



ISSN 2074-8566

ВЕСНІК

**ВІЦЕБСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА
ЎНІВЕРСІТЭТА**

2022 № 2(115)

ВЕСНІК

ВІЦЕБСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА ЎНІВЕРСІТЭТА

НАВУКОВА-ПРАКТЫЧНЫ ЧАСОПІС

Выдаецца з верасня 1996 года
Выходзіць чатыры разы ў год

2022
№ 2(115)

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»*),
А.М. Галкін, С.А. Ермачэнка, А.М. Залеская, У.В. Іваноўскі,
З.С. Кунцэвіч, С.У. Нікалаенка, Н.А. Ракава (*адказны за раздзел «Педагогіка»*),
Г.Г. Сушко, Т.А. Талкачова (*адказны за раздзел «Біялогія»*),
Ю.В. Трубнікаў, А.А. Чыркін, Д.Э. Шкір'янаў

РЭДАКЦЫЙНЫ САВЕТ:

А.Р. Александровіч (*Польшча*), **Т.А. Бароўскіх** (*Расія*), **Ю.Ю. Гаўронская** (*Расія*),
М.У. Горскі (*Латвія*), **Го Вэньбінь** (*Кітай*), **В.І. Казарэнкаў** (*Расія*),
В.А. Шчарбакоў (*Малдова*), **Ю.С. Харын** (*Беларусь*)

САКРАТАРЫЯТ:

Г.У. Разбоева (*адказны сакратар*),
В.Л. Пугач, А.М. Фенчанка

*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 01.06.2022. Фармат 60×84 1/8. Папера друкарская.
Ум. друк. арк. 11,16. Ул.-выд. арк. 8,41. Тыраж 210 экз. Заказ 80.

© Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта, 2022

З М Е С Т

МАТЕМАТИКА

Корчевская Е.А., Маркова Л.В., Никонова Т.В. Использование сверточной нейронной сети для решения задачи классификации	5
Мехович А.П., Витько Е.А. О решетке частично композиционных формаций с дополняемой подформацией	10
Антонович Д.А., Шидловская Д.В., Шиёнок Ю.В. Построение физико-математической модели формирования потока заряженных частиц в источнике электронов с плазменным эмиттером	15
Воробьев Н.Т., Воробьев С.Н., Новикова А.С. Характеризации σ -локальных классов Фиттинга	21

БІАЛОГІЯ

Lazarenko M.V., Buga S.V. An Assessment of Leaf Damage Caused by Mining Flies (Diptera: Agromyzidae) in Green Areas	26
Холод В.М., Баран В.П., Бизунов А.В. Некоторые биохимические параметры внутриглазной жидкости у крупного рогатого скота	35
Шаврова Е.В., Дорофеев С.А. Пространственно-временная динамика орнитокомплексов зарастающих вырубок в сосновых лесах Витебской области	39
Аль Зубаиди А.Х.А.А., Канунникова Н.П. Исследование взаимосвязи между показателями липидного обмена и окислительного стресса при сочетании сахарного диабета второго типа с гипотиреозом у женщин в Ираке	45

ПЕДАГОГІКА

Сусед-Виличинская Ю.С. Теория и методология полихудожественного подхода в контексте формирования общекультурной компетентности педагога	51
Сучков А.К. Создание модели занятий спортивной борьбой в образовательном процессе учреждений высшего образования	63
Шацкий Г.Б., Шпак В.Г. Развитие кондиционных двигательных способностей с преимущественным развитием выносливости у учащихся второго класса в III четверти	71
Навойчик А.А. Результаты внедрения экспериментальной методики подготовки национальной сборной команды Республики Беларусь по баскетболу «три на три»	79
Берёзко Д.В. «Общая культура» и «социокультурная компетенция» в теории и практике развития личности	86

CONTENTS

M A T H E M A T I C S

Korchevskaya E.A., Markava L.V., Nikonova T.V. Using Convolutional Neural Network for the Solution to the Classification Problem	5
Mekhovich A.P., Vitko E.A. On the Lattice of Partially Composition Formations with a Complemented Subformation	10
Antonovich D.A., Shidlovskaya D.V., Shiyonok Yu.V. Construction of a Physical and Mathematical Model for the Formation of a Charged Particles Flux in an Electron Source with a Plasma Emitter	15
Vorobyev N.T., Vorobyev S.N., Novikova A.S. Characterizations of σ -Local Fitting Classes	21

B I O L O G Y

Лазаренко М.В., Буга С.В. Оценка поврежденности листьев минирующими мухами в зелены насаждениях	26
Kholod V.M., Baran V.P., Bizunov A.V. Some Biochemical Parameters of Cattle Intraocular Fluid	35
Shavrova E.V., Dorofeyev C.A. Space and Time Dynamics of Ornithology Complexes in Overgrowing Areas of Pine Forest Felting in Vitebsk Region	39
Al Zubaidi A.H.A.A., Kanunnikova N.P. The Study of the Connection Between Lipid Metabolism and Oxidation Stress Parameters when Type 2 Diabetes is Combined with Iraq Women Hypothyroidism	45

P E D A G O G Y

Sused-Vilichinskaya Yu.S. Theory and Methodology of the Polyartistic Approach in the Context of Shaping Teacher General Cultural Competency	51
Suchkov A.K. Creating a Model of Wrestling Training in the Academic Process of Higher Education Establishments	63
Shatski G.B., Shpak V.G. Development of the Second-Year Schoolchildren's Conditioned Motor Abilities with Preferential Development of Endurance in the III Quarter of the Academic Year	71
Navoychik A.A. Results of the Introduction of an Experimental Training "Three vs. Three" Methodology of the National Republic of Belarus Basketball Team	79
Berezko D.V. "General Culture" and "Social and Cultural Competence" in the Theory and Practice of Personality Development	86



МАТЕМАТИКА

УДК 004.8:004.93:619

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ

Е.А. Корчевская*, Л.В. Маркова*, Т.В. Никонова**

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

**Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

Актуальным является разработка алгоритмов искусственного интеллекта, позволяющих с высокой точностью распознавать следующие биологические объекты: *E. alabamensis*, *E. auburnensis*, *E. brasillensis*, *E. bukindonensis*, *E. elipsoidales*, *E. cylindrika*, *E. canadensis*, *E. subherika*, *E. wyomingensis*, *E. zurnii*, *E. bovis*.

Цель исследования – создание методики для идентификации заболеваний по цифровым изображениям микроскопических биологических объектов на основе сверточной нейронной сети.

Материал и методы. Исходным материалом служат цифровые изображения микроскопических биологических объектов. В качестве метода используется сверточная нейронная сеть.

Результаты и их обсуждение. Сверточная нейронная сеть состоит из слоев двух видов: сверточных и подвыборочные. В сверточных слоях при сканировании воспринимающие поля частично наслаиваются друг на друга, в подвыборочных слоях области соседних нейронов не пересекаются. Реализованная нейронная сеть состоит из четырех сверточных слоев, каждый из которых характеризует часть границы объекта, за которыми следует полносвязная сеть с прямой передачей сигнала.

Заключение. Для обучения сети была создана база из 1000 изображений в градациях серого. После обучения на тестировочной коллекции ошибка распознавания составила 1,97%.

Ключевые слова: сверточная нейронная сеть, обучение методом обратного распространения ошибки, функция активации, паразитологические объекты, распознавание.

USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR THE SOLUTION TO THE CLASSIFICATION PROBLEM

Е.А. Korchevskaya*, L.V. Markava*, T.V. Nikonova**

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

**Education Establishment Vitebsk State Technological University

The development of artificial intelligence algorithms that allows high-precision recognition of the following biological objects: *E. alabamensis*, *E. auburnensis*, *E. brasillensis*, *E. bukindonensis*, *E. elipsoidales*, *E. cylindrika*, *E. canadensis*, *E. subherika*, *E. wyomingensis*, *E. zurnii*, *E. bovis* is relevant.

The aim of this work is to create a method for identifying diseases by digital images of microscopic biological objects based on a convolutional neural network.

Material and methods. Digital images of microscopic biological objects are the research material. The convolutional neural network is the research method.

Findings and their discussion. A convolutional neural network consists of two types of layers: the convolutional and the pooling. In the convolutional layers, during scanning, the perceiving fields are partially layered on top of each other; in the pooling layers, the regions of neighboring neurons do not intersect. The implemented neural network consists of four convolutional layers, each of which characterizes a part of the object boundary, followed by a fully connected network with direct signal transmission.

Conclusion. To train the network, a dataset of 1000 grayscale images was created. After training on the testing collection, the recognition error was 1,97%.

Key words: convolutional neural network, error backpropagation learning, activation function, parasitological objects, recognition.

В настоящее время искусственная нейронная сеть активно применяется для решения различных задач в реальной жизни. Такие задачи, как прогнозирование, классификация, распознавание изображений и речи, решают с помощью нейронной сети с высокой точностью. Важной задачей сегодня является распознавание биологических объектов, вызывающих заболевания, по цифровым изображениям.

Для предотвращения распространения протозойных заболеваний необходимо их обнаруживать на начальных этапах. Поэтому актуальным является разработка алгоритмов искусственного интеллекта, позволяющих с высокой точностью распознавать следующие биологические объекты: *E. alabamensis*, *E. auburnensis*, *E. brasillensis*, *E. bukondonensis*, *E. elipsoidales*, *E. cylindrika*, *E. canadensis*, *E. subherika*, *E. wyomingensis*, *E. zurnii*, *E. bovis*. Данные объекты отличаются друг от друга малозначительными и достаточно вариабельными признаками, которые сложно уловить человеческому глазу.

Одним из подходов классификации выступает способ представлений объектов с помощью признаков, в котором каждый объект характеризуется набором идентификационных показателей. Однако для указанных биологических объектов открытые признаки не дают хорошей точности классификации.

При распознавании паразитологических объектов на изображениях точностные характеристики резко падают при различных искажениях входного изображения, изменении масштаба, поворотах объекта, в связи с чем для них необходимо выделять из данных «скрытые признаки».

Поэтому более эффективным будет использование методов глубинного обучения, представляющих собой набор алгоритмов машинного обучения, которые пытаются моделировать из данных признаки, не поддающиеся формализации.

Основным методом, который применяется в работе, является сверточная нейронная сеть, поскольку она является слабо чувствительной к искажениям образа, а также обеспечивает возможность получения классификатора, хорошо моделирующего сложную функцию распределения изображений биологического объекта, тем самым увеличиваются скорость и точность решения задачи по сравнению с остальными методами.

Цель исследования – создание методики для идентификации заболеваний по цифровым изображениям микроскопических биологических объектов на основе сверточной нейронной сети.

Материал и методы. Слои сверточной нейронной сети представляют собой последовательность слоев, которые содержат нейроны. Все синаптические коэффициенты нейронов одной плоскости принимаются одинаковыми и ведут ко всем локальным областям предыдущего слоя. Всякий нейрон слоя на вход получает параметры от некоторой зоны предыдущего слоя (локальное рецептивное поле), т.е. входное изображение предыдущего слоя пробегается скользящим окном и пропускается через синаптические параметры, а результат отражается на соответствующий нейрон текущего слоя. Итогом данного процесса будут плоскости, которые и представляют собой карты характеристик. Каждая построенная плоскость определяет уникальные участки изображения в любом месте предыдущего слоя. Размер скользящего окна зависит от признака, который мы хотим уловить и конкретизировать. Как только признак извлечен, то его точное расположение уже не имеет значения, поскольку установлено его местонахождение относительно других признаков. Последний блок сверточной нейронной сети является многослойным персептроном, машиной опорных векторов или другим классификатором.

В случае когда на вход поступает цветное изображение, оно может быть разделено по трем цветовым плоскостям (цветовая модель RGB), соответственно входной слой увеличится в три раза. В данной работе предлагается осуществить предварительную обработку образов и на вход сети подать изображение в оттенках серого. Сверточная нейронная сеть состоит из слоев двух видов: сверточных и подвыборочных. В сверточных слоях при сканировании воспринимающие поля частично наслаиваются друг на друга, в подвыборочных слоях области соседних нейронов не пересекаются. Подвыборочный слой с помощью локального усреднения значений выходов нейронов уменьшает величину

плоскостей, таким образом достигается иерархическая организация. Следующие слои извлекают более общие характеристики, меньше зависящие от искажений изображения. После прохождения нескольких слоев карта преобразуется к вектору [1; 2].

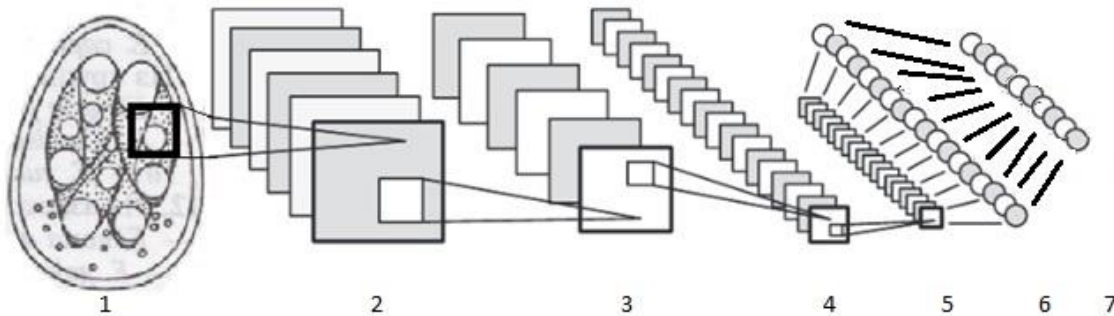


Рис. Архитектура сверточной нейронной сети

На рис. представлена архитектура сверточной нейронной сети для выделения признака микроорганизма: 1 слой – вход; 2, 4 – сверточные; 3, 5 – подвыборочные; 6, 7 – слои из обычных нейронов.

Результаты и их обсуждение. Принцип действия сверточной нейронной сети основывается на двух базовых элементах: фильтрах и картах параметров (признаков). Все исходные изображения микрообъектов отличаются формой границ. Поэтому необходимо создать элемент, называемый фильтром, который и будет выявлять специфические особенности границ. Фильтр – это квадратная матрица, которая представляет признак на изображении, который мы должны идентифицировать и усилить. Обнаружение этого идентификационного параметра основано на операции свертки фильтром исходного изображения. Результаты операции свертки, которые обуславливают расположение признаков исходного цифрового изображения, и являются картами признаков.

Реализованная нейронная сеть состоит из четырех сверточных слоев, каждый из которых характеризует часть границы объекта, за которыми следует полносвязная сеть с прямой передачей сигнала. Так же, как и обычная нейронная сеть прямого распространения, сверточная сеть обучается с помощью метода градиентного спуска.

Величина воспринимающей маски в сверточных слоях принята равной 5×5 нейронов, а в подвыборочных слоях – 2×2 нейрона. Здесь для сокращения количества параметров сети использован принцип объединения синаптических коэффициентов. Размер сверточной плоскости вычисляется согласно зависимости:

$$w_c = w_u - w + 1, h_c = h_u - h + 1,$$

где w_c, h_c – ширина и высота сверточного слоя (как правило, $w_c = h_c$); w_u, h_u – ширина и высота исходного изображения; w, h – ширина и высота свертки.

Первый слой – входное изображение микробиологического объекта в оттенках серого размерностью 32×32. Второй слой сверточной нейронной сети является слоем свертки и состоит из 6 карт признаков размером 28×28 (каждый из элементов карты признаков соединен с областью размером 5×5 на входном изображении). Следовательно, каждый элемент карты содержит 25 обучаемых коэффициентов и обучаемый сдвиг. Значение элемента карты вычисляется по формуле [3]:

$$X_i^{h,l} = f \left(\sum_{k=1}^{n_l-1} \sum_{j=-\infty}^{\infty} X_{i-j}^{k,l} W_{i-j,i}^{h,k,l} + B_i^{h,l} \right), \quad (1)$$

где $X_i^{h,l}$ – значение элемента i в карте признаков h слоя l , n_l – количество карт признаков в слое l , $B_i^{h,l}$ – значение сдвига для элемента i в карте признаков h слоя l , $W_{i-j,i}^{h,k,l}$ – синаптический вес связи между элементом i в карте признаков h слоя l и элементом $i-j$ карты k слоя $l-1$.

В качестве функции активации могут быть использованы различные функции: пороговая, недостатком которой является ее недифференцируемость; сигмоидная, которая получила широкое распространение, поскольку всюду дифференцируема; радиально-базисная; ректификационная, которая находит применение в глубоких нейронных сетях. Использование разнообразных функций активации объясняется категорией задачи, которую решает нейронная сеть. В работе выбран гиперболический тангенс:

$$f(a) = \text{Ath}(Sa), \quad (2)$$

где A, S – параметры функции, a – взвешенная сумма сигналов предыдущего слоя.

Рецептивные поля частично накладываются друг на друга, поскольку на карте признаков соединены с соседними областями предыдущего слоя. Все составляющие карты признаков содержат параметры весов и сдвига, в связи с чем восстанавливают в различных областях предыдущего слоя один и тот же признак. Поэтому 6 различных карт второго слоя извлекают 6 различных признаков для разных областей образа. Значения всех элементов карты признаков получаются путем поэтапного прохода по входному слою и применения формулы (1) к тем зонам, которые являются воспринимаемыми для данных элементов карты признаков.

Второй скрытый слой содержит 156 обучаемых параметров.

Рассмотрим третий скрытый слой, который является слоем подвыборки и состоит из 6 карт признаков размером 14x14. Все составляющие карт этого слоя соединены с областью 2x2 в соответствующей карте признаков предшествующего слоя. Воспринимающие поля для элементов данного слоя не перекрываются, поэтому карты признаков содержат в два раза меньше строк и столбцов, чем в предыдущем сверточном слое. С учетом того, что целью данного слоя является подвыборка (усреднение, максимизация и т.д.), то не всегда обязательно сохранять для карт различные веса и сдвиг, а можно оставить только один общий вес и сдвиг. Поэтому данный слой содержит 12 параметров.

Четвертый слой также выполняет операцию свертки, используя шестнадцать карт признаков размером 10x10. Каждый элемент в каждой карте признаков связан с областями размером 5x5 определенных карт предыдущего слоя. Связь карт четвертого слоя с отдельными картами третьего слоя способствует возможности получения признаков, которые будут дополнять ранее извлеченные. Архитектор сети сам решает, по какому принципу организовывать связь карт третьего и четвертого слоев.

Реализация второй подвыборки осуществлена в пятом слое, который состоит из 16 карт признаков размером 5x5. Каждый компонент данного слоя связан также с областью 2x2 на соответствующей карте четвертого слоя и содержит 32 обучаемых параметра.

Дальнейший шестой слой является полносвязным сверточным слоем, он связан со всеми картами предыдущего слоя и содержит 120 элементов. Размер его карт равен 1x1, он может получать сигнал рецепторного поля размером 5x5. Значение этого слоя заключается в осуществлении классификации после того, как реализованы извлечение особенностей границ и сокращение размерности входа. Каждый нейрон этого слоя полностью связан с каждым нейроном только одной плоскости пятого слоя.

Седьмой слой – выходной слой. Он состоит из одиннадцати нейронов по количеству распознаваемых классов, который полностью связан со всеми нейронами предыдущего слоя.

В настоящее время для обучения нейронных сетей, в том числе глубоких, используется алгоритм, основанный на методе градиентного спуска. Данный алгоритм опирается на метод обучения с учителем и для него требуется обучающее множество с заранее известными правильными ответами. Метод заключается в минимизации меры ошибки, которая показывает, насколько отличаются полученные результаты от правильных ответов [4].

На вход необученной сети поступает образ, и она выдает некоторый случайный выход. Вычисляется функция ошибки, которая представляет собой разность между текущим выходом сети и выходом, который требуется получить.

Значение общей квадратичной ошибки для N тренировочных объектов определяется следующим образом:

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^M (t_j^k - o_j^k)^2. \quad (3)$$

Здесь t_j^k – желаемый выход j -го нейрона для k -го образа, o_j^k – действительный выход j -го нейрона для k -го образа.

Для обучения сети требуется последовательно уменьшать величину функции ошибки, что может быть достигнуто настройкой межнейронных связей по формуле [3]:

$$w_{cij}^{t+1} = w_{cij}^t - \eta \frac{\partial \varepsilon}{\partial w_{cij}^t}. \quad (4)$$

Здесь η – скорость обучения, ε – суммарная квадратичная ошибка для r образов, w_{cij} – весовой коэффициент между c -м и ij -м нейроном соответственно предыдущего и сверточного слоев, ij – координаты нейронного элемента в карте признаков.

Нейроны каждой карты признаков сверточного слоя имеют одинаковые синаптические связи, что обуславливает преимущество сети, поэтому для вычисления определенного весового коэффициента необходимо взять производные по этой связи для всех нейронных элементов карты признаков и просуммировать их. Получаем следующее выражение для модификации весовых коэффициентов:

$$w_{cij}^{t+1} = w_{cij}^t - \eta \sum_{i,j} \sum_{k=1}^r \gamma_{ij}^k F'(S_{ij}^k) x_c^k. \quad (5)$$

Здесь $F'(S_{ij}^k) = \frac{\partial y_{ij}^k}{\partial S_{ij}^k}$ – производная функции активации для k -го образа, S_{ij}^k – взвешенная сумма нейрона с номером ij в карте признаков, γ_{ij}^k – ошибка ij -го нейрона для k -го образа, x_c^k – c -я компонента k -го входного образа соответствующей карты признаков сверточного слоя, $c=1..p^2$ (p – размер скользящего окна).

Для обучения сети была создана база из 1000 изображений паразитологических объектов, среди которых содержатся образы, находящиеся под различными углами, а также полученные различными фотоаппаратами, с разной степенью насыщенности. Каждое изображение размерностью 32 на 32 пикселей в градациях серого. Для обучения использовался алгоритм обратного распространения ошибки. Шаг обучения изменялся от 0,001 до 0,1 и после обучения на тестировочной коллекции ошибка распознавания составила 1,97%.

Заключение. В результате исследования разработана методика для идентификации заболеваний по цифровым изображениям биологических микрообъектов с помощью сверточной нейронной сети. Большое количество алгоритмов распознавания образов объясняется применением их в различных предметных областях. Изображения в разных предметных областях могут отличаться как содержательно, так и по степени изменяемости изображений (смена ракурса съемки, степени освещения, тип камеры, объект в движении). Сверточная нейронная сеть является универсальным методом распознавания объектов, поскольку сама извлекает идентификационные показатели при большом объеме данных, что способствует возможности применять ее к различным предметным областям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Backpropagation applied to handwritten zip code recognition / Y. Le Cun [et al.] // Neural computation. – 1989. – № 1(4). – P. 541–551.
2. Gradient-based learning applied to document recognition / Y. Le Cun [et al.] // Proc. of the IEEE. – 1998. – № 86(11). – P. 2278–2324.
3. Golovko, V. A simple shallow convolutional neural network for accurate handwritten digits classification / V. Golovko, E. Mikhno, A. Brich // Proc. of the 13th on pattern recognition and inform. processing, Minsk, 3–5 oct., 2016 / Publ. Center of BSU Ed.: S. Ablameiko, V. Krasno-proshin. – Minsk, 2016. – P. 209–212.
4. Созыкин, А.В. Обзор методов обучения глубоких нейронных сетей / А.В. Созыкин // Вестник ЮУрГУ. – 2017. – Т. 6, № 3. – С. 28–59.

REFERENCES

1. Backpropagation applied to handwritten zip code recognition / Y. Le Cun [et al.] // Neural computation. – 1989. – № 1(4). – P. 541–551.
2. Gradient-based learning applied to document recognition / Y. Le Cun [et al.] // Proc. of the IEEE. – 1998. – № 86(11). – P. 2278–2324.
3. Golovko, V. A simple shallow convolutional neural network for accurate handwritten digits classification / V. Golovko, E. Mikhno, A. Brich // Proc. of the 13th on pattern recognition and inform. processing, Minsk, 3–5 oct., 2016 / Publ. Center of BSU Ed.: S. Ablameiko, V. Krasno-proshin. – Minsk, 2016. – P. 209–212.
4. Sozykin A.V. Vestnik YuUrGU [Journal of South Ural State University], 2017, 6(3), p. 28–59.

Поступила в редакцию 07.07.2021

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

О РЕШЕТКЕ ЧАСТИЧНО КОМПОЗИЦИОННЫХ ФОРМАЦИЙ С ДОПОЛНЯЕМОЙ ПОДФОРМАЦИЕЙ

А.П. Мехович, Е.А. Витько

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

Все рассматриваемые группы предполагаются конечными. Класс групп $\mathcal{F}$ называется формацией, если он замкнут относительно гомоморфных образов и конечных подпрямых произведений. Подформация $\mathcal{M}$ формации $\mathcal{F}$ называется дополняемой в $\mathcal{F}$ (А.Н. Скиба, 1981), если $\mathcal{M}$ дополняема в решетке всех подформаций формации $\mathcal{F}$, т.е. если в $\mathcal{F}$ имеется такая подформация $\mathcal{H}$ (дополнение к $\mathcal{M}$ в $\mathcal{F}$), что

$$\mathcal{F} = \text{form}(\mathcal{M} \cup \mathcal{H}) \text{ и } \mathcal{M} \cap \mathcal{H} = (1).$$

Цель исследования – найти условия, при которых частично композиционная формация является нильпотентной.

Материал и методы. В качестве материала использованы ранее опубликованные результаты по данной теме. Применены методы исследования теории конечных групп, а также методы теории классов конечных групп, в частности, методы теории формаций.

Результаты и их обсуждение. Доказано, что если класс p -групп дополняем в решетке всех частично композиционных подформаций частично композиционной формации $\mathcal{F}$, то $\mathcal{F}$ состоит из нильпотентных групп.

Заключение. В настоящей работе определены условия, при которых частично композиционная формация является нильпотентной.

Ключевые слова: конечная группа, формация, подформация, дополняемая подформация, p -композиционная формация групп, решетка, решетка формаций, атом решетки.

ON THE LATTICE OF PARTIALLY COMPOSITION FORMATIONS WITH A COMPLEMENTED SUBFORMATION

A.P. Mekhovich, E.A. Vitko

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

All groups under consideration in the present article are supposed to be finite. A class of groups $\mathcal{F}$ is called a formation if it is closed with respect to homomorphic images and finite subdirect products. A subformation $\mathcal{M}$ of a formation $\mathcal{F}$ is said to be complemented in $\mathcal{F}$ (A.N. Skiba, 1981) if $\mathcal{M}$ is complemented in the lattice of all subformations of formation $\mathcal{F}$, i.e., if in $\mathcal{F}$ there is such a subformation $\mathcal{H}$ (complement to $\mathcal{M}$ in $\mathcal{F}$) then

$$\mathcal{F} = \text{form}(\mathcal{M} \cup \mathcal{H}) \text{ and } \mathcal{M} \cap \mathcal{H} = (1).$$

The purpose of the paper is to find the conditions under which a partially composition formation is nilpotent.

Material and methods. The already published findings on the research topic are the material for the article. Methods of the study of the finite group theory have been used as well as methods of the theory of classes of the finite groups, methods of the theory of formation of groups in particular.

Findings and their discussion. It is proved that if the class of p -groups is complemented in the lattice of all partially composition subformation of a partially composition formation $\mathcal{F}$, then $\mathcal{F}$ consists of nilpotent groups.

Conclusion. In the paper conditions have been defined under which a partially composition formation is nilpotent.

Key words: finite group, formation, subformation, complemented subformation, p -composition formation of groups, lattice, the lattice of formations, atom of a lattice.

Все рассматриваемые группы предполагаются конечными. Используется стандартная терминология [1–4].

Напомним, что *формацией* называется класс групп, замкнутый относительно гомоморфных образов и конечных подпрямых произведений, т.е. класс групп, удовлетворяющий следующим условиям:

- 1) если $G \in \mathfrak{X}$ и $N \triangleleft G$, то $G/N \in \mathfrak{X}$;
- 2) если $G/N_1 \in \mathfrak{X}$ и $G/N_2 \in \mathfrak{X}$, то $G/N_1 \cap N_2 \in \mathfrak{X}$.

В теории решеток классов групп многие исследования связаны с изучением дополняемых подформаций. Понятие дополняемой подформации введено в работе А.Н. Скибы [5], где были описаны разрешимые формации групп, у которых все их подформации дополняемы.

Пусть $\mathfrak{X}$ – произвольная непустая совокупность групп. Пересечение всех формаций, содержащих $\mathfrak{X}$, обозначают $\text{form } \mathfrak{X}$ и называют *формацией, порожденной* $\mathfrak{X}$. В частности, пишут $\text{form } G$ в случае, когда $\mathfrak{X} = \{G\}$. Всякая формация такого вида называется *однопорожденной формацией* (см. [1]). Напомним, что подформация $\mathfrak{M}$ формации $\mathfrak{F}$ называется *дополняемой* в $\mathfrak{F}$ [5], если $\mathfrak{M}$ дополняема в решетке подформаций формации $\mathfrak{F}$, т.е. если в $\mathfrak{F}$ имеется такая подформация $\mathfrak{H}$ (*дополнение* к $\mathfrak{M}$ в $\mathfrak{F}$), что

$$\mathfrak{F} = \text{form}(\mathfrak{M} \cup \mathfrak{H}) \quad \text{и} \quad \mathfrak{M} \cap \mathfrak{H} = (1).$$

Позднее результат А.Н. Скибы получил развитие в монографии [1] и работах [6–8]. Продолжая исследования в данном направлении, в работе [9] А.Н. Скиба дал полное описание локальных формаций с дополняемыми локальными подформациями. В частности, было доказано, что локальная формация нильпотентна, если в ней дополняемы все подформации вида $\mathfrak{N}_p$.

В данной работе доказан аналог вышеуказанного результата в теории частично композиционных формаций.

Цель исследования – найти условия, при которых частично композиционная формация является нильпотентной.

Материал и методы. В качестве материала использованы ранее опубликованные результаты по данной теме. Применены методы исследования теории конечных групп, а также методы теории классов конечных групп, в частности, методы теории формаций.

Результаты и их обсуждение. Пусть p – некоторое простое число, тогда символ p' обозначает множество всех простых чисел, отличных от p . Через $\pi(G)$ обозначено множество всех различных простых делителей порядка группы G , $\pi(\mathfrak{X})$ – объединение множеств $\pi(G)$ для всех групп G из совокупности групп $\mathfrak{X}$. Символами $R_p(G)$, $C^p(G)$ обозначаются соответственно наибольшая нормальная разрешимая p -подгруппа группы G и пересечение централизаторов всех тех главных факторов группы G , у которых композиционные факторы имеют простой порядок p ($C^p(G) = G$, если в группе G нет таких факторов). Через $\mathfrak{N}$, $\mathfrak{N}_p$, $\text{Com}(\mathfrak{X})$ обозначают соответственно класс всех нильпотентных групп, класс всех p -групп и класс всех простых абелевых групп A таких, что $A \cong H/K$ для некоторого композиционного фактора H/K группы $G \in \mathfrak{X}$.

Пусть f – произвольная функция вида

$$f: \{p, p'\} \rightarrow \{\text{формации групп}\}. \quad (*)$$

Следуя [4], сопоставим функции f вида (*) класс групп

$$CF_p(f) = (G \mid G/R_p(G) \in f(p') \text{ и } G/C^p(G) \in f(p) \text{ для всех } p \in \pi(\text{Com}(G))).$$

Если формация $\mathfrak{F}$ такова, что $\mathfrak{F} = CF_p(f)$ для некоторой функции f вида (*), то $\mathfrak{F}$ называется *p -композиционной формацией с p -композиционным спутником f* [4].

Лемма 1 [10, теорема 3.1]. *Решетка всех τ -замкнутых n -кратно ω -композиционных формаций алгебраична и модулярна.*

Непосредственно из леммы 1 вытекает

Лемма 2. Любая r -композиционная формация есть решеточное объединение своих однопорожденных r -композиционных подформаций.

Следующая лемма дает способ построения минимального c_{n-1}^ω -значного спутника формации $\mathfrak{F} = c_n^\omega \text{form } \mathfrak{X}$.

Лемма 3 [4, лемма 11]. Пусть $\mathfrak{X}$ – непустая совокупность групп, $\mathfrak{F} = c_n^\omega \text{form } \mathfrak{X}$, где $n \geq 1$, $\pi = \omega \cap \pi(\text{Com}(\mathfrak{X}))$, и пусть f – минимальный c_{n-1}^ω -значный ω -композиционный спутник формации $\mathfrak{F}$. Тогда справедливы следующие утверждения:

- 1) $f(\omega') = c_{n-1}^\omega \text{form}(G / R_\omega(G) \mid G \in \mathfrak{X})$;
- 2) $f(p) = c_{n-1}^\omega \text{form}(G / C^p(G) \mid G \in \mathfrak{X})$ для всех $p \in \pi$;
- 3) $f(p) = \emptyset$ для всех $p \in \omega \setminus \pi$;
- 4) если $\mathfrak{F} = CF_p(h)$ и спутник h c_{n-1}^ω -значен, то для всех $p \in \pi$ имеют место

$$f(p) = c_{n-1}^\omega \text{form}(A \mid A \in h(p) \cap \mathfrak{F}, O_p(A) = 1)$$

и

$$f(\omega') = c_{n-1}^\omega \text{form}(A \mid A \in h(\omega') \cap \mathfrak{F}, R_\omega(A) = 1).$$

Для произвольной совокупности групп $\mathfrak{X}$ полагают (см. [4])

$$\mathfrak{X}(C^p) = \begin{cases} \text{form}(G / C^p), & \text{если } p \in \pi(\text{Com}(\mathfrak{X})), \\ \emptyset, & \text{если } p \notin \pi(\text{Com}(\mathfrak{X})). \end{cases}$$

Если $\mathfrak{F} = CF_p(F)$, где $F(p') = \mathfrak{F}$ и $F(p) = \mathfrak{X}_p \mathfrak{F}(C^p)$ для всех $p \in \pi(\text{Com}(\mathfrak{F}))$, то спутник F называется каноническим r -композиционным спутником формации $\mathfrak{F}$ [4].

Лемма 4 [4, замечание 1]. Любая r -композиционная формация обладает каноническим r -композиционным спутником.

Пусть $\{\mathfrak{F}_i \mid i \in I\}$ – произвольная система непустых классов групп такая, что для любых двух различных $i, j \in I$ имеет место $\mathfrak{F}_i \cap \mathfrak{F}_j = (1)$. Символом $\bigotimes_{i \in I} \mathfrak{F}_i$ обозначают [1] класс всех групп вида $A_1 \times A_2 \times \dots \times A_t$, где $A_1 \in \mathfrak{F}_{i_1}$, $A_2 \in \mathfrak{F}_{i_2}$, ..., $A_t \in \mathfrak{F}_{i_t}$ для некоторых $i_1, i_2, \dots, i_t \in I$.

Лемма 5 [1, теорема 4.3.2]. Пусть $\mathfrak{M}$ – непустая подформация формации $\mathfrak{F}$. Тогда если $\mathfrak{H}$ – дополнение $\mathfrak{M}$ к $\mathfrak{F}$, то $\mathfrak{F} = \mathfrak{M} \otimes \mathfrak{H}$.

Лемма 6 [11, теорема]. Пусть $\mathfrak{F} = \mathfrak{M} \otimes \mathfrak{H}$ для некоторых формаций $\mathfrak{M}$ и $\mathfrak{H}$ таких, что $\pi(\mathfrak{M}) \cap \pi(\mathfrak{H}) = \emptyset$. Тогда формация $\mathfrak{F}$ r -композиционна в том и только в том случае, когда r -композиционна каждая из формаций $\mathfrak{M}$ и $\mathfrak{H}$.

Лемма 7 [1, лемма 4.3.4]. Пусть $\mathfrak{F} = \mathfrak{F}_1 \otimes \mathfrak{F}_2$ и $\mathfrak{M}$ – непустая подформация формации $\mathfrak{F}$. Тогда $\mathfrak{M} = (\mathfrak{M} \cap \mathfrak{F}_1) \otimes (\mathfrak{M} \cap \mathfrak{F}_2)$.

Если $\mathfrak{F}$ – r -композиционная формация, то символом $L_{c_r}(\mathfrak{F})$ обозначают решетку всех r -композиционных подформаций r -композиционной формации $\mathfrak{F}$. Через c_r обозначают решетку всех r -композиционных формаций.

Лемма 8 [12, теорема 2]. Пусть $\mathfrak{F} = c_r \text{form } G$ – однопорожденная r -композиционная формация. Тогда у решетки $L_{c_r}(\mathfrak{F})$ имеется лишь конечное число атомов.

Для r -композиционных формаций $\mathfrak{M}$ и $\mathfrak{H}$ полагают

$$\mathfrak{M} \vee_r \mathfrak{H} = c_r \text{form}(\mathfrak{M} \cup \mathfrak{H}).$$

Теорема. Пусть $\mathfrak{F}$ – r -композиционная формация. Тогда если формация $\mathfrak{X}_p$ дополняема в решетке $L_{c_r}(\mathfrak{F})$ для каждого $p \in \pi(\text{Com}(\mathfrak{F}))$, то $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{X}$.

Доказательство. По лемме 2 любая p -композиционная формация есть объединение (в решетке c_p) своих однопорожжденных p -композиционных подформаций, т.е.

$$\mathfrak{F} = c_p \text{form}(\cup_{G \in \mathfrak{F}} c_p \text{form} G).$$

Значит, для доказательства теоремы достаточно показать, что она справедлива для любой однопорожжденной p -композиционной подформации $\mathfrak{M}$ из $\mathfrak{F}$.

