРА АЎТАРАЎ

БАЛАЕВА-ЦІХАМІРАВА Вольга Міхайлаўна — дацэнт кафедры хіміі і прыродазнаўчай адукацыі ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат біялагічных навук, дацэнт.

БОХАН Юрый Іванавіч — старшы навуковы супрацоўнік навукова-даследчага сектара ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат фізіка-матэматычных навук.

ГАПАНЁНАК Юлія Васільеўна — дэкан факультэта фізічнай культуры і спорту ВДУ імя П.М. Машэрава, магістр педагогічных навук.

ГІЛЬМУЛІНА Яна Цімураўна — аспірант кафедры педагогікі і адукацыйнага менеджменту ВДУ імя П.М. Машэрава, магістр педагогічных навук.

ГІРЫНА Валянціна Мікалаеўна — дацэнт кафедры дыдактыкі і прыватных методык МДАІРА, кандыдат педагогічных навук, дацэнт.

ДАНІЛЕВІЧ Сяргей Аляксандравіч — загадчык кафедры дыдактыкі і прыватных методык МДАІРА, кандыдат філасофскіх навук.

КАРЧЭЎСКАЯ Алена Аляксееўна — загадчык кафедры прыкладнага і сістэмнага праграмавання ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт.

КАЦНЁЛЬСОН Кацярына Іосіфаўна — старшы выкладчык кафедры хіміі і прыродазнаўчай адукацыі ВДУ імя П.М. Машэрава.

КАШЭВІЧ Ірына Фёдараўна — дацэнт кафедры інжынернай фізікі ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт.

КЛІНАЎ Уладзімір Уладзіміравіч — першы прарэктар БДУФК, кандыдат педагогічных навук, дацэнт.

КОЦУР Уладзімір Міхайлавіч — старшы выкладчык кафедры фундаментальнай і прыкладной біялогіі ВДУ імя П.М. Машэрава, магістр біялагічных навук.

КУЗНЯЦОВА Паліна Дзмітрыеўна — выкладчык кафедры прыкладнага і сістэмнага праграмавання ВДУ імя П.М. Машэрава.

ЛАКОТКА Анатоль Аркадзевіч — дацэнт кафедры экалогіі і геаграфіі ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат біялагічных навук.

МАКРЫЦКІ Міхаіл Васільевіч — дацэнт кафедры педагогікі і адукацыйнага менеджменту ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат педагогічных навук, дацэнт.

НАВІЦКІ Павел Іванавіч — дацэнт кафедры спартыўна-педагогічных дысцыплін ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат педагогічных навук, дацэнт.

НІКАНАВА Таццяна Віктараўна — загадчык кафедры матэматыкі і інфармацыйных тэхналогій ВДТУ, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт.

ПРАХОЖЫ Сяргей Аляксандравіч — дацэнт кафедры інфармацыйных тэхналогій і кіравання бізнесам ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат фізіка-матэматычных навук.

РАКАВА Наталля Андрэеўна — загадчык кафедры педагогікі і адукацыйнага менеджменту ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат педагогічных навук, дацэнт.

САЛАДОЎНІКАЎ Ігар Альбертавіч — дацэнт кафедры фундаментальнай і прыкладной біялогіі ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат біялагічных навук, дацэнт.

СІПАКОЎ Ілья Яўгеневіч — выкладчык кафедры інфармацыйных тэхналогій і кіравання бізнесам ВДУ імя П.М. Машэрава.

СУШКО Генадзій Генадзевіч — загадчык кафедры экалогіі і геаграфіі ВДУ імя П.М. Машэрава, доктар біялагічных навук, прафесар.

ФЯДЗЮШКА Ілья Аляксандравіч — аспірант кафедры батанікі БДУ, магістр.

ЦЯЦЕРЫНА Вера Уладзіміраўна — дацэнт кафедры педагогікі і адукацыйнага менеджменту ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат педагогічных навук, дацэнт.

ЧЖАН Цзысюань — аспірант кафедры водных відаў спорту БДУФК.

ЧЖАО Ліньлін — аспірант кафедры педагогікі і адукацыйнага менеджменту ВДУ імя П.М. Машэрава.

ШУТ Віктар Мікалаевіч — прафесар кафедры аўтаматызаваных сістэм кіравання ВДТУ, доктар фізіка-матэматычных навук, прафесар.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

BALAYEVA-TSIKHAMIRAVA Volga Mikhailauna — Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Chemistry and Nature Studies Education, PhD (Biology), Assistant Professor.

BOKHAN Yury Ivanavich — Senior Researcher of the Scientific and Research Sector of Vitebsk State P.M. Masherov University, PhD (Physics and Math).

GAPANENAK Yulia Vasilyeuna — Dean of Vitebsk State P.M. Masherov University Faculty of Physical Education and Sports, Master of Education.

HILMULINA Yana Tsimurauna — postgraduate student of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Education Science and Education Management, Master of Education.

GIRYNA Valiantsina Mikalayeuna — Assistant Professor of MSRIED Department of Didactics and Private Methods, PhD (Education), Assistant Professor.

DANILEVICH Siargei Aliaksandravich — Head of MSRIED Department of Didactics and Private Methods, PhD (Philosophy).

KARCHEUSKAYA Alena Aliakseyeuna — Head of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Applied and System Programming, PhD (Physics and Math), Assistant Professor.

KATSNELSON Ekateryna Iosifauna — Senior Lecturer of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Chemistry and Nature Studies Education.

KASHEVICH Iryna Fedarauna — Associate Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University of Engineering Physics, PhD (Physics and Math), Associate Professor.

KLINAU Ulaszimir Uladzimiravich — First Vice Rector of BSUPE, PhD (Education), Assistant Professor.

KOTSUR Uladzimir Mikhailavich — Senior Lecturer of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Fundamental and Applied Biology, Master of Biology.

KUZNIATSOVA Palina Dzmitriyeuna — Teacher of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Applied and System Programming.

LAKOTKA Anatol Arkadzevich — Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Ecology and Geography, PhD (Biology).

MAKRYTSKI Mikhail Vasilyevich — Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Education Science and Education Management, PhD (Education), Assistant Professor.

NAVITSKI Pavel Ivanavich — Associate Professor of the Department of Sports and Pedagogical Disciplines of Vitebsk State P.M. Masherov University, PhD (Education), Associate Professor.

NIKANAVA Tatsiana Viktarauna — Head of Vitebsk State Technological University Department of Mathematics and Information Technologies, PhD (Physics and Math), Assistant Professor.

PRAKHOZHY Siargei Aliaksandravich — Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Information Technologies and Business Management, PhD (Physics and Math).

RAKAVA Natallia Andreyeuna — Head of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Education Science and Education Management, PhD (Education), Assistant Professor.

SALADOUNIKAU Igar Albertavich — Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Fundamental and Applied Biology, PhD (Biology), Assistant Professor.

SIPAKOU Ilya Yaugenievich — Lecturer at the Department of Information Technologies and Business Management of Vitebsk State P.M. Masherov University.

SUSHKO Genadzii Genadziyevich — Head of Department of Ecology and Geography of Vitebsk State P.M. Masherov University, Dr.Sc. (Biology), Professor.

FIADZUSHKA Ilya Aliaksandravich — postgraduate student of the Department of Botany of BSU, Master of Science.

TSIATSERYNA Vera Uladzimiraina — Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Education Science and Education Management, PhD (Education), Assistant Professor.

ZHANG Zixuan — postgraduate student of BSUPE Department of Water Sports.

ZHAO Linlin — postgraduate student of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Education Science and Education Management.

SHUT Viktor Mikalayeovich — Professor of Department of Automated Control Systems of Vitebsk State Technological University, Dr.Sc. (Physics and Math), Professor.