По лемме 3 формация $\mathfrak{M}$ обладает минимальным p -композиционным спутником m . Тогда если $p \in \pi(\text{Com}(\mathfrak{M}))$, то в силу леммы 4 любая p -композиционная формация обладает каноническим p -композиционным спутником. Это означает, что выполняется

$$\mathfrak{N}_p \subseteq \mathfrak{N}_p m(p) = M(p) \subseteq \mathfrak{M},$$

где M – канонический p -композиционный спутник формации $\mathfrak{M}$. Покажем, что подформация $\mathfrak{N}_p$ дополняема в решетке $L_{c_p}(\mathfrak{M})$. Нулем этой решетки является формация единичных групп, единицей – формация $\mathfrak{M}$. По условию теоремы в решетке $L_{c_p}(\mathfrak{F})$ найдется дополнение $\mathfrak{H}$ к $\mathfrak{N}_p$. Нулем решетки $L_{c_p}(\mathfrak{F})$ является формация (1), единицей – формация $\mathfrak{F}$. Тогда

$$\mathfrak{F} = c_p \text{form}(\mathfrak{N}_p \cup \mathfrak{H}) = \mathfrak{N}_p \vee_p \mathfrak{H} \text{ и } \mathfrak{N}_p \cap \mathfrak{H} = (1).$$

Согласно леммам 5 и 6

$$\mathfrak{F} = \mathfrak{N}_p \otimes \mathfrak{H}$$

и формации $\mathfrak{N}_p$ и $\mathfrak{H}$ являются p -композиционными. Поэтому по лемме 7

$$\begin{aligned} \mathfrak{M} &= \mathfrak{M} \cap \mathfrak{F} = \mathfrak{M} \cap (\mathfrak{N}_p \otimes \mathfrak{H}) = \\ &= (\mathfrak{M} \cap \mathfrak{N}_p) \otimes (\mathfrak{M} \cap \mathfrak{H}) = \mathfrak{N}_p \otimes (\mathfrak{M} \cap \mathfrak{H}) = \\ &= \mathfrak{N}_p \vee_p (\mathfrak{M} \cap \mathfrak{H}). \end{aligned}$$

Поскольку $\mathfrak{N}_p \cap \mathfrak{H} = (1)$, то

$$\mathfrak{N}_p \cap (\mathfrak{M} \cap \mathfrak{H}) = (1).$$

Следовательно, $(\mathfrak{M} \cap \mathfrak{H})$ – дополнение к $\mathfrak{N}_p$ в $\mathfrak{M}$, т.е. формация $\mathfrak{N}_p$ дополняема в решетке $L_{c_p}(\mathfrak{M})$.

Покажем теперь, что $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{N}$. Согласно лемме 8 в $\mathfrak{M}$ имеется лишь конечное число подформаций, являющихся атомами решетки $L_{c_p}(\mathfrak{M})$. Пусть число атомов решетки $L_{c_p}(\mathfrak{M})$ равно k . Проведем индукцию по k . Согласно леммам 5 и 6

$$\mathfrak{M} = \mathfrak{N}_p \otimes (\mathfrak{M} \cap \mathfrak{H})$$

и формация $\mathfrak{M} \cap \mathfrak{H}$ является p -композиционной. Заметим, что поскольку один из атомов $\mathfrak{N}_p$ решетки $L_{c_p}(\mathfrak{M})$ не содержится в $\mathfrak{M} \cap \mathfrak{H}$, то в решетке $L_{c_p}(\mathfrak{M} \cap \mathfrak{H})$ число атомов меньше, чем k .

Если $k = 1$, то в решетке $L_{c_p}(\mathfrak{M})$ имеется лишь один атом. Но в решетке $L_{c_p}(\mathfrak{M} \cap \mathfrak{H})$ атомов меньше $k = 1$, т.е. в решетке $L_{c_p}(\mathfrak{M} \cap \mathfrak{H})$ нет атомов. Последнее возможно лишь в случае, когда $\mathfrak{M} \cap \mathfrak{H} = (1)$. Поэтому

$$\mathfrak{M} = \mathfrak{N}_p \otimes (\mathfrak{M} \cap \mathfrak{H}) = \text{form}(\mathfrak{N}_p \cup (\mathfrak{M} \cap \mathfrak{H})) = \text{form} \mathfrak{N}_p = \mathfrak{N}_p.$$

Следовательно, любая группа из $\mathfrak{M}$ нильпотентна, т.е. $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{N}$.

Предположим теперь, что $k > 1$ и утверждение теоремы верно для всех p -композиционных формаций, у которых решетка p -композиционных подформаций имеет число атомов меньше, чем k . В данном случае утверждение для формации $\mathfrak{M} \cap \mathfrak{F}$ верно по индукции. Но $\mathfrak{M} = \mathfrak{N}_p \otimes (\mathfrak{M} \cap \mathfrak{F})$. Поэтому каждая группа G из $\mathfrak{M}$ имеет вид:

$$G = A \times B,$$

где $A \in \mathfrak{N}_p$, $B \in \mathfrak{M} \cap \mathfrak{F}$. Значит, утверждение теоремы выполняется для однопорожденной формации $\mathfrak{M}$. Итак, утверждение теоремы выполняется и для формации $\mathfrak{F} = c_p \text{form}(\cup_{G \in \mathfrak{F}} c_p \text{form} G)$, т.е. $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{N}$. Теорема доказана.

Заключение. В настоящей работе определены условия, при которых частично композиционная формация является нильпотентной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скиба, А.Н. Алгебра формаций / А.Н. Скиба. – Минск: Беларуская навука, 1997. – 240 с.
2. Doerk, K. Finite soluble groups. De Gruyter Expo. Math., 4 / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin–New York: Walter de Gruyter & Co., 1992. – 891 p.
3. Шеметков, Л.А. Формации конечных групп / Л.А. Шеметков. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-матем. лит., 1978. – 272 с. – (Соврем. алгебра).
4. Скиба, А.Н. Кратно $\mathfrak{L}$ -композиционные формации конечных групп / А.Н. Скиба, Л.А. Шеметков // Украинский матем. журн. – 2000. – Т. 52, № 6. – С. 783–797.
5. Скиба, А.Н. О формациях с заданными системами подформаций / А.Н. Скиба // Подгрупповое строение конечных групп: труды Гомельского семинара / Ин-т математики АН БССР; под ред. В.С. Монахова. – Минск, 1981. – С. 155–180.
6. Скиба, А.Н. О дополняемых подформациях / А.Н. Скиба // Вопросы алгебры. – 1996. – Вып. 9. – С. 114–118.
7. Васильев, А.Ф. О решетках подгрупп конечных групп / А.Ф. Васильев, С.Ф. Каморников, В.Н. Семенчук // Бесконечные группы и другие примыкающие алгебраические структуры: сб. ст. / Ин-т математики АН Украины; отв. ред. Н.С. Черников. – Киев, 1993. – С. 27–54.
8. Жевнова, Н.Г. p -Насыщенные формации с дополняемыми p -насыщенными подформациями / Н.Г. Жевнова, А.Н. Скиба // Известия вузов. Сер. Математика. – 1997. – № 5(420). – С. 23–29.
9. Скиба, А.Н. О локальных формациях с дополняемыми локальными подформациями / А.Н. Скиба // Известия вузов. Сер. Математика. – 1994. – № 10(389). – С. 75–80.
10. Воробьев, Н.Н. О модулярности решетки τ -замкнутых n -кратно ω -композиционных формаций / Н.Н. Воробьев, А.А. Царев // Украинский матем. журн. – 2010. – Т. 62, № 4. – С. 453–463.
11. Воробьев, Н.Н. Прямые разложения n -кратно ω -композиционных формаций / Н.Н. Воробьев, А.П. Мехович // Доклады НАН Беларуси. – 2012. – Т. 56, № 1. – С. 26–29.
12. Воробьев, Н.Н. Композиционные формации с условием дополняемости / Н.Н. Воробьев, А.П. Мехович // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2012. – № 5(71). – С. 15–18. (<https://rep.vsu.by/handle/123456789/4169>).

REFERENCES

1. Skiba A.N. *Algebra formatsiy* [Algebra of Formations], Minsk: Belaruskaya navuka, 1997, 240 p.
2. Doerk K. Finite soluble groups. De Gruyter Expo. Math., 4 / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin–New York: Walter de Gruyter & Co., 1992, 891 p.
3. Shemetkov L.A. *Formatsii konechnykh grupp* [Formations of Finite Groups], Moscow: Nauka, 1978, 272 p.
4. Skiba A.N., Shemetkov L.A. *Ukrainskiy Matem. Zhurn.* [Ukrainian Mathematical Journal], 2000, 52(6), p. 783–797.
5. Skiba, A.N. *Pogruppovoye stroyeniye konechnykh grupp: trudy Gomelskogo seminar* [Subgroup structure of finite groups: Proceedings of the Gomel Seminar / Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the BSSR], Minsk, 1981, p. 155–180.
6. Skiba A.N. *Voprosy algebr* [Issues of Algebra], 1996, 9, p. 114–118.
7. Vasiliev A.F., Kamornikov S.F., Semenchuk V.N. *Beskonechniye gruppy i drugiye primykayushchiye algebraicheskiye struktury: sb. st.* [Infinite groups and other adjoining algebraic structures. A Collection of Articles / Institute of Mathematics of Ukrainian Academy of Sciences], Kiev, 1993, p. 27–54.
8. Zhevnova N.G., Skiba A.N. *Izvestiya vuzov. Ser. Matematika* [Journal of Universities. Mathematics], 1997, 5(420), p. 23–29.
9. Skiba A.N. *Izvestiya vuzov. Ser. Matematika* [Journal of Universities. Mathematics], 1994, 10(389), p. 75–80.
10. Vorobyev N.N., Tsarev A.A. *Ukrainskiy Matem. Zhurn.* [Ukrainian Mathematical Journal], 2010, 62(4), p. 453–463.
11. Vorobyev N.N., Mekhovich A.P. *Doklady NAN Belarusi*. [Reports of the National Academy of Sciences of Belarus], 2012, 56(1), p. 26–29.
12. Vorobyev N.N., Mekhovich A.P. *Vesnik Vitsebskaga dzharzh un-ta* [Newsletter of Vitebsk State University], 2012, 5(71), p. 15–18. (<https://rep.vsu.by/handle/123456789/4169>).

Поступила в редакцию 26.01.2022

Адрес для корреспонденции: e-mail: amekhovich@yandex.ru – Мехович А.П.

ПОСТРОЕНИЕ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОТОКА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ИСТОЧНИКЕ ЭЛЕКТРОНОВ С ПЛАЗМЕННЫМ ЭМИТТЕРОМ

Д.А. Антонович, Д.В. Шидловская, Ю.В. Шиёнок
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»

При формировании низкоэнергетических электронных пучков более существенное, в сравнении с высокоэнергетическими источниками, влияние оказывают накопительные ионизационные эффекты в ускоряющей промежуток, поскольку область интенсивной ионизации значительно шире, а эффективность потерь энергии выше. Построение адекватных физико-математических моделей процессов формирования низкоэнергетических ионно-электронных пучков в источниках заряженных частиц с плазменным эмиттером и получение эффективных алгоритмов компьютерного моделирования позволят уменьшить количество экспериментов, направленных на разработку конструкций низкоэнергетических источников заряженных частиц с плазменным эмиттером.

Цель – разработка физико-математической модели генерации вторичной плазмы в межэлектродном пространстве установок с плазменным эмиттером.

Материал и методы. Материалом послужили физико-математические модели формирования потока заряженных частиц и электронно-лучевые технологические установки. При проведении исследований применялись методы научного познания, такие как моделирование и анализ информации, а также математические методы расчета.

Результаты и их обсуждение. Взаимодействие ускоряющих электронов с нейтральными молекулами сегодня достаточно хорошо изучено в рамках как классической теории, так и в рамках квантовой теории. Основным параметром данного взаимодействия является сечение упругого и неупругого рассеяния. В нашем случае упругое взаимодействие будет приводить к перераспределению кинетической энергии между электронами потока и частицами газа, а также к изменению плотности первоначального потока электронов.

Заключение. В данной работе представлены некоторые уравнения, положенные в основу формируемой модели плазменного эмиттера для разработанных ранее конструкций источников заряженных частиц посредством плазменного эмиттера. Дальнейшая разработка предлагаемой модели позволит осуществить предварительное моделирование параметров формируемых пучков заряженных частиц, в зависимости от конструкции источника, что упростит конструирование новых систем с плазменным эмиттером.

Ключевые слова: поток электронов, низкоэнергетические пучки, поверхность эмиттирующего электрода, плазменные источники заряженных частиц.

CONSTRUCTION OF A PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODEL FOR THE FORMATION OF A CHARGED PARTICLES FLUX IN AN ELECTRON SOURCE WITH A PLASMA EMITTER

D.A. Antonovich, D.V. Shidlovskaya, Yu.V. Shiyonok
Education Establishment "Vitebsk State P.M. Masherov University"

When low-energy beams are formed, accumulating ionization effects in the accelerating gap have a more significant impact compared to high-energy sources since the area of intensive ionization is much wider and the efficiency of energy losses is higher. Building proper physical and mathematical models for the processes of forming low-energy ion and electron beams in sources of charged particles with a plasma emitter as well as obtaining efficient algorithms of computer modeling will make it possible to reduce the number of experiments aimed at the development of low-energy sources of charged particle constructions with a plasma emitter.

The purpose is the development of a mathematical model for the generation of secondary plasma in the interelectrode space of installations with a plasma emitter.

Material and methods. *The materials were physical and mathematical models of the formation of a stream of charged particles, as well as electron-beam technological installations. During the research, methods of scientific knowledge were used, such as modeling and analysis of information, as well as mathematical methods.*

Findings and their discussion. *The interaction of accelerating electrons with neutral molecules has been fairly well studied by now both within the framework of classical theory and within the framework of quantum theory. The main parameter of this interaction is the elastic and inelastic scattering cross section. In our case, the elastic interaction will lead to a redistribution of kinetic energy between the flow electrons and gas particles, as well as to a change in the density of the initial electron flow.*

Conclusion. *This paper presents the basic equations underlying the shaping model of the plasma emitter for the previously developed designs of sources of charged particles based on the plasma emitter. Further development of this model will allow preliminary modeling of the parameters of the shaping charged particle beams, depending on the design of the source, which will simplify the design of new systems with a plasma emitter.*

Key words: *electron flow, low-energy beams, emitting electrode surface, plasma sources of charged particles.*

В связи с расширением области применения плазмохимических технологий, таких как ионно-плазменное азотирование, электронно-лучевое диспергирование и т.д., в настоящее время интерес к получению низкоэнергетичных пучков заряженных частиц с энергией до 5 кэВ достаточно высок.

Реализация подобных технологий с помощью низкоэнергетичных плазменных источников представляется наиболее эффективной, а в ряде случаев единственно возможной [1; 2]. Способность плазменных источников заряженных частиц формировать как электронные, так и ионные пучки делает их уникальным универсальным инструментом и перспективными к разработке на их основе технологий нанесения пленок и покрытий различного назначения методами попеременного или одно-временного теплофизического электронного и модифицирующего ионного воздействия.

К сегодняшнему времени в значительной степени разработаны принципы формирования электронных пучков (в основном сфокусированных) в высоковольтных высокоэнергетичных плазменных источниках (с ускоряющим напряжением 20–60 кВ) для электронно-лучевой сварки. На этих же принципах базируется теория плазменного эмиттера для формирования пучков большого сечения с точной стабилизацией параметров плазменного эмиттера. Подобные плазменные источники способны формировать пучки заряженных частиц для модификации свойств поверхностей, в том числе и при достаточно низких (до 5 кВ) ускоряющих напряжениях. Однако конструктивные особенности и особенности формирования пучков при таких ускоряющих напряжениях изучены недостаточно. При формировании низкоэнергетичных электронных пучков более существенное, в сравнении с высокоэнергетичными источниками, влияние оказывают накопительные ионизационные эффекты в ускоряющем промежутке, поскольку область интенсивной ионизации значительно шире, а эффективность потерь энергии выше. Построение адекватных физико-математических моделей процессов формирования низкоэнергетичных ионно-электронных пучков в источниках заряженных частиц с плазменным эмиттером и получение эффективных алгоритмов компьютерного моделирования позволят уменьшить количество экспериментов, направленных на разработку конструкций низкоэнергетичных источников заряженных частиц с плазменным эмиттером. В данной статье представлен ряд уравнений, положенных в основу формируемой математической модели для разработки эффективных алгоритмов компьютерного моделирования процессов формирования низкоэнергетичных ионно-электронных пучков в источниках заряженных частиц с плазменным эмиттером.

Цель – разработка физико-математической модели генерации вторичной плазмы в межэлектродном пространстве установок с плазменным эмиттером.

Материал и методы. Материалом послужили физико-математические модели формирования потока заряженных частиц и электронно-лучевые технологические установки. При проведении исследований применялись методы научного познания, такие как моделирование и анализ информации, а также математические методы расчета.

Результаты и их обсуждение. Поток электронов, формируемый у эмитирующей поверхности плазмы полого катода в пространстве между эмитирующим электродом и ускоряющим электродом, будет иметь конфигурацию, задаваемую начальными параметрами и суперпозицией внешних электрических и магнитных полей, и полем, создаваемым собственно электронами пучка. В случае когда мы пренебрегаем взаимодействием электронов с частицами, образующими среду в межэлектрод-

ном пространстве, конфигурация пучка будет определяться полем, создаваемым электродами установок (для большинства установок поле будет аксиально-симметричным) и электронами пучка. Однако пренебрегать процессами взаимодействия, происходящими в межэлектродном пространстве, целесообразно только в случае, если число частиц в нем меньше некоторого значения.

Основным фактором изменения плотности пучка электронов является столкновение с частицами. Изначально, при отсутствии потока электронов и ускоряющего потенциала на ускоряющем электроде, среду в межэлектродном слое формируют нейтральные частицы газа. Известно, что ионизация газа, как положительная, так и отрицательная, может быть реализована в различных физических процессах, общим в которых является перенос электрона от или к нейтральному атому [3]. Такими процессами, в частности, могут быть столкновения между нейтральными атомами или молекулами, столкновения нейтральных частиц с заряженными, облучения квантами света, пребывание частиц в мощных внешних полях. Если говорить о межэлектродном пространстве, то, ввиду низкой плотности газа, его температуры и энергии, необходимой для ионизации молекул, собственной ионизацией газа можно пренебречь. Большой интерес вызывает столкновение частиц газа с электронами пучка. Взаимодействие ускоряющих электронов с нейтральными молекулами сегодня достаточно хорошо изучено как в рамках классической теории, так и квантовой. Основным параметром данного взаимодействия является сечение упругого и неупругого рассеяния [4]. В нашем случае упругое взаимодействие будет приводить к перераспределению кинетической энергии между электронами потока и частицами газа, а также к изменению плотности первоначального потока электронов.

Неупругое рассеяние гораздо более многообразно. Помимо вышеперечисленных эффектов, оно сопровождается изменениями электронных состояний атомов, участвующих во взаимодействии. Атомы и молекулы, испытавшие неупругие столкновения с электронами потока, могут как переходить в возбужденное состояние, так и испытывать ионизацию с рождением пары ион–электрон. Как видно из [5], вероятность ионизации зависит от электронной конфигурации атома или молекулы, плотности газа и плотности потока электронов в элементе объема, а также будет увеличиваться по мере увеличения кинетической энергии электронов потока. Таким образом, генерация пар ионов и электронов в потоке электронов будет пространственно-неоднородной как в продольном направлении, так и в поперечном. Продольная неоднородность обусловлена ускорением электронов потока, как следствие, генерация плазмы будет увеличиваться по мере приближения к ускоряющему электроду. Поперечная неоднородность в свою очередь обусловлена неоднородностью плотности потока электронов в поперечном сечении. Так, в случае гауссова пучка вероятность генерации ион–электронных пар будет уменьшаться по мере удаления от оси потока. По мере изменения конфигурации потока область наиболее вероятной генерации также будет испытывать изменения (рис.).

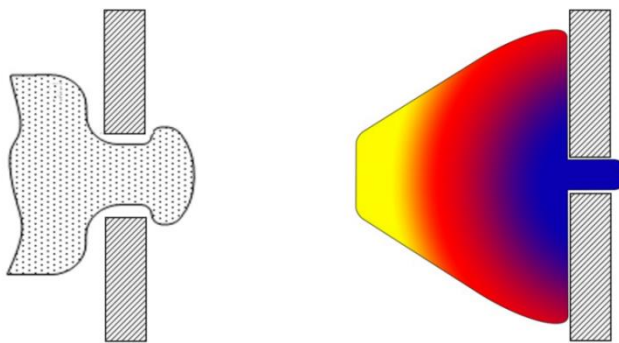


Рис. Стартовая генерация вторичной плазмы в межэлектродном пространстве плазменного источника электронов

Изменение потока электронов будет обусловлено появлением объемного заряда, образованного перераспределением ионов в поле ускоряющего электрода. Противопоток положительных ионов к эмитирующему электроду будет приводить к эмиссии электронов с его поверхности, что в свою очередь приведет к увеличению интенсивности и сечения потока электронов, образуя положительную обратную связь в процессе генерации вторичной плазмы [5].

Скорость генерации плазмы будет ограничена концентрацией нейтрального газа. Так, в некоторой области количество образованных ион-электронных пар не может превысить количество нейтральных частиц в этой области. Следовательно, в стационарном режиме суммарная генерация плазмы будет зависеть от скорости рекомбинации положительных ионов с электронами потока и скорости обновления газовой среды из внешнего пространства. Например, поток ионов (будем считать наличие частиц только одного сорта) будет определяться в случае аксиальной симметрии (1)–(2).

$$\frac{\partial n_i(r, z, t)}{\partial t} + \frac{\partial(n_i(r, z, t) * v_i(r, z, t))}{\partial r} + \frac{\partial(n_i(r, z, t) * v_i(r, z, t))}{\partial z} \quad (1)$$

$$= \sigma_i(v_{0e}) * n_{0e}(r, z, t) * \rho_{\text{газ}} - \sigma_p n_{0e}(r, z, t) n_i(r, z, t),$$

$$\frac{\partial v_i(r, z, t)}{\partial t} + v_i(r, z, t) \left(\frac{\partial v_i(r, z, t)}{\partial r} + \frac{\partial v_i(r, z, t)}{\partial z} \right) = \frac{e}{M} \left[\frac{\partial \varphi(r, z, t)}{\partial r} + \frac{\partial \varphi(r, z, t)}{\partial z} \right], \quad (2)$$

где n_i – концентрация ионов в межэлектродном слое, v_i – скорость ионов, n_{0e} – концентрация электронов пучка, e – заряд электрона, M – масса иона, φ – распределение потенциала в межэлектродном слое, $\rho_{\text{газ}}$ – плотность газа в межэлектродном пространстве, σ_p – сечение рекомбинации ионов с электронами потока.

Аналогичное уравнение можно записать и для электронов, полученных при ионизации газа. Они, как и электроны первичного пучка, могут участвовать в дальней ионизации газа. Однако полагая, что большая их часть генерируется вблизи ускоряющего электрода и в процессе движения к ускоряющему электроду не успевает набрать необходимую энергию для уверенной ионизации газа, будем дальнейшим их участием в процессах ионизации пренебрегать (3)–(4). Таким образом, поток электронов определим как:

$$\frac{\partial n_e(r, z, t)}{\partial t} + \frac{\partial(n_e(r, z, t) v_e(r, z, t))}{\partial r} + \frac{\partial(n_e(r, z, t) v_e(r, z, t))}{\partial z} = \sigma_{0e}(v_{0e}) n_{0e}(r, z, t) \rho_{\text{газ}}, \quad (3)$$

$$\frac{\partial v_e(r, z, t)}{\partial t} + v_e(r, z, t) \left(\frac{\partial v_e(r, z, t)}{\partial r} + \frac{\partial v_e(r, z, t)}{\partial z} \right) = \frac{e}{m_e} \left[\frac{\partial \varphi(r, z, t)}{\partial r} + \frac{\partial \varphi(r, z, t)}{\partial z} \right], \quad (4)$$

где $n_e(r, z, t)$, $v_e(r, z, t)$ – концентрация и скорость электронов соответственно, m_e – масса электрона. Здесь мы пренебрегли дальнейшим взаимодействием электронов с нейтральными частицами и их рекомбинацией с ионами.

Поток электронов n_{0e} , движущийся от эмитирующего электрода к ускоряющему, будем определять как поток, эмитируемый поверхностью плазмы в эмитирующих каналах, так и вторичный поток, получаемый при бомбардировке ионами поверхности эмитирующего электрода. При движении внутри межэлектродного пространства данный поток будет ослабляться взаимодействием как с нейтральными частицами, так и ионами (5)–(6).

$$\frac{\partial n_{0e}(r, z, t)}{\partial t} + \frac{\partial(n_{0e}(r, z, t) v_{0e}(r, z, t))}{\partial r} + \frac{\partial(n_{0e}(r, z, t) v_{0e}(r, z, t))}{\partial z} \quad (5)$$

$$= -\sigma_{0e}(n_{0e}) \rho_{\text{газ}} - \sigma_p n_{0e}(r, z, t) n_i(r, z, t),$$

$$\frac{\partial v_{0e}(r, z, t)}{\partial t} + v_{0e}(r, z, t) \left(\frac{\partial v_{0e}(r, z, t)}{\partial r} + \frac{\partial v_{0e}(r, z, t)}{\partial z} \right) = -\frac{e}{m} \left[\frac{\partial \varphi(r, z, t)}{\partial r} + \frac{\partial \varphi(r, z, t)}{\partial z} \right] \quad (6)$$

где σ_{0e} – полное сечение рассеяния электронов на нейтральных частицах газа, $v_{0e}(r, z, t)$ – скорость электронов потока. Здесь мы полагаем, что электроны потока, испытавшие рассеяние, выбывают из потока. Их дальнейшее поведение описывается уравнением для электронов, которые были образованы при образовании ион-электронных пар.

Указанные уравнения (1)–(6) объединим в систему вместе с обобщающим их уравнением для потенциала:

$$\left\{ \begin{array}{l}
\frac{\partial n_i(r, z, t)}{\partial t} + \frac{\partial(n_i(r, z, t) * v_i(r, z, t))}{\partial r} + \frac{\partial(n_i(r, z, t) * v_i(r, z, t))}{\partial z} = \sigma_i(v_{0e}) * n_{0e}(r, z, t) * \rho_{\text{газ}} \\
\quad - \sigma_p n_{0e}(r, z, t) n_i(r, z, t) \\
\frac{\partial v_i(r, z, t)}{\partial t} + v_i(r, z, t) \left(\frac{\partial v_i(r, z, t)}{\partial r} + \frac{\partial v_i(r, z, t)}{\partial z} \right) = \frac{e}{M} \left[\frac{\partial \varphi(r, z, t)}{\partial r} + \frac{\partial \varphi(r, z, t)}{\partial z} \right] \\
\frac{\partial n_e(r, z, t)}{\partial t} + \frac{\partial(n_e(r, z, t) * v_e(r, z, t))}{\partial r} + \frac{\partial(n_e(r, z, t) * v_e(r, z, t))}{\partial z} = \sigma_{0e}(v_{0e}) * n_{0e}(r, z, t) * \rho_{\text{газ}} \\
\quad - \sigma_p n_{0e}(r, z, t) n_e(r, z, t) \\
\frac{\partial v_e(r, z, t)}{\partial t} + v_e(r, z, t) \left(\frac{\partial v_e(r, z, t)}{\partial r} + \frac{\partial v_e(r, z, t)}{\partial z} \right) = \frac{e}{m_e} \left[\frac{\partial \varphi(r, z, t)}{\partial r} + \frac{\partial \varphi(r, z, t)}{\partial z} \right] \\
\frac{\partial n_{0e}(r, z, t)}{\partial t} + \frac{\partial(n_{0e}(r, z, t) * v_{0e}(r, z, t))}{\partial r} + \frac{\partial(n_{0e}(r, z, t) * v_{0e}(r, z, t))}{\partial z} = -\sigma_{0e}(n_{0e}) \rho_{\text{газ}} \\
\quad - \sigma_p n_{0e}(r, z, t) n_i(r, z, t) \\
\frac{\partial v_{0e}(r, z, t)}{\partial t} + v_{0e}(r, z, t) \left(\frac{\partial v_{0e}(r, z, t)}{\partial r} + \frac{\partial v_{0e}(r, z, t)}{\partial z} \right) = -\frac{e}{m} \left[\frac{\partial \varphi(r, z, t)}{\partial r} + \frac{\partial \varphi(r, z, t)}{\partial z} \right] \\
\frac{\partial^2 \varphi(r, z, t)}{\partial t^2} = -\frac{e}{\varepsilon_0} (n_i(r, z, t) - n_e(r, z, t) - n_{0e}(r, z, t))
\end{array} \right. \quad (7)$$

Начальными условиями для электрического потенциала в межэлектродной области определим поле эмитирующего электрода, при потенциале ускоряющего электрода, равном нулю.

Граничным условием для потенциала будем принимать его постоянное значение на эмитирующем электроде $\varphi_{y,э} = \text{const}$ либо заданное функцией (8).

$$\varphi_{y,э} = U_0 - U_0 e^{-t/\tau} = U_0 (1 - e^{-t/\tau}). \quad (8)$$

Граничное условие для электронов потока определим постоянным значением n_0 на поверхности эмитирующей плазмы и пропорциональной плотности ионов на поверхности эмитирующего электрода.

Первоначальный потенциал на ускоряющем электроде в случае условия (8) отсутствует. Таким образом, начальное условие для концентрации электронов и ионов в межэлектродном пространстве будем принимать равным нулю (9):

$$\begin{aligned}
n_e(x, z, 0) &= 0, \\
n_i(x, z, 0) &= 0, \\
n_{0e}(x, z, 0) &= 0.
\end{aligned} \quad (9)$$

Концентрацию электронов ионизации вторичной плазмы и их скорость вблизи эмитирующего электрода будем принимать равной нулю, так как их область генерации находится в межэлектродном пространстве, а движение будет в направлении ускоряющего электрода (10):

$$\begin{aligned}
n_e(f_{\text{rp}}^a(x, z), t) &= 0, \\
v_e(f_{\text{rp}}^a(x, z), t) &= 0.
\end{aligned} \quad (10)$$

Аналогично будем полагать для ионов вторичной плазмы вблизи поверхности ускоряющего электрода (11):

$$\begin{aligned}
v_{0e}(x, z, 0) &= 0, \\
v_i(x, z, 0) &= 0, \\
v_e(x, z, 0) &= 0.
\end{aligned} \quad (11)$$

Граничные условия для электронов потока на поверхности эмитирующего электрода будем принимать пропорциональными соответствующим параметрам потока ионов вблизи поверхности (12):

$$\begin{aligned} n_{0e}(f_{\text{rp}}^3(x, z), t) &= \alpha n_i(f_{\text{rp}}(x, z), t), \\ v_{0e}(f_{\text{rp}}^3(x, z), t) &= \beta v_i(f_{\text{rp}}(x, z), t), \end{aligned} \quad (12)$$

где $f_{\text{rp}}^3(x, z)$ – функция, описывающая поверхность эмитирующего электрода; α, β – коэффициенты эффективности вторичной эмиссии электронов поверхностью электрода, $f_{\text{rp}}^a(x, z)$ – функция, описывающая поверхность ускоряющего электрода.

Изменением формы плазменной поверхности в эмитирующем канале в процессе образования вторичной плазмы возможно пренебречь в рассматриваемом масштабе.

Решение приведенной системы уравнений возможно с применением численных решений дифференциальных уравнений в частных производных в инженерно программном обеспечении в среде Mathcad.

Заключение. Формирование пучка заряженных частиц с заранее известными параметрами требует глубокого понимания процессов, проходящих на всех этапах работы установки. В данной работе представлены некоторые уравнения, положенные в основу формируемой модели плазменного эмиттера для разработанных ранее [6; 7] конструкций источников заряженных частиц посредством плазменного эмиттера. Дальнейшая разработка предлагаемой модели позволит осуществить предварительное моделирование параметров формируемых пучков заряженных частиц, в зависимости от конструкции источника, что упростит конструирование новых систем с плазменным эмиттером.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плазменные эмиссионные системы с ненакапливаемыми катодами для ионно-плазменных технологий / В.Т. Барченко [и др.]; под общ. ред. В.Т. Барченко. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. – 220 с.
2. Шиллер, З. Электронно-лучевые технологии / З. Шиллер, У. Гайзиг, З. Панцер. – М.: Энергия, 1980. – 528 с.
3. Теория связанных состояний и ионизационного равновесия в плазме и твердом теле / В. Эбелинги, В. Крефт, Д. Кремп. – М., 1979. – 264 с.
4. Теория твердого тела / А.С. Давыдов. – М., 1976. – 639 с.
5. Расчет движения релятивистских пучков заряженных частиц в электромагнитных полях / В.Т. Астрелин, В.М. Свешников // Прикладная механика и теоретическая физика. – 1979. – № 3. – С. 3–8.
6. Плазменные эмиссионные системы для электронно-лучевых технологий. Часть 1 / Антонович Д.А. [и др.] // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. С, Фундаментальные науки. – 2016. – № 12. – С. 37–44.
7. Плазменные эмиссионные системы для электронно-лучевых технологий. Часть 2 / Антонович Д.А. [и др.] // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. С, Фундаментальные науки. – 2017. – № 4. – С. 45–51.

REFERENCES

1. Barchenko V.T. *Plazmennye emissionnye sistemy s nenakaplivayemyimi katodami dlia ionno-plazmennyykh tekhnologii* [Plasma Emission Systems with Non-Accumulating Katodes for Ion-Plazma Technologies], SPb.: Izd-vo SPbETU "LETI", 2011, 220 p.
2. Shiller Z., Gaizig U., Pantser Z. *Elektronno-luchevye tekhnologii* [Electron and Beam Technologies], M.: Energiya, 1980, 528 p.
3. Ebelingi V., Kreft V., Kremp D. *Teoriya svyazannykh sostoyanii i ionizatsionnogo ravnovesiya v plazme i tverdom tele* [Theory of Bounded States and Ionization Balance in Plasma and Solid Body], M., 1979, 264 p.
4. Davydov A.S. *Teoriya tverdogo tela* [Theory of Solid Body], M., 1976, 639 p.
5. Astrelin V.T., Svешnikov V.M. *Prikladnaya mekhanika i teoreticheskaya fizika* [Applied Mechanics and Theoretical Physics], 1979, 3, p. 3–8.
6. Antonovich D.A. *Vestnik Polotskogo gos. un-ta. Ser. C, Fundamentalniye nauki* [Journal of Polotsk State University. Fundamental Sciences], 2016, 12, p. 37–44.
7. Antonovich D.A. *Vestnik Polotskogo gos. un-ta. Ser. C, Fundamentalniye nauki* [Journal of Polotsk State University. Fundamental Sciences], 2017, 4, p. 45–51.

Поступила в редакцию 15.04.2022

Адрес для корреспонденции: e-mail: d_antonovich@tut.by – Антонович Д.А.

ХАРАКТЕРИЗАЦИИ σ -ЛОКАЛЬНЫХ КЛАССОВ ФИТТИНГА

Н.Т. Воробьев, С.Н. Воробьев, А.С. Новикова

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

В теории классов конечных групп известны следующие результаты Брайса и Косси: локальная формация разрешимых групп является наследственной, классом Фиттинга в точности тогда, когда все значения ее канонической формационной функции наследственны, классы Фиттинга соответственно. В связи с этим в теории классов Фиттинга актуален поиск решения дуальных задач характеристики локальных классов Фиттинга при помощи свойства наследственности и формаций.

Решение задач характеристики обобщенно локальных (в частности, локальных) классов Фиттинга при помощи формаций и свойства наследственности – основная цель настоящей работы.

Материал и методы. В исследовании используются методы теории групп и их классов. В частности, методы теории формаций и классов Фиттинга.

Результаты и их обсуждение. Классом Фиттинга называется класс групп $\mathfrak{F}$, замкнутый относительно взятия нормальных подгрупп и произведений нормальных $\mathfrak{F}$ -подгрупп. Если σ – некоторое разбиение множества всех простых чисел $\mathbb{P}$, то класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ называется σ -локальным, когда $\mathfrak{F} = \mathfrak{E}_\Pi \cap (\cap_{\sigma_i \in \Pi} f(\sigma_i) \mathfrak{E}_{\sigma_i} \mathfrak{E}_{\sigma_i'})$ для некоторого отображения (H_σ -функции) $f: \sigma \rightarrow \{\text{классы Фиттинга}\}$, где $\Pi = \{\sigma_i \in \sigma: f(\sigma_i) \neq \emptyset\}$. Класс групп $\mathfrak{F}$ называется: формацией, если $\mathfrak{F}$ замкнут относительно взятия факторгрупп и подпрямых произведений; наследственным, если $\mathfrak{F}$ замкнут относительно взятия подгрупп. В настоящей работе доказано, что σ -локальный класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ тогда и только тогда является наследственным, формацией, когда все значения его канонической H_σ -функции наследственны, формации. Следствиями указанных результатов в случае, когда $\sigma = \sigma^1 = \{\{2\}, \{3\}, \dots\}$ – минимальное разбиение множества $\mathbb{P}$, являются характеристики локальных классов Фиттинга посредством формаций и свойства наследственности.

Заключение. Найденны новые характеристики обобщенно локальных классов Фиттинга посредством формаций и свойства наследственности классов групп.

Ключевые слова: класс групп, класс Фиттинга, σ -локальный класс Фиттинга, наследственный класс Фиттинга, формация.

CHARACTERIZATIONS OF σ -LOCAL FITTING CLASSES

N.T. Vorobyev, S.N. Vorobyev, A.S. Novikova

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

In the theory of classes of finite groups, the following Bryce and Cossey findings are known: a local formation of solvable groups is hereditary, a Fitting class exactly when all values of its canonical formation function are hereditary, Fitting classes, respectively. In this regard, in the theory of Fitting classes, it is topical to find a solution to the dual problems of characterizing local Fitting classes using the property of heredity and formations.