ПРАВИЛЫ ДЛЯ АЎТАРАЎ

1. “Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта” публікуе вынікі навуковых даследаванняў, якія праводзяцца ў Віцебскім дзяржаўным універсітэце, навуковых установах і ВУН рэспублікі, СНД і іншых краін. Асноўным крытэрыем мэтазгоднасці публікацыі з’яўляецца навізна і арыгінальнасць артыкула. Навуковы часопіс уключаны ў Пералік навуковых выданняў, рэкамендаваных ВАК Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў па біялагічных, педагагічных, фізіка-матэматычных навуках. Па-за чаргой публікуюцца навуковыя артыкулы аспірантаў апошняга года навучання (уключаючы артыкулы, якія падрыхтаваны ім і ў суаўтарстве) пры ўмове іх поўнай адпаведнасці патрабаванням, што прад’яўляюцца да навуковых публікацый выдання.

2. Патрабаванні да афармлення артыкула:

2.1. Рукапісы артыкулаў прадстаўляюцца на беларускай, рускай ці англійскай мове.

2.2. Кожны артыкул павінен утрымліваць наступныя элементы:

- індэкс УДК;
- назва артыкула;
- прозвішча і ініцыялы аўтара (аўтараў);
- арганізацыя, якую ён (яны) прадстаўляе;
- уводзіны;
- раздзел “Матэрыял і метады”;
- раздзел “Вынікі і іх абмеркаванне”;
- заключэнне;
- спіс выкарыстанай літаратуры.

2.3. Назва артыкула павінна адлюстроўваць яго змест, быць па магчымасці лаканічнай, утрымліваць ключавыя словы, што дазволіць індэксаваць артыкул.

2.4. Ва ўводзінах даецца кароткі агляд літаратуры па праблеме, указваюцца не вырашаныя раней пытанні, фармулюецца і абгрунтоўваецца мэта, падаюцца спасылкі на працы іншых аўтараў за апошнія гады, а таксама на замежныя публікацыі.

2.5. Раздзел “Матэрыял і метады” ўключае апісанне метадыкі, тэхнічных сродкаў, аб’ектаў і зместу даследаванняў, праведзеных аўтарам (аўтарамі).

2.6. У раздзеле “Вынікі і іх абмеркаванне” аўтар павінен зрабіць высновы з пункту гледжання іх навуковай навізны і супаставіць з адпаведнымі вядомымі дадзенымі. Гэты раздзел можа дзяліцца на падраздзелы з паясняльнымі падзаглаўкамі.

2.7. У заключэнні ў сціслым выглядзе павінны быць сфармуляваны атрыманыя вынікі, з указаннем на дасягненне пастаўленай мэты, навізну і магчымасці прымянення на практыцы.

2.8. Спіс літаратуры павінен уключаць не больш за 12 спасылак. Спасылкі нумаруюцца адпаведна з парадкам іх цытавання ў тэксце. Парадкавыя нумары спасылак пішуцца ў квадратных дужках па схеме: [1], [2]. Спіс літаратуры афармляецца ў адпаведнасці з патрабаваннямі ДАСТ — 7.1-2003. Спасылкі на неапублікаваныя працы, дысертацыі не дапускаюцца. Указваецца поўная назва аўтарскага пасведчання і рэдакцыя артыкула, а таксама арганізацыя, якая прад’явіла рукапіс да рэдагавання.

2.9. Артыкулы падаюцца ў рэдакцыю аб’ёмам не менш за 0,35 аўтарскага аркуша 14000 друкаваных знакаў, з прабеламі паміж словамі, знакамі прыпынку, лічбамі і інш.), надрукаваных праз адзін інтэрвал, шрыфт Times New Roman памерам 11 пт. У гэты аб’ём уваходзяць тэкст, табліцы, спіс літаратуры. Колькасць малюнкаў не павінна перавышаць трох. Малюнкi і схемy павінны падавацца асобнымі файламі ў фармаце jpg. Фатаграфіі ў друку не прымаюцца. Артыкулы павінны быць падрыхтаваны ў рэдактары Word для Windows. Простыя формулы і літарныя абазначэнні велічынь трэба ўстаўляць, выкарыстоўваючы Symbol (напрыклад, ∞ , A_1 , β^k , $^{\circ}\text{C}$). Складаныя формулы набіраюцца тым жа шрыфтам і памерам, што і асноўны тэкст, пры дапамозе рэдактара формул Equation.

2.10. У дадатак да папяровай версіі артыкула ў рэдакцыю здаецца электронная версія матэрыялаў. Электронная і папяроявая версіі артыкула павінны быць ідэнтычнымі. Адрас электроннай пошты ўніверсітэта (наука@vsu.by).

3. Да артыкула дадаюцца наступныя матэрыялы (на асобных лістах):

- рэферат (100–250 слоў), які павінен дакладна перадаваць змест артыкула і быць прыдатным для апублікавання ў анатацыях да часопісаў асобна ад артыкула, і ключавыя словы на мове арыгінала. Ён павінен мець наступную структуру: уводзіны, мэту, матэрыял і метады, вынікі і іх абмеркаванне, заключэнне;
- назва артыкула, прозвішча, імя, імя па бацьку аўтара (поўнаасцю), месца яго працы, рэферат, ключавыя словы і спіс літаратуры на англійскай мове;
- нумар тэлефона, адрас электроннай пошты аўтара;
- рэкамендацыя кафедры (навуковай лабараторыі) да друку;
- экспертнае заключэнне аб магчымасці апублікавання матэрыялаў у друку;
- кароткія звесткі пра аўтара на беларускай і англійскай мовах: прозвішча, імя, імя па бацьку аўтара (поўнаасцю); пасада; месца працы; навуковая ступень; навуковае званне; адрас для карэспандэнцыі (лепш электронны).

4. Артыкулы, якія дасылаюцца ў рэдакцыю часопіса, падлягаюць абавязковай праверцы на арыгінальнасць і карэктнасць запазычанняў сістэмай “Антыплагіят.ВУН”. Для арыгінальных навуковых артыкулаў ступень арыгінальнасці павінна быць не менш за 85%, для аглядаў — не менш за 75%.

5. Па рашэнні рэдакцыі артыкул накіроўваецца на рэцэнзію, затым візіруецца членам рэдакцыі. Вяртанне артыкула аўтару на дапрацоўку не азначае, што ён прыняты да друку. Перапрацаваны варыянт артыкула зноў разглядаецца рэдакцыяй. Датай паступлення лічыцца дзень атрымання рэдакцыяй канчатковага варыянта артыкула.

6. Накіраванне ў рэдакцыю раней апублікаваных або прынятых да друку ў іншых выданнях работ не дапускаецца.

7. Адказнасць за прыведзеныя ў матэрыялах факты, змест і дакладнасць інфармацыі нясуць аўтары.

GUIDELINES FOR AUTHORS

1. "Vesnik of Vitebsk State University" publishes results of scientific research conducted at Vitebsk State University as well as at scientific institutions and universities, CIS and other countries. The main criterion for the publication is novelty and specificity of the article. The scientific journal is included into the List of scientific publications recommended by Supreme Qualification Commission (VAK) of the Republic of Belarus for publishing the results of dissertation research in biological, pedagogical, physical and mathematical sciences. The priority for publication is given to scientific articles by postgraduates in their last year (including their articles written with co-authors) on condition these articles correspond the requirements for scientific articles of the journal.

2. Guidelines for the layout of a publication:

2.1. Articles are to be in Belarusian, Russian or English.

2.2. Each article is to include the following elements:

- UDK index;
- title of the article;
- name and initial of the author (authors);
- institution he (she) represents;
- introduction;
- "Material and methods" section;
- "Findings and their discussion" section;
- conclusion;
- list of applied literature.