Solving the problems of characterization of generalized local (in particular, local) Fitting classes with the help of formations and the property of heredity is the main goal of this work.

Material and methods. Methods of the theory of groups and their classes are used in the work. In particular, the methods of the theory of formations and Fitting classes.

Findings and their discussion. A Fitting class is a class of groups $\mathfrak{F}$ that is closed under taking normal subgroups and products of normal $\mathfrak{F}$ -subgroups. If σ is some partition of the set of all primes $\mathbb{P}$, then the Fitting class $\mathfrak{F}$ is called σ -local if $\mathfrak{F} = \mathfrak{E}_\Pi \cap (\cap_{\sigma_i \in \Pi} f(\sigma_i) \mathfrak{E}_{\sigma_i} \mathfrak{E}_{\sigma_i'})$ for some mappings of the (H_σ -function) $f: \sigma \rightarrow \{\text{Fitting classes}\}$, where $\Pi = \{\sigma_i \in \sigma: f(\sigma_i) \neq \emptyset\}$. A class of groups $\mathfrak{F}$ is called: a formation if $\mathfrak{F}$ is closed under taking factor groups and subdirect products; hereditary if $\mathfrak{F}$ is closed with respect to taking subgroups. In this paper, we prove that a σ -local Fitting class $\mathfrak{F}$ is a hereditary formation if and only if all values of its canonical H_σ -function are hereditary, formations. The consequences of the indicated results in the case when $\sigma = \sigma^1 = \{\{2\}, \{3\}, \dots\}$ is the minimal partition of a set $\mathbb{P}$ are characterizations of local Fitting classes by means of formations and heredity properties.

Conclusion. New characterizations of generalized local Fitting classes by means of formations and heredity properties of group classes are found.

Key words: class of groups, Fitting class, σ -local Fitting class, hereditary Fitting class, formation.

Все исследования в работе проводятся в универсуме $\mathfrak{U}$ всех конечных групп. В терминологии и обозначениях мы следуем [1; 2]. В теории классов конечных групп известны следующие результаты Брайса и Косси [3]: локальная формация разрешимых групп является наследственной, классом Фиттинга в точности тогда, когда все значения ее канонической формационной функции наследственны, классы Фиттинга. Напомним, что класс групп $\mathfrak{F}$ называется классом Фиттинга, если $\mathfrak{F}$ замкнут относительно взятия нормальных подгрупп и произведений нормальных $\mathfrak{F}$ -подгрупп. Класс групп $\mathfrak{F}$ называется формацией, если $\mathfrak{F}$ замкнут относительно взятия факторгрупп и подпрямых произведений. Заметим, что классы Фиттинга являются объектами, дуальными формациям. В связи с этим весьма актуальна следующая гипотеза, двойственная результатам Брайса и Косси [3]: *локальный класс Фиттинга является наследственным, формацией тогда и только тогда, когда все значения его канонического локального задания наследственны, формации*. Подтверждение указанной гипотезы для обобщенно локальных (в частности, локальных) классов Фиттинга – основная цель настоящей работы.

Материал и методы. В исследовании используются методы теории групп и их классов. В частности, методы теории формаций и классов Фиттинга.

Предварительные сведения. Классом групп называют совокупность групп, которая наряду с каждой группой содержит ей изоморфную. Класс групп $\mathfrak{F}$ называется *формацией*, если $\mathfrak{F}$ замкнут относительно взятия факторгрупп и подпрямых произведений, и $\mathfrak{F}$ называют *классом Фиттинга*, если $\mathfrak{F}$ замкнут относительно взятия нормальных подгрупп и произведений нормальных $\mathfrak{F}$ -подгрупп. Если класс групп $\mathfrak{F}$ является одновременно классом Фиттинга и формацией, то $\mathfrak{F}$ называют *фиттинговой формацией*. Класс групп $\mathfrak{F}$ *наследственен*, если $\mathfrak{F}$ замкнут относительно взятия подгрупп, т.е. из условия $G \in \mathfrak{F}$ и $H \leq G$ следует, что $H \in \mathfrak{F}$.

Если $\mathfrak{F}$ – непустой класс Фиттинга, то в любой группе G существует наибольшая нормальная $\mathfrak{F}$ -подгруппа. Ее обозначают $G_{\mathfrak{F}}$ и – $\mathfrak{F}$ -радикалом G . Пусть $\mathfrak{F}$ и $\mathfrak{H}$ – классы Фиттинга. Тогда класс групп $\mathfrak{F} \circ \mathfrak{H} = \{G : G/G_{\mathfrak{F}} \in \mathfrak{H}\}$ – *произведение классов Фиттинга $\mathfrak{F}$ и $\mathfrak{H}$* . Хорошо известно, что произведение классов Фиттинга является классом Фиттинга и операция умножения классов Фиттинга ассоциативна (см. [1, теорема X.1.12]).

Для нахождения характеристик обобщенно локальных классов Фиттинга мы будем использовать σ -метод Скибы исследований групп и формаций, предложенный в [4], который был дуализирован в [2] и состоит в следующем. Пусть $\mathbb{P}$ – множество всех простых чисел, $\pi \subseteq \mathbb{P}$ и $\pi' = \mathbb{P} \setminus \pi$. Если n – натуральное число, то символами $\pi(n)$ обозначают множества всех простых делителей n и $\pi(G) = \pi(|G|)$ всех простых делителей порядка группы G . Пусть σ – некоторое разбиение множества $\mathbb{P}$, т.е. если $\sigma = \{\sigma_i : i \in I\}$, то $\mathbb{P} = \bigcup_{i \in I} \sigma_i$ и для всех $i \neq j$ пересечение $\sigma_i \cap \sigma_j = \emptyset$. Тогда символами $\sigma(n)$ обозначают множество $\{\sigma_i : \sigma_i \cap \pi(n) \neq \emptyset\}$ и $\sigma(G) = \sigma(|G|)$.

Пусть $\Pi \subseteq \sigma$. Символом $\mathfrak{E}_{\Pi}$ мы будем обозначать класс всех Π -групп, в частности, символами $\mathfrak{E}_{\sigma_i}$ и $\mathfrak{E}_{\sigma_i'}$ – классы всех σ_i -групп и σ_i' -групп соответственно.

Пусть $\emptyset \neq \sigma \subseteq \mathbb{P}$. Следуя [2], отображение

$$f: \sigma \rightarrow \{\text{классы Фиттинга}\}$$

назовем σ -функцией Хартли или просто H_{σ} -функцией f . Множество $\text{Supp}(f) = \{\sigma_i : f(\sigma_i) \neq \emptyset\}$ – носитель H_{σ} -функции f .

Пусть $\Pi = \text{Supp}(f)$ и класс

$$LR_{\sigma}(f) = \mathfrak{E}_{\Pi} \cap (\bigcap_{\sigma_i \in \Pi} f(\sigma_i) \mathfrak{E}_{\sigma_i} \mathfrak{E}_{\sigma_i'}).$$

Класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ называется σ -локальным, если $\mathfrak{F} = LR_{\sigma}(f)$ для некоторой H_{σ} -функции f .

Если $\sigma^1 = \{\{2\}, \{3\}, \dots\}$ – минимальное разбиение множества $\mathbb{P}$ и $\mathfrak{F} = LR_{\sigma^1}(f)$, то класс $\mathfrak{F}$ называют *локальным классом Фиттинга* и H_{σ^1} -функцию f будем называть H -функцией $\mathfrak{F}$.

Класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ называется *классом Локетта*, если $(G \times H)_{\mathfrak{F}} = G_{\mathfrak{F}} \times H_{\mathfrak{F}}$ для любых групп G и H .

Как установлено в [2], каждый σ -локальный класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ определяется H_{σ} -функцией f такой, что $F(\sigma_i) = F(\sigma_i) \mathfrak{E}_{\sigma_i'} \subseteq \mathfrak{F}$ и $F(\sigma_i)$ – классы Локетта для всех $i \in I$. Заметим, что $F(\sigma_i)$ – класс Локетта, т.е. $(G \times H)_{F(\sigma_i)} = G_{F(\sigma_i)} \times H_{F(\sigma_i)}$ для всех групп G и H . Функцию F называют *канонической H_{σ} -функцией* класса Фиттинга $\mathfrak{F}$.

Пусть G и H – группы. Тогда символом $G \wr H$ обозначают регулярное сплетение G с H , то есть $W = G \wr H = G^{\wr} \rtimes H$, где $G^{\wr}$ – база сплетения или базисная группа сплетения W . При этом группа $G^{\wr} = G \times G \times \dots \times G$, в которой $|H| = n$ сомножителей, где

$$G \times G \times \dots \times G = \{(g_{h_1}, g_{h_2}, \dots, g_{h_n}) : g_i \in G\}.$$

Если $K \leq G$, то символом $K^{\wr}$ обозначают базисную группу в сплетении $K \wr H$.

Мы будем использовать следующие известные свойства сплетений, которые приведем в качестве лемм.

Лемма 1.1 [5]. Пусть $\mathfrak{F}$ – класс Локетта. Если $G \notin \mathfrak{F}$, то $(G \wr H)_{\mathfrak{F}} = (G_{\mathfrak{F}})^{\wr}$ для любой группы H .

Лемма 1.2 [5]. Пусть $W = G \wr H$. Если $K \trianglelefteq G$ и $K^{\wr}$ – базисная группа $K \wr H$, то $K^{\wr} \trianglelefteq W$ и $W/K^{\wr} \cong (G/K) \wr H$.

Напомним, что класс групп называется Q -замкнутым (или гомоморфом), если каждый гомоморфный образ $\mathfrak{F}$ -групп является $\mathfrak{F}$ -группой.

Лемма 1.3 [5]. Каждый Q -замкнутый класс Фиттинга, наследственный класс Фиттинга являются классами Локетта.

Если σ -локальная H -функция f класса Фиттинга $\mathfrak{F}$ удовлетворяет условию $f(\sigma_i) \subseteq \mathfrak{F}$ для всех i , то f называется приведенной H_{σ} -функцией $\mathfrak{F}$.

Лемма 1.4 [2]. Пусть $\mathfrak{F}$ – σ -локальный класс Фиттинга. Тогда $\mathfrak{F}$ определяется единственной максимальной приведенной H -функцией F такой, что $F(\sigma_i)\mathfrak{F}_{\sigma_i} = F(\sigma_i) \subseteq \mathfrak{F}$ и $F(\sigma_i)$ является классом Локетта для любых $\sigma_i \in \Pi$.

Лемма 1.5 [5]. Пусть $\mathfrak{F}$ и $\mathfrak{H}$ – классы Фиттинга и $\mathfrak{F} \circ \mathfrak{H}$ – произведение классов Фиттинга $\mathfrak{F}$ и $\mathfrak{H}$. Если $\mathfrak{F}$ и $\mathfrak{H}$ являются наследственными и $\mathfrak{H}$ – гомоморф, то $\mathfrak{F} \circ \mathfrak{H} = \mathfrak{F}\mathfrak{H}$ – наследственный класс.

Напомним, что H_{σ} -функцию F класса Фиттинга $\mathfrak{F}$ называют канонической.

Лемма 1.6 [5]. Пусть $\mathfrak{F}$ – σ -локальный класс Фиттинга, который определяется канонической H_{σ} -функцией F , и $W = G \wr A$ – регулярное сплетение группы G с σ_i -группой A . Если $\sigma_i \in \Pi$ и $A \in F(\sigma_i)$, то $W \in \mathfrak{F}$.

Характеризация σ -локальных классов Фиттинга при помощи формаций. Следующая теорема характеризует σ -локальные классы Фиттинга при помощи формаций.

Теорема 2.1. σ -Локальный класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ – формация тогда и только тогда, когда каждое значение его канонической H_{σ} -функции F класса Фиттинга $\mathfrak{F}$ является формацией.

Доказательство. **Необходимость.** Предположим, что σ -локальный класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ является формацией. Тогда $\mathfrak{F}$ – класс Локетта по лемме 1.3. Следовательно, по лемме 1.4 все непустые значения канонической H_{σ} -функции F класса $\mathfrak{F}$ являются классами Локетта.

Докажем, что все значения функции F – формации, т.е. $F(\sigma_i)$ является формацией для всех $\sigma_i \in \Pi$.

Вначале покажем, что $F(\sigma_i)$ – гомоморф для каждого $\sigma_i \in \Pi$. Предположим, что $G \in F(\sigma_i)$ и $G/N \notin F(\sigma_i)$ для некоторой $N \trianglelefteq G$. Пусть $W = G \wr A$, где A – σ_i -группа. Тогда $W = K \rtimes A$, где K – базисная группа W . Поскольку $F(\sigma_i)$ – класс Фиттинга и $F(\sigma_i)\mathfrak{F}_{\sigma_i} = F(\sigma_i)$, очевидно $W \in F(\sigma_i) \subseteq \mathfrak{F}$ и поэтому $W \in \mathfrak{F}$. Пусть $W_1 = (G/N) \wr A$. Так как $\mathfrak{F}$ является формацией, по лемме 1.2 $W_1 \cong W/N^{\wr} \in \mathfrak{F}$, где $N^{\wr}$ – базисная группа сплетения $N \wr A$. Следовательно, $W_1 \in \cap_{\sigma_i \in \Pi} F(\sigma_i)\mathfrak{F}_{\sigma_i}$. Тогда $W_1/(W_1)_{F(\sigma_i)} \in \mathfrak{F}_{\sigma_i}$ для $\sigma_i \in \Pi$. С другой стороны, поскольку $G/N \notin F(\sigma_i)$ и $F(\sigma_i)$ является классом Локетта, по лемме 1.1

$$(W_1)_{F(\sigma_i)} = ((G/N)_{F(\sigma_i)})^{\wr}.$$

Теперь, используя лемму 1.2, мы получим

$$W_1/(W_1)_{F(\sigma_i)} \cong (G/N)/(G/N)_{F(\sigma_i)} \wr A.$$

Следовательно, $W_1/(W_1)_{F(\sigma_i)} \notin \mathfrak{F}_{\sigma_i}$. Это противоречие показывает, что $F(\sigma_i)$ – гомоморф для любых $\sigma_i \in \Pi$.

Докажем теперь, что $F(\sigma_i)$ является классом, замкнутым относительно подпрямых произведений для любых $\sigma_i \in \Pi$. Пусть $G/N_i \in F(\sigma_i)$, но $G/N_1 \cap N_2 \notin F(\sigma_i)$ для некоторой $N_i \trianglelefteq G$, где $i \in \{1, 2\}$. Без ограничения общности можно предположить, что $N_1 \cap N_2 = 1$. Пусть $W = G \wr A$, где

A – σ_i -группа, $W_i = (G/N_i) \wr A$ и $(G/N_i)^{\sharp}$ – базисная группа W_i . Тогда $W_i \cong (G/N_i)^{\sharp} \rtimes A$ и $W_i/(G/N_i)^{\sharp} \in \mathfrak{F}_{\sigma_i}$. Поскольку $G/N_i \in F(\sigma_i)$ и $F(\sigma_i)$ является классом Фиттинга,

$$W_i \in F(\sigma_i)\mathfrak{F}_{\sigma_i} = F(\sigma_i) \subseteq \mathfrak{F}.$$

Следовательно, $W_i \in \mathfrak{F}$.

По лемме 1.2

$$W_i = (G/N_i) \wr A \cong W/N_i^{\sharp} = (G \wr A)/N_i^{\sharp},$$

где $N_i^{\sharp}$ – базисная группа $N \wr A$. Следовательно, $W/N_i^{\sharp} \in \mathfrak{F}$. Поскольку $\mathfrak{F}$ – формация, $W/N_1^{\sharp} \cap N_2^{\sharp} = W \in \mathfrak{F}$. Отсюда следует, что $W \in F(\sigma_i)\mathfrak{F}_{\sigma_i'}$ и поэтому $W/W_{F(\sigma_i)} \in \mathfrak{F}_{\sigma_i'}$.

С другой стороны, $F(\sigma_i)$ является классом Локетта по лемме 1.4 и $G \notin A$, где A – σ_i -группа. По лемме 1.1 $W_{F(\sigma_i)} = (G_{F(\sigma_i)})^{\sharp}$. Следовательно,

$$W/(G_{F(\sigma_i)})^{\sharp} = W/W_{F(\sigma_i)} \cong (G/G_{F(\sigma_i)}) \wr A$$

по лемме 1.2 и поэтому $W/W_{F(\sigma_i)} \notin \mathfrak{F}_{\sigma_i'}$. Это противоречие показывает, что класс $F(\sigma_i)$ является классом, замкнутым относительно подпрямых произведений для любых $\sigma_i \in \Pi$. Следовательно, $F(\sigma_i)$ – формация для всех $\sigma_i \in \Pi$.

Д о с т а т о ч н о с т ь. Предположим, что все значения канонической функции F класса $\mathfrak{F}$ являются формациями. Поскольку $\mathfrak{F}$ – σ -локальный класс Фиттинга,

$$\mathfrak{F} = \mathfrak{F}_{\Pi} \cap (\cap_{\sigma_i \in \Pi} f(\sigma_i)\mathfrak{F}_{\sigma_i}\mathfrak{F}_{\sigma_i'}).$$

Очевидно, что классы $\mathfrak{F}_{\sigma_i'}$, $\mathfrak{F}_{\sigma_i}$ – формации Фиттинга и по условию $F(\sigma_i)$ являются формациями Фиттинга. Кроме того, пересечение формаций Фиттинга является формацией Фиттинга. Заметим также, что произведение формаций Фиттинга – формация Фиттинга. Следовательно, $\mathfrak{F}$ является формацией Фиттинга.

Теорема доказана.

В случае когда $\sigma = \sigma^1$ – минимальное разбиение множества $\mathbb{P}$, следствием теоремы является следующая характеристика локальных классов Фиттинга, полученная Го Вэньбином и С.Н. Воробьевым в [6].

Следствие 2.2. Локальный класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ является формацией тогда и только тогда, когда все значения его канонической функции Хартли F – формации.

Характеризация наследственных σ -локальных классов Фиттинга. Характеризацию σ -локальных классов Фиттинга при помощи свойства наследственности представляет

Теорема 3.1. σ -Локальный класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ является наследственным тогда и только тогда, когда каждое значение его канонической H_{σ} -функции F класса Фиттинга $\mathfrak{F}$ наследственно.

Д о к а з а т е л ь с т в о. Н е о б х о д и м о с т ь. Предположим, что класс $\mathfrak{F}$ является наследственным σ -локальным классом Фиттинга и F – каноническая H_{σ} -функция $\mathfrak{F}$. Покажем, что все значения F наследственны. Поскольку класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ является наследственным, то $\mathfrak{F}$ – класс Локетта по лемме 1.3. Следовательно, по лемме 1.4 $F(\sigma_i)$ является классом Локетта для всех $\sigma_i \in \sigma(\mathfrak{F}) = \Pi$.

Докажем, что $F(\sigma_i)$ – наследственный класс Фиттинга для всех $\sigma_i \in \Pi$. Предположим, что $F(\sigma_i)$ – ненаследственный класс для некоторого $\sigma_i \in \Pi$. Тогда найдется группа G и подгруппа H группы G такая, что $G \in F(\sigma_i)$, но $H \notin F(\sigma_i)$. Пусть $W = G \wr A$ – регулярное сплетение группы G с σ_i -группой A . Поскольку $G \in F(\sigma_i)$, $W \in \mathfrak{F}$ по лемме 1.4. Пусть $W_1 = H \wr A$. Так как $W_1 \leq W$ и класс $\mathfrak{F}$ является наследственным, $W_1 \in \mathfrak{F}$ и поэтому $W_1 \in F(\sigma_i)\mathfrak{F}_{\sigma_i'}$. Тогда $W_1/(W_1)_{F(\sigma_i)}$ является σ_i' -группой, т.е. $W/W_{F(\sigma_i)} \in \mathfrak{F}_{\sigma_i'}$. С другой стороны, поскольку $F(\sigma_i)$ – класс Локетта и $H \notin F(\sigma_i)$, по лемме 1.1

$$(W_1)_{F(\sigma_i)} = (H_{F(\sigma_i)})^{\sharp},$$

где $(H_{F(\sigma_i)})^{\sharp}$ – базисная группа $(H_{F(\sigma_i)})^{\sharp} \wr A$. Следовательно, по лемме 1.2

$$W_1/(W_1)_{F(\sigma_i)} \cong (H/H_{F(\sigma_i)}) \wr A$$

и поэтому $W/W_{F(\sigma_i)} \notin \mathfrak{F}_{\sigma_i'}$. Это противоречие показывает, что $F(\sigma_i)$ является наследственным для любых $\sigma_i \in \Pi$.

Д о с т а т о ч н о с т ь. Пусть каждое значение $F(\sigma_i)$ полной приведенной H_σ -функции F класса Фиттинга $\mathfrak{F}$ наследственно. Заметим, что

$$\mathfrak{F} = \mathfrak{F}_\Pi \cap (\cap_{\sigma_i \in \Pi} F(\sigma_i)\mathfrak{F}_{\sigma_i}).$$

Поскольку классы $\mathfrak{F}_\Pi$ и $\mathfrak{F}_{\sigma_i}$ наследственны, то пересечение наследственных классов является наследственным. По лемме 1.5 класс $F(\sigma_i)\mathfrak{F}_{\sigma_i}$ также наследственный. Следовательно, класс $\mathfrak{F}$ наследственен.

Теорема доказана.

В случае когда $\sigma = \{\{2\}, \{3\}, \dots\}$, получаем

Следствие 3.2. Локальный класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ является наследственным тогда и только тогда, когда все значения его канонической функции Хартли F класса Фиттинга $\mathfrak{F}$ наследственны.

Заключение. В работе найдены новые характеристики σ -локальных классов Фиттинга посредством формаций и свойства наследственности классов групп.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Doerk, K. Finite solvable groups / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin–New York: Walter de Gruyter, 1992. – P. 891.
2. Vorob'ev, N.T. On σ -local Fitting classes / N.T. Vorob'ev, W. Guo, Zh. Li // J. Algebra. – 2020. – Vol. 542. – P. 116–129.
3. Bryce, R.A. Fitting formations of finite solvable groups / R.A. Bryce, J. Cossey // Math. Z. – 1972. – Bd. 127. – S. 217–223.
4. Skiba, A.N. On σ -subnormal and σ -permutable subgroups of finite groups / A.N. Skiba // J. Algebra. – 2015. – Vol. 436. – P. 1–16.
5. Vorob'ev, N.T. On the dual theory of a result of Bryce and Cossey / N.T. Vorob'ev, N. Yang, B. Li // J. Algebra. – 2019. – Vol. 522. – P. 127–128.
6. Guo, W. Formations defined by Doerk–Hawkes operation / W. Guo, S.N. Vorob'ev // J. Algebra and its Applications. – 2018. – Vol. 17, № 12. – P. 1–9.

R E F E R E N C E S

1. Doerk, K. Finite solvable groups / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin–New York: Walter de Gruyter, 1992. – P. 891.
2. Vorob'ev, N.T. On σ -local Fitting classes / N.T. Vorob'ev, W. Guo, Zh. Li // J. Algebra. – 2020. – Vol. 542. – P. 116–129.
3. Bryce, R.A. Fitting formations of finite solvable groups / R.A. Bryce, J. Cossey // Math. Z. – 1972. – Bd. 127. – S. 217–223.
4. Skiba, A.N. On σ -subnormal and σ -permutable subgroups of finite groups / A.N. Skiba // J. Algebra. – 2015. – Vol. 436. – P. 1–16.
5. Vorob'ev, N.T. On the dual theory of a result of Bryce and Cossey / N.T. Vorob'ev, N. Yang, B. Li // J. Algebra. – 2019. – Vol. 522. – P. 127–128.
6. Guo, W. Formations defined by Doerk–Hawkes operation / W. Guo, S.N. Vorob'ev // J. Algebra and its Applications. – 2018. – Vol. 17, № 12. – P. 1–9.

Поступила в редакцию 14.04.2022

Адрес для корреспонденции: e-mail: ntvorobyov@mail.ru – Воробьев Н.Т.



UDC 632.752.3(476)

AN ASSESSMENT OF LEAF DAMAGE CAUSED BY MINING FLIES (DIPTERA: AGROMYZIDAE) IN GREEN AREAS

M.V. Lazarenko, S.V. Buga
Belarusian State University

Urban vegetation perform a lot of functions: they improve the micro-climate, reduce air pollution caused by industry and traffic, absorb carbon dioxide and reduce bacterial and pollen pollution; they also perform aesthetic functions. Thus, trees and shrubs in green areas are often damaged by a wide range of arthropod phytophagous species. This influences aesthetic value of a plant.

The aim of the study was to review the species of Agromyzidae that cause damage to decorative trees and shrubs and to determine the pestfulness for their host plants in green areas of Vitebsk.

Material and methods. The study was conducted during 2017–2020 in Vitebsk. The samples of damaged leaves were collected, scanned, and data were analyzed using statistical methods.

Findings and their discussion. The mines of larvae of 7 species are upper surface, 1 species is lower surface, the mines of 2 species have been registered on both sides. 8 species usually create a single mine per leaf, 2 species often create several mines per leaf; 2 can create communal mines. *Aulagromyza cornigera* (Griffiths, 1973) belongs to the spring/summer phenological group of phyllobionts. The rest species belong to the summer/autumn group.

The area of a single Agromyzid mine ranged from 0.005 cm² to 5.42 cm². In 2017 and 2018 the areas of *Populus nigra* L. leaf laminae had statistically significant differences ($P < 0.05$), but the differences in the areas of individual mines of *Aulagromyza populi* (Kaltenbach, 1864) were not found to be statistically significant ($P > 0.05$).

Conclusion. The preliminary list of Agromyzidae that damage decorative woody plants in the green areas of Vitebsk city includes 10 species.

On the basis of the analysis of the *P. nigra* leaf laminae the absence of interannual differences in the areas of individual mines was determined while there were statistically significant differences between the areas of *P. nigra* leaf laminae.

Key words: leaf miners, pests, decorative woody plants, area of mines.

ОЦЕНКА ПОВРЕЖДЕННОСТИ ЛИСТЬЕВ МИНИРУЮЩИМИ МУХАМИ В ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

М.В. Лазаренко, С.В. Буга
Белорусский государственный университет

Городские зеленые насаждения выполняют множество функций, в том числе улучшают микроклимат, уменьшают загрязнение воздуха, вызванное промышленностью и транспортом, поглощают углекислый газ и уменьшают бактериальное и пыльцевое загрязнение, а также выполняют важные эстетические функции. Поэтому деревья и кустарники в зеленых насаждениях часто повреждаются широким спектром видов членистоногих-фитофагов. Все эти аспекты в той или иной степени влияют на эстетическую ценность растения.

Целью исследования было выяснение круга Agromyzidae, наносящих вред декоративным деревьям и кустарникам, и определение вредоносности их для растений-хозяев в зеленых насаждениях Витебска.

Материал и методы. Исследование проводилось в 2017–2020 гг. в Витебске. Образцы поврежденных листьев были собраны, отсканированы, данные проанализированы с использованием статистических методов.

Результаты и их обсуждение. Мины личинок 7 видов – поверхностные, 1 вида – нижнесторонние, 2 видов – двусторонние. Для 8 видов обычно размещение одной мины на лист, у 2 видов часто регистрируется несколько мин на лист; личинки 2-х видов могут создавать коллективные мины. *Aulagromyza cornigera* (Griffiths, 1973) принадлежит к весенне-летней фенологической группе филлобионтов; остальные виды относятся к летне-осенней группе.

Площадь единичной мины агромизид составляла от 0.005 см² до 5.42 см². В 2017 и 2018 годах площади листовых пластинок *Populus nigra* L. имели статистически значимые различия ($P < 0.05$), но различия в площадях отдельных мин *Aulagromyza populi* (Kaltenbach, 1864) не были статистически значимыми ($P > 0.05$).

Заключение. Предварительный список Agromizidae, повреждающих декоративные древесные растения в зеленых насаждениях г. Витебска, включает 10 видов.

На основе анализа изображений коллектированных листовых пластинок *P. nigra* установлено отсутствие межгодовых различий в площадях отдельных мин, тогда как между площадью листовых пластинок *P. nigra* выявлены статистически значимые различия.

Ключевые слова: минеры, вредители, декоративные древесные растения, листовые минеры.

Urban green spaces carrying out multiple functions, including improving microclimate (reducing wind and noise, optimizing temperature conditions), lessening air pollution caused by industry and transport, absorbing carbon dioxide and decreasing bacterial and pollen pollution, as well as performing important aesthetic functions. The diverse pressures of anthropogenic factors on plants lead to reducing their resistance towards pests and pathogens. Therefore, trees and shrubs in green spaces often are damaged by wide range of phytophagous arthropod species. All these aspects affect plant's aesthetic value in varying degrees. Accordingly, monitoring of herbivorous insect pests in urban conditions is an important aspect in pest management strategies, allowing to predict future pest population levels and harm that could potentially be caused.

Mining flies (Diptera: Agromyzidae) are a diverse family of at least 2900 recent species in the world fauna [1]. The majority of species in larval state develop inside leaf tissues (some species damage other parts of plants like stems, flower buds, fruits, etc.), producing so called mines. Damage caused by leaf miners leads to a reduction in the assimilation surface area, deformation and necrosis of leaves, also can cause premature defoliation, decreasing decorative plant's aesthetic value and declining productivity of agricultural crops. Adult Agromyzidae may serve as vectors of viral, bacterial and other diseases of cultivated plants (infection occurs when females pierce leaf tissues with the ovipositor) [2]. Many agromyzids are considered as important economic pests [3].

The larvae of most Agromyzid species are host-specific, usually creating serpentine or blotch-like mines, which are characterized by double lines of frass (unlike Lepidopterous and Hymenopterous leaf miners). The specific characteristics of mine (size, color, location on the leaf blade and other features) are widely used for species identification [3].

Material and methods. Studies were conducted during vegetation periods of 2017–2020 in various parts of the city of Vitebsk. Leaves from decorative woody plants (deciduous trees and shrubs) with mining injuries were randomly collected from different green spaces within the city. After processing the specimens using common methods of herbarization [4], species identification was performed based on the identification keys and tables [5–7].

Digital images of leaf laminae (leaf blades) with mines were obtained by scanning herbarium specimens using flatbed scanner Epson Perfection 4180 Photo, resolution – 300 dpi. Image processing was carried out using ImageJ image editing software [8], the subsequent analysis of quantitative data – using freely accessible statistical analysis software PAST 4.05 [9]. The standard error (SE) was taken as a confidence interval for the arithmetic mean ($\bar{X}$). To determine the statistical significance of the observed differences, the non-parametric Mann–Whitney U-test and Kolmogorov–Smirnov tests were used [9].

Findings and their discussion. In green areas of Vitebsk 10 species of Agromyzidae that cause damage to decorative trees and shrubs from 8 genera were recorded. Information on species composition and character of leaf damage is contained in annotated list.

***Betula* L.**

Agromyza alnibetulae Hendel, 1931 damages silver birch (*Betula pendula* Roth) and downy birch (*Betula pubescens* (Ehrh.)), two native birch species in Belarus.

The species is considered a forest pest [10]. Larvae develop in mines on the upper side of leaves. The mines are light green, sometimes significantly widening at the end, serpentine, extending over the

entire upper surface up to 12 cm long [6]; contain a double row of black frass. The leaf blades, especially in young leaves, is often become deformed (swollen). Pupation takes place on the ground. The species occurs widely in Europe: from Norway to Italy, and from Ireland to Romania [5].

In the sample of damaged leaves collected in 2017, the cumulative area of mines on leaf laminae varied in the range from 0.27 cm² to 3.16 cm², ($\bar{X} = 1.75 \pm 0.24$ cm²), while the relative area of the damaged leaf surface varied in the range from 1.86% to 32.34%, ($\bar{X} = 14.31 \pm 2.88\%$).

***Caragana* L.**

Siberian peashrub (*Caragana arborescens* Lam.) and Russian peashrub (*Caragana frutex* (L.) K. Koch) are widely used in landscaping in Belarus, particularly the first species.

According to our previous data [11], larvae of at least 3 species of Agromizidae can develop on pea shrubs in Belarus: *Aulagromyza caraganae* Rohdendorf-Holmanová (1959), *Amauromyza obscura* (Rohdendorf-Holmanová, 1959), and *Liriomyza congesta* (Becker, 1903). The last species is polyphagous, rather rare on *Caragana* spp., was not recorded for Vitebsk.

In Belarus *A. caraganae* is the most abundant pest of Siberian peashrub. *A. caraganae* is monophagous on plants of the genus *Caragana* L. The mines of the larvae can be located on both sides of a leaf (mainly on the lower side). The mine begins with a short, relatively broad corridor that quickly turns into a blotch. The mines are whitish; frass in dark discrete grains, located randomly. Pupation usually takes place in the mine.

The species is widespread in Europe, including the countries bordering Belarus – Poland and Lithuania [5].

The samples of *C. arborescens* leaves with mines were collected during vegetation period of 2020. There may be one or several mines per compound leaf (up to 6 mines, according to our observations). The percentage of upper-surface mines in the sample was 9.76%. The area of individual mines on a leaf varied in the range from 0.005 cm² to 0.633 cm². The average area of individual mines was: for upper-surface mines – 0.14 ± 0.05 cm², lower surface mines – 0.29 ± 0.03 cm². The total area of mines on the compound leaves varied from 0.042 cm² to 1.073 cm².

The value of the relative area of the damaged leaf surface varied in the range from 0.38% to 8.30%, with an average value of $2.75 \pm 0.31\%$. The data on damage indicate a relatively low level of harmfulness of this invasive phytophagous species.

A. obscura (Rohdendorf-Holmanová, 1959) is a locally abundant pest of Russian peashrub (*C. frutex*). The species is monophagous on *Caragana* spp. In Vitebsk it was recorded only on *C. frutex*. The larvae form blotch-like whitish mines on the upper side of the leaves, frass in black grains. There may be several mines per leaf. Pupation occurs outside the mine.

In the sample of *C. frutex* leaf laminae collected in 2020 the area of individual mines on a leaf varied from 0.01 cm² to 0.54 cm². The average area of individual mines was 0.21 ± 0.02 cm². The total area of mines on a compound leaf blade varied from 0.06 cm² to 1.12 cm². The values of the relative area of the damaged leaf surface were in the range from 0.41% to 11.00%; according to the data in Table 1, the average value was $3.44 \pm 0.39\%$.

Table 1

The parameters characterizing damage caused to leaf laminae of Siberian peashrub (*Caragana arborescens* Lam., 1785) and Russian peashrub (*Caragana frutex* (L.) K. Koch) by larvae of miner flies *Aulagromyza caraganae* Rohdendorf-Holmanová (1959) and *Amauromyza obscura* (Rohdendorf-Holmanová, 1959) in urban green spaces of the city of Vitebsk

Mines (of)	The area of individual mines, cm ²		The total area of leaf mines, cm ²	The relative area of the damaged leaf surface, %
	upper-surface mines	lower surface mines		
<i>A. caraganae</i> Rohdendorf-Holmanová (1959) on <i>C. arborescens</i> Lam., 1785	0.14 ± 0.05	0.29 ± 0.03	0.39 ± 0.23	2.75 ± 0.31
<i>A. obscura</i> (Rohdendorf-Holmanová, 1959) on <i>C. frutex</i> (L.) K. Koch.	0.21 ± 0.02	–	0.29 ± 0.03	3.44 ± 0.39

Cornus L.

Siberian dogwood (*Cornus alba* L.) and bloodtwig dogwood (*Cornus sanguinea* (L.) Opiz) are widely represented in urban green spaces. *C. sanguinea* is a single native species of the genus *Cornus* L. in the flora of Belarus, and is planted in green areas less frequently than the other one.

Phytomyza agromyzina Meigen, 1830 is a widely distributed in Belarus species of mining flies. The species known as narrow oligophagous, larvae damage dogwoods.

The larvae feed in long, unbranched, serpentine galleries on the upper side of dogwood leaves. The mines contain a broad row of brown frass. Pupation occurs usually externally. On a leaf blade (especially small-sized) several *Ph. agromyzina* mines often merge and create a communal (joint) mine with indistinguishable boundaries.

The obtained data (Table 2) show that the total area of *Ph. agromyzina* leaf mines on the leaf laminae of *C. alba* and *C. sanguinea* varied in the range from 0.23 cm² to 3.67 cm².

Table 2

The area of leaf laminae and the parameters characterizing damage caused to leaf laminae of Siberian dogwood (*Cornus alba* L.) and bloodtwig dogwood (*Cornus sanguinea* (L.) Opiz) by larvae of miner fly *Phytomyza agromyzina* Meigen, 1830 in urban green spaces of the city of Vitebsk

Plant	Year	The area of leaf laminae, cm ²	The area of individual mines, cm ²	The total area of leaf mines, cm ²	The relative area of the damaged leaf surface, %
<i>Cornus alba</i> L.	2017	16.99 ± 1.99	1.80 ± 0.09	1.87 ± 0.11	16.98 ± 2.04
	2018	17.41 ± 2.54	1.73 ± 0.13	2.02 ± 0.18	18.12 ± 4.82
	2020	20.38 ± 2.78	1.68 ± 0.12	1.68 ± 0.12	10.07 ± 1.54
<i>Cornus sanguinea</i> L.	2017	24.12 ± 3.31	1.41 ± 0.13	1.41 ± 0.13	7.39 ± 2.03

The differences in the area of individual mines and the total area of *Ph. agromyzina* mines on leaf laminae of *C. alba* and *C. sanguinea* was not statistically significant ($P > 0.05$, Mann–Whitney U-test and Kolmogorov–Smirnov test). But due to the significant differences in the values of the area of *C. alba* and *C. sanguinea* leaf laminae ($P = 0.037$, Mann–Whitney U-test; $P = 0.021$, Kolmogorov–Smirnov test), the differences in the relative area of their damaged leaf surface were also statistically significant ($P = 0.021$, Mann–Whitney U-test; $P = 0.015$, Kolmogorov–Smirnov test).

***Lonicera* L. and *Symphoricarpos* Duhamel**

In Belarus, 2 species of plants from the family Caprifoliaceae Juss. are widely used in green areas: Tatarian honeysuckle (*Lonicera tatarica* L.) and common snowberry (*Symphoricarpos albus* (L.) S.F. Blake). The third species, fly honeysuckle (*Lonicera xylosteum* L.), is common in parks which are former forests, and also in recreational forests.

Two species of mining flies were recorded in Vitebsk during growing seasons of 2017 and 2018: *Aulagromyza cornigera* (Griffiths, 1973) and *Aulagromyza luteoscutellata* (de Meijere, 1924).

A. cornigera larvae occur in spring (April – May) with one generation annually. The larvae form upper-surface, gradually widening gallery that runs along the leaf margin. Pupation takes place externally. There may be several mines per leaf (in the processed samples – 1–4, but most often only a single mine).

In the sample of *L. tatarica* leaf blades collected in 2017 the area of individual mines of *A. cornigera* on a leaf varied from 0.21 cm² to 1.18 cm². The average area of individual mines was 0.54 ± 0.03 cm². The total area of mines on the leaf blades varied from 0.21 cm² to 1.40 cm². The values of the relative area of the

damaged leaf surface were in the range from 0.68% to 17.17%; according to the data in Table 3, the average value was $4.5 \pm 0.01\%$.

In the sample of *L. tatarica* leaf laminae collected in 2018 the area of individual mines (in the present case, coinciding with the total area of mines on the leaf) of *A. cornigera* on a leaf varied from 0.34 cm² to 0.90 cm². The average area of individual mines (and their total area) was 0.54 ± 0.05 cm². The values of the relative area of the damaged leaf surface were in the range from 1.30% to 11.22%; according to the data in Table 3, the average value was $3.36 \pm 0.81\%$.

Mann–Whitney U-test showed no statistically significant differences ($P > 0.05$) in *L. tatarica* leaf laminae area, in the area of *A. cornigera* individual mines, in the total area of leaf mines and in the relative area of the damaged leaf surface between the samples collected in 2017 and 2018.

In the sample of fly honeysuckle (*L. xylosteum*) leaf blades collected in 2017 the area of individual mines (in the present case, coinciding with the total area of mines on the leaf) of *A. cornigera* on a leaf varied from 0.24 cm² to 0.84 cm². The average area of individual mines (and their total area) was 0.69 ± 0.11 cm². The values of the relative area of the damaged leaf surface were in the range from 1.64% to 27.90%; according to the data in the table 3, the average value was $11.70 \pm 4.56\%$.

In the sample of fly honeysuckle (*L. xylosteum*) leaf blades collected in 2018 the area of individual mines of *A. cornigera* on a leaf varied from 0.02 cm² to 1.83 cm². The average area of individual mines was 0.60 ± 0.11 cm². The total area of mines on a leaf blade varied from 0.11 cm² to 3.63 cm². The values of the relative area of the damaged leaf surface were in the range from 1.29% to 24.99%; according to the data in Table 3, the average value was $7.33 \pm 1.87\%$.

In the sample of common snowberry (*S. albus*) leaf blades collected in 2017–2018 the area of individual mines (in the present case, coinciding with the total area of mines on the leaf) of *A. cornigera* on a leaf varied from 0.19 cm² to 0.63 cm². The average area of individual mines (and their total area) was 0.42 ± 0.06 cm². The values of the index of the relative area of the damaged leaf surface were in the range from 2.49% to 15.96%; according to the data in Table 3, the average value was $9.03 \pm 2.06\%$.

Table 3

The parameters characterizing damage caused to leaf laminae of *Lonicera tatarica* L., *Lonicera xylosteum* L. and *Symphoricarpos albus* (L.) S.F. Blake by larvae of miner fly *Aulagromyza cornigera* (Griffiths, 1973) in urban green spaces of the city of Vitebsk

Plant	Year	The area of leaf laminae, cm ²	The area of individual mines, cm ²	The total area of leaf mines, cm ²	The relative area of the damaged leaf surface, %
<i>Lonicera tatarica</i> L.	2017	19.49 ± 1.91	0.54 ± 0.03	0.59 ± 0.04	4.5 ± 0.01
	2018	21.02 ± 2.45	0.54 ± 0.05	0.54 ± 0.05	3.36 ± 0.81
<i>Lonicera xylosteum</i> L.	2017	9.25 ± 2.32	0.69 ± 0.11	0.69 ± 0.11	11.70 ± 4.56
	2018	12.39 ± 1.00	0.60 ± 0.11	0.95 ± 0.27	7.33 ± 1.87
<i>Symphoricarpos albus</i> (L.) S.F. Blake	2017–2018	5.75 ± 0.98	0.42 ± 0.06	0.42 ± 0.06	9.03 ± 2.06

A. luteoscutellata (de Meijere, 1924) mines are formed on the upper surface of leaves, not associated with the leaf margin. Frass in a broad green central line with black grains. Pupation occurs outside the larval mine.

In the sample of Tatarian honeysuckle (*L. tatarica*) leaf blades collected in 2017 the area of individual mines on a leaf varied from 0.09 cm² to 1.33 cm². The average area of individual mines was 0.45 ± 0.03 cm². The total area of mines on a leaf blade varied from 0.10 cm² to 1.33 cm². The values of the relative area of the damaged leaf surface were in the range from 0.67% to 5.39%; according to the data in Table 4, the average value was $2.410 \pm 0.002\%$.

Table 4

The parameters characterizing damage caused to leaf laminae of *Lonicera tatarica* L. and *Lonicera xylosteum* L. by larvae of miner fly *Aulagromyza luteoscutellata* (de Meijere, 1924) in urban green spaces of the city of Vitebsk

Plant	Year	The area of leaf laminae, cm ²	The area of individual mines, cm ²	The total area of leaf mines, cm ²	The relative area of the damaged leaf surface, %
<i>Lonicera tatarica</i> L.	2017	23.73 ± 1.75	0.45 ± 0.03	0.52 ± 0.04	2.41 ± 0.002
	2018	23.65 ± 2.87	0.54 ± 0.03	0.61 ± 0.06	4.13 ± 1.46
<i>Lonicera xylosteum</i> L.	2017	11.28 ± 2.54	0.60 ± 0.18	0.60 ± 0.18	7.43 ± 3.17
	2018	14.08 ± 2.10	0.93 ± 0.15	1.61 ± 0.29	14.24 ± 2.38

In the sample of Tatarian honeysuckle (*L. tatarica*) leaf blades collected in 2018 the area of individual mines of *A. luteoscutellata* on a leaf varied from 0.33 cm² to 0.76 cm². The average area of individual mines was 0.54 ± 0.03 cm². The total area of mines on a leaf blade varied from 0.33 cm² to 1.20 cm². The values of the relative area of the damaged leaf surface were in the range from 1.18% to 24.01%; according to the data in Table 4, the average value was 4.13 ± 1.46%.

The area of *A. luteoscutellata* individual mines on *L. tatarica* leaf laminae in 2017 and 2018 showed statistically significant difference ($P=0.028$, Mann–Whitney U-test; $P=0.023$, Kolmogorov–Smirnov test. But the differences between 2017 and 2018 for other considered parameters were not statistically significant ($P>0.05$).

In the sample of fly honeysuckle (*L. xylosteum*) leaf blades collected in 2017 the area of individual mines (in the present case, coinciding with the total area of mines on the leaf) of *A. cornigera* on a leaf varied from 0.15 cm² to 0.89 cm². The average area of individual mines (and their total area) was 0.60 ± 0.18 cm². The values of the relative area of the damaged leaf surface were in the range from 0.94% to 13.10%; according to the data in Table 4, the average value was 7.43 ± 3.17%.

In the sample of fly honeysuckle (*L. xylosteum*) leaf blades collected in 2018 the area of individual mines varied from 0.04 cm² to 3.25 cm². The average area of individual mines was 0.93 ± 0.15 cm². The total area of mines on a leaf blade varied from 0.58 cm² to 4.01 cm². The values of the relative area of the damaged leaf surface were in the range from 4.10% to 37.48 %; according to the data in Table 4, the average value was 14.24 ± 2.38%.

Despite the fact that in 2017 the difference in area of individual leaf laminae of *L. tatarica* and *L. xylosteum* were statistically significant ($P=0.022$, Mann–Whitney U-test; $P=0.036$, Kolmogorov–Smirnov test), the differences in relative areas of the damaged leaf surface, as well as the values of other considered parameters were not statistically significant ($P>0.05$).

***Populus* L.**

Common aspen (*Populus tremula* L.) and black poplar (*Populus nigra* L.) are among the most common deciduous tree species in Belarus. Two species of Agromyzidae, *Aulagromyza populi* (Kaltenbach, 1864) and *Aulagromyza tremulae* (Hering, 1955), were recorded for Vitebsk during our investigation.

The larvae of *A. tremulae* form yellowish irregular gallery always on the lower side of the leaves. Fully grown larvae pupate externally on the ground. Mines with dark discrete patches of frass. The larva leaving behind a characteristic unusual semi-circular exit hole in lower epidermis. The species is narrow oligophagous, larvae feed on *Populus* spp.

In the sample of *P. tremula* leaf laminae collected in 2018, we observed only a single mine of *A. tremulae* per leaf. The area of individual mines (in the present case, coinciding with the total area of mines) on a leaf varied from 0.23 cm² to 2.20 cm². The average area of individual mines (and their total

area) was $1.26 \pm 0.14 \text{ cm}^2$. The values of the relative area of the damaged leaf surface were in the range from 0.76% to 25.66%, the average value was $10.94 \pm 2.02\%$.

In the collected samples of *P. tremula* (2018), only a few specimens of *A. populi* were found, the sample size was insufficient for analysis.

A. populi is a narrow oligophagous species, larvae feed on *Populus* spp. The mines are yellowish-white, irregular, linear with frass scattered on both sides of the corridor; usually (but not always) begin on the upper surface of leaves. Pupation takes place in the mine, that allows to distinguish this species from *A. tremulae*. There were a single mine per leaf blade in the processed samples.

In the processed sample of *P. nigra* leaves, collected in 2017, only *A. populi* was found. There were 1–2 mines on leaf blades (usually one per leaf). The area of upper-surface individual mines varied in the range of 0.07 cm^2 to 1.42 cm^2 ; and for lower surface mines – varied in the range of 0.18 cm^2 до 2.81 cm^2 . The total area of upper-surface individual leaf mines was $0.51 \pm 0.07 \text{ cm}^2$; the total area of lower surface individual leaf mines was $0.60 \pm 0.09 \text{ cm}^2$. The total area of leaf mines was between 0.18 cm^2 and 2.81 cm^2 . The values of the relative area of the damaged leaf surface were in the range from 0.74 % to 25.30%, according to the data in Table 5, the average value was $4.12 \pm 0.69\%$.

Table 5

The parameters characterizing damage caused to leaf laminae of black poplar (*Populus nigra* L.) by larvae of miner fly *Aulagromyza populi* (Kaltenbach, 1864) in urban green spaces of the city of Vitebsk

Year	The area of leaf laminae, cm^2	The area of individual mines, cm^2		The total area of leaf mines, cm^2	The relative area of the damaged leaf surface, %
		upper-surface mines	lower surface mines		
2017	27.80 ± 1.90	0.51 ± 0.07	0.60 ± 0.09	0.95 ± 0.1	4.12 ± 0.69
2018	18.49 ± 1.76	1.03 ± 0.28	0.74 ± 0.09	1.35 ± 0.23	11.20 ± 2.58

In the processed sample of *P. nigra* leaves, collected in 2018, only *A. populi* was found. There were 1–2 mines on leaf blades (usually a single per leaf). The area of upper-surface individual mines varied in the range of 0.29 cm^2 to 5.42 cm^2 ; and for lower surface mines – varied in the range of 0.09 cm^2 to 2.16 cm^2 . The total area of upper-surface individual leaf mines was $1.03 \pm 0.28 \text{ cm}^2$; the total area of lower surface individual leaf mines was $0.74 \pm 0.09 \text{ cm}^2$. The total area of leaf mines was between 0.35 cm^2 and 7.09 cm^2 . The values of the index of the relative area of the damaged leaf surface were in the range from 1.17% to 59. 85%, according to the data in Table 5, the average value was $11.20 \pm 2.58\%$.

The differences in area between upper- and lower-surface mines was not found to be statistically significant ($P > 0.05$) in 2017 and 2018, and in general during this period. Meanwhile, in 2017 and 2018 the difference in area of individual upper-surface mines was statistically significant ($P = 0.006$, Mann–Whitney U-test; $P = 0.045$, Kolmogorov–Smirnov test).

The statistically significant differences in area of individual leaf laminae in 2017 and 2018 were also found ($P = 0.002$, Mann–Whitney U-test; $P = 0.018$, Kolmogorov–Smirnov test), that determined meaningful differences in relative area of the damaged leaf surface.

***Spiraea* L.**

Most of *Spiraea* species in urban plantings are cultivars of Japanese spirea (*Spiraea japonica* L.f.). This species distinguished by the greatest variety of forms and high esthetic value [12].

Agromyza spiraeoidearum Hering, 1954 is the oligophagous species, larvae feed on *Aruncus* L. and *Spiraea* L. [5]. The mines occur on the upper side of the leaves, they relatively broad, gradually widening

into expansive blotch. Frass in granules, progressively increasing in size. Pupation occurs externally. Individuals of *A. spiraeoidearum* overwinter as pupae within puparia. After fusion of several mines, the final mine is often communal (joint mine).

In the sample of *S. japonica* leaf blades collected in 2017–2018 the area of individual mines (coinciding with the total area of mines) of *A. spiraeoidearum* on a leaf varied from 0.08 cm² to 2.15 cm². The average area of individual mines (and the total area) was 1.32 ± 0.15 cm². The values of the index of the relative area of the damaged leaf surface were in the range from 0.63% to 77.08%; the average value was $23.70 \pm 4.47\%$.

***Sambucus* L.**

Larvae of *Liriomyza amoena* (Meigen, 1830) damage elders (*Sambucus* L.), but the size of the sample was insufficient for further quantitative analysis. The mine starts as a narrow gallery, then widens into a substantial blotch, usually with conspicuous feeding lines. Pupation takes place externally. The species is monophagous on *Sambucus* [5].

Conclusion. In 2017–2020 10 species of mining flies (Insecta: Diptera: Agromyzidae) have been registered in green areas of Vitebsk (Belarus) as pests of decorative trees and shrubs. Among them *Agromyza alnibetulae* Hendel, 1931 on *Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* (Ehrh.); *Aulagromyza caraganae* Rohdendorf-Holmanová (1959) and *Amauromyza obscura* (Rohdendorf-Holmanová, 1959) on *Caragana* spp.; *Phytomyza agromyzina* Meigen, 1830 on *Cornus alba* L. and *Cornus sanguinea* (L.); *Aulagromyza cornigera* (Griffiths, 1973) and *Aulagromyza luteoscutellata* (de Meijere, 1924) on *Lonicera tatarica* L., *Symphoricarpos albus* (L.) S.F. Blake and *Lonicera xylosteum* L.; *Aulagromyza populi* (Kaltenbach, 1864) and *Aulagromyza tremulae* on *Populus tremula* L. and *Populus nigra* L.; *Agromyza spiraeoidearum* Hering, 1954 on *Spiraea japonica* L.f. and *Liriomyza amoena* (Meigen, 1830) on *Sambucus* L.

Mines of larvae of *A. alnibetulae*, *A. obscura*, *Ph. agromyzina*, *A. cornigera*, *A. luteoscutellata*, *A. spiraeoidearum*, and *L. amoena* are upper-surface, larvae of *A. tremulae* are lower surface, mines of larvae of *A. caraganae* and *A. populi* have been registered on both sides of leaf blades. For the majority of mining fly species a single mine per leaf is a characteristic feature, but larvae of *Ph. agromyzina* and *A. spiraeoidearum* can create communal mines, two species, *A. obscura* and *A. caraganae*, often create several mines on a leaf.

A. cornigera belongs to the spring/summer phenological group of phyllobionts. The larvae of the rest Agromyzidae damage woody plants mainly in summer/autumn period.

Estimated square of a single Agromyzid mine ranged from 0.005 cm² to 5.42 cm². In 2017 and 2018 the squares of *P. nigra* leaf blades had statistically significant differences ($P=0.002$, Mann–Whitney U-test; $P=0.018$; Kolmogorov–Smirnov test), but the differences in the areas of individual mines of *A. populi* were not found to be statistically significant ($P>0.05$).

On the basis of the analysis of the *P. nigra* leaf laminae the absence of interannual differences in the areas of individual mines was determined while there were statistically significant differences between the squares of *P. nigra* leaf laminae.

REFERENCES

1. Ortiz, R.G. Biosystematic contributions to Agromyzidae (Diptera). Tesis Doctoral / R.G. Ortiz. – University of Valencia, 2009. – 444 p.
2. Civelek, H.S. An investigations on the role of leaf miners (Diptera: Agromyzidae) on transmission of plant diseases / H.S. Civelek, F. Önder // Turkish Journal of Entomology. – 1997. – Vol. 21, n. 3. – P. 233–241.
3. Spencer, K.A. Agromyzidae (Diptera) of Economic Importance / K.A. Spencer. – The Hague: Springer Netherlands, 1973. – 418 p.
4. Bridson, D. Herbarium Handbook / D. Bridson, L. Forman. – Kew: Royal Botanic Gardens, 2010. – 346 p.
5. Leafminers and plant galls of Europe [Electronic resource] / W.N. Ellis. – Nijmegen, 2021. – Mode of access: <http://www.bladmineerders.nl>. – Date of access: 05.09.2021.
6. British Leafminers [Electronic resource] / R. Edmunds [et al.]. – London, 2003. – Mode of access: <http://www.leafmines.co.uk>. – Date of access: 05.05.2021.
7. Beiger, M. Owady minujące Polski / M. Beiger. – Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe, 2004. – 894 pp.
8. Sautkin, V.F. Ispol'zovanie programmnykh sredstv analiza tsifrovyykh izobrazhenii dlya opredeleniya razmernyykh kharakteristik biologicheskikh ob'ektov [The use of digital image analysis software for determining the dimensional characteristics of biological objects] / V.F. Sautkin. – Minsk: Belarusian state university, 2013. – 28 p. (In Russian)
9. PAST 4 manual [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.nhm.uio.no/english/research/infrastructure/past/downloads/past4manual.pdf>. – Date of access: 05.09.2021.

10. Sem. Agromyzidae – Miniruyushchie mushki, ili minery [Family Agromyzidae – Mining flies, or miners] / E.N. Pavlovskii [ed.] // Vrediteli lesa. Spravochnik [Forest pests. A guide]. – M.–L., 1955. – P. 416–420.
11. Volosach, M.V. Otsenka povrezhdennosti listovykh plastinok karagany drevovidnoi karagannoi miniruyushchei mukhoi (*Aulagromyza caraganae* Rohdendorf-Holmanová (1959)) v zelenykh nasazhdeniyakh Vitebska [An assessment of damage causing to leaf laminae of Siberian peashrub by mining fly *Aulagromyza caraganae* Rohdendorf-Holmanová (1959) in green spaces of the city of Vitebsk] / M.V. Volosach // Ekologicheskaya kul'tura i okhrana okruzhayushchei sredy: III Dorofeevskie chteniya: materialy mezhdunarodnoi nauchnoprakticheskoi konferentsii, Vitebsk, Oktober 28–29, 2020 / VSU; G.G. Sushko [ed.] [et al.]. – Vitebsk: VSU named after P.M. Masherov, 2020. – P. 85–87.
12. Businsky, R. The genus *Spiraea* in cultivation in Bohemia, Moravia and Slovakia / R. Businsky, L. Businska // Acta Pruhoniana. – 2002. – Vol. 72. – 165 p.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ortiz, R.G. Biosystematic contributions to Agromyzidae (Diptera). Tesis Doctoral / R.G. Ortiz. – University of Valencia, 2009. – 444 p.
2. Civelek, H.S. An investigations on the role of leaf miners (Diptera: Agromyzidae) on transmission of plant diseases / H.S. Civelek, F. Önder // Turkish Journal of Entomology. – 1997. – Vol. 21, n. 3. – P. 233–241.
3. Spencer, K.A. Agromyzidae (Diptera) of Economic Importance / K.A. Spencer. – The Hague: Springer Netherlands, 1973. – 418 p.
4. Bridson, D. Herbarium Handbook / D. Bridson, L. Forman. – Kew: Royal Botanic Gardens, 2010. – 346 p.
5. Leafminers and plant galls of Europe [Electronic resource] / W.N. Ellis. – Nijmegen, 2021. – Mode of access: <http://www.bladmineerders.nl>. – Date of access: 05.09.2021.
6. British Leafminers [Electronic resource] / R. Edmunds [et al.]. – London, 2003. – Mode of access: <http://www.leafmines.co.uk>. – Date of access: 05.05.2021.
7. Beiger, M. Owady minujące Polski / M. Beiger. – Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe, 2004. – 894 pp.
8. Sautkin, V.F. Ispol'zovanie programmnykh sredstv analiza tsifrovyykh izobrazhenii dlya opredeleniya razmernykh kharakteristik biologicheskikh ob'ektov [The use of digital image analysis software for determining the dimensional characteristics of biological objects] / V.F. Sautkin. – Minsk: Belarusian state university, 2013. – 28 p. (In Russian)
9. PAST 4 manual [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.nhm.uio.no/english/research/infrastructure/past/downloads/past4manual.pdf>. – Date of access: 05.09.2021.
10. Sem. Agromyzidae – Miniruyushchie mushki, ili minery [Family Agromyzidae – Mining flies, or miners] / E.N. Pavlovskii [ed.] // Vrediteli lesa. Spravochnik [Forest pests. A guide]. – M.–L., 1955. – P. 416–420.
11. Volosach, M.V. Otsenka povrezhdennosti listovykh plastinok karagany drevovidnoi karagannoi miniruyushchei mukhoi (*Aulagromyza caraganae* Rohdendorf-Holmanová (1959)) v zelenykh nasazhdeniyakh Vitebska [An assessment of damage causing to leaf laminae of Siberian peashrub by mining fly *Aulagromyza caraganae* Rohdendorf-Holmanová (1959) in green spaces of the city of Vitebsk] / M.V. Volosach // Ekologicheskaya kul'tura i okhrana okruzhayushchei sredy: III Dorofeevskie chteniya: materialy mezhdunarodnoi nauchnoprakticheskoi konferentsii, Vitebsk, Oktober 28–29, 2020 / VSU; G.G. Sushko [ed.] [et al.]. – Vitebsk: VSU named after P.M. Masherov, 2020. – P. 85–87.
12. Businsky, R. The genus *Spiraea* in cultivation in Bohemia, Moravia and Slovakia / R. Businsky, L. Businska // Acta Pruhoniana. – 2002. – Vol. 72. – 165 p.

Поступила в редакцию 03.11.2021

Адрес для корреспонденции: e-mail: sergey.buga@gmail.com – Буга С.В.

УДК 619:617.749:636.2:577.1

НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВНУТРИГЛАЗНОЙ ЖИДКОСТИ У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

В.М. Холод, В.П. Баран, А.В. Бизунов

Учреждение образования «Витебская ордена “Знак Почета”
государственная академия ветеринарной медицины»

В статье приводятся экспериментальные данные по исследованию биохимического состава внутриглазной жидкости взрослых здоровых особей крупного рогатого скота.

Цель работы – охарактеризовать содержание ряда важнейших метаболитов, ферментного спектра и минерального состава внутриглазной жидкости взрослых здоровых особей крупного рогатого скота.

Материал и методы. Был изучен материал 20 глазных яблок клинически здорового крупного рогатого скота (коровы в возрасте 3–4 года), полученный после убоя на Витебском мясокомбинате. Биохимический состав центрифугата исследовали на анализаторе BS-200 на базе НИИ ПВМиБ.

Результаты и их обсуждение. В силу наличия гематоофтальмического барьера (ГОБ) и особенностей обмена веществ биохимический состав внутриглазной жидкости (ВЖ) существенно отличается от сыворотки крови. Это касается прежде всего таких важных метаболитов углеводного обмена, как глюкоза и лактат.

Как и в сыворотке крови, во ВЖ были обнаружены клинически значимые ферменты: аспаратаминотрансфераза (АсТ), аланинаминотрансфераза (АлТ), γ -глутамилтрансфераза, щелочная фосфатаза и амилаза. Активность всех исследованных ферментов в несколько раз ниже, чем в сыворотке крови. Нужно отметить, что, как и в сыворотке крови, показатели активности ферментов лабильны и индивидуальные колебания довольно значительны.

Из макро- и микроэлементов во ВЖ обнаруживаются кальций, фосфор, магний, железо и цинк.

Заключение. Охарактеризован биохимический профиль внутриглазной жидкости крупного рогатого скота. Определены нормативные значения ряда используемых в клинической биохимии показателей: концентраций глюкозы, лактата, мочевины, цинка, кальция, магния, фосфора, железа, активности АсТ, АлТ, γ -глутамилтрансферазы, щелочной фосфатазы, амилазы.

Изменения некоторых биохимических показателей во ВЖ могут быть применены в клинической офтальмологии.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, глазное яблоко, внутриглазная жидкость, биохимические параметры.

SOME BIOCHEMICAL PARAMETERS OF CATTLE INTRAOCULAR FLUID

V.M. Kholod, V.P. Baran, A.V. Bizunov

Education Establishment “Vitebsk State Order of Badge
of Honor Academy of Veterinary Medicine”

The article presents experimental data on the study of the biochemical composition of the intraocular fluid of healthy adult cattle.

The purpose of the study is to determine the content of a number of important metabolites, to study the enzymatic spectrum and mineral composition of the intraocular fluid of healthy adult cattle.

Material and methods. We studied the material of 20 eyeballs of clinically healthy cattle (cows aged 3–4), obtained after slaughter at Vitebsk Meat-Packing Plant. The biochemical composition of the centrifugate was investigated on a BS-200 analyzer at the Research Institute of Applied Veterinary Medicine and Biotechnology.

Findings and their discussion. Due to the presence of HOB and the peculiarities of metabolism, the biochemical composition of the intraocular fluid (IF) differs significantly from the blood serum. This applies primarily to such important metabolites of carbohydrate metabolism as glucose and lactate.

As in the blood serum, such clinically significant enzymes as aspartateaminotransferase (AST), alanine-aminotransferase (ALT), γ -glutamyltransferase, alkaline phosphatase, and amylase were found in the IF. The activity of all studied enzymes is several times lower than in blood serum. It should be noted that enzyme activity indices are labile and individual fluctuations are quite significant as in blood serum.

Macro- and microelements such as calcium, phosphorus, magnesium, iron and zinc are found in IF.

Conclusion. *The biochemical profile of cattle intraocular fluid was characterized. The normative values of a number of indicators used in clinical biochemistry were determined: the concentrations of glucose, lactate, urea, zinc, calcium, magnesium, phosphorus, iron, the activity of AST, ALT, γ -glutamyltransferase, alkaline phosphatase, amylase.*

Changes of some biochemical parameters in IF can be used in clinical ophthalmology.

Key words: *cattle, eyeball, intraocular fluid, biochemical composition.*

Недостаточное использование биохимических исследований в ветеринарной клинической офтальмологии обусловлено плохой изученностью химического состава структурных элементов и преломляющих сред глазного яблока и особенностей метаболизма в них. Это не дает возможности провести сравнительный анализ биохимических процессов в тканях глазного яблока, которые лежат в основе функционирования как здорового, так и больного органа, что, в свою очередь, затрудняет разработку новых методов диагностики офтальмопатий и их лечения, а также мониторинг заболеваний.

Развивающиеся в тканях глазного яблока патологические процессы часто обусловлены метаболическими изменениями, которые протекают в глазу и объясняют генез многих офтальмопатий [1–3]. Биохимия глаза имеет свою специфику, отличающуюся от биохимии других органов и тканей. Эти особенности связаны с морфологическим и функциональным разнообразием структурных элементов, входящих в состав этого органа, а также с наличием гематоофтальмического барьера (ГОБ), который регулирует обмен веществ с другими органами и тканями и, в первую очередь, с кровью. Наличие ГОБ в определенной степени изолирует глаз от других органов и тканей, обуславливая тем самым его специфический биохимический профиль.

Являясь локальным поражением довольно изолированного органа, офтальмопатии характеризуются не только некоторыми местными реакциями, присущими данному виду патологии, но и определенными системными изменениями, затрагивающими весь организм, при которых со стороны других органов и тканей наблюдается ответная реакция. В то же время многие системные заболевания как инфекционной, так и неинфекционной природы (сахарный диабет, авитаминозы, злокачественная катаральная горячка, бруцеллез и др.) сопровождаются поражением тканей глаза [4].

Широкое распространение воспалительных заболеваний глаз, наблюдающееся при многих системных заболеваниях, лечение которых даже у человека бывает не всегда эффективно, связано, как раз, с недостаточной изученностью биохимических механизмов, лежащих в основе патогенеза заболевания.

Все вышесказанное говорит о необходимости проведения при офтальмопатиях биохимических исследований не только крови, по результатам которых можно судить о наличии системных нарушений, но и внутриглазной, слезной жидкостей, а также тканей глаза, изменение биохимии которых может характеризовать патологические изменения в этом органе.

Цель статьи – охарактеризовать содержание ряда важнейших метаболитов, ферментного спектра и минерального состава внутриглазной жидкости взрослых здоровых особей крупного рогатого скота.

Материал и методы. Был изучен материал 20 глазных яблок клинически здорового крупного рогатого скота (коровы в возрасте 3–4 года), полученный после убоя на Витебском мясокомбинате. Взятие пробы внутриглазной жидкости объемом не менее 1 мл осуществляли из передней камеры глазного яблока инсулиновым шприцем, вводя иглу ближе к лимбу параллельно радужной оболочке. Материал центрифугировали при 6000 g в течение 15–20 минут. Биохимический состав центрифугата исследовали на анализаторе BS-200 на базе НИИ ПВМиБ.

Результаты и их обсуждение. В табл. представлен биохимический профиль внутриглазной жидкости взрослых здоровых особей КРС.

В силу наличия ГОБ и особенностей обмена веществ биохимический состав внутриглазной жидкости (ВЖ) существенно отличается от сыворотки крови. Это касается прежде всего таких важных метаболитов углеводного обмена, как глюкоза и лактат. Во ВЖ содержание глюкозы значительно ниже, чем в сыворотке крови, и составляет в среднем 1,57 ммоль/л, в то время как в сыворотке крови тех же животных среднее содержание глюкозы было равно 5,63 ммоль/л. При этом размах индивидуальных колебаний во ВЖ значительно больше, чем в сыворотке крови. Если во ВЖ содержание глюкозы варьирует от 0,22 до 3,64 ммоль/л, т.е. различается в 17 раз, то в сыворотке крови разница в концентрациях приблизительно двукратная: 3,44–7,05 ммоль/л.

Таблица

Содержание некоторых биохимически значимых компонентов во внутриглазной жидкости

Показатели	Внутриглазная жидкость		Сыворотка крови	
	M±m	Lim	M±m	Lim
Глюкоза (ммоль/л)	1,57±0,35	0,22–3,64	5,63±0,39	3,44–7,05
Лактат (ммоль/л)	10,64±0,50	4,75–13,96	7,21±0,57	3,94–10,47
Мочевина (ммоль/л)	3,38±0,29	0,57–5,33	4,29±0,37	2,52–6,04
АлТ (У/л)	3,58±0,58	0,9–10,2	51,26±17,75	12,4–203,7
АсТ (У/л)	15,48±1,79	5,7–32,6	235,07±50,59	39,7–563,8
Щелочная фосфатаза (У/л)	1,91±0,50	0,13–5,89	84,25±14,74	41,14–174,04
γ-глутамилтрансфераза (У/л)	0,64±0,08	0,2–1,38	22,76±1,62	16,8–28,56
Амилаза (У/л)	1,60±0,50	0,21–5,48	40,55±4,97	15,46–68,47
Железо (мкмоль/л)	5,03±0,77	1,7–11,44	16,52±1,62	9,3–27,22
Цинк (мкмоль/л)	10,15±2,23	1,09–30,05	9,1±2,32	2,41–22,72
Магний (ммоль/л)	0,73±0,04	0,23–1,05	0,71±0,03	0,61–0,83
Фосфор (ммоль/л)	1,14±0,06	0,63–1,79	1,83±0,14	1,37–2,92

В отношении такого метаболита углеводного обмена, как лактат, картина в значительной степени иная. Содержание лактата во ВЖ оказалось даже выше, чем в сыворотке крови – 10,64 ммоль/л и 7,21 ммоль/л соответственно. Индивидуальные колебания концентраций примерно одинаковы (во ВЖ – в 2,9 раза, а в сыворотке крови – в 2,7 раза).

Следует отметить, что в тканях глаза осуществляется и анаэробное, и аэробное окисление глюкозы [5; 6]. Низкое содержание последней при высоком содержании лактата может свидетельствовать об интенсивно идущем в тканях глаза анаэробном окислении глюкозы. В результате воспалительных и дистрофических процессов равновесие может еще в большей степени смещаться в сторону анаэробного гликолиза. Развивающаяся на этом фоне гипоксия тканей активизирует свободно-радикальные процессы, приводящие к усиленному перекисному окислению в мембранах клеток, что, в свою очередь, нарушает внутриклеточный обмен веществ. Этот каскад метаболических нарушений вызывает изменения некоторых биохимических показателей во ВЖ, что также может быть использовано в клинической офтальмологии.

Как и в сыворотке крови, во ВЖ были обнаружены следующие клинически значимые ферменты: АсТ, АлТ, γ-глутамилтрансфераза, щелочная фосфатаза и амилаза. Активность всех исследованных ферментов оказалась в несколько раз ниже, чем в сыворотке крови. В частности, активность АсТ составила 7% от ее активности в сыворотке крови, АлТ – 7%, щелочной фосфатазы – 2,3%, γ-глутамилтрансферазы – 2,8%, амилазы – 4%. Исходя из полученных данных, можно предположить, что ГОБ является серьезным препятствием для высокомолекулярных молекул ферментов, и их активность в основном обусловлена интенсивностью обмена веществ, происходящего в глазном яблоке. Несмотря на низкую активность определяемых ферментов, применяемые в клинической биохимии методы позволяют с достаточно высокой точностью проводить их определение.

Необходимо подчеркнуть, что, как и в сыворотке крови, показатели активности ферментов лабильны и индивидуальные колебания довольно значительны. Для АсТ они находятся в пределах 5,7–32,6 во ВЖ и 39,7–563,8 в сыворотке крови у тех же животных, АлТ, соответственно, – 0,9–10,2 и 12,4–203,7, γ-глутамилтрансферазы – 0,2–1,38 и 16,8–28,56, амилазы – 0,21–5,48 и 15,46–68,47, щелочной фосфатазы – 0,13–5,89 и 41,14–174,04. Поэтому их исследование в клинической офтальмологии и интерпретацию результатов следует проводить с учетом тех рекомендаций, которыми пользуются при их исследовании в сыворотке крови.

По сравнению с активностью ферментов содержание мочевины во ВЖ и сыворотке крови отличается незначительно – 3,38 ммоль/л и 4,29 ммоль/л соответственно. Т.к. мочевина у крупного рогатого скота синтезируется в печени и частично в рубце, то по ее концентрации во ВЖ можно судить о про- ницаемости ГОБ.

Из макро- и микроэлементов во ВЖ обнаруживаются кальций, фосфор, магний, железо и цинк. Исследование их содержания в сыворотке крови широко используется в клинической биохимии при различных патологических процессах. Исходным критерием для оценки изменений, происходящих в этом случае, являются нормативные данные, полученные на здоровых животных. Для применения в клинических целях исследования ВЖ необходимо создание соответствующей нормативной базы.

Содержание железа во ВЖ ниже, чем в сыворотке крови, в 3,3 раза. По данным медицинских исследований в патогенезе офтальмопатий существенную роль играет перекисное окисление липидов [7]. С учетом роли железа в этом процессе определение его содержания во ВЖ может иметь определенное клиническое значение.

Содержание цинка, магния и фосфора во ВЖ и сыворотки крови с учетом индивидуальных колебаний имеет близкие значения. Концентрация цинка во ВЖ в среднем составила 10,15 мкмоль/л, а в сыворотке крови – 9,1 мкмоль/л, магния, соответственно, – 0,73 и 0,71 ммоль/л, фосфора – 1,14 и 1,83 ммоль/л.

Заключение. Охарактеризован биохимический профиль внутриглазной жидкости крупного рогатого скота. Определены нормативные значения ряда используемых в клинической биохимии показателей: концентраций глюкозы, лактата, мочевины, цинка, кальция, магния, фосфора, железа, активности АсТ, АлТ, γ -глутамилтрансферазы, щелочной фосфатазы, амилазы. Установлено низкое содержание глюкозы при повышенном содержании лактата, что свидетельствует об активно идущем анаэробном гликолизе. Активность исследованных ферментов значительно ниже во ВЖ, чем в сыворотке крови, но достаточна для определения применяемыми в клинической биохимии методами исследования. Во ВЖ обнаруживаются те же микро- и макроэлементы, что и в сыворотке крови. На фоне низкого содержания железа средние значения концентраций цинка, фосфора и магния близки к значениям в сыворотке крови.