2.3. *The title* of the article should reflect its contents, be laconic and contain key words which will make it possible to classify the article.

2.4. *The introduction* should contain a brief review of the literature on the problem. It should indicate not yet solved problems. It should formulate the aim; give references to the recent articles of other authors including foreign publications.

2.5. *"Material and methods"* section includes the description of the method, technical aids, objects and contents of the author's (authors') research.

2.6. In *"Findings and their discussion"* section the author should draw conclusions from the point of view of their scientific novelty and compare them with the corresponding well-known data. This section can be divided into sub-sections with explanatory subtitles.

2.7. *The conclusion* should contain a brief review of the findings, indicating the achievement of this goal, their novelty and possibility of practical application.

2.8. The list of literature shouldn't include more than 12 references. The references are to be numerated in the order of their citation in the text. The order number of a reference is given in square brackets e.g. [1], [2]. The layout of the literature list layout is to correspond State Standard (GOST) — 7.1-2003. References to articles and theses which were not published earlier are not permitted. A complete name of the author's certificate and the deposited copy is indicated as well as the institution which presented the copy for depositing.

2.9. Two copies of articles of at least 0,35 of an author sheet size (14000 printing symbols with blanks, punctuation marks, numbers etc.), interval 1, Times New Roman 11 pt are sent to the editorial office. This size includes the text, charts and list of literature. Not more than three pictures are allowed. Pictures and schemes are to be presented in individual *jpg* files. Photos are not allowed. Articles should be typed in Word for Windows. Simple formulas and alphabetical symbols of dimensions should be put by using Symbol (e.g. ∞ , A_1 , β^k , $^{\circ}\text{C}$). Complicated formulas are typed by the same point and size as the basic text with the help of formula's editor Equation.

2.10. The electronic version should be attached to the paper copy of the article submitted to the editorial board. The electronic and the paper copies of the article should be identical. The university e-mail address is nauka@vsu.by).

3. Following materials (on separate sheets) are attached to the article:

- summary (100–250 words), which should precisely present the contents of the article, should be liable for being published in magazine summaries separately from the article as well as the key words in the language of the original. The structure of the summary is the following: introduction, objective, material and methods, findings and their discussion, conclusion;
- title of the article, surname, first and second names of the author (without being shortened), place of work, summary, key words and the list of literature should be in English;
- author's telephone number, e-mail address;
- recommendation of the department (scientific laboratory) to publish the article;
- expert conclusion on the feasibility of the publication;
- brief information about the author in Belarusian and Russian: the author's surname, name, patronymic; position, employment place; degree, title; post address (e-mail preferably).

4. All articles submitted to the editorial office of the journal are subject to mandatory verification of originality and correctness of borrowings by the Antiplagiat.VUZ system. For original scientific articles the degree of originality should be at least 85%, for reviews — at least 75%.

5. On the decision of the editorial board the article is sent for a review, and then it is signed by the members of the editorial board. If the article is sent back to the author for improvement it doesn't mean that it has been accepted for publication. The improved variant of the article is reconsidered by the editorial board. The article is considered to be accepted on the day when the editorial office receives the final variant.

6. Earlier published articles as well as articles accepted for publication in other editions are not admitted.

7. The authors carry responsibility for the facts provided in the articles, the content and the accuracy of the information.

Выдавец і паліграфічнае выкананне — установа адукацыі
“Віцебскі дзяржаўны ўніверсітэт імя П.М. Машэрава”.

Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі ў якасці выдаўца,
вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў
№ 1/255 ад 31.03.2014.

Надрукавана на рызографе ўстановы адукацыі
“Віцебскі дзяржаўны ўніверсітэт імя П.М. Машэрава”.
210038, г. Віцебск, Маскоўскі праспект, 33.

Пры перадрукаванні матэрыялаў спасылка
на “Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта” з’яўляецца абавязковай.