Результаты исследований могут быть использованы в клинической офтальмологии, а также при дальнейшей работе по изучению биохимических показателей некоторых структурных элементов глазного яблока крупного рогатого скота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазные болезни: основы офтальмологии: учебник / под ред. В.Г. Копяевой. – М.: Медицина, 2012. – 560 с.: ил. – (Учеб. лит. для студ. медвузов).
2. Сидоренко, Е.И. Избранные лекции по офтальмологии: учеб. пособие / Е.И. Сидоренко. – М.: ГЭОТАРМедиа, 2013. – 192 с.: ил.
3. Смирнова О.М. Диабетическая ретинопатия. Результаты международных многоцентровых исследований // Сахарный диабет. – 2010. – № 13(1). – С. 80–87. <https://doi.org/10.14341/2072-0351-60213>.
4. Клиническая офтальмология животных: учеб. пособие для студентов учреждений высш. образования по специальностям «Ветеринарная медицина», «Ветеринарная санитария и экспертиза», «Ветеринарная фармация» / Э.И. Веремей [и др.]; ред. Э.И. Веремей. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 376 с.
5. Руководство по детской офтальмологии / Э.С. Аветисов [и др.]. – М.: Медицина, 1987. – 496 с.
6. Whitehart, D.R. Biochemistry of the eye / D.R. Whitehart. – 2nd ed. – Philadelphia: Butterworth-Heinemann, 2003. – 256 p.
7. Зянгинова, Г.Г. Перекисное окисление липидов в патогенезе первичной открытоугольной глаукомы / Г.Г. Зянгинова, О.В. Антонова // Вестн. офтальмологии. – 2003. – № 4. – С. 54–55.

REFERENCES

1. Kopyayeva V.G. *Glaznye bolezni: osnovy oftalmologii: uchebnyk* [Eye Diseases: Basics of Ophthalmology], Moscow: Meditsina, 2012, 560 p.
2. Sidorenko E.I. *Izbrannyye lektsii po oftalmologii: uchebnoye posobie* [Selected Lectures in Ophthalmology; Manual], Moscow: GEOTARMedia, 2013, 192 p.
3. Smirnova O.M. *Sakharnyyi diabet* [Diabetes], 2010, 13(1), p. 80–87. <https://doi.org/10.14341/2072-0351-60213>.
4. Veremei E.I. *Klinicheskaya oftalmologiya zhivotnykh: uchebnoye posobie dlia studentov uchrezhdenii vysshego obrazovaniia po spetsialnostiam "Veterinarnaya meditsina", "Veterinarnaya sanitariia i ekspertiza", "Veterinarnaya farmatsiia"* [Clinical Ophthalmology of Animals: Special University Textbook], Minsk: IVTS Minfina, 2016, 376 p.
5. Avetisov E.C. *Rukovodstvo po detskoj oftalmologii* [Guidelines in Children Ophthalmology], M.: Meditsina, 1987, 496 p.
6. Whitehart D.R. *Biochemistry of the eye*. 2nd ed. Philadelphia: Butterworth-Heinemann, 2003. – 256 p.
7. Ziangirova G.G., Antonova O.V. *Vestn. oftalmologii* [Journal of Ophthalmology], 2003, 4, p. 54–55.

Поступила в редакцию 25.10.2021

Адрес для корреспонденции: e-mail: chemistrysavm@yandex.by – Бизунов А.В.

УДК 598.2:630:582.475(476.5)

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ОРНИТОКОМПЛЕКСОВ ЗАРАСТАЮЩИХ ВЫРУБОК В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.В. Шаврова, С.А. Дорофеев

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

Постадийная трансформация лесных насаждений, происходящая после проведения вырубки в сосновых лесах, имеет определенные этапы и закономерности. Формирование орнитокомплексов зарастающих вырубок происходит параллельно с формированием растительных сообществ.

Цель работы – установить структуру и динамику формирования орнитокомплексов зарастающих вырубок в сосновых лесах Витебской области.

Материал и методы. Исследования видового состава и численности птиц в сосновых лесах мшистого и верескового типов проводились методом линейных transect и площадных учетов на территории Витебской области в гнездовой период (май – июнь) 2018–2021 гг.

Результаты и их обсуждение. Всего в формировании орнитофауны сосновых насаждений от одно- до 20-летнего возраста участвует не менее 41 вида птиц, относящегося к 8 отрядам и 21 семейству. Орнитофауна свежих, 1–2-летних, вырубок насчитывает 14 видов птиц с общей плотностью 1,12 пар/га. В процессе трансформации лесных насаждений число видов птиц увеличивается до 19 – на пятилетних с общей плотностью 1,97 пар/га, 24 – на десятилетних – 2,72 пар/га, 29 – на двадцатилетних – 3,82 пар/га.

Заключение. Увеличение числа видов и общей плотности населения птиц зарастающих вырубок в сосновых лесах связано с усложнением структуры фитоценоза и возрастного состава древостоя.

Ключевые слова: птицы, орнитокомплекс, численность, гнездование, сосновый лес, вырубка.

SPACE AND TIME DYNAMICS OF ORNITHOLOGY COMPLEXES IN OVERGROWING AREAS OF PINE FOREST FELTING IN VITEBSK REGION

E.V. Shavrova, C.A. Dorofeyev

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

Stage by stage transformation of forest plants which takes place after felting in pine forests has certain stages and regularities. Shaping of ornithology complexes in overgrowing areas of felting takes places parallelly with the shaping of vegetation communities.

The purpose is to identify the structure and dynamics of shaping ornithology complexes in overgrowing areas of pine forest felting in Vitebsk Region.

Material and methods. The study of the species composition and the number of birds in pine forests of moss and heather types were carried out using the method of linear transects and site records on the territory of Vitebsk Region during the nest period of May – June 2018–2021.

Findings and their discussion. At least 41 species of birds which belong to 8 orders and 21 families take part in the shaping of ornithofauna of pine forest planting of one to twenty years old. Ornithofauna of young, 1–2 year old felting areas has 14 bird species with the density of 1,12 pairs/hectare. In the process of transformation of forest planting the number of bird species rises up to 19 on five year old areas with the density of 1,97 pairs/hectare, 24 on ten year old – 2,72 pairs per hectare, 29 on twenty year old – 3,82 pairs/hectare.

Conclusion. The increase in the number of species and general density of bird population in overgrowing areas of felting in pine forests is connected with the complexity of phytocenosis structure and tree composition age.

Key words: birds, ornithology complex, the number, nesting, pine forest, felting.

Лесная политика Республики Беларусь направлена на рациональное использование, сохранение, расширенное воспроизводство лесных ресурсов. Она основывается на международных принципах и соглашениях по устойчивому управлению и защите лесов, сохранению их биологического разнообразия, выполнению лесами экономических, экологических и социальных функций [1]. Искусственное возобновление хвойных пород на месте свежих вырубок занимает большой удельный вес в общем объеме лесовосстановительных работ. Поставленная трансформация лесных насаждений, происходящая после рубки, имеет определенные этапы и закономерности. По Мелехову, искусственное восстановление лесных насаждений проходит поэтапно; первая стадия начинается непосредственно после рубки. Из-за резкой смены условий среды после удаления фанерофитов формирование древостоя характеризуется динамичностью и обособленностью. Кроме того, существенное влияние на лесовосстановление оказывает исходный тип насаждений – от этого зависит технология лесовосстановительных работ [2].

Орнитофауна является неотъемлемым компонентом лесных биоценозов и в той же мере, как и растительность, подвержена сукцессии. Проблема закономерностей смены орнитокомплексов в ходе вторичной сукцессии хвойных насаждений в Беларуси и на сопредельных территориях рассмотрена в работах Н.Н. Данилова, А.А. Иноземцева, И.И. Бышнева, С.А. Дорофеева, И.В. Абрамовой [3–7]. Все исследователи приходят к выводу, что формирование орнитоценозов зарастающих вырубок осуществляется параллельно с формированием растительного сообщества с закономерными флуктуациями численности, плотности и биомассы птиц. Микро- и макробиота возникает и исчезает на определенных этапах лесовосстановления под влиянием факторов среды (температурного режима, влажности, уровня освещенности и т.д.) и исходного типа насаждений [8].

Цель работы – установить структуру и динамику формирования орнитокомплексов зарастающих вырубок в сосновых лесах Витебской области.

Материал и методы. Исследования численности гнездящихся и кормящихся птиц на вырубках в сосновых лесах Витебской области проводились методом линейных трансект (по 500 м каждая) и площадных учетов на территории 5 административных районов в период с 2018 по 2021 г. В каждом районе выбраны по 3 модельные вырубки разного возраста с исходными сосновыми насаждениями мшистого и верескового типов. Начальные точки трансект были выбраны случайно. Учеты реализовывали методом визуальных наблюдений и по голосам в утренние часы в гнездовой период (май – июнь) [9]. Установление закономерности распределения данных и выявление достоверности различий между выборками проводили с применением программного обеспечения PAST 4.03 (критерий Манна–Уитни и однофакторный дисперсионный анализ ($p < 0,05$)).

Результаты и их обсуждение. Сосняк мшистый (*Pinetum pleuroziosum*) характеризуется чистым одноярусным древостоем, состоящим из сосны обыкновенной, иногда с примесью березы повислой (до 20%); единично отмечен дуб черешчатый. Второй ярус не выражен. Подлесок и подрост включает 10 видов – крушина ломкая, можжевельник обыкновенный, дуб черешчатый, рябина и др.; травяно-кустарничковый ярус насчитывает 55 видов, среди них – вереск, черника, брусника, живучка ползучая, плаун булавовидный, кислица, костяника, вейник наземный, фиалка собачья; мохово-лишайниковый – 23 вида: дикраниум многоножковый (доминант), плевроциум Шребера (доминант), кладония оленья. С течением времени из-за изреженности древостоя активно распространяются вейник наземный, орляк обыкновенный. На вырубках в мшистых сосняках развивается вереск, исчезают мхи. В связи с этим подобные вторичные фитоценозы часто относят к вересковому типу, хотя они являются дигрессивно-мутационными возрастными ассоциациями коренных мшистых, брусничных и папоротниковых насаждений [10]. Сосняк вересковый (*Pinetum callunosum*) – один из 13 типов сосновых насаждений Республики Беларусь, который представляет собой совокупность как коренных, так и преобразованных сообществ [11]. Он характеризуется одноярусным древостоем из сосны обыкновенной, иногда с примесью березы повислой (до 20%). Подлесок включает такие виды деревьев, как рябина, дуб черешчатый, крушина ломкая; в подросте преобладают сосна обыкновенная, береза повислая, осина обыкновенная. Травяно-кустарничковый ярус насчитывает 54 вида: вереск (доминант), толокнянка обыкновенная, черника, брусника, тысячелистник, вейник наземный, зверобой продырявленный, земляника, щавель кислый и т.д. В мохово-лишайниковый ярус входят

19 видов – бриум волосовидный, дикраниум многоножковый, поля поникшая, кладония оленья и т.д. Для данного типа насаждений характерна низкая полнота древостоя [10].

Однолетние вырубки с искусственным возобновлением сосны – участки, заросшие, в основном, травянистой растительностью и захлапленные порубочными остатками. Орнитофауна свежих вырубок насчитывает не менее 14 видов птиц, относящихся к 6 отрядам и 11 семействам (табл.). Общая плотность видов невысокая – 1,12 пар/га. Доминирующим является лесной конек (0,30 пар/га), также учтены обыкновенная каменка (0,05), луговой чекан (0,10), обыкновенная овсянка (0,10) и др.

По происхождению 6 видов (42,86%), обитающих на однолетних вырубках, относится к фаунистическому комплексу лесной Палеарктической фауны, 4 вида (28,57%) – к видам европейского широколиственного леса; 2 вида (14,29%) принадлежат к комплексу гор юга Палеарктики, отмечено по 1 виду аazonальной Палеарктической фауны и степно-пустынного комплекса [12].

По экологическим группам виды птиц однолетней вырубки на месте мшистого сосняка распределяются по 4 категориям. Наиболее многочисленными являются виды открытых стадий – луговой чекан, обыкновенная каменка, обыкновенная овсянка, полевой жаворонок, козодой (42,86%). Дендрофильные виды представлены кукушкой, лесным коньком, пеночкой-теньковкой и пестрым дятлом (28,57%), эвритопа – вороном и черным стрижем (14,29%), водные и околоводные виды – белой трясогузкой и чеглоком (14,29%).

Сосновые вырубки с искусственным возобновлением к 5 годам представляют собой пространства, сменившие стадию заросших травянистой растительностью и захлапленных порубочными остатками территорий на подрост кустарников и древесных пород. Орнитофауна в данный период зарастания вырубки представлена 15 видами для мшистого и 19 видами птиц для верескового типов с общей плотностью 1,63–1,97 пар/га. Отмечены представители экологической группы открытых пространств: лесной конек (0,42–0,48 пар/га), лесной жаворонок (0,08–0,10), обыкновенная овсянка (0,13–0,14), полевой конек (0,07–0,09), козодой (0,11–0,12), луговой чекан (0,10–0,11 пар/га), которые постепенно дополняются дендрофильными. Для данной стадии сукцессии лесных сообществ характерны пестрый дятел (0,10–0,12 пар/га), серая славка (0,06 для верескового подтипа) и др. Появление на открытых вырубках кукушки (0,10–0,11 пар/га) связано с наличием здесь на гнездовании лесного конька и белой трясогузки – основных видов птиц, воспитывающих ее птенцов [7].

Таблица

Структура населения птиц зарастающих вырубок в сосновых лесах Витебской области

Виды птиц Плотность (пар/га)	Однолетние вырубки на месте сосняка мшистого	Пятилетние сосновые насаждения		Десятилетние сосновые насаждения		Двадцатилетние сосновые насаждения	
		мшистый	вересковый	мшистый	вересковый	мшистый	вересковый
Учетная площадь (га)	9,8	10,3	8,6	12,4	8,4	15,4	9,7
Белая трясогузка	0,10	–	0,04	–	–	–	–
Большая синица	–	0,07	0,09	0,11	0,08	0,11	0,18
Ворон	0,07	–	–	–	–	–	–
Вяхрь	–	–	–	0,09	0,09	0,09	0,07
Деряба	–	–	–	0,10	0,13	0,06	0,10
Желтоголовый королек	–	–	–	–	–	0,04	0,19
Жулан	–	0,07	0,09	0,13	0,15	–	–

Окончание табл.

Зеленая пересмешка	–	–	–	–	–	0,07	0,10
Зарянка	–	–	0,04	–	0,06	0,06	0,10
Зяблик	–	–	0,04	–	0,07	0,80	0,83
Иволга	–	–	–	–	–	0,11	0,12
Каменка	0,05	–	–	–	–	–	–
Козодой	0,07	0,12	0,11	0,08	0,12	0,06	0,08
Крапивник	–	–	–	0,06	0,07	0,06	0,10
Кряква	–	–	–	–	0,08	–	–
Лесная завирушка	–	–	–	0,06	0,09	0,06	0,09
Лесной жаворонок	–	0,08	0,10	–	–	–	–
Лесной конек	0,30	0,42	0,48	0,29	0,34	–	0,09
Луговой чекан	0,10	0,10	0,11	–	–	–	–
Полевой конек	0,05	0,07	0,09	–	–	–	–
Московка	–	–	–	–	–	0,04	0,07
Обыкновенная горихвостка	–	–	–	0,04	0,06	–	–
Обыкновенная кукушка	0,03	0,10	0,11	0,08	0,12	0,11	0,19
Обыкновенная овсянка	0,10	0,13	0,14	–	–	–	–
Певчий дрозд	–	–	–	0,12	0,36	0,13	0,13
Пеночка-теньковка	0,05	0,07	0,10	0,10	0,13	0,14	0,09
Пеночка-весничка	–	–	–	0,08	0,08	0,13	0,10
Пеночка-трещотка	–	–	–	–	–	0,08	0,11
Пестрый дятел	0,07	0,12	0,10	0,10	0,09	0,11	0,15
Полевой жаворонок	0,03	0,07	0,09	–	–	–	–
Снегирь	–	–	–	0,04	0,06	–	–
Садовая славка	–	–	–	–	–	0,08	0,10
Серая славка	–	–	0,06	0,08	0,09	0,06	0,08
Серая мухоловка	–	–	–	0,06	0,08	0,04	0,07
Сойка	–	0,08	0,05	0,09	0,11	0,11	0,14
Славка-завирушка	–	–	–	–	0,08	0,06	0,09
Хохлатая синица	–	–	–	–	–	0,06	0,07
Чеглок	0,05	–	–	–	–	0,07	0,09
Черноголовая славка	–	0,09	0,06	–	0,07	0,09	0,10
Черный дрозд	–	0,04	0,07	0,10	0,11	0,13	0,09
Черный стриж	0,05	–	–	–	–	0,09	0,10
Число видов	14	15	19	18	24	28	29
Общая плотность	1,12	1,63	1,97	1,81	2,72	3,05	3,82

Древесный ярус десятилетних зарастающих вырубок составляют как лиственные, так и хвойные породы – рябина обыкновенная, береза бородавчатая и пушистая, осина обыкновенная, дуб черешчатый, сосна обыкновенная и ель европейская. Орнитокомплекс включает 18 видов в мшистом и 24 в вересковом сосняке, относящихся к 6 отрядам и 15 семействам. Доминирующими являются дендрофильные виды птиц: черный дрозд (0,10–0,11 пар/га), деряба (0,10–0,13), лесной конек (0,29–0,34), пеночка-теньковка (0,10–0,13), сойка (0,09–0,11 пар/га). Данные виды используют рубку не только для гнездования, но и в качестве кормовой станции.

Наибольшим числом видов представлен фаунистический комплекс европейского широколиственного леса – 54,17% от общего числа; 37,50% – лесной Палеарктической фауны, 8,33% – таежный.

К 15–20 годам при искусственном возобновлении вырубки сосна выходит в основной ярус или образует его вместе с березой. При естественном возобновлении вырубки происходит ее зарастание мелколиственными породами. Орнитокомплекс таких насаждений включает 28 видов птиц для мшистого и 29 для верескового типов, относящихся к 8 отрядам и 18 семействам. При относительно высокой численности плотность ряда видов птиц снижается за счет минимального числа гнездовых точек: молодые сосны и березы не создают достаточного укрытия для гнездящихся дендрофильных птиц. Высокое видовое разнообразие объясняется гетерогенностью и различной типологией травянистых и древесных насаждений: основную долю (75,86%) составляют дендрофильные виды, которая дополняется представителями экологической группы открытых пространств – 10,35%, водными и околоводными видами – 6,90%, эвритопами – 3,45% от общего числа. Лесные насаждения к 20 годам населяют виды трех фаунистических комплексов, среди которых так же, как и на 10-летних, доминируют виды европейского широколиственного леса (57,14%).

Приуроченность видов птиц к определенным биотопам и их связь между собой может быть прослежена с помощью анализа соответствий (СА) (рис.).

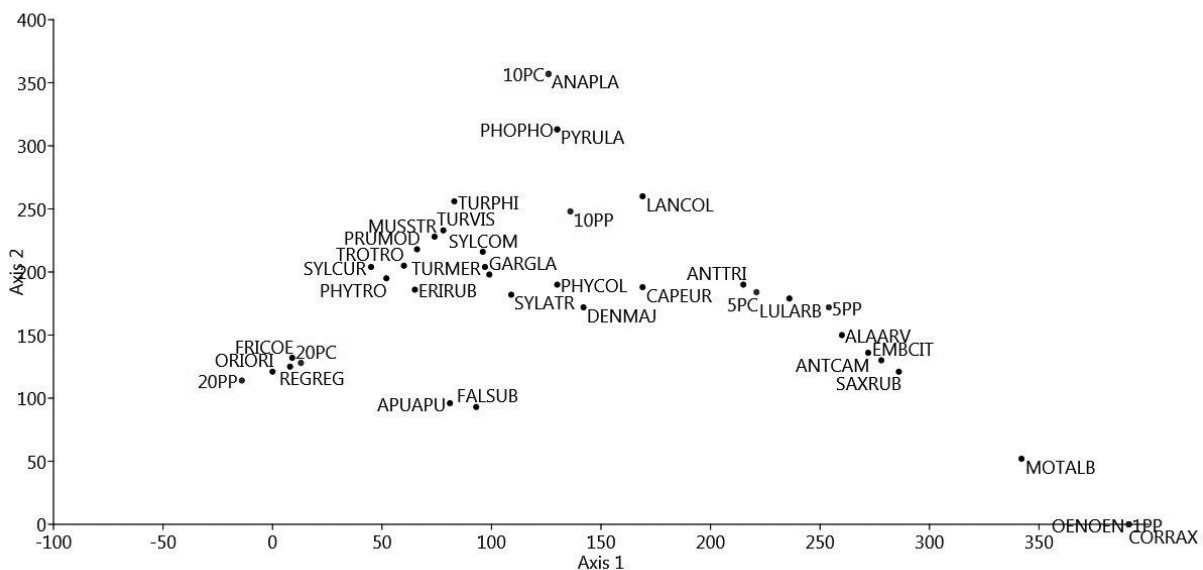


Рис. Ординационная диаграмма анализа соответствий видов птиц и биотопов

Данный анализ показывает, что к молодым насаждениям (до 5 лет) приурочены полевой конек, обыкновенная овсянка, луговой чекан, белая трясогузка, лесной конек, полевой жаворонок; снегирь, обыкновенная горихвостка, краквя, жулан, певчий дрозд, деряба, вяхирь и др. – к сосновым насаждениям 10-летнего возраста; зяблик, желтоголовый королек, иволга – 20-летнего. Пестрый дятел, черный стриж, чеглок, кукушка и ряд других видов не ассоциированы с конкретным типом сосновых насаждений. Наименьшее сходство выявлено между орнитокомплексами однолетних и двадцатилетних насаждений, наибольшее – между пяти- и десятилетними.

Заклучение. В процессе трансформации сосновых насаждений мшистого и верескового типов из однолетних до 20-летних происходит постадийная смена присущих им орнитокомплексов, в которой участвует не менее 41 вида птиц, относящегося к 8 отрядам и 21 семейству. Однолетние вырубки заселяют преимущественно виды открытых пространств (14); в связи с усложнением структуры фитоценоза и возрастного состава древостоя они дополняются и постепенно замещаются дендрофильными (15–19 видов отмечены в 5-летних и 18–24 вида в 10-летних насаждениях); к 20 годам орнитокомплекс сосновых насаждений включает 28–29 видов птиц с общей плотностью 3,05–3,82 пар/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атрощенко, О.А. Устойчивое управление лесами Беларуси в соответствии с европейскими стандартами / О.А. Атрощенко, В.П. Зорин, Н.О. Атрощенко // Труды БГТУ. – 2004. – № 1. – С. 6–8.
2. Мелехов, И.С. Лесоводство / И.С. Мелехов. – 2-е изд., доп., испр. – М.: МГУЛ, 2003. – 320 с.
3. Данилов, Н.Н. Изменения в орнитофауне зарастающих вырубок на Среднем Урале / Н.Н. Данилов // Зоол. журнал. – 1958. – Т. 37, вып. 12. – С. 1898–1903.
4. Иноземцев, А.А. Птицы и лес / А.А. Иноземцев. – М.: «Агропромиздат», 1987. – 299 с.
5. Бышнёв, И.И. Сравнительный анализ структуры орнитофауны сосновых лесов, различающихся по степени антропогенной трансформации / И.И. Бышнёв // Динамика зооценозов, проблемы охраны и рационального использования животного мира Белоруссии: тез. докл. VI Зоол. конф., Витебск, 19–21 сент. 1989 г. / редкол.: Ю.А. Вязович [и др.]. – Минск, 1989. – С. 231–232.
6. Дорофеев, С.А. Закономерности пространственного распределения и формирования орнитокомплексов сосновых лесов Белорусского Поозерья / С.А. Дорофеев // Актуальные проблемы зоологической науки в Беларуси: сб. ст. XI Зоол. межд. науч.-практ. конф., приуроченной к десятилетию основания ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», Минск, 1–3 нояб. 2017 г. / редкол.: О.И. Бородин [и др.]. – Минск: Издатель А.Н. Вараксин, 2017. – Т. 1. – С. 119–128.
7. Абрамова, И.В. Структура и динамика населения птиц экосистем юго-запада Беларуси: монография / И.В. Абрамова; Брест. гос. ун-т. им. А.С. Пушкина. – Брест: Изд-во БрГУ, 2007. – 208 с.
8. Пугачевский, А.В. Типизация основных состояний лесных экосистем в динамических (сукцессионных) рядах / А.В. Пугачевский // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск, 2020. – Вып. 49. – С. 161–171.
9. Библи, К. Методы полевых экспедиционных исследований. Исследования и учеты птиц / К. Библи, М. Джонс, С. Мардсен. – М.: Союз охраны птиц. – 186 с.
10. Ловчий, Н.Ф. Кадастр типов сосновых лесов Белорусского Поозерья / Н.Ф. Ловчий, А.В. Пучило, В.Д. Гутевич. – Минск: Беларус. навук, 2009. – 194 с.
11. Камар, С.А. Прасторава-часавыя змены насеннякоў верасовых на тэрыторыі Бярэзінскага біясфернага запаведніка / С.А. Камар // Труды БГТУ. – 2020. – Сер. 1, № 1. – С. 18–22.
12. Сазонов, С.В. Обновленная классификация типов фауны и фаунистических групп птиц для запада евразийской тайги / С.В. Сазонов // Тр. Карельск. науч. центра РАН. – 2012. – № 1. – С. 70–85.

REFERENCES

1. Atroshchenko O.A., Zorin V.P., Atroshchenko N.O. *Trudy BGTU* [BSTU Papers], 2004, 1, p. 6–8.
2. Melekhov I.S. *Lesovodstvo* [Forest Economy], M.: MGUL, 2003, 320 p.
3. Danilov N.N., *Zool. zhurnal* [Zoology Journal], 1958, 37(12), p. 1898–1903.
4. Inozemtsev A.A. *Ptitsy i les* [Birds and Forest], M.: "Agropromizdat", 1987, 299 p.
5. Byshnev I.I. *Dinamika zootsenozov, problem okhrany i ratsionalnogo ispolzovaniya zhivotnogo mira Belorussii: tez. dokl. VI Zool. konf., Vitebsk, 19–21 sent. 1989 g.* [Dynamics of Zootsenoses, Issues of Animal World Protection and Rational Use in Belarus, Report Summary at the 6th Zoology Conference, Vitebsk, September 19–21, 1989], Minsk, 1989, p. 231–232.
6. Dorofeyev S.A. *Aktualniye problemy zoologicheskoi nauki v Belarusi: sb. st. XI Zool. mezh. nauch.-prakt. konf., Minsk, 1–3 noyab. 2017 g.* [Current Issues of Zoology Science in Belarus: Proceedings of the 11th Zoology International Conference, Minsk, November 1–3, 2017], Minsk: Izdatel A.N. Varaksin, 2017, 1, p. 119–128.
7. Abramova I.V. *Struktura i dinamika naseleniya ptits ekosistem yugo-zapada Belarusi: monografiya* [Structure and Dynamics of Bird Population in Ecosystems of the South-West of Belarus: Monograph], Brest: Izd-vo BrGU, 2007, 208 p.
8. Pugachevski A.V. *Botanika (issledovaniya): sb. nauch. tr.* [Botany: (Research): Collection of Articles], Minsk, 2020, 49, p. 161–171.
9. Bibbi K., Jones M., Mardsen S. *Metody polevykh ekspeditsionnykh issledovaniy. Issledovaniya i uchety ptits* [Methods of Field Experimental Studies. Bird Studies and Records], M.: Soyuz okhrany ptits, 186 p.
10. Lovchi N.F., Puchilo A.V., Gutsevich V.D. *Kadastr tipov sosnonykh lesov Belorusskogo Poozeriya* [Cadaster of Pine Forest Types of Belarusian Poozeriye], Minsk: Belarus. navuka, 2009, 194 p.
11. Kamar S.A. *Trudy BGTU* [BSTU Papers], 2020, 1, (1), p. 18–22.
12. Sazonov S.V. *Tr. Karelsk. nauch. tsentra RAN* [Russian Academy of Sciences Karelia Research Center Papers], 2012, 1, p. 70–85.

Поступила в редакцию 11.04.2022

Адрес для корреспонденции: e-mail: lena50557@gmail.com – Шаврова Е.В.

616.441:616.379-008.64

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА И ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА ПРИ СОЧЕТАНИИ САХАРНОГО ДИАБЕТА ВТОРОГО ТИПА С ГИПОТИРЕОЗОМ У ЖЕНЩИН В ИРАКЕ

А.Х.А.А. Аль Зубаиди^{*,}, Н.П. Канунникова^{*}**

^{}Учреждение образования “Гродненский государственный
университет имени Янки Купалы” (Беларусь)*

*^{**}Diwaniyah Teaching Hospital Laboratory (Iraq)*

Окислительный стресс и дислипидемия являются обязательными компонентами патогенеза осложнений сахарного диабета 2 типа (СД2) и могут усугубляться при сочетании СД2 с тиреоидной дисфункцией.

Цель исследования – сравнительный анализ нарушений липидного обмена и окислительно-восстановительного баланса у женщин при сочетании СД2 и гипотиреоза в Ираке.

Материал и методы. В работе использованы данные лабораторных анализов показателей липидного обмена и окислительного стресса, полученные в клинической лаборатории Diwaniyah Teaching Hospital Laboratory (Diwaniya, Ирак) у 88 женщин с СД2, гипотиреозом, сочетанием СД2+гипотиреоз, а также у женщин без гормональной патологии (условный контроль).

Результаты и их обсуждение. Установлено, что и при гипотиреозе, и при СД2 наблюдаются выраженная дислипидемия и явления окислительного стресса. При сочетании СД2+гипотиреоз отклонения показателей липидного обмена, но не окислительного стресса, усиливаются. Изучение корреляционных взаимосвязей и дискриминантный анализ данных свидетельствуют, что нарушения липидного обмена обусловлены в первую очередь изменениями триглицеридов при дефиците как инсулина, так и тиреоидных гормонов, в то время как при сочетании СД2+гипотиреоз механизмы регуляции метаболических путей включают изменения холестерина и ЛПВП.

Заключение. Нарушения липидного обмена и сдвиг окислительно-восстановительного баланса в сторону окисления и при СД2, и при гипотиреозе играют важную роль в патогенезе данных гормональных патологий, но решающее значение в усугублении метаболических нарушений при сочетании СД2+гипотиреоз имеет липидный дисбаланс, но не окислительный стресс. Выявление наиболее значимых факторов метаболических нарушений при сочетанной гормональной патологии может способствовать разработке более направленной коррекции сдвигов метаболических путей и повышению эффективности лечения.

Ключевые слова: сахарный диабет 2 типа, гипотиреоз, дислипидемия, окислительный стресс.

THE STUDY OF THE CONNECTION BETWEEN LIPID METABOLISM AND OXIDATION STRESS PARAMETERS WHEN TYPE 2 DIABETES IS COMBINED WITH IRAQ WOMEN HYPOTHYROIDISM

A.H.A.A. Al Zubaidi^{*,}, N.P. Kanunnikova^{*}**

^{}Education Establishment “Yanka Kupala State University of Grodno” (Belarus)*

*^{**}Diwaniyah Teaching Hospital Laboratory (Iraq)*

Oxidation stress and dislipidemia are obligatory components of pathogenesis of type 2 diabetes complications (DM2); they can become more complicated when DM2 is combined with thyroid dysfunction.

The research purpose is a comparative analysis of Iraq women lipid metabolism and oxidation and restore balance dysfunction when DM2 is combined with hypothyroidism since DM2 women patients have hypothyroidism far more often than men.

Material and methods. Laboratory analyses data of lipid metabolism and oxidation stress parameters which were obtained in the clinical laboratory of Diwaniyah Teaching Hospital Laboratory (Diwaniya, Iraq) were used in the study. 88 women with DM2, hypothyroidism, the combination of DM2+hypothyroidism as well as women without hormone pathology (control group) were studied.

Findings and their discussion. It was found out that hypothyroidism and DM2 exhibit clear dislipidemia as well as oxidation stress. When DM2 is combined with hypothyroidism deviations of lipid metabolism parameters, but not those of oxidation stress, increase. The study of correlation links and the discriminant analysis of the data testify to the fact that lipid metabolism disfunction is conditioned first of all by the transformations of triglycerides with the deficiency of both insulin and thyroid hormones, while in DM2+hypothyroidism combination mechanisms of metabolism regulation include cholesterol and HDL transformations.

Conclusion. Lipid metabolism disfunction and oxidation and restore balance shift in the direction of oxidation in both DM2 and hypothyroidism play an important role in the pathogenesis of these hormone pathologies; however, lipid disbalance but not oxidation stress has a decisive role in worsening of metabolic disfunctions in the combination of DM2+hypothyroidism. Identification of most significant factors of metabolic disfunctions in the combined hormone pathology can provide the elaboration of a more directed correction of metabolic way shifts and more efficient cure.

Key words: type 2 diabetes, hypothyroidism, dislipidemia, oxidation stress.

Дисфункция щитовидной железы и сахарный диабет (СД) являются двумя наиболее частыми хроническими эндокринными заболеваниями среди различных групп населения. Распространенность гипо- и гипертиреозов в Европе и США составляет около 6,6% взрослого населения; она увеличивается с возрастом и выше у женщин, чем у мужчин [1–3]. Частота дисфункции щитовидной железы среди пациентов с сахарным диабетом составляет не менее 11–17% [4; 5]. Тиреоидные гормоны стимулируют большинство метаболических путей и обеспечивают как анаболический, так и катаболический эффект. Гормоны щитовидной железы оказывают выраженное влияние на регуляцию метаболизма глюкозы, изменяя уровни инсулина и гормонов-антагонистов в крови, поступление глюкозы из кишечника в кровь, распад гликогена в печени и потребление ее периферическими, в первую очередь, жировой и мышечной, тканями [6]. Возникновение инсулинорезистентности при гипотиреозе связано с ослаблением транспорта глюкозы из кишечника в кровь, снижением действия лептина на гипоталамус, ухудшением поступления глюкозы из крови в ткани, повышением уровня циркулирующих свободных жирных кислот [7]. С другой стороны, при гипотиреозе торможение глюконеогенеза, приводящее к уменьшению отщепления глюкозы из молекул гликогена в печени, в определенной мере компенсируется недостаточной утилизацией глюкозы мышцами и другими периферическими тканями [6; 7].

Ишемия и гипоксия тканей, наблюдаемая при сахарном диабете, являются основными факторами, способствующими повышенному образованию продуктов свободнорадикального окисления и приводящими к развитию метаболических нарушений в тканях [8]. Окислительный стресс сопровождается различной степенью выраженности дефицита инсулина и инсулинорезистентности, являющимися обязательными компонентами патогенеза осложнений диабета [9; 10]. Связь между СД2 и дисфункцией щитовидной железы, вклад окислительного стресса в метаболический дисбаланс при сочетанной гормональной патологией рассмотрены пока недостаточно, но их изучение может помочь найти ответы на различные аспекты метаболических нарушений и обосновать новые подходы к их коррекции [12].

Нами были проанализированы нарушения липидного обмена и окислительно-восстановительного баланса у женщин с СД2 и гипотиреозом в Ираке, так как известно, что распространенность заболеваний щитовидной железы среди женщин-пациентов с СД2 гипотиреоз встречается значительно чаще (31,4%), чем у мужчин (6,9%) [4; 5].

Цель исследования – сравнительный анализ нарушений липидного обмена и окислительно-восстановительного баланса у женщин при сочетании СД2 и гипотиреоза в Ираке.

Материал и методы. В работе были использованы данные лабораторных анализов показателей липидного обмена и окислительного стресса, полученные в клинической лаборатории Diwaniyah Teaching Hospital Laboratory (Diwaniya, Ирак) у 88 женщин с установленными диагнозами СД2 (группа 1), гипотиреоз (группа 2), сочетание СД2 + гипотиреоз (группа 3). В группе условного контроля (группа 4) нашли применение данные лабораторных анализов у женщин без гормональной патологии. В каждой группе было обследовано по 22 женщины. Возраст исследуемых составил 42(41/44) года в группе 1, 42(40/44) года – в группе 2, 42,5(41/44) года – в группе 3, 42(41/43) года – в группе 4 пациенток.

Содержание общего холестерина (ХС), триглицеридов (ТГ), липопротеидов низкой плотности (ЛПНП), липопротеидов высокой плотности (ЛПВП) определяли с использованием наборов для химического анализа “Ruby” на модульном анализаторе Cobas 6000 (“Roche Diagnostics”, Швейцария) с применением биохимического модуля (Modular P800, Cobas 501) в плазме венозной крови, взятой после 12-часового голодания. Общую антиоксидантную активность (ОАОА) измеряли по методу ELISA с использованием набора Human Total Antioxidant Capacity ELISA Kit Bioassay Technology Lab. (Шанхай, Китай), содержание тиобарбитурат-реагирующих соединений (ТБКРС) – Human thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) Elisa Kit фирмы SunLong Biotech Co., LTD (Китай) и содержание восстановленного глутатиона (GSH) – Human Reduced glutathione ELISA Kit Bioassay Technology Lab. (Шанхай, Китай).

Статистическую обработку данных проводили с применением непараметрического дисперсионного анализа Краскела–Уоллиса. Количественные показатели представлены в виде медианы, нижнего и верхнего квартилей. Статистически значимыми считали отклонения при $p < 0,05$ (Bootstrap t-test). Для определения взаимосвязи использовали метод корреляционного анализа с определением коэффициента корреляции r и достоверности различия p (Bootstrapped-Pearson correlations). Оценку влияния отдельных факторов осуществляли с помощью дискриминантного анализа [12].

Результаты и их обсуждение. Анализ результатов лабораторных исследований показал, что в группах пациенток и с СД2, и с гипотиреозом уровень холестерина, ЛПНП и особенно триглицеридов был выше, а ЛПВП – ниже, чем в группе условного контроля (табл. 1). Соответственно индекс атерогенности в группе СД2 был в 3,5 раза, а в группе гипотиреоза в 4 раза больше, чем в контрольной группе. При сочетании же СД2+гипотиреоз отклонения всех показателей обмена липидов от уровня контроля оказались еще более выраженными. Так, индекс атерогенности в данной группе в 5,5 раза превысил таковые значения в контрольной группе, что свидетельствует об усилении дислипидемии и повышении риска развития атеросклероза при сочетанной гормональной патологии.

Содержание ТБКРС в группах СД2, гипотиреоза и СД2+гипотиреоз оказалось почти в 2 раза выше, чем в контрольной группе, тогда как ОАОА была в этих же группах ниже на 21–24–24% соответственно, а содержание глутатиона ниже на 43–41–44%, что является показателем выраженного сдвига окислительно-восстановительного баланса в сторону окисления как при СД2, так и при гипотиреозе. Однако в случае сочетанной гормональной патологии усиления явлений окислительного стресса не наблюдалось.

Таблица 1

Показатели липидного обмена и окислительного стресса у женщин с диабетом 2 типа и гипотиреозом

Показатели	Контроль	СД2	Гипотиреоз	Гипотиреоз+СД2
Холестерол, ммоль/л	4,36 (4,21/4,82)	6,02 (5,81/6,17)*	6,06 (5,87/6,33)*	6,69 (6,31/6,84)**†
Триглицериды, ммоль/л	2,03 (1,39/2,17)	3,7 (3,32/4,01)*	4,01 (3,47/4,14)*	4,12 (3,71/4,33)**†
ЛПВП, ммоль/л	1,69 (1,19/1,94)	0,80 (0,68/0,89)*	0,75 (0,59/0,85)*	0,59 (0,53/0,69)**†
ЛПНП, ммоль/л	3,67 (3,14/4,15)	4,82 (4,61/5,01)*	4,92 (4,74/5,14)*	5,11 (4,99/5,27)**†
ИА	1,88 (1,37/2,37)	6,51 (5,66/7,69)*	7,14 (5,95/10,61)*	10,4 (8,73/11,6)**†
ТБКРС, пг/мл	0,023 (0,019/0,029)	0,046 (0,041/0,051)*	0,044 (0,041/0,053)*	0,048 (0,043/0,057)*
ОАОА, ед/мл	2 (1,97/2,13)	1,58 (1,39/1,74)*	1,53 (1,48/1,79)*	1,52 (1,44/1,7)*
GSH, мкмоль/мл	962 (801/1018)	547 (522/610)*	564 (514/618)*	534 (507/560)*

Примечание. * – $P < 0,05$ по отношению к контролю; † – $P < 0,05$ по отношению к СД2; ‡ – $P < 0,05$ по отношению к гипотиреозу (на основании теста Муды).

Исследование корреляционных взаимоотношений между изменениями отдельных показателей продемонстрировало наличие в группе контроля только отрицательной корреляционной взаимосвязи между изменениями пар ЛПВП/ТГ ($p < 0,05$) (табл. 2). Аналогичная взаимосвязь прослеживалась

в группах и СД2, и гипотиреоза, но не при сочетании СД2+гипотиреоз. При гипотиреозе обнаружена также положительная корреляционная взаимосвязь между изменениями ЛПНП/ТГ ($p<0,05$), тогда как при СД2+гипотиреоз наблюдалась положительная корреляционная взаимосвязь только между изменениями ЛПВП/ХС ($p<0,05$). По-видимому, это может быть связано с тем, что сдвиги показателей липидного обмена сходны по направлению и обусловлены в первую очередь изменениями триглицеридов при дефиците как инсулина, так и тиреоидных гормонов, в то время как при сочетанной гормональной патологии формируются новые механизмы регуляции липидного обмена с активным участием холестерина и ЛПВП.

Таблица 2

**Корреляционные взаимосвязи
между показателями обмена липидов и окислительного стресса
у женщин с диабетом 2 типа и гипотиреозом ($r, *$ – $P<0,05$)**

Показатели	Контроль	СД2	Гипотиреоз	Гипотиреоз + СД2
ЛПВП – Холестерол	0,28	0,0762	0,295	0,678*
ЛПВП – Триглицериды	-0,62*	-0,65*	-0,526*	-0,215
ЛПНП – Триглицериды	0,249	0,417	0,625*	0,28

Анализ дискриминантных функций дает возможность оценить взаимосвязь между изменениями показателей липидного статуса и окислительного стресса на основании значений критерия Фишера. Чем больше значение критерия Фишера (F-искл.), тем более весомым является вклад данного показателя в общую дисперсию. По нашим данным (табл. 3), в исследуемых группах пациенток наиболее существенным оказалось влияние холестерина (F-искл.=16,37) и ЛПВП (F-искл.=12,13), что подтверждает данные табл. 2 о корреляционных взаимосвязях при сочетанной гормональной патологии. Значения коэффициента Фишера у других показателей были более низкими, однако во всех случаях они продемонстрировали высокодостоверную дискриминацию.

Таблица 3

**Результаты анализа дискриминантных функций
между показателями обмена липидов и окислительного стресса**

	Лямбда Уилкса	Частная Лямбда Уилкса	хи-квадрат	F-искл. (3,80)	p
Холестерол	0,07399404	0,6195731	214,8	16,373723	< 0,00001
Триглицериды	0,05400332	0,8489240	240,8	4,745647	< 0,00001
ЛПВП	0,06669739	0,6873539	223,4	12,129455	< 0,00001
Глутатион	0,05705250	0,8035532	236,3	6,519272	< 0,0001
ТБКРС	0,05216734	0,8788010	243,6	3,677708	< 0,015

Дискриминантный анализ также позволяет спроецировать распределение на плоскости двух главных компонент исследуемых параметров (рис.). В соответствии с данным рисунком 1-й корень обуславливает 99,3% общей дисперсии, а 2-й – лишь 0,6%. Выраженные расхождения показателей отмечаются между контрольной группой и группами с гормональной патологией, о чем свидетельствуют значения квадрата расстояния Махаланобиса между ними, равные 73,93 ($p<0,0001$) для группы СД2 и 85,62 ($p<0,0001$) для группы гипотиреоза. Более высокое значение квадрата расстояния Махаланобиса 114,46 ($p<0,0001$) для группы гипотиреоз+СД2 отражает сдвиг области расположения показателей данной группы на плоскости еще дальше от контрольной группы (рис.).

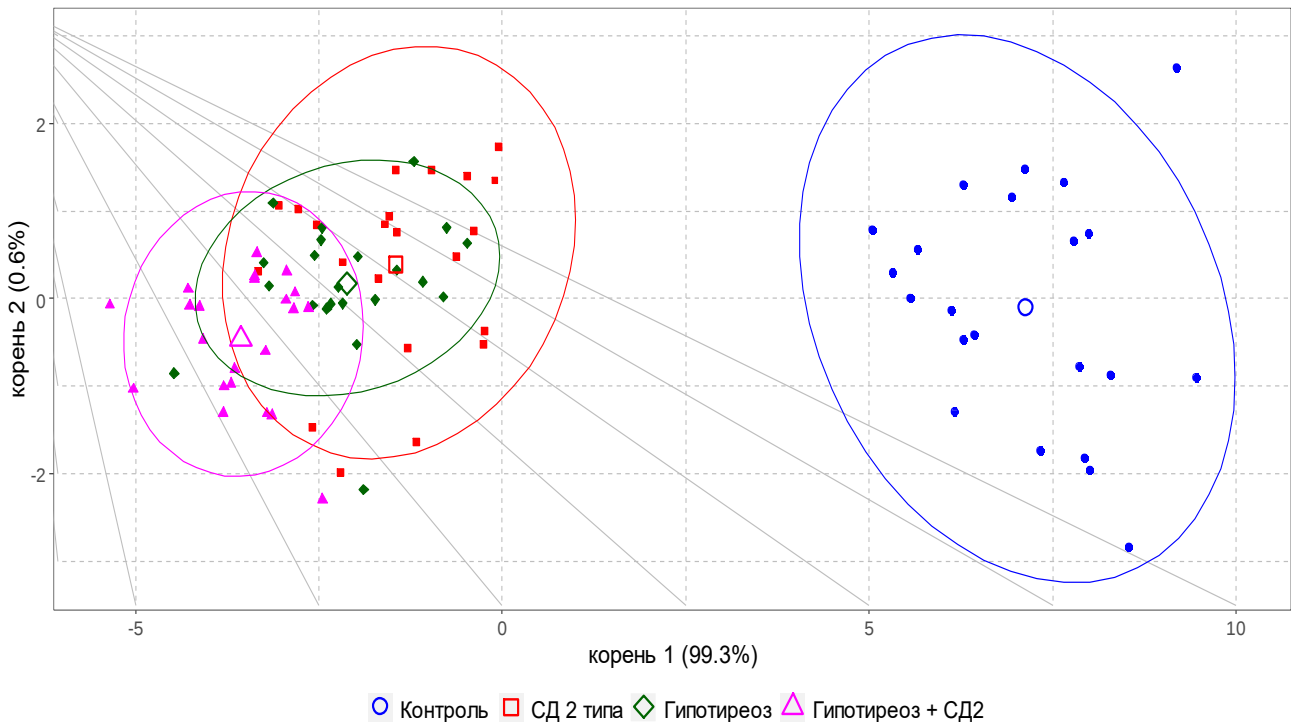


Рис. Проекция исследованных групп на плоскость двух главных компонент

Очевидно, это свидетельствует о том, что дислипидемия и сдвиг окислительно-восстановительного баланса, развивающиеся и при СД2, и при гипотиреозе, обусловлены сходными механизмами, но решающий вклад в усугубление метаболических нарушений при сочетанной гормональной патологии вносят нарушения липидного обмена, тогда как влияние окислительно-восстановительного дисбаланса хотя и имеет место, но не столь значимо.

Заключение. Проведенное нами изучение нарушений липидного обмена и показателей окислительного стресса у иракских женщин с гипотиреозом, СД2 и сочетанием СД2+гипотиреоз показало, что в группах и с гипотиреозом, и с СД2 наблюдаются выраженная дислипидемия и явления окислительного стресса. При сочетании СД2+гипотиреоз отклонения показателей липидного обмена усугубляются, тогда как окислительный стресс не усиливается. Анализ корреляционных взаимосвязей свидетельствует, что нарушения липидного обмена обусловлены в первую очередь изменениями триглицеридов при дефиците как инсулина, так и тиреоидных гормонов, в то время как при сочетании СД2+гипотиреоз механизмы регуляции метаболических путей включают изменения холестерина и ЛПВП. Степень выраженности окислительного стресса практически равная в группах СД2, гипотиреоза и СД2+гипотиреоз.

Результаты дискриминантного анализа данных в исследуемых группах пациенток подтверждают, что наиболее существенный вклад в усиление дислипидемии при сочетанной гормональной патологии вносят изменения уровней холестерина и ЛПВП. Нарушения липидного обмена и сдвиг окислительно-восстановительного баланса в сторону окисления и при СД2, и при гипотиреозе, обусловлены сходными механизмами, но решающее значение в усугубление метаболических нарушений при сочетанной гормональной патологии имеет липидный дисбаланс, но не окислительный стресс.

Использование дискриминантного анализа для интерпретации результатов исследования с оценкой дискриминантных функций Уилкса, квадрата расстояния Махаланобиса, построением расположения на плоскости двух главных компонент, определяющих наибольший процент различий между группами, дает возможность наглядно выявить степень различия между группами и направление метаболических нарушений при сочетании действия двух значимых факторов гормонального дисбаланса, а также их отличия от группы контроля. Это помогает определить наиболее важные точки, регулирующие метаболические потоки при сочетанной гормональной патологии, и может способствовать разработке более направленной коррекции сдвигов метаболических путей, развивающихся в этих условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shun, C.B. Thyroid autoimmunity in type 1 diabetes: systematic review and meta-analysis / C.B. Shun, K.C. Donaghue, H. Phelan, S.M. Twigg, M.E. Craig // *Diabet Med.* – 2014. – Vol. 31, № 2. – P. 126–135.
2. Han, C. Subclinical hypothyroidism and type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis / C. Han, X. He, X. Xia [et al.] // *PLoS One.* – 2015. – Vol. 10, № 8: e0135233.
3. Chaker, L. Thyroid function and risk of type 2 diabetes: a population-based prospective cohort study / L. Chaker, S. Ligthart, T.I. Korevaar [et al.] // *BMC Med.* – 2016. – Vol. 14, № 1. – P. 150–154.
4. Kadiyala, R. Thyroid dysfunction in patients with diabetes: clinical implications and screening strategies / R. Kadiyala, R. Peter, O.E. Okosieme // *Int. J. Clin. Practice.* – 2010. – Vol. 64, № 8. – P. 1130–1139.
5. Perros, P. Frequency of thyroid dysfunction in diabetic patients: value of annual screening / P. Perros, R.J. McCrimmon, G. Shaw, B.M. Frier // *Diabetic Medicine.* – 1995. – Vol. 12, № 7. – P. 622–627.
6. Brenta, G. Why can insulin resistance be a natural consequence of thyroid dysfunction? / G. Brenta // *J. Thyroid Res.* – 2011; 2011:152850.
7. Biondi, B. Thyroid Dysfunction and Diabetes Mellitus: Two Closely Associated Disorders / B. Biondi, G.J. Kahaly, R.P. Robertson // *Endocr. Rev.* – 2019. – Vol. 40, № 3. – P. 789–824.
8. Evans, J.L. Oxidative Stress and Stress-Activated Signaling Pathways: A Unifying Hypothesis of Type 2 / J.L. Evans, E.D. Goldfine, B.A. Maddux, G.M. Grodsky // *Diabetes Endocrine Reviews.* – 2002. – Vol. 23. – P. 599–622.
9. Занозина, О.В. Окислительный стресс: особенности при сахарном диабете, источники образования, характеристика составляющих, патогенетические механизмы токсичности (обзор) / О.В. Занозина // *Уральский мед. журнал.* – 2010. – № 1(66). – С. 79–87.
10. Paşaoğlu, H. Lipid peroxidation and resistance to oxidation in patients with type 2 diabetes mellitus / H. Paşaoğlu, B. Sancak, N. Bukan // *Tohoku J. Exp. Med.* – 2004. – Vol. 203. – P. 211–218.
11. Черданцев, Д.В. Роль окислительного стресса в патогенезе сосудистых осложнений сахарного диабета / Д.В. Черданцев, Л.П. Николаева, А.В. Степаненко, В.Ю. Дятлов // *Международ. журнал прикладных и фундамент. исследований.* – 2010. – № 5. – С. 127–130.
12. Crichtlow, D.E. On distribution-free multiple comparisons in the one-way analysis of variance / D.E. Crichtlow, M.A. Fligner // *Communications in Statistics: Theory and Methods.* – 1991. – Vol. 20, № 1. – P. 127–154.

REFERENCES

1. Shun, C.B. Thyroid autoimmunity in type 1 diabetes: systematic review and meta-analysis / C.B. Shun, K.C. Donaghue, H. Phelan, S.M. Twigg, M.E. Craig // *Diabet Med.* – 2014. – Vol. 31, № 2. – P. 126–135.
2. Han, C. Subclinical hypothyroidism and type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis / C. Han, X. He, X. Xia [et al.] // *PLoS One.* – 2015. – Vol. 10, № 8: e0135233.
3. Chaker, L. Thyroid function and risk of type 2 diabetes: a population-based prospective cohort study / L. Chaker, S. Ligthart, T.I. Korevaar [et al.] // *BMC Med.* – 2016. – Vol. 14, № 1. – P. 150–154.
4. Kadiyala, R. Thyroid dysfunction in patients with diabetes: clinical implications and screening strategies / R. Kadiyala, R. Peter, O.E. Okosieme // *Int. J. Clin. Practice.* – 2010. – Vol. 64, № 8. – P. 1130–1139.
5. Perros, P. Frequency of thyroid dysfunction in diabetic patients: value of annual screening / P. Perros, R.J. McCrimmon, G. Shaw, B.M. Frier // *Diabetic Medicine.* – 1995. Vol. 12, № 7. – P. 622–627.
6. Brenta, G. Why can insulin resistance be a natural consequence of thyroid dysfunction? / G. Brenta // *J. Thyroid Res.* – 2011; 2011:152850.
7. Biondi, B. Thyroid Dysfunction and Diabetes Mellitus: Two Closely Associated Disorders / B. Biondi, G.J. Kahaly, R.P. Robertson // *Endocr. Rev.* – 2019. – Vol. 40, № 3. – P. 789–824.
8. Evans, J.L. Oxidative Stress and Stress-Activated Signaling Pathways: A Unifying Hypothesis of Type 2 / J.L. Evans, E.D. Goldfine, B.A. Maddux, G.M. Grodsky // *Diabetes Endocrine Reviews.* – 2002. – Vol. 23. – P. 599–622.
9. Zanozina O.V. *Ural'ski med. zhurnal* [Ural Medical Journal], 2010, 1(66), p. 79–87.
10. Paşaoğlu, H. Lipid peroxidation and resistance to oxidation in patients with type 2 diabetes mellitus / H. Paşaoğlu, B. Sancak, N. Bukan // *Tohoku J. Exp. Med.* – 2004. – Vol. 203. – P. 211–218.
11. Cherdantsev D.V., Nikolayeva L.P., Stepanenko A.V., Diatlov V.Yu. *Mezhdunar. zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovani* [International Journal of Applied and Fundamental Research], 2010, 5, p. 127–130.
12. Crichtlow, D.E. On distribution-free multiple comparisons in the one-way analysis of variance / D.E. Crichtlow, M.A. Fligner // *Communications in Statistics: Theory and Methods.* – 1991. – Vol. 20, № 1. – P. 127–154.

Поступила в редакцию 11.02.2022

Адрес для корреспонденции: e-mail: Ali605783@gmail.com – Зубаиди А.Х.А.А.



ПЕДАГОГІКА

УДК 37.036:008:37.015.323:316.7

ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ПОЛИХУДОЖЕСТВЕННОГО ПОДХОДА В КОНТЕКСТЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЩЕКУЛЬТУРНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ПЕДАГОГА

Ю.С. Сусед-Виличинская

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

Решение проблемы формирования общекультурной компетентности учителя естественнонаучных дисциплин является особенно актуальным. В данном аспекте формирование общекультурной компетентности будущего учителя можно рассматривать в процессе освоения дисциплин социально-гуманитарного блока и специальных учебных дисциплин естественнонаучного направления. Принципиально новым положением является использование полихудожественного подхода как методологического основания формирования общекультурной компетентности будущих учителей естественнонаучных учебных предметов в условиях реализации принципов полифоничности, интегративности и контекстности.

Цель работы – теоретическое обоснование использования полихудожественного подхода в процессе формирования общекультурной компетентности учителя естественнонаучных дисциплин.

Материал и методы. *Исследование опирается на основные положения социально-гуманитарной (философия, язык, литературоведение, искусствоведение, социология, психология, социальная психология, педагогика, экономика, политология и антропология) и специальной подготовки будущих учителей-естественников в учреждениях высшего образования. Для достижения поставленной цели использовались теоретические методы: исторический и логический, дедукция, анализ, сравнение, обобщение.*

Результаты и их обсуждение. *Общекультурное содержание образования находит отражение как в программах социально-гуманитарных дисциплин, так и в специальных профессиональных дисциплинах будущих учителей-естественников. В статье также рассмотрены и проанализированы идеи, послужившие основой разработки и создания Концепции полихудожественного воспитания детей и школьников (Б.П. Юсов).*

Заключение. *Полихудожественный подход как методологическое основание и конкретизирующие его принципы полифоничности, интегративности и контекстности реализуют идею интеграции, обеспечивая содержательную взаимосвязь между естественными науками, культурой и искусством. Указанный подход определяет вектор интеграции, который характеризует естественнонаучные дисциплины не только с позиций взаимодействия с миром прекрасного и миром высоких чувств, но и с личностно осознанным восприятием персоналий естественнонаучного мира, их научной и творческой деятельности. Полихудожественный подход сдвигает вектор интеграции в культурологическом направлении.*

Ключевые слова: *общекультурная компетентность, дисциплины социально-гуманитарного блока, специальные учебные дисциплины естественнонаучной направленности, культурологическое наполнение, полихудожественный подход, полифоничность, интегративность, контекстность, мыследеятельность.*

THEORY AND METHODOLOGY OF THE POLYARTISTIC APPROACH IN THE CONTEXT OF SHAPING TEACHER GENERAL CULTURAL COMPETENCY

Yu.S. Sused-Vilichinskaya

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

Addressing the issue of shaping Natural Science teacher general cultural competency is especially topical. In this context shaping the would-be teacher general cultural competency can be considered in the process of social and humanitarian discipline training as well as Natural Science special disciplines. Absolutely new is the assumption of using a polyartistic approach as a methodological basis for shaping general cultural competency of would-be Natural Science teachers while implementing principles of polyphony, integrativity and contexting

The research purpose is a theoretical substantiation of using the polyartistic approach in the process of shaping general cultural competency of the Natural Science teacher.

Material and methods. *The study relies on basic assumptions of the social and humanitarian (Philosophy, Language, Literature Critics, Art Studies, Social Science, Psychology, Social Psychology, Science of Education, Economics, Political Science and Anthropology) as well as special training of would-be Natural Science teachers at universities. To reach the goal the theoretical methods were used: historical and logical, deduction, analysis, comparison, generalization.*

Findings and their discussion. *The general cultural content of education is reflected both in social and humanitarian curricula and in special professional disciplines. Ideas which underlie the development and creation of the Concept of Polyartistic Education of Children and Schoolchildren (B.P. Yusov) are also highlighted in the article.*

Conclusion. *The polyartistic approach as a methodological basis as well as principles of polyphony, integrativity and contexting, which specify it, implement the idea of the integration by providing content connection of natural sciences, culture and art. The polyartistic approach identifies the integration vector which characterises natural science disciplines not only from the point of view of the interaction with the world of beauty and upper feelings but also with personality conscious perception of natural science world people, their scientific and artistic activities. The polyartistic approach shifts the vector of integration in the direction of culture.*

Key words: *general cultural competency, social and humanitarian disciplines, special academic disciplines of natural science slant, cultural filling, polyartistic approach, polyphony, integrativity, contexting, the activity of thinking.*

Существует достаточно много авторских определений общекультурной компетентности. Мы можем выделить следующие трактовки данного понятия: определение вне взаимосвязи с профессиональной компетентностью; выход за пределы профессиональной компетентности (Н.С. Розов); единство общей и профессиональной культуры; основа для формирования профессиональной компетентности в целом; основа для формирования отдельных составляющих профессиональной компетентности.

Мы рассматриваем общекультурную компетентность учителя как интегративное качество личности, обеспечивающее единство общей и педагогической культуры и обуславливающее способность к «погружению» в культурный контекст преподаваемого предмета [1].

Цель статьи – теоретическое обоснование использования полихудожественного подхода в процессе формирования общекультурной компетентности учителя естественнонаучных дисциплин.

Материал и методы. Исследование опирается на основные положения социально-гуманитарной (философия, язык, литературоведение, искусствознание, социология, психология, социальная психология, педагогика, экономика, политология и антропология) и специальной подготовки будущих учителей-естественников в учреждениях высшего образования. Для достижения поставленной цели использовались теоретические методы: исторический и логический, дедукция, анализ, сравнение, обобщение.

Результаты и их обсуждение. Общекультурное содержание образования включает определенные аспекты изучаемых наук, искусств, отечественных и мировых традиций и других сфер человеческой деятельности. А.В. Хуторской рассматривает обобщенный социальный опыт, созданный специалистами в соответствующих областях человеческой деятельности (учеными, писателями, художниками, музыкантами, инженерами и т.д.), как основу общекультурного содержания образования. При этом предполагается, что предметом данной деятельности являются реальные объекты, которые можно

выделить в качестве фундаментальных достижений человечества. Это обеспечивает возможность личностного самоопределения в отношении различных смысловых подходов к решению гуманитарных, естественнонаучных, технологических и иных образовательных задач [2].

Важная роль в формировании общекультурной компетентности отводится дисциплинам социально-гуманитарного блока. Прежде всего, это история белорусской государственности, современная политэкономия и философия. Совершенствование их содержания продиктовано временем и необходимостью повышения воспитательного потенциала всего образовательного процесса. Обновленное содержание социально-гуманитарных дисциплин позволит создать условия для повышения качества и эффективности подготовки специалистов. Сегодня мало дать знания – нужно воспитать настоящего гражданина и патриота. Социально-гуманитарная подготовка студентов в учреждениях высшего образования базируется на формировании и развитии социально-личностных компетенций, основанных на гуманитарных знаниях, эмоционально-ценностном и социально-творческом опыте. Все это направлено на формирование гражданских, социально-профессиональных и личностных качеств [3].

Формирование общей культуры будущего учителя опирается на идеи, заложенные в работах педагогов и философов прошлого. Впоследствии они послужили основой создания и разработки полихудожественного подхода в педагогике. Решение проблемы взаимодействия искусств в художественном образовании подрастающего поколения активизировалось в середине XX века. Идея синтеза разных видов искусств в процессе сохранения суверенности каждого из них привела к созданию концепций и систем Д.Б. Кабалевского, Б.Т. Лихачева, Б.С. Мейлаха, Б.М. Неменского (табл. 1).

Таблица 1

Концепции и системы, построенные на идеях синтеза разных видов искусств

№	Фамилия	Концепция	Цель
1.	Кабалевский Д.Б. (1904–1987)	Художественно-педагогическая концепция музыкального воспитания детей	Формирование музыкальной культуры школьников как части их духовной культуры
2.	Лихачев Б.Т. (1929–1999)	Концепция эстетического воспитания	Формирование потребности и способности понимать, оценивать и строить жизнедеятельность «по законам красоты»
3.	Неменский Б.М. (род. 1922)	Программа «Изобразительное искусство и художественный труд»	Духовно-нравственное развитие, формирование представлений о человечности, доброте и культурной полноценности в восприятии мира

Нельзя не отметить идеи комплексного изучения художественного творчества, представленные взаимодействием общественных и естественных наук: философии, психологии, истории, науками естественными и математическими (учение о высшей нервной деятельности, биология, физиология, математика, кибернетика). Связи и взаимодействия искусствознания с другими науками, как утверждает Б.С. Мейлах (1909–1987), можно выразить следующим образом: искусствознание (искусствоведение) использует данные, средства и методы различных наук или способствует этим наукам в изучении художественного творчества в собственных, специальных аспектах. Но комплексное изучение художественного творчества во взаимодействии усилий всех наук, в той или иной степени участвующих в исследовании этой тончайшей и сложнейшей сферы духовной жизни, будет способствовать дальнейшему прогрессу теории и практики художественной культуры [4, с. 9–28].

Сформулированные и апробированные вышеуказанные положения в определенной степени обусловили появление идеи полихудожественного подхода к преподаванию дисциплин художественно-эстетического цикла.

Преподавание искусства в общеобразовательной школе всегда исследовалось с позиций исторического развития страны. Часто эти взгляды были диаметрально противоположны: концепция «мозаичности» культуры и зависимость вкуса и художественных предпочтений школьников от школьного урока и образованности учителя, графическая грамота и отсутствие обязательных уроков искусства в школе.

Б.П. Юсов (1934–2003) предложил и научно обосновал новую модель развития целостного художественного сознания ребенка и природу взаимодействия искусств. Им было введено понятие «полихудожественное воспитание» детей и школьников, которое было сформулировано как форма общения к искусству, позволяющая понять истоки разных видов художественной деятельности и приобрести базовые представления и навыки из области каждого искусства (обучение исходит из взаимодействия слова, звука, цвета, движения, пространства, формы и жеста). Ведь монохудожественный и искусствоведческий подходы к преподаванию художественных дисциплин предполагают построение занятий на основе изолированной профессиональной системы одного какого-либо вида художественной деятельности.

Таким образом, возникла необходимость «разведения» понятий «взаимодействие искусств», «интеграция искусств» и «полихудожественный подход к освоению искусства». Первый уровень взаимодействия искусств представлен в рамках межпредметных связей, что предполагает сопоставительное сравнение информации, вносящее разнообразие в учебно-воспитательный процесс. Второй уровень взаимодействия искусств предполагает интеграцию в контексте формирования художественного образа с помощью выразительных средств различных видов художественного творчества. Третий, высший, уровень рассматривает взаимодействие искусств как связь отдельных дифференцированных частей и функций системы в единстве. Данное положение определено Б.П. Юсовым как полихудожественный подход (табл. 2).

Таблица 2

Сущность и преемственность понятий «взаимодействие искусств», «интеграция искусств» и «полихудожественный подход к освоению искусства»

Взаимодействие искусств	Интеграция искусств	Полихудожественный подход к освоению искусства
строится на разном уровне и в разных формах, в том числе предполагает соединение общедоступных занятий искусством с глубинным изучением одного из них (взаимное иллюстрирование искусств при общей теме занятия)	предполагает взаимное проникновение разных видов художественной деятельности в едином занятии на основе их взаимопомощи и дополнительности	выступает как способ организации художественного воспитания в полном единстве с умственным, нравственным, общественно-политическим, трудовым и физическим развитием детской личности (всесторонняя подготовка к адаптации в многообразной художественной жизни общества и обращению художественных богатств человечества на личное духовное и материальное благополучие)

В 1987 году Б.П. Юсовым была создана Лаборатория комплексного взаимодействия искусств при Институте художественного образования РАО. Ключевая позиция научных разработок основывалась на интеграции различных видов художественной деятельности:

– выход за рамки искусства (география, природная среда, история конкретного народа и его отношения с другими народами);

– связь с развитием культуры в широком смысле слова (мысль, наука, техника, градостроительство, коммуникации, духовные и нравственные традиции);

– перенос педагогического акцента с изучения памятников («память») на творческое проявление самих детей (детское художественное творчество как реализация культурных традиций и мировой художественной культуры, как трансформация культурного потенциала человечества в рамках духовного творчества самих школьников);

– обращение к художественной региональной культуре, региональному компоненту образования, искусству и родному языку региона в связи с мировым художественным процессом.

Педагогические и методические принципы интеграции и взаимодействия искусств представлены авторскими принципами духовного возвышения; живого общения с сенсорной основой видов искусства и видов художественной деятельности школьников; полихудожественным подходом к организации занятий отдельными видами искусства; сенсорным насыщением и утончением детских представлений; опорой на детское творчество и развитие разных видов художественного творчества.

Проблема массового преподавания искусства в общеобразовательной школе, его развивающее и воспитательное значение для всех учащихся, независимо от их одаренности, послужили поводом для разработки Концепции образовательной области «Искусство» в школе (2000 г.). Опираясь на исследования в области естественных наук, историю развития искусства и общества, направления художественной педагогики, Б.П. Юсов сформулировал концептуальные положения полихудожественного подхода к процессу интегрированного освоения искусства учащимися 1–11 классов, выделил закономерности, принципы и направления.

По замыслу Б.П. Юсова, Концепция предлагала не просто прогноз развития образования (этапы и ступени, временные рамки совершенствования образовательной системы на данный конкретный период исторического развития страны), но и являлась частью экономического развития. Ведь образование предполагает вложение бюджетных средств (плановая подготовка педагогических кадров нужного профиля, выпуск учебников и пособий, производство материальных средств и учебного оборудования в промышленных масштабах). Методологической основой данной Концепции явился культурологический подход, осуществляющий преподавание искусства на базе как отдельных предметов художественного цикла, так и других учебных предметов, в частности, естественно-математических.

Следует обратить внимание на два положения, являющиеся ключевыми:

– искусство как вид деятельности синкретично по своему воздействию на человека в целом, а не дополнительно по своей роли;

– средства искусства можно применять в процессе познания других видов деятельности, компенсируя некоторые искажения в умственной или эмоциональной сфере.

Таким образом, в конце 1980-х годов в Лаборатории комплексного взаимодействия искусств Института художественного образования РАО в опытно-поисковом порядке были разработаны интегрированные полихудожественные программы для общеобразовательной школы на базе следующих видов искусства: музыка, изобразительное искусство, литература, театр, предметно-пространственная художественная среда, танец и элементы мировой художественной культуры.

Б.П. Юсов создал две научные школы на базе Института художественного образования РАО. Темой исследования первой научной школы была определена область художественного образования и художественно-творческого развития детей (1970–1987 гг.), в рамках второй научной школы разрабатывалось новое направление интегрированного обучения и полихудожественного воспитания детей и юношества (1987–2003 гг.).

В основе теоретико-экспериментальных исследований научных школ лежала проблема взаимодействия и интеграции различных видов искусства, гуманитарных и естественных наук. Решение данной проблемы позволило не только осуществлять полихудожественное развитие ребенка (подростка и т.д.), но и формировать у представителей различных возрастных категорий целостное представление о мире, а также воздействовать на духовную организацию личности, расширяя ее границы и возможности.

Вопросы использования в учебном процессе полихудожественного подхода разрабатывали Е.А. Ермолинская, Е.А. Захарова, Е.П. Кабкова, Т.Г. Пеня, Л.Г. Савенкова, Т.И. Сухова и др. под руководством Б.П. Юсова. Защищенные докторские диссертации реализовались в виде концепций педагогики искусства: интегрированного художественного образования Л.Г. Савенковой; развития высшего профессионального образования в сфере культуры и искусства О.В. Стукаловой; художественного обобщения на уроках искусства Е.П. Кабковой; педагогических технологий построения интеграционного образовательного пространства школы средствами искусства (концепция И.Э. Кашековой); педагогически организованной музыкальной среды как средства становления духовной культуры растущего человека Л.И. Уколовой; художественно-эстетического образования в профильной школе Л.Л. Алексеевой; интегративного подхода к реализации педагогического потенциала искусства в творческом развитии учащейся молодежи (концепция Е.Ф. Командышко) и т.д.

Проанализируем некоторые докторские диссертации, на основе которых разработаны вышеперечисленные концепции, в контексте нашего исследования. Следует отметить, что данные диссертации были защищены в первое десятилетие XXI века, но развитие их методологических положений и теоретических идей продолжается авторами и в настоящее время. Определяя ключевые положения диссертационных исследований, рассмотрим возможности их экстраполяции на естественнонаучные образовательные области в условиях современной гуманитарной образовательной парадигмы.

Л.Г. Савенкова разработала и реализовала комплексную программу «Изобразительное искусство и среда». Материал программы построен на взаимодействии художественного слова, изображения, музыки, движения и действия как видов искусств и рассчитан на использование различных тем, изучаемых параллельно на уроках истории, географии, естествознания, литературы и музыки (история культуры, нравы и обычаи разных народов, их обряды и праздники, характер организации жилища, своеобразие разных народов в освоении прилежащего к нему ландшафта, природной среды и ее особенностей). Особое значение имеет предметная, природная и социальная пространственная среда, которая важна в связи с региональными особенностями.

И еще одна позиция, которая, несомненно, заслуживает внимания. Причинно-следственные связи, основанные на интегрированном, системном подходе к освоению искусства, позволяют находить те звенья, которые объединяют науку, искусство, религию, быт, природу, обычаи, традиции и т.д., что способствует объединению информации о мире [5].

Таким образом, для будущих учителей естественнонаучных учебных дисциплин можно предложить следующие культурологические градиенты:

- результаты и методы научных исследований культурной деятельности, имеющие историко-культурную значимость;
- здания и сооружения, уникальные в историко-культурном отношении территории и объекты;
- произведения культуры и искусства (музыка, живопись, литература) общемирового, национального и регионального уровней;
- осознание значимости изучаемых теоретических положений и законов, объясняющих всё многообразие химических веществ и процессов, протекающих в окружающем мире;
- углубление понимания мировоззренческих идей, конкретизация их на новом материале;
- формирование нравственности человека и его гражданского долга.

Е.П. Кабковой была предложена педагогическая модель освоения школьниками постоянно увеличивающегося потока информации. В процессе реализации этой модели на уроках искусства в условиях резонансного взаимодействия направлений возрастного развития школьников и различных видов их самостоятельной творческой деятельности осуществлялось последовательное развитие их способности к художественному обобщению и переносу информации, что является определяющим в становлении самостоятельной творческой личности [6].

Безусловно, объемы знаний будущего учителя-естественника достаточно велики сами по себе. Освоение новой дополнительной информации необходимо осуществлять в рамках профессиографических особенностей деятельности учителя-естественника по решению проблемы взаимодействия естественнонаучной и гуманитарной культур.

Актуальность исследования И.Э. Кашековой обусловлена выявленными противоречиями между целостностью культуры и ее несогласованным фрагментарным представлением в различных учебных дисциплинах. Проектирование интеграционного образовательного пространства поможет преодолеть отдаленность учебных предметов друг от друга, от жизни и личного опыта ученика. Ведущими методологическими положениями данного исследования явились теория единства научной и художественной картины мира, личностно ориентированная педагогика сотрудничества, современные научные школы педагогики искусства, культурологии образования, видящей в творчестве проявление сущностных сил человека. Концепция интеграционного образовательного пространства школы построена на идее интеграции наук и искусств в учебном процессе и получила воплощение в «Образовательной программе» школы нового поколения. Теоретическое обоснование общепедагогической ценности методов искусства для активизации творческого потенциала в любом виде деятельности рассматривается в контексте становления учителя-специалиста, работающего в интеграционном образовательном пространстве школы [7].

Таким образом, научная и художественная картины мира взаимно дополняют друг друга. Но их формирование целесообразно осуществлять в рамках интеграционного образовательного пространства средствами естественнонаучных дисциплин. Естественнонаучную и художественную картины мира можно представить следующими компонентами: общенаучным, общекультурным и специально-научным.

Общенаучный компонент предполагает использование сведений из истории и методологии естественных наук, а также изучение жизни и творческого пути великих ученых-естественников.

Общекультурный компонент направлен на интеграцию естественнонаучного содержания с живописью, скульптурой и ювелирным искусством; раскрытие роли музыкальных произведений в жизни ученых-естественников; применение фрагментов текстов литературных произведений с целью иллюстрации изучаемого материала; осуществление взаимосвязей естественнонаучного содержания с лексикой русского языка и совершенствование речевой культуры учащихся при обучении химии, физике, биологии и географии; проведение внеклассных мероприятий с историко-искусствоведческим содержанием (конкурсы, викторины, блицтурниры, интеллектуальные разминки); систематическое использование регионального материала при выборе сюжетов, заданий, иллюстраций, экскурсий и лабораторного эксперимента.

Специально-научный компонент рассматривает науку как феномен культуры и как духовную деятельность; как систему, которая подчеркивает ее специфическую роль в человеческой культуре. Особое внимание отводится веществам и материалам, составляющим основу скульптуры, живописи, стеклоделия, гончарного, ювелирного искусства; влиянию окружающей среды на памятники истории и культуры, проблемам сохранения и реставрации произведений искусства.

Приоритеты профильной дифференциации преимущественно связаны с предметами естественнонаучного цикла и информационными технологиями. Художественно-эстетический профиль для старшей ступени школы (учебно-методическое обеспечение образовательного процесса и реальные возможности его постоянного обновления, оценка качества образования старшеклассников, совершенствование механизмов организации специализированной подготовки в данной области), по мнению Л.Л. Алексеевой, требует разработки теоретико-методологического обоснования и дидактического сопровождения.

Среди разработанных элективных курсов достаточно интересны «Музыкальная акустика (физические свойства музыкального звука)», «Музыкальный строй (Пифагоров строй и температура)», «Искусство шрифта в геодезии и картографии» и т.д. Их содержание направлено на интеграцию искусства в образование (физика, математика, география, биология и др.) в профильной школе. Определены направления специализированной подготовки: театральное, вокальное, инструментальное, декоративно-прикладное, танцевальное, изобразительное и экранное искусство, а также музыкально-компьютерные технологии, культурология, искусствоведение. Важно отметить критерии, позволяющие оценить образовательные достижения старших школьников: общая культура речи; полнота, содержательность и соответствие ответа требуемым вопросам; логика изложения мыслей, обоснованность собственных позиций, аргументация выводов; владение основными понятиями и категориями изучаемого предмета; оригинальность, своеобразие ответа (при оценке учебных достижений

в изучении профильных учебных предметов); наличие собственной художественной идеи, соответствие избранных способов реализации задуманного, самостоятельность и свобода в решении художественно-практических задач, новизна и своеобразие исполнения, воплощения, понимание границ эстетически дозволенного (при оценивании художественно-творческих достижений) [8].

В нашем понимании художественные категории (в музыке, живописи, литературе) должны иметь непосредственное отношение к личностям исследователей-естествоиспытателей, проблемам экологии и сохранения цивилизации, а также развитию естествознания в целом:

- эстетические тенденции и творческие замыслы писателя, поэта, композитора, художника, архитектора и т.д.;

- ассоциативное «видение» литературного и музыкального произведения, «слушание» произведений изобразительного искусства;

- национальные традиции художественной культуры;

- личностно ориентированные интересы будущих учителей естественнонаучных дисциплин.

Модель творческого развития учащейся молодежи, разработанная Е.Ф. Командышко, строится на реализации педагогического потенциала искусства не только в художественно-эстетическом образовании старших школьников, но и в отдельных областях гуманитарных дисциплин высших учебных заведений. Личностно ориентированная технология объединяет векторные подходы: культурологический, поликультурный, полихудожественный, личностно-деятельностный. Они направлены на активизацию познавательных-практических и эмоционально-эстетических процессов, а также на расширение сферы творческой деятельности и реализацию арт-проектов. Это способствует обеспечению полноценного участия молодежи в создании материальных и духовных ценностей; повышению качества культурного общения, уровня культуры труда и профессиональной компетентности [9]. Добавим, что Б.П. Юсов рассматривал значимость воображения как вектора будущего и исследовал три вектора пространства и времени (прошлое, настоящее и будущее). Л.Г. Савенкова отмечает горизонтальный (мир профессионального продукта, где сконцентрированы все виды искусства) и вертикальный (мир воображения, возвышения и очищения духовного содержания искусства) векторы художественного пространства.

В педагогической науке понятие «вектор» употребляется применительно к развитию современного образовательного процесса; технологий обучения, педагогических подходов и т.д. В развитии стратегии естественнонаучного образования в рамках полихудожественного подхода вектор смещает свое направление в сторону искусства и культуры.

Указанный подход ставит своей целью развитие творческих потенциалов будущих специалистов независимо от специфики их деятельности. Рассмотрим возможности использования полихудожественного подхода в рамках естественнонаучного образования.

Прежде всего, это применение общенаучных принципов дополнительности, соответствия, причинности, симметрии, единых для науки и культуры. Центральное место отводится основным понятиям естествознания (материя, пространство, время, энергия, взаимодействие и др.) как универсальным категориям культуры. Философские воззрения на понятие культуры заключаются в осмыслении ее методологических подходов (аксиологического и деятельностного), функций (ценностно-гуманистической, информативной, нормативной и аккумулятивной) и структурных компонентов (мировая и национальная культура; классовая; городская и сельская; профессиональная; духовная и материальная). И, безусловно, возможности литературных и музыкальных произведений, шедевров изобразительного искусства целесообразно рассматривать с позиций использования их в работе учителя-естественника.

Принципами реализации полихудожественного подхода как избранного основания при формировании общекультурной компетентности будущих учителей естественнонаучных учебных предметов выступают полифоничность, интегративность и контекстность.

Научное обоснование полифонии как области музыкального мышления и направления музыковедения была предпринята на стыке XIX–XX веков. С.С. Скребков отмечает мелодическую самостоятельность голосов, их сочетание и развитие как неотъемлемый признак полифонии. Различные виды и формы полифонического многоголосия присутствуют как в народной музыке, так и в музыке профессиональных композиторов [10, с. 7–8].

Понятие «полифонический роман» было введено в литературную критику М.М. Бахтиным по отношению к роману Ф.И. Достоевского «Преступление и наказание». Позиции и действия героев этого романа анализируются в музыкальном контексте: голоса персонажей имеют самостоятельные партии, находящиеся порой в диссонансном соотношении. Полифоническая концепция М.М. Бахтина отражает суть диалога, раскрывает идею диалогической картины мира. Культура диалогического общения, по его мнению, является отражением жизни в сознании других людей и основана на взаимодействии равноценно авторитетных идеологических позиций [11].

Полифония в различных аспектах используется в киноискусстве: С.М. Эйзенштейн (вертикальный монтаж), Ф. Феллини (полифоничная драматургическая структура), А.А. Тарковский (диалог со зрителем-интеллектуалом), А. Курасава (изобразительное моделирование кинематографического пространства), Ж.-Л. Годар (традиционный повествовательный ряд и авторский дискурс) и т.д.

Возможность интерпретации полифонических методов в изобразительном искусстве и трансформации принципов развития музыкальной ткани в визуальном изображении характерна для творчества швейцарского художника XX века П. Клее (Д.В. Бриткевич).

Полифоническое художественно-образное мышление литовского художника и композитора М. Чюрлёниса реализовывалось в художественном, музыкальном, поэтическом и философском творчестве, которое можно определить как разнообразные, но взаимосвязанные направления деятельности (И.Б. Ветрова, М.Б. Зацепина).

Полифоничность в проявлении общекультурной компетентности будущих учителей естественнонаучных учебных предметов можно обозначить двумя векторами: естественнонаучным и искусствоведческим. Каждый из них имеет свою самостоятельную линию, но точки пересечения достаточно консонансные: многие ученые либо сами занимались художественным творчеством (музыкой, литературой, живописью и т.д.), либо обладали незаурядными знаниями в искусстве и тонким эстетическим вкусом. Не следует забывать, что благодаря научным изысканиям возможности искусства расширились. В свою очередь, объектом творчества становились как ученые, так и достижения науки.

По мнению В.М. Розина, современное мышление подчиняется постулатам порождения, контекстности и полифоничности. Проанализируем постулат полифоничности в контексте естественнонаучного и гуманитарного мышления. Естественные науки, природа, техническая культура и т.д., безусловно, находятся в некоторой оппозиции к педагогике, критике, художественному творчеству, образованию, самообразованию и другим гуманитарным видам деятельности и практики. Однако восприятие и понимание личности ученого, политика, художника, человека иной культуры невозможно без использования соответствующих научных знаний. Подобная позиция распространяется и на процессы объяснения определенных культурных или духовных феноменов, создания или влияния на культурные процессы (сферы деятельности). Именно данная позиция подчеркивает взаимодействие естественнонаучного и гуманитарного мышления [12, с. 127].

Учебная деятельность на любом уровне предполагает развитие мыследеятельностных способностей, которые включают следующие компоненты: мышление, воображение, рефлекссию, понимание, осмысление, способность к коммуникации и самоорганизации действий и деятельности.

Мыследеятельность как научное направление сформировалась на базе Московского методологического кружка в середине XX века (Г.П. Щедровицкий, О.И. Генисаретский, О.С. Анисимов и др.). Посредством рассмотрения Мышления как мыследействования и определения данной позиции в целом как Деятельности был сформулирован принцип воспроизводства деятельности и трансляции культуры. Таким образом, комплекс интеллектуальных и коммуникативных процессов был включен в контекст организованной коллективной мыследеятельности.

Способы осуществления той или иной деятельности в процессе понимания и осмысления учебного материала должны дополняться разнообразными приемами обучения. Это дает определенную свободу в применении конкретного способа в рамках индивидуальных особенностей исполнения и позволяет осуществлять рефлексивную деятельность.

В системомыследеятельностной методологии рефлексия трактуется как исследовательское направление в мышлении и деятельности, как процесс, связанный с построением представлений и знаний о самой деятельности, а также обращение мышления и деятельности на самих себя. Как правило, рефлексия направлена на выявление объективных затруднений, возникающих при любой

деятельности, поиски причин этих затруднений и средств их преодоления. Благодаря разработке проекта будущей деятельности и возвращению к ней из рефлексивного состояния появляется возможность достижения цели и развития деятельности в целом. Следует отметить особенность методологического и теоретико-деятельностного подхода к рефлексии: рефлексия рассматривается не как процесс в сознании, но как процесс в деятельности и объясняется как эффект смены деятельностной позиции.

Анализируя данное понятие с эпистемологической точки зрения, А.Ю. Бабайцев определяет рефлексия как механизм связывания знаний об объекте со знаниями о деятельности. Тем самым рефлексия обеспечивает мыслительные переходы от объективной онтологии к представлениям о деятельности и обратно, сохраняя при этом непрерывность и связность движения мысли [13, с. 21].

Идея интеграции на методологическом уровне предложена в исследованиях Н.С. Антонова, М.Н. Берулавы, В.С. Данюшенкова, С.И. Корнеева, В.Н. Максимовой, Г.Ф. Федорца, М.Г. Чепикова и др. Дидактические и методические аспекты проблемы интеграции в образовании и обучении школьников рассмотрены в научных публикациях Ю.В. Шибановой, Н.Б. Симаковой, Т.В. Куреневой, Н.В. Ромашкиной, Т.В. Кирилловой и др.

Отдельно остановимся на принципе интегративности с позиций В.А. Игнатовой. При определении интегративности как объединения и взаимодействия разнопредметных знаний в единую, целостную, стройную систему через общие принципы познания окружающего мира интеграция естественнонаучного и гуманитарного знания требует достаточно серьезного обоснования, особенно в области соприкосновения с ненаучным знанием [14]. По мнению О.Л. Жук, междисциплинарная интеграция является важным методологическим фундаментом для внедрения идей устойчивого развития в подготовку современных специалистов. Ведь проблемы устойчивого развития носят междисциплинарный характер, а готовность выпускника к их разрешению базируется на системном гуманитарном мышлении и достаточно развитой универсальной естественнонаучной компетентности. Таким образом, междисциплинарная интеграция предполагает согласование в логику прикладной направленности всех составляющих учебного процесса вуза (целей, результатов, содержания, форм и методик обучения). Содержательно-технологическая взаимосвязь учебных дисциплин с актуальными научно-прикладными проблемами обуславливает единство процессов обучения и воспитания в процессе получения высшего образования [15].

Нельзя не согласиться с позицией Р.В. Степанец, определяющей интеграцию не только как процесс и результат объединения знаний, способов познания и деятельности на какой-либо общей платформе. Целостное восприятие окружающего мира, понимание и осознание роли и места человека в системе Мироздания лежит в основе проектирования и реализации содержания как образовательных областей, так и отдельных учебных предметов, организационных форм, методов обучения и способов деятельности. А целостное восприятие обучающимися объектов, предметов, явлений и процессов действительности способствует гармоничному развитию личности в условиях общеобразовательного учреждения [16].

Можно утверждать, что будущий учитель естественнонаучных дисциплин должен быть готов к самореализации не только на профессиональном уровне, но и в процессе творческой деятельности. Для этого необходимо сформировать интегрированную целостную систему универсально-синтетических знаний и универсально-функциональной творческой деятельности посредством предметной квалификации будущего учителя.

Рассмотрим понятие «контекст» как смыслообразующую категорию, обеспечивающую уровень личностного включения не только в процессы познания, но и овладения профессиональной деятельностью. На философском уровне постулат контекстности понимается как научная и техническая реальности, персоналистская рациональность, групповое мышление и культурное мышление (В.М. Розин).

Контекстное обучение (А.А. Вербицкий) осуществляется с помощью трех типов взаимосвязанных моделей: семиотической, имитационной и социальной. Моделирование будущей профессиональной деятельности формирует предметную и социальную компетентность студентов. Содержательное наполнение структурных компонентов системы интеллектуальных и социальных отношений преподавателя и студентов как субъектов образовательного процесса (потребностей, мотивов, целей,

действий, средств, предмета и результата) составляет объективную предпосылку зарождения общекультурного мышления.

Г.В. Лаврентьев утверждает, что проектирование, организация и осуществление учебной, квази-профессиональной и учебно-профессиональной деятельности предполагает учет требований не только со стороны изучаемой науки, на основе которой строится учебный процесс, но и со стороны социального нормирования активности обучаемых [17].

Заключение. Таким образом, полихудожественный подход как методологическое основание и конкретизирующие его принципы полифоничности, интегративности и контекстности реализуют идею интеграции, обеспечивая содержательную взаимосвязь между естественными науками, культурой и искусством. Указанный подход характеризует вектор интеграции, который рассматривает естественнонаучные дисциплины не только с позиций взаимодействия с миром прекрасного и миром высоких чувств, но и с личностно осознанным восприятием персоналий естественнонаучного мира, их научной и творческой деятельности. Полихудожественный подход сдвигает вектор интеграции в культурологическом направлении.

В целом комплексность и универсальность авторского видения проблемы рассматриваемого подхода в формировании общекультурной компетентности будущего учителя естественнонаучных дисциплин позволяет связать исторические пути становления и развития специалиста с современностью: целостная личность обладает универсальными представлениями об окружающей действительности, которые формируются путем комплексного овладения языками искусства.

Сущность полихудожественного подхода к преподаванию естественнонаучных дисциплин (химии, биологии, физики, географии) необходимо исследовать на основе интеграции науки и искусства, представленного единством слова, звука, цвета и пространства. Соответственно, реализация полихудожественного подхода в преподавании естественнонаучных дисциплин исходит из интеграции естественнонаучного содержания с литературой, музыкой и изобразительным искусством.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сусед-Виличинская, Ю.С. Общекультурная компетентность педагога: дефиниция и структура понятия / Ю.С. Сусед-Виличинская // Вестн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2021. – № 2(111). – С. 85–97.
2. Хуторской, А.В. Метапредметное содержание образования с позиций человекообразности [Электронный ресурс] / А.В. Хуторской // Вестн. Ин-та образования человека. – 2012. – № 1. – С. 18–19. – Режим доступа: <http://eidos-institute.ru/journal/2012/100/> – Дата доступа: 01.02.2022.
3. Перечень специализированных модулей цикла социально-гуманитарных дисциплин [Электронный ресурс] / ВГУ имени П.М. Машерова. Образовательная деятельность. I ступень высшего образования – Режим доступа: <https://vsu.by/obrazovanie/i-stupen-vysshego-obrazovaniya/278-1-stupen-vysshego-obrazovaniya/260-perechen-spetsializirovannykh-modulej-tsikla-sotsialno-gumanitarnykh-distiplin.html>. – Дата доступа: 01.02.2022.
4. Мейлах, Б.С. Комплексное изучение творчества и музыковедение / Б.С. Мейлах // Проблемы музыкального мышления: сб. ст. / сост. и ред. М.Г. Арановский. – М.: Музыка, 1974. – 336 с.
5. Савенкова, Л.Г. Педагогические условия интегрированного освоения изобразительного искусства в общеобразовательной школе: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.01 / Л.Г. Савенкова; Институт художественного образования РАО. – М., 2001. – 48 с.
6. Кабкова, Е.П. Развитие способности школьников к художественному обобщению на уроках искусства: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02 / Е.П. Кабкова; Институт художественного образования РАО. – М., 2005. – 48 с.
7. Кашекова, И.Э. Педагогические технологии построения интеграционного образовательного пространства школы средствами искусства: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.08 / И.Э. Кашекова; Институт художественного образования РАО. – М., 2007. – 48 с.
8. Алексеева, Л.Л. Художественно-эстетическое образование в профильной школе: эволюция и перспективы развития: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02 / Л.Л. Алексеева; Институт художественного образования РАО. – М., 2009. – 51 с.
9. Командышко, Е.Ф. Педагогический потенциал искусства в творческом развитии учащейся молодежи: интегративный подход: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02 / Е.Ф. Командышко; Институт художественного образования РАО. – М., 2011. – 48 с.
10. Скребков, С.С. Полифония: учебник для СПО / С.С. Скребков. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 274 с. – (Сер.: Профессиональное образование).
11. Бахтин, М. Проблемы поэтики Достоевского / М. Бахтин. – М., 2002. – 167 с.
12. Розин, В.М. Контекстное, полифоническое мышление – перспектива XXI века / В.М. Розин // Общественные науки и современность. – 1996. – № 5. – С. 120–129.
13. Образование и повышение квалификации работников образования. Вып. 7: Методолого-педагогический словарь (препринт): сб. науч. тр. / М-во образования и науки Респ. Беларусь, Ин-т повышения квалификации и переподготовки руководящих работников и специалистов образования; под ред. Б.В. Пальчевского. – Минск, 1995. – 39 с.
14. Игнатова, В.А. Концепции современного естествознания: [Электронный ресурс] / В.А. Игнатова. – Режим доступа: https://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Science/ignatova/04.php (дата обращения 29.03.2021). – Дата доступа: 02.02.2022.
15. Жук, О.Л. Междисциплинарная интеграция на основе принципов устойчивого развития как условие повышения качества профессиональной подготовки студентов / О.Л. Жук // Вестн. Беларус. дзярж. ун-та. Сер. 4, Філалогія. Журналістыка. Педагагіка. – 2014. – № 3. – С. 64–70.
16. Степанец, Р.В. Интеграция как гносеолого-педагогический феномен / Р.В. Степанец // Вестн. Брян. гос. ун-та. – 2014. – № 1. – С. 95–99.
17. Лаврентьев, Г.В. Технология контекстного обучения: [Электронный ресурс] / Г.В. Лаврентьев. – Режим доступа: http://www2.asu.ru/crpkp/index.files/ucheb.files/innov/Part2/ch1/glava_1.html. – Дата доступа: 29.01.2022.

REFERENCES

1. Sused-Vilichinskaya Yu.S. *Vesn. Vitebsk. un-ta* [Bulletin of Vitebsk State University], 2(111), p. 85–97.
2. Khutorskoi A.V. *Vestn. In-ta obrazovaniya cheloveka* [Journal of Institute of Human Education], 2012, 1, p. 18–19. – Mode of access: <http://eidos-institute.ru/journal/2012/100/>. – Date of access: 01.02.2022.
3. *Perechen spetsializirovannykh modulei tsikla sotsialno-gumanitarnykh distsiplin. VGU imeni P.M. Masherova. Obrazovatel'naya deyatel'nost'* [List of Specialized Modules of Social and Humanitarian Discipline Cycle. VSU Academic Activity]. – Mode of access: <https://vsu.by/obrazovanie/i-stupen-vysshego-obrazovaniya/278-1-stupen-vysshego-obrazovaniya/260-perechen-spetsializirovannykh-modulej-tsikla-sotsialno-gumanitarnykh-distciplin.html>. – Date of access: 01.02.2022.
4. Meilakh B.S. *Problemy muzykal'nogo myshleniya: sb. st.* [Issues of Musical Thinking: a Collection of Articles], M.: Muzyka, 1974, 336 p.
5. Savenkova L.G. *Pedagogicheskiye usloviya integrirovannogo osvoyeniya izobrazitel'nogo iskusstva v obshcheobrazovatel'noi shkole: avtoref. dis. ... d-ra ped. nauk* [Pedagogical Conditions for Integrated Fine Arts Mastering in the General Secondary School: Dr.Sc. (Education) Dissertation Summary], RAE Institute of Art Education, M., 2001, 48 p.
6. Kabkova E.P. *Razvitiye sposobnosti shkolnikov k khudozhestvennomu obobshcheniyu na urokakh iskusstva: avtoref. dis. ... d-ra ped. nauk* [Development of Students' Ability of Artistic Generalization at Art Classes: Dr.Sc. (Education) Dissertation Summary], RAE Institute of Art Education, M., 2005, 48 p.
7. Kashekhova I.E. *Pedagogicheskiye tekhnologii postroyeniya integratsionnogo obrazovatel'nogo prostranstva shkoly sredstvami iskusstva: avtoref. dis. ... d-ra ped. nauk* [Pedagogical Technologies of Building Integrated Academic Space of School by Means of Art: Dr.Sc. (Education) Dissertation Summary], RAE Institute of Art Education, M., 2007, 48 p.
8. Alekseyeva L.L. *Khudozhestvenno-esteticheskoye obrazovaniye v profilnoi shkole: evolyutsiya i perspektivy razvitiya: avtoref. dis. ... d-ra ped. nauk* [Art and Aesthetic Education in the Specialized School: Evolution and Prospects of Development: Dr.Sc. (Education) Dissertation Summary], RAE Institute of Art Education, M., 2009, 51 p.
9. Komandysheko E.F. *Pedagogicheskiy potentsial iskusstva v tvorchestvom razvitiy uchashcheyshia molodezhi: integrativny podkhod: avtoref. dis. ... d-ra ped. nauk* [Pedagogical Potential of Art in the Creative Development of Students: An Integrative Approach: Dr.Sc. (Education) Dissertation Summary], RAE Institute of Art Education, M., 2011, 48 p.
10. Skrebkov S.S. *Polifoniya: uchebnik dlia SPO* [Polyphony: SPO Textbook], M.: Izdatel'stvo Yurait, 2018, 274 p.
11. Bakhtin M. *Problemy poetiki Dostoyevskogo* [Issues of Dostoyevski's Poetics], 2002, 167 p.
12. Rozin V.M. *Obshchestvennye nauki i sovremennost'* [Social Sciences and the Present Day], 1996, 5, p. 120–129.
13. Palchevski B.V. *Obrazovaniye i povysheniye kvalifikatsii rabotnikov obrazovaniya. Vyp. 7: Metodologo-pedagogicheskiy slovar: sb. nauch. tr.* [Education and Education Workers' Qualification Updating. Issue 7: A Methodological and Pedagogical Dictionary: A Collection of Articles], Minsk, 1995, 39 p.
14. Ignatova V.A. *Kontseptsii sovremennogo yestestvoznaniya* [Concepts of Contemporary Natural Science]. – Mode of access: https://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Science/ignatova/04.php. – Date of access: 02.02.2022.
15. Zhuk O.L. *Vesn. Belar. dzharzh. un-ta, Seriya 4, Filalogiya. Zhurnalistika. Pedagogika*. [Journal of Belarusian State University, 4, Philology. Journalism. Pedagogy], 2014, 3, p. 64–70.
16. Stepanets R.V. *Vestn. Brian. gos. un-ta* [Journal of Briansk State University], 2014, 1, p. 95–99.
17. Lavrentyev G.V. *Tekhnologiya kontekstnogo obucheniya* [Technology of Context Teaching]. – Mode of access: http://www2.asu.ru/cppkp/index.files/ucheb.files/innov/Part2/ch1/glava_1.html. – Date of access: 29.01.2022.

Поступила в редакцию 09.02.2022

Адрес для корреспонденции: e-mail: Sused-V62@mail.ru – Сусед-Виличинская Ю.С.

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ЗАНЯТИЙ СПОРТИВНОЙ БОРЬБОЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ УЧРЕЖДЕНИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

А.К. Сучков

*Учреждение образования «Витебская ордена “Знак Почета”
государственная академия ветеринарной медицины»*

Модель занятий спортивной борьбой представляет собой логически последовательную систему соответствующих элементов, включающих цель, содержание, структуру, педагогические технологии, управление учебно-тренировочным процессом.

Цель статьи – научное обоснование моделирования учебно-тренировочного процесса по спортивной борьбе для студентов спортивного учебного отделения.

Материал и методы. *В течение образовательного процесса по подготовке будущих специалистов в Витебской государственной академии ветеринарной медицины и Белорусской государственной сельскохозяйственной академии применялись следующие методы исследований: изучение литературных источников, анализ документов, опрос, педагогическое наблюдение, моделирование.*

Результаты и их обсуждение. *Автором представлен процесс создания модели занятий спортивной борьбой для обучающихся учреждений высшего образования, осваивающих обязательный для них курс учебной дисциплины «Физическая культура» в спортивном учебном отделении. В ходе формирования социально-личностных компетенций обучающихся учебная дисциплина «Физическая культура» направлена на укрепление здоровья и физическую готовность выпускников учреждений высшего образования к профессиональной деятельности. Кроме этого, образовательный процесс в спортивном учебном отделении имеет ярко выраженную спортивную направленность. Для интеграции образовательных компонентов указанных направлений в программно-методическое обеспечение физического воспитания обучающихся рационально создавать соответствующие модели обучения в различных учебных отделениях. В спортивном учебном отделении это будет модель учебно-тренировочного процесса обучающихся-спортсменов.*

Заключение. *Модель занятий спортивной борьбой в образовательном процессе учреждений высшего образования является интегральной составляющей в формировании физической культуры личности обучающегося. Создавая модель, следует учитывать специфику и объективное развитие области знаний, осваиваемых в учреждении высшего образования, требования социального заказа, предъявляемые к специалистам, кадровое обеспечение и материально-техническую базу кафедр физического воспитания и спорта.*

Ключевые слова: *физическая культура, обучающиеся, учреждение высшего образования, модель, спортивная борьба.*

CREATING A MODEL OF WRESTLING TRAINING IN THE ACADEMIC PROCESS OF HIGHER EDUCATION ESTABLISHMENTS

A.K. Suchkov

*Education Establishment “Vitebsk State Order of Badge
of Honor Academy of Veterinary Medicine”*

The model of wrestling training is a logically consistent system of relevant elements, including the purpose, content, structure, pedagogical technologies, management of the academic and training process.

The purpose of the article is scientific substantiation of modeling the academic and training process in wrestling for students of sport academic groups.

Material and methods. *During the academic process of training would-be specialists at Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine and Belarusian State Agricultural Academy the following research methods were applied: the study of research sources, analysis of documents, questionnaire, pedagogical observation, modeling.*

Findings and their discussion. The article presents the process of creating a model of wrestling training of higher education establishment students who do the compulsory course of the discipline "Physical Education" in sport academic groups. In the process of shaping social-personal competencies of students, the academic discipline "Physical Education" is aimed at strengthening the health and physical readiness of graduates of higher education establishments for professional activity. In addition, the academic process in the sport academic groups has a pronounced sports orientation. To integrate the academic components of these areas into the software-methodological support of physical education of students, it is proper to create appropriate student teaching models in various educational groups. In the sport academic groups, this will be a model of the academic and training process of student athletes.

Conclusion. The model of wrestling training in the academic process of higher education establishments is an integral component in shaping physical education of a student's personality. When creating the model, it is necessary to consider the specifics and objective development of the field of knowledge taught in the higher education establishment, the requirements of the social order imposed on specialists, staffing and material-technical base of the departments of physical education and sports.

Key words: physical education, students, establishments of higher education, model, wrestling.

Организация занятий спортивной борьбой в структуре образовательного процесса учреждений высшего образования (УВО) обусловлена необходимостью: формирования сборных команд по видам борьбы; повышения спортивного уровня обучающихся-борцов; подготовки инструкторов по спорту; мотивации обучающихся к освоению учебной дисциплины «Физическая культура». Для проведения занятий по спортивной борьбе в учреждении высшего образования требуется разработка их программного обеспечения. Повышению эффективности разработки будет способствовать метод моделирования.

Цель статьи – научное обоснование моделирования учебно-тренировочного процесса по спортивной борьбе для студентов спортивного учебного отделения.

В типовой учебной программе «Физическая культура» указано, что физическое воспитание обучающихся при получении высшего образования I ступени (дневная форма обучения) является обязательным в течение всего периода теоретического обучения и осуществляется на учебных занятиях по дисциплине «Физическая культура». При этом обучающиеся распределяются по учебным отделениям: основному, подготовительному, специальному и спортивному [1]. Значимость организации занятий в спортивном учебном отделении состоит в том, что обучающиеся в нем могут:

- готовиться к соревнованиям различного уровня, защищать спортивную честь своего УВО;
- организовывать занятия с обучающимися или сотрудниками по месту практики или работы;
- повышать спортивную квалификацию, создавать базу и продолжать свое физкультурно-спортивное образование в учреждениях (на факультетах, курсах переподготовки) спортивного профиля.

В то же время создание программного обеспечения учебно-тренировочного процесса по видам спорта связано с разрешением ряда проблемных вопросов. Так, Е.И. Чернышева, Н.И. Лавриненко, раскрывая проблемы организации учебно-тренировочного процесса, указывают на необходимость постоянного и своевременного внесения коррекции в тренировочные программы, на невысокий уровень мотивационно-потребностных ориентаций обучающихся к занятиям спортом, неоднородность состава занимающихся видом спорта в учреждении высшего образования. Авторы предлагают решать вышеназванные проблемы посредством моделирования учебно-тренировочного процесса и приводят пример адаптированной для занятий в условиях сельскохозяйственного вуза модели педагогической технологии обучения легкой атлетике [2]. Однако, как утверждает И.В. Вержбицкий, обращаясь к научным и методическим разработкам, мы сталкиваемся с тем, что в основном моделированием охватываются процессы тренировки спортсменов высокого уровня, а деятельность в рамках учебно-тренировочного процесса на начальном этапе подготовки практически не затрагивается [3]. Отечественные ученые также применяют методы моделирования в научных разработках, но их публикации, как правило, посвящены спортивной деятельности высококвалифицированных атлетов республиканского и мирового уровня [4; 5]. Следует отметить, что учебный материал подготовки по видам спорта, включая борьбу, представлен в учебнике для студентов вузов (1997) [6]. Но необходимо признать: отечественных разработок подобного уровня и содержания явно недостаточно.

Материал и методы. На рис. 1 представлена схема проведения нашего исследования, в котором мы использовали методы изучения литературных источников, анализа и синтеза, опроса, наблюдения, моделирования.

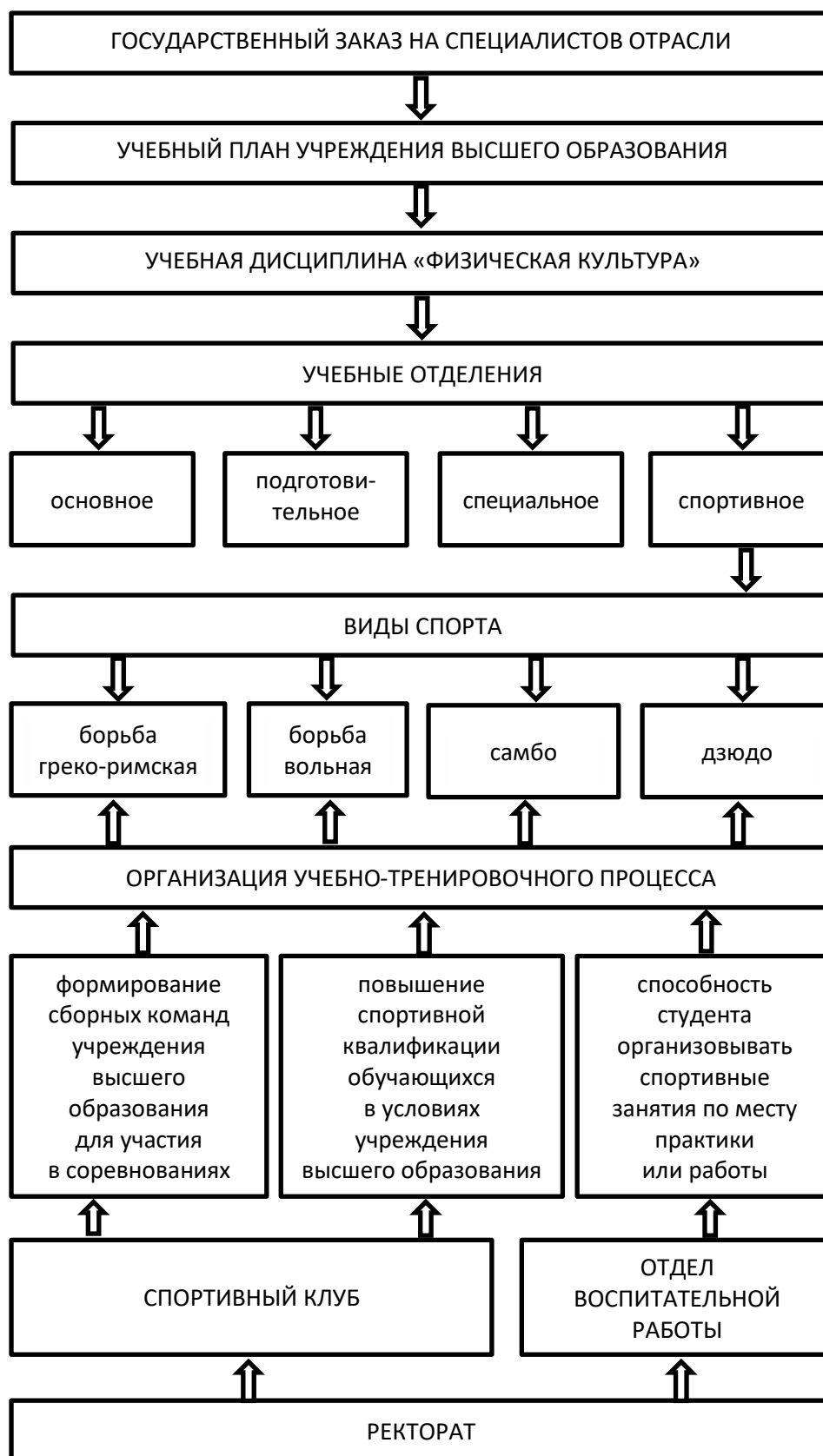


Рис. 1. Схема проведения исследований

Научное обоснование моделирования учебно-тренировочного процесса по спортивной борьбе для обучающихся спортивного учебного отделения предполагает изучение публикаций ведущих специалистов физической культуры в области физического воспитания и спорта обучающихся учреждений высшего образования. Анализ документов позволяет говорить об аутентичности и валидности педагогической модели. Данные опросов преподавателей ($n = 18$ чел.), тренеров ($n = 12$ чел.) и обучающихся-спортсменов ($n = 32$ чел.) способствуют применению инноваций и современных подходов в организации и проведении учебно-тренировочного процесса в учреждениях высшего образования. Включенное и невключенное педагогическое наблюдение, проводимое во время тренировок, соревнований и восстановительных мероприятий, создает полную картину повышения спортивного мастерства обучающихся. Вышеперечисленные методы исследования использовались в наших лонгитюдных исследованиях для изучения физкультурно-спортивной деятельности будущих специалистов в УВО «Витебская государственная академия ветеринарной медицины» (ВГАВМ) и УВО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (БГСХА).

Результаты и их обсуждение. Понятие «модель» находит применение во многих (если не во всех) областях научной и практической деятельности. Модель – это искусственно созданный исследователем объект в виде физических конструкций, схем, чертежей или формул, который, будучи подобен исследуемому объекту (оригиналу), отображает и воспроизводит в упрощенном, но более подходящем для изучения, чем оригинал, виде структуру, свойства, взаимосвязи и отношения между элементами оригинала. Модель – это то, с чем идет сравнение объекта. Для корректного сравнения необходимо соответствие (с определенной долей приближения) сравниваемых характеристик – параметров, функций, структур, для опосредованного управления объектом в целях его изучения. Таким образом, моделирование – это метод исследования на моделях.

К основным свойствам модели относят ингерентность (согласование модели со средой), упрощенность (отображение оригинала лишь в конечном числе отношений) и адекватность (достижение с помощью модели поставленных целей). По утверждению В.Ф. Беркова, «возможность моделирования, т.е. переноса результатов, полученных в ходе исследования модели, на оригинал, основана на том, что: а) модель воспроизводит его признаки, но не все, а существенные, т.е. важные с точки зрения поставленной задачи; б) она способна замещать оригинал в определенных отношениях; в) получаемая с ее помощью информация допускает опытную проверку; г) имеются в наличии четкие правила перехода от модельной информации к информации об оригинале» [7, с. 139].

Моделирование как метод исследования широко используется в педагогике, являясь объективной и универсальной гносеологической процедурой. Для организации образовательного процесса по различным дисциплинам разрабатываются модели, отличающиеся формами и методами взаимодействия субъектов образовательного процесса; технологиями разработки, представления, хранения и передачи образовательного контента; способами формирования и закрепления знаний и практических навыков обучаемых [8].

В образовательной деятельности учреждений высшего образования решается большое количество вопросов, связанных с управлением образовательным процессом, разработкой учебных планов и программ, организацией обучающихся по группам, отделениям или потокам, определением методов контроля и связанных с ними способов оценки деятельности педагогов и обучающихся, подбором критериев эффективности педагогических технологий. Таким образом, нам необходимо создать модель, отражающую как содержание образовательного проекта по подготовке обучающихся-спортсменов, так и деятельность по его реализации. Исходя из этого, в нашем исследовании мы изучали образовательные модели в области физической культуры и спорта приведенных выше и многих других авторов, имеющие свою специфику в комплектовании и структурировании содержания, а также в реализации программ и методик. Прежде всего мы установили, что психолого-педагогические механизмы, процедуры и средства практического использования нашей модели учебно-тренировочного процесса по видам спортивной борьбы должны найти отражение в содержательно-смысловом наполнении программы обучения в спортивном учебном отделении учебной дисциплины «Физическая культура» в учреждении высшего образования. Кроме этого, нам важно учитывать специфику и объективное развитие области знаний, преподаваемых в конкретном учреждении высшего образования, требования социального заказа, предъявляемые к выпускаемым специалистам, кадровое обеспечение и материально-техническую базу кафедр физического воспитания и спорта. Приступая к разработке, мы определили,

что модель занятий спортивной борьбой в образовательном процессе учреждений высшего образования должна быть основана на программных документах: типовой учебной программе «Физическая культура» [1] и программах по видам борьбы [9–12]. Наша образовательная модель структурно отображает упорядоченную последовательность составляющих ее разделов, является динамичной и имеет прогностический характер в реализации цели образования, содержания образования, педагогических технологий и технологий управления образовательным процессом, учебных планов и программ. Авторская разработка включает пять разделов. Совокупность нормативного, теоретического, практического, организационно-методического и результативного разделов, направленная на подготовку обучающихся-борцов и сборных команд учреждения высшего образования, способствует решению задач по формированию социально-личностных компетенций выпускников различных специальностей, повышению уровня их физической подготовленности и уровня здоровья. Результаты нашего моделирования представлены на рис. 2.

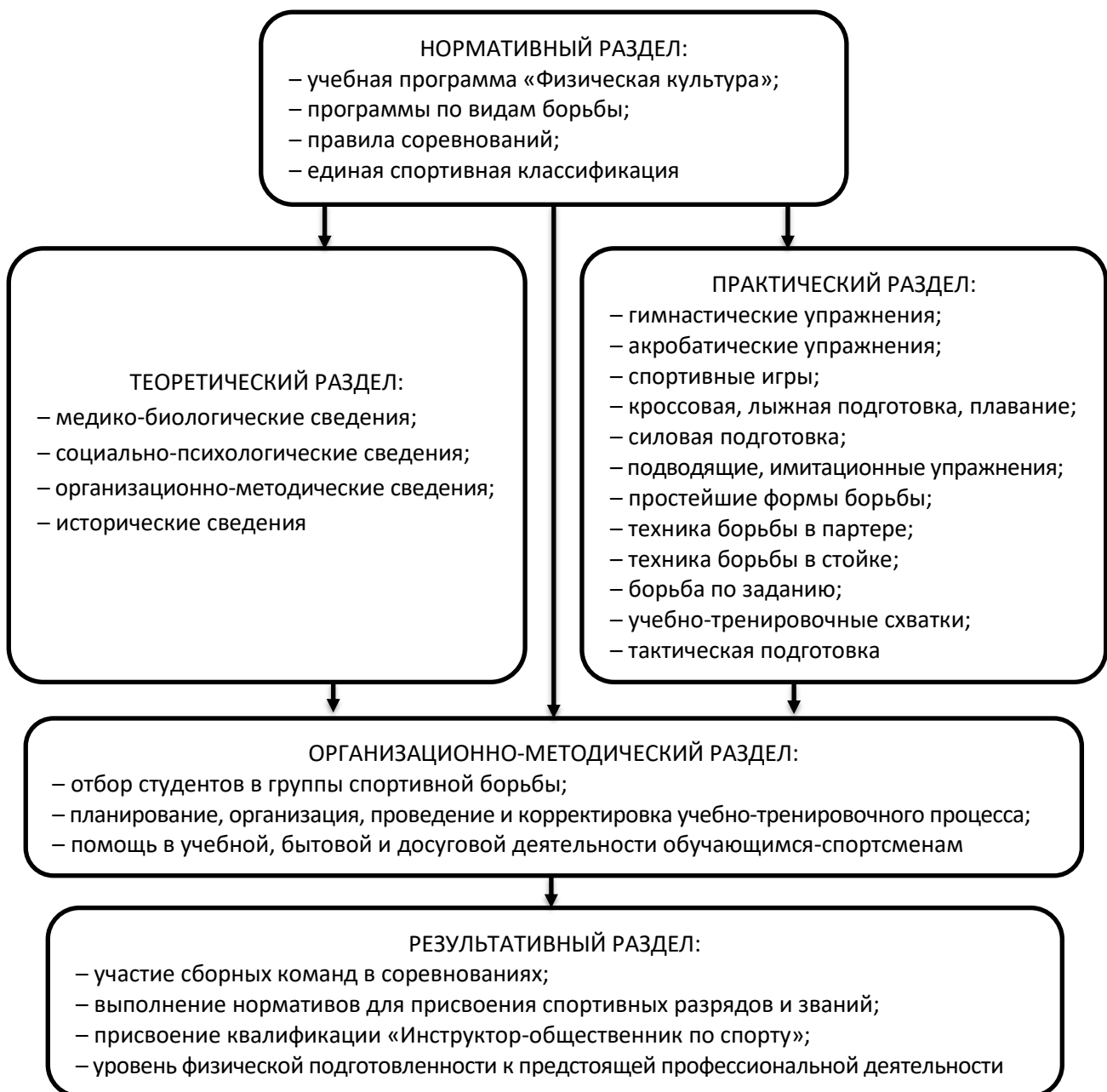


Рис. 2. Модель занятий спортивной борьбой в образовательном процессе учреждений высшего образования

Наполнение нормативного раздела модели не является статичным и дополняется либо редактируется в зависимости от современного состояния законодательно-нормативной базы в области физической культуры и спорта. Сведения теоретического раздела преподаются обучающимся в форме бесед в неразрывной связи с преподаванием практического раздела. При проектировании практического раздела модели необходимо увязать компоненты учебно-тренировочного процесса с уровнем физической и технической подготовленности обучающихся. Такое согласование составляющих помогает распределить тренировочные нагрузки по следующим параметрам: специализированности (соотношению специфических и неспецифических средств подготовки); направленности (распределению аэробных, анаэробных и смешанных нагрузок); величине (чередование нагрузок и отдыха) [9; 10]. Организационно-методический раздел позволяет упорядочить учебно-тренировочный процесс на протяжении всего периода обучения занимающихся в учреждении высшего образования. Элементы результативного раздела верифицируют составляющие вышеперечисленных разделов.

Более детально рассмотрим процесс моделирования графика учебно-тренировочного процесса – выбора и распределения тренировочных средств в практическом разделе.

При создании модели занятий спортивной борьбой в образовательном процессе учреждений высшего образования была установлена взаимосвязь между компонентами подготовки по спортивной борьбе в соответствии с возрастом обучающихся, отсутствием у ряда занимающихся опыта занятий в спортивных секциях, планированием образовательного процесса по «Физической культуре» в учреждении высшего образования. Мы определили, что возраст студентов в начале обучения борьбе на учебных занятиях по «Физической культуре» в спортивном учебном отделении соответствует возрасту спортсменов в спортивных школах борьбы на этапе спортивного совершенствования. Исходя из этого, представляется возможным использование методов тренировки, соответствующих указанному этапу. Одновременно теоретическая и технико-тактическая подготовка, формы организации образовательного процесса соответствуют этапу предварительной подготовки, что приемлемо для обучающихся, относящихся к категории новичков. Компоненты физической подготовки обучающихся и параметры тренировочных нагрузок соразмерны как этапу предварительной подготовки, так и начальной углубленной спортивной специализации [11; 12].

Процесс моделирования графика учебно-тренировочного процесса представлен в табл.

При этом мы стремились к тому, чтобы наша модель являлась динамичной и имела прогностический характер в реализации цели и задач учебно-тренировочного процесса по подготовке борцов в условиях их обучения по разным специальностям в учреждениях высшего образования. Она апробирована при организации и проведении учебно-тренировочного процесса по видам спортивной борьбы в УВО: ВГАВМ и БГСХА. Анализ состава спортивных групп по видам борьбы показал: в УВО «ВГАВМ» на дневной форме получения образования занимаются видами спортивной борьбы мастер спорта – 1, кандидат в мастера спорта – 21, спортсмены 1-го разряда – 13 и спортсмены 2-го разряда – 27; в УВО «БГСХА» на дневной форме получения образования – мастер спорта – 1 чел., кандидаты в мастера спорта – 14 чел., спортсмены 1-го разряда – 12 чел. и спортсмены 2-го разряда – 23 чел. Вышеприведенные данные свидетельствуют о неоднородности состава занимающихся. Проблема состоит в том, что формировать спортивные группы по разрядности обучающихся-спортсменов не всегда эффективно вследствие возможной неукomплектованности таких групп по каждому из видов борьбы, что особенно важно в единоборствах, где необходимо определенное количество спарринг-партнеров в весовых категориях. Тем не менее с помощью моделирования процесса подготовки, включающего возможность корректировки учебно-тренировочного процесса, занятия обучающихся в группах борьбы дают следующие результаты. В каждом из названных УВО имеются сборные команды по самбо, дзюдо, борьбе вольной и борьбе греко-римской, которые участвуют в соревнованиях различного уровня, включая соревнования Универсиады Республики Беларусь. В настоящее время в группах по видам борьбы представлены: в УВО «ВГАВМ» победители и призеры областных соревнований – 8, победители и призеры республиканских соревнований – 6; в УВО «БГСХА» – победители и призеры областных соревнований – 15, победители и призеры республиканских соревнований – 12. Кроме этого, анализ учебных журналов по видам борьбы выявил высокую (в среднем – 92%) посещаемость учебно-тренировочных занятий, что свидетельствует о высоком уровне мотивации обучающихся к физическому совершенствованию.

Моделирование графика учебно-тренировочного процесса

Разделы	Кол-во часов	Месяцы/часы											
		9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
Кроссовая подготовка	12	4	4			Зимняя сессия, каникулы			2	2	Летняя сессия	Учебные практики	Каникулы
Спортивные игры	8	1	1	1	1		1	1	1	1			
Плавание	8			4	4								
Лыжная подготовка	6						4	2					
Гимнастические, акробатические упражнения	16	2	2	2	2		2	2	2	2			
Силовая подготовка	16	2	2	2	2		2	2	2	2			
Подводящие, имитационные упражнения, простейшие формы борьбы	16	2	2	2	2		2	2	2	2			
Техника борьбы в партере	28	5	4	4	3		3	3	3	3			
Техника борьбы в стойке	28	5	4	4	3		3	3	3	3			
Борьба по заданию	31	2	3	3	4		4	5	5	5			
Учебно-тренировочные схватки	15		1	1	2	Зимняя сессия, каникулы	2	3	3	3	Летняя сессия	Учебные практики	Каникулы
Тактическая подготовка	8	1	1	1	1		1	1	1	1			
Управляемая самостоятельная работа	48						24						
Самостоятельная работа												+	+
Итого	240	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24		

Заключение. По итогам нашего исследования, включающего изучение проблем организации занятий спортом в учреждениях высшего образования, мы делаем вывод о востребованности интегративного подхода в решении задач формирования социально-личностных компетенций обучающихся, задач их спортивной тренировки и задач учреждений высшего образования в области физической культуры и спорта. Необходимость интеграции подготовки студентов по выбранному виду спорта в процесс их подготовки к предстоящей профессиональной деятельности является основой для формирования профессионально направленной и личностно ориентированной учебной дисциплины «Физическая культура», что соответствует современным требованиям к организации образовательного процесса в учреждениях высшего образования. Практическая значимость нашей разработки состоит в возможности ее использования для организации учебно-тренировочного процесса обучающихся по разным специальностям в учреждениях высшего образования. Авторская разработка может послужить примером создания педагогических моделей в области физического воспитания и спорта обучающихся.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физическая культура: типовая учебная программа для учреждений высшего образования / В.А. Коледа [и др.]. – Минск, 2017. – 33 с.
2. Чернышева, Е.И. Моделирование двигательной подготовки в процессе учебно-тренировочных занятий по легкой атлетике в условиях сельскохозяйственного вуза / Е.И. Чернышева, Н.И. Лавриненко // Изв. Великолук. гос. с.-х. акад. – 2019. – № 1(26). – С. 62–72.
3. Вержбицкий, И.В. Моделирование соревновательной деятельности как компонента учебно-тренировочного процесса дзюдоистов на начальном этапе подготовки / И.В. Вержбицкий // Вестн. Адыгейс. гос. с.-х. ун-та. Сер. Педагогика и психология. – 2010. – Вып. 2. – С. 157–161.
4. Севдалев, С.В. Моделирование соревновательной деятельности высококвалифицированных спортсменов, специализирующихся в современном пятиборье / С.В. Севдалев // Мир спорта. – 2021. – № 2(83). – С. 54–59.
5. Сергеев, С.А. Концептуальные аспекты системного моделирования процесса повышения спортивно-технического мастерства в боксе / С.А. Сергеев // Мир спорта. – 2020. – № 3(80). – С. 40–47.

6. Физическое воспитание студентов основного отделения: учебник для студентов вузов / Н.Я. Петров [и др.]; под общ. ред. Н.Я. Петрова, А.В. Медведя. – Минск: БГУИР, 1997. – 711 с.
7. Берков, В.Ф. Философия и методология науки: учеб. пособие / В.Ф. Берков. – М.: Новое знание, 2004. – 336 с.
8. Ядровская, М.В. Модели в педагогике / М.В. Ядровская // Вестн. Томс. гос. ун-та. – 2013. – № 366. – С. 139–143.
9. Рудницкий, В.И. Греко-римская борьба: программа для детско-юношеских спортивных школ, специализированных детско-юношеских школ олимпийского резерва / В.И. Рудницкий, В.Я. Кулакевич. – Минск, 2004. – 80 с.
10. Шахлай, А.М. Вольная борьба: программа для детско-юношеских спортивных школ, специализированных детско-юношеских школ олимпийского резерва / А.М. Шахлай. – Минск, 2003. – 98 с.
11. Подливаев, Б.А. Греко-римская борьба: примерная программа спортивной подготовки для детско-юношеских спортивных школ, специализированных детско-юношеских школ олимпийского резерва / Б.А. Подливаев, Г.М. Грузных. – М.: Советский спорт, 2004. – 272 с.
12. Борьба вольная: программа / Б.А. Подливаев [и др.]. – М.: Советский спорт, 2003. – 216 с.

REFERENCES

1. Koleda V.A. *Fizicheskaya kultura: tipovaya uchebnaya programma dlia uchrezhdeni vysshego obrazovaniya* [Physical Education: University Curriculum], Minsk, 2017, 33 p.
2. Chernysheva E.I., Lavrinenko N.I. *Izv. Velikoluk. gos. s.-kh. akad.* [Journal of Velikiye Luki State Agricultural Academy], 2019, 1(26), p. 62–72.
3. Verzhbitski I.V. *Vestn. Adygeis. Gos. s.-kh. un-ta. Ser. Pedagogika i psikhologiya* [Journal of Adygeya State Agricultural University. Pedagogy and Psychology], 2010, 2, p. 157–161.
4. Sevdalev S.V. *Mir sporta* [The World of Sport], 2021, 2(83), p. 54–59.
5. Sergeyev S.A. *Mir sporta* [The World of Sport], 2020, 3(80), p. 40–47.
6. Petrov N.Ya. *Fizicheskoye vospitaniye studentov osnovnogo otdeleniya: uchebnik dlia studentov vuzov* [Physical Education of Basic Department Students: University Textbook], Minsk: BGUIR, 1997, 711 p.
7. Berkov V.F. *Filosofiya i metodologiya nauki: ucheb. posobiye* [Philosophy and Methodology of Science: Textbook], M.: Novoye znaniye, 2004, 336 p.
8. Yadrovskaya M.V. *Vestn. Toms. gos. un-ta* [Journal of Tomsk State University], 2013, 366, p. 139–143.
9. Rudnitski V.I., Kulakevich V.Ya. *Greko-rimskaya borba: programma dlia detsko-yunosheskikh sportivnykh shkol, spetsializirovannykh detsko-yunosheskikh shkol olimpiyskogo rezerva* [Greko-Roman Wrestling: Children Sport School and Olympic Reserve School Curriculum], Minsk, 2004, 80 p.
10. Shakhlay A.M. *Volnaya borba: programma dlia detsko-yunosheskikh sportivnykh shkol, spetsializirovannykh detsko-yunosheskikh shkol olimpiyskogo rezerva* [Freestyle Wrestling: Children Sport School and Olympic Reserve School Curriculum], Minsk, 2003, 98 p.
11. Podlivayev B.A., Gruznykh G.M. *Greko-rimskaya borba: primernaya programma sportivnoi podgotovki dlia detsko-yunosheskikh sportivnykh shkol, spetsializirovannykh detsko-yunosheskikh shkol olimpiyskogo rezerva* [Greko-Roman Wrestling: Children Sport School and Olympic Reserve School Sport Training Model Curriculum], M.: Sovetski sport, 2004, 272 p.
12. Podlivayev B.A. *Borba volnaya: programma* [Freestyle Wrestling: Curriculum], M.: Sovetski sport, 2003, 216 p.

Поступила в редакцию 26.11.2021

Адрес для корреспонденции: e-mail: 1965aks@mail.ru – Сучков А.К.

РАЗВИТИЕ КОНДИЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЬНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ С ПРЕИМУЩЕСТВЕННЫМ РАЗВИТИЕМ ВЫНОСЛИВОСТИ У УЧАЩИХСЯ ВТОРОГО КЛАССА В III ЧЕТВЕРТИ

Г.Б. Шацкий, В.Г. Шпак

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

Учебная программа «Физическая культура и здоровье» (2017) не связывает развитие отдельных двигательных способностей с возрастом детей, в ней только указывается, что развитие координационных и кондиционных двигательных способностей на уроках физической культуры и здоровья достигается в процессе обучения физическим упражнениям, способам деятельности и подвижным играм, участия в подвижных играх и выполнения соревновательных заданий.

Цель работы – совершенствование методики физического воспитания детей младшего школьного возраста.

Материал и методы. Исследование проводилось на базе ГУО «Средняя школа № 31 г. Витебска имени В.З. Хоружей» с января по март 2019 г. Испытуемые – 25 девочек и 23 мальчика. Средний возраст – 8 лет. Методы: обобщение и анализ сведений научно-методической литературы, антропометрические измерения, педагогическое тестирование, педагогический эксперимент, методы математической статистики.

Результаты и их обсуждение. Физическое развитие и функциональное состояние у испытуемых находились в пределах возрастной нормы и за время проведения исследования практически не изменились. В экспериментальной группе отмечено небольшое, но достоверное уменьшение частоты сердечных сокращений. Показатели физической подготовленности у испытуемых, как правило, находились на среднем и ниже среднего уровне. Группы испытуемых были неоднородными по всем показателям, за исключением челночного бега и бега на 30 м.

Заключение. Выполнение технически простых акробатических упражнений и элементов спортивных игр с установкой на возможно большее количество повторений за определенное время в сочетании с выполнением в конце основной части урока равномерного бега с интенсивностью 50–60% от максимума в течение 8–10 минут положительно влияет на функциональное состояние и физическую подготовленность учащихся 2-х классов. После проведения 20 уроков у мальчиков и девочек частота сердечных сокращений в покое уменьшилась в среднем на 3 уд/мин; результаты в упражнениях на силовую выносливость увеличились в среднем на 2 и 4 повторения; результаты в беге на 1000/800 м улучшились в среднем на 11/2,5 с. Везде $p < 0,02$. Выполняемая работа не повлияла на показатели гибкости и быстрой силы.

Ключевые слова: двигательные способности, урок физической культуры и здоровья, школьники 7–9 лет, III четверть.

DEVELOPMENT OF THE SECOND-YEAR SCHOOLCHILDREN'S CONDITIONED MOTOR ABILITIES WITH PREFERENTIAL DEVELOPMENT OF ENDURANCE IN THE III QUARTER OF THE ACADEMIC YEAR

G.B. Shatski, V.G. Shpak

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

"Physical Education and Health" Curriculum (2017) does not link the development of individual physical qualities with the age of children, it is indicated only that the development of coordinating and conditioned motor abilities in Physical Education and Health lessons is achieved in the process of teaching physical exercises, methods of activity and mobile games, participation in mobile games and performance of competitive tasks.

The aim of the study is to improve the physical education of primary schoolchildren.

Material and methods. The study was conducted on the basis of school No. 31 of Vitebsk from January to March 2019. The subjects were 25 girls and 23 boys. The average age was 8 years old. The methods used included synthesis and analysis of information of scientific and methodological literature, anthropometrical measurements, pedagogical testing, pedagogical experiment, methods of mathematical statistics.

Findings and their discussion. The physical development and functional condition of the subjects were within the age norm and remained virtually unchanged during the study. There was a slight but significant decrease in heart rate in the experimental group. Physical preparedness rates for subjects were generally at and below the average. The groups of subjects were heterogeneous in all indicators except for shuttle and 30 m running.

Conclusion. Performing technically simple acrobat exercises and elements of sports games with setting to the result – as many repeats as possible – combined with performing even running at the end of the main part of the lesson with intensity of 50–60% of the maximum for 8–10 minutes positively affects the functional condition and physical preparedness of the second year schoolchildren. After 20 lessons, boys and girls reduced their heart rate at rest by an average of 3 b/min; Results in power endurance exercises increased by an average of 2 and 4 repeats; results in the running of 1000/800 m improved on average by 11/2,5 s. Everywhere $p < 0,02$. The work done did not affect the indicators of flexibility and rapid strength.

Key words: motor abilities, lesson of Physical Education and Health, 7–9 year old schoolchildren, 3rd quarter of the academic year.

Выносливость – двигательная способность, обеспечивающая не только физическую, но и умственную деятельность. По А.А. Гужаловскому (1979) считается, что возраст 7–9 лет не является сенситивным для совершенствования различных видов выносливости [1]. Но повышение уровня выносливости важно для младших школьников потому, что в этом возрасте дети приспосабливаются к новым условиям обучения, новому образу жизни, в частности это было показано нами на примере детей 6–7 лет [2]. Кроме того, В.Ф. Ломейко (1980) и П.К. Гулидин (2002) указывают на то, что жесткое привязывание работы по совершенствованию двигательных способностей к «официально признанному» сенситивному возрасту их развития не всегда бывает правильным [3; 4]. Вероятно, поэтому в действующей учебной программе «Физическая культура и здоровье. I–III классы» нет строгого распределения работы над двигательными способностями по возрасту детей, а говорится, что «...развитие координационных и кондиционных двигательных способностей на уроках физической культуры и здоровья достигается в процессе обучения физическим упражнениям, способам деятельности и подвижным играм, участия в подвижных играх и выполнения соревновательных заданий» [5].

Цель работы – совершенствование методики физического воспитания детей младшего школьного возраста.

Материалы данного исследования в тезисной форме излагались нами ранее [6].

Материал и методы. Экспериментальная часть проводилась на базе ГУО «Средняя школа № 31 г. Витебска имени В.З. Хоружей» с января по март 2019 г. (всего 12 недель). В экспериментальной группе (2 «А» класс) 23 человека (12 девочек и 11 мальчиков), в контрольной (2 «Б» класс) – 25 человек (13 девочек и 12 мальчиков). Длина и масса тела, окружность грудной клетки, а также частота сердечных сокращений в покое у испытуемых находились в пределах возрастной нормы [7–9].

Мы предположили, что технически простые акробатические упражнения и элементы спортивных игр могут использоваться для развития выносливости.

Согласно шкале оценки уровня двигательных способностей учащихся 2-го класса [5] гибкость у испытуемых находится на среднем уровне, координация движений – на уровне выше среднего, силовая выносливость – на высоком, быстрая сила у испытуемых экспериментальной группы – на высоком, у испытуемых контрольной группы – на низком уровне, быстрота и общая выносливость – на среднем и ниже среднего уровне.

Методы исследования: обобщение и анализ сведений научно-методической литературы; антропометрические измерения; педагогическое тестирование; педагогический эксперимент; методы математической статистики (рассчитывались: средняя арифметическая ($\bar{X}$), стандартное отклонение (S), коэффициент вариации (V), достоверность различий средних оценивалась с использованием t -критерия Стьюдента).

Результаты и их обсуждение. Анализ планирования учебного материала в III четверти (В.С. Овчаров, 2009) показал следующее. Всего уроков 20, в том числе: 1. Передвижение на лыжах – 4 урока: повороты на месте переступанием, передвижение на лыжах ступающим и скользящим шагом, спуски на лыжах с горок с небольшим уклоном, подъем в гору ступающим шагом. 2. Упражнения в равновесии – 5 уроков: стойка на одной ноге с закрытыми глазами, с поднятыми в стороны руками стоя на полу и гимнастической скамейке; бег по гимнастической скамейке; ходьба по рейке перевернутой гимнастической скамейки; повороты кругом стоя на гимнастической скамейке; повороты кругом при ходьбе на носках по рейке гимнастической скамейки. 3. Акробатические упражнения – 7 уроков: быстрая

группировка из положения лежа на спине, руки вверх ладонями вперед; быстрая группировка из основной стойки руки вверх ладонями вперед; быстрая группировка из упора присев; кувырок вперед в группировке; стойка на лопатках согнув ноги; пережат вперед в упор присев из стойки на лопатках с согнутыми ногами; пережат в сторону прогнувшись из положения лежа на груди руки вверх; пережат в сторону в группировке из стойки на коленях. 4. Элементы спортивных игр – 4 урока: броски мяча одной и двумя руками друг другу с ловлей двумя руками; подбрасывание мяча и ловля двумя руками с двумя-тремя хлопками, с отскоком от пола, с одним-двумя шагами в правую и левую стороны, с поворотом на 180 градусов; перебрасывание мяча через сетку двумя руками от груди, от головы, одной рукой от плеча; удары мячом о пол одной рукой с высоким, средним и низким отскоком; броски мяча одной и двумя руками в вертикальную цель [10].

Таким образом, учебный материал содержит технически простые упражнения, которые могут использоваться для развития двигательных способностей.

Традиционно считается, что акробатические упражнения и элементы спортивных игр направлены на развитие только быстроты и координации движений. Но указанные упражнения применяются и для развития выносливости, если их выполнять с установкой на возможно большее количество повторений за определенное время.

Так, например, в экспериментальной группе в конце основной части урока дети выполняли равномерный бег с интенсивностью 50–60% от максимума в течение 8–10 минут, что соответствует рекомендациям других авторов [11; 12]. В остальном содержание уроков в экспериментальной и контрольной группах было одинаковым.

Сведения об уровне физического развития и функционального состояния испытуемых в ходе проведения исследования даны в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Показатели физического развития и функционального состояния у мальчиков

Статист. характ.	Длина тела, м		Масса тела, кг		Окружность грудной клетки, см		ЧСС, уд/мин	
	до п/э	после п/э	до п/э	после п/э	до п/э	после п/э	до п/э	после п/э
экспериментальная группа ((n=11)								
$\bar{X}$	1,356	1,356	29,3	29,3	63,2	63,3	89,5	86,7
S	0,085	0,083	1,8	1,8	2,1	2,1	9,1	6,8
V	6,3	6,1	6,3	6,1	3,4	3,2	10,2	7,8
$\Delta\bar{X}$	–	0,0	–	0,0	–	0,1	–	–2,7
p	–	0,500	–	0,500	–	0,338	–	0,008
контрольная группа (n=12)								
$\bar{X}$	1,365	1,366	29,7	29,9	63,3	63,3	89,5	88,0
S	0,074	0,071	1,8	1,7	2,1	2,3	8,7	8,6
V	5,4	5,2	6,2	5,8	3,3	3,6	9,7	9,8
$\Delta\bar{X}$	–	0,001	–	0,3	–	0,1	–	–1,5
P	–	0,337	–	0,096	–	0,361	–	0,137
различия между группами								
$\Delta\bar{X}$	–0,009	–0,009	–0,4	–0,6	–0,2	0,0	0,0	–1,3
p	0,399	0,386	0,307	0,196	0,433	0,490	0,495	0,348

Показатели физического развития и функционального состояния у девочек

Статист. характ.	Длина тела, м		Масса тела, кг		Окружность грудной клетки, см		ЧСС, уд/мин	
	до п/э	после п/э	до п/э	после п/э	до п/э	после п/э	до п/э	после п/э
экспериментальная группа (n=12)								
$\bar{X}$	1,279	1,279	23,2	23,2	57,8	57,9	87,5	85,0
s	0,064	0,061	1,8	1,8	1,7	1,6	7,4	8,8
v	5,0	4,8	7,8	7,8	2,9	2,7	8,5	10,4
$\Delta\bar{X}$	–	0,0	–	0,0	–	0,1	–	–2,5
p	–	0,500	–	0,500	–	0,361	–	0,009
контрольная группа (n=13)								
$\bar{X}$	1,276	1,275	23,6	23,7	58,2	58,5	87,2	86,3
s	0,048	0,045	2,2	1,8	2,5	2,8	4,0	5,2
v	3,7	3,5	9,4	7,6	4,2	4,9	4,5	6,0
$\Delta\bar{X}$	–	–0,001	–	0,1	–	0,2	–	–0,9
p	–	0,361	–	0,500	–	0,193	–	0,169
различия между группами								
$\Delta\bar{X}$	0,003	0,004	–0,4	–0,5	–0,4	–0,5	0,3	–1,3
p	0,448	0,431	0,291	0,236	0,320	0,278	0,456	0,330

Длина и масса тела, окружность грудной клетки у испытуемых за время исследования практически не изменились. Внутригрупповые различия по этим показателям, а также по частоте сердечных сокращений в покое несущественные.

Различия между экспериментальной и контрольной группой незначительные и недостоверные. В контрольной группе за время проведения исследования средняя величина ЧСС практически не изменилась. В экспериментальной группе отмечено небольшое (приблизительно на 3 уд/мин), но достоверное уменьшение показателя.

Результаты в контрольных упражнениях, полученные испытуемыми в ходе педагогического эксперимента, приведены в табл. 3–4.

Внутригрупповые различия у мальчиков и девочек неоднородны по величине наклона сидя, величина коэффициента вариации находится в пределах 55–90%.

Группы мальчиков и девочек неоднородны по результатам в отжиманиях в упоре на скамейке и поднимании туловища. Группы мальчиков и девочек однородны по результатам в челночном беге 4х9 м.

Если исключить мальчиков экспериментальной группы, то дети практически однородны по результатам в прыжке в длину с места.

Если исключить девочек экспериментальной группы, то испытуемые практически однородны по результатам в беге на 30 м. Девочки экспериментальной группы и дети контрольной группы практически однородны по результатам в беге на 800 м.

В обеих группах за время проведения исследования средняя величина наклона практически не изменилась. Различия по данному показателю между экспериментальной и контрольной группой у девочек незначительны и недостоверны. У мальчиков различия по величине наклона не изменились (около 3 см), но по окончании педагогического эксперимента стали достоверными. По-видимому, это произошло за счет уменьшения вариативности показателя в обеих группах.

Таблица 3

Показатели физической подготовленности у мальчиков

Статистические характеристики	Наклон сидя, см		Челночный бег 4х9 м, с		Отжимания в упоре лежа на скамейке, раз		Прыжок в длину с места, м		Бег 30 м, с		Бег 1000 м, с	
	до п/э	после п/э	до п/э	после п/э	до п/э	после п/э	до п/э	после п/э	до п/э	после п/э	до п/э	после п/э
экспериментальная группа (n=11)												
$\bar{X}$	6,1	6,8	11,7	11,6	6,8	8,4	1,28	1,29	7,1	7,0	374,2	363,2
S	5,7	5,6	0,5	0,5	4,8	5,5	0,24	0,24	0,7	0,7	62,3	63,1
V	93,6	81,6	4,3	4,3	70,9	66,0	18,6	18,3	9,8	9,7	16,6	17,4
$\Delta\bar{X}$	–	0,7	–	–0,1	–	1,5	–	0,01	–	–0,1	–	–11,0
p	–	0,06	–	0,017	–	0,003	–	0,339	–	0,118	–	0,0001
контрольная группа (n=12)												
$\bar{X}$	2,9	3,4	11,8	11,7	5,8	6,3	1,15	1,16	6,8	6,8	361,5	359,3
S	2,4	2,5	0,5	0,5	4,4	4,8	0,12	0,12	0,6	0,5	31,8	32,3
V	82,0	72,2	4,4	4,2	76,8	76,3	10,3	10,0	8,2	7,5	8,8	9,0
$\Delta\bar{X}$	–	0,5	–	–0,1	–	0,5	–	0,01	–	0	–	–2,2
p	–	0,162	–	0,022	–	0,083	–	0,064	–	0,196	–	0,102
различия между группами												
$\Delta\bar{X}$	3,2	3,4	0,0	–0,1	1,1	2,1	0,13	0,13	0,2	0,3	12,7	3,8
p	0,055	0,042	0,459	0,377	0,294	0,170	0,055	0,060	0,190	0,157	0,277	0,429

Таблица 4

Показатели физической подготовленности у девочек

Статистические характеристики	Наклон сидя, см		Челночный бег 4х9 м, с		Поднимание туловища за 30 с, раз		Прыжок в длину с места, м		Бег 30 м, с		Бег 800 м, с	
	до п/э	после п/э	до п/э	после п/э	до п/э	после п/э	до п/э	после п/э	до п/э	после п/э	до п/э	после п/э
экспериментальная группа (n=12)												
$\bar{X}$	7,4	7,8	12,0	11,9	20,8	24,8	1,26	1,27	7,3	7,2	360,0	357,5
S	5,0	5,3	0,6	0,6	3,5	2,9	0,14	0,13	1,2	1,2	40,8	39,7
V	66,9	68,7	5,3	4,9	16,7	11,5	11,1	10,3	17,0	16,7	11,3	11,1
$\Delta\bar{X}$	–	0,3	–	–0,1	–	4,0	–	0,01	–	–0,1	–	–2,5
p	–	0,209	–	0,013	–	0,0001	–	0,391	–	0,019	–	0,021
контрольная группа (n=13)												
$\bar{X}$	7,8	8,4	11,8	11,7	26,9	27,7	1,14	1,15	6,5	6,4	349,4	351,5
S	4,2	4,6	0,6	0,6	6,1	6,4	0,10	0,09	0,4	0,4	36,4	39,7
V	53,6	55,4	5,1	4,7	22,5	23,0	8,4	8,1	6,0	5,7	10,4	11,3
$\Delta\bar{X}$	–	0,6	–	–0,1	–	0,8	–	0,01	–	–0,1	–	2,2
p	–	0,377	–	0,076	–	0,073	–	0,079	–	0,019	–	0,23
различия между группами												
$\Delta\bar{X}$	–0,4	–0,6	0,2	0,2	–6,1	–2,9	0,12	0,12	0,8	0,8	10,6	6,0
p	0,425	0,377	0,173	0,195	0,003	0,080	0,010	0,011	0,022	0,018	0,250	0,356

За время проведения исследования средний результат в челночном беге 4х9 м во всех группах достоверно улучшился на 0,1 с за исключением девочек контрольной группы. Различия по данному показателю между экспериментальной и контрольной группой в течение всего исследования были незначительны и недостоверны. Подобный характер динамики результата в челночном беге, по-видимому, определяется тем, что в III четверти основным учебным материалом были упражнения, развивающие координацию движений.

В экспериментальной группе прирост результатов в отжиманиях в упоре на скамейке и поднимании туловища был большим, чем в контрольной группе, и статистически значимым. У мальчиков различия по данному показателю между экспериментальной и контрольной группой в течение всего исследования были незначительными и недостоверными. Девочки экспериментальной группы в течение всего исследования уступали девочкам контрольной группы. Но если вначале различия были равны 6 подниманиям и достоверными, то по окончании исследования различия уменьшились до 3 и стали несущественными. Мы объясняем это выполнением в экспериментальной группе сходных упражнений (быстрая группировка из положения лежа на спине, руки вверх ладонями вперед, быстрая группировка из основной стойки руки вверх ладонями вперед) с установкой на возможно большее количество повторений за определенное время.

Во всех группах отмечен небольшой (до 0,01 м) и несущественный прирост результатов в прыжке в длину с места. У девочек экспериментальной группы средний результат в течение всего исследования был достоверно больше.

Во всех группах наблюдается небольшое (до 0,1 с) улучшение результатов в беге на 30 м, у девочек – достоверное. У испытуемых экспериментальной группы в течение всего исследования результаты были хуже. У девочек – значительно и достоверно. Здесь мы видим картину, аналогичную той, что была в прыжке в длину с места.

В экспериментальной группе у мальчиков отмечено небольшое (11 с), но и значимое уменьшение времени преодоления дистанции 1000 м. В контрольной группе динамика результатов была несущественной. Мальчики и девочки контрольной группы преодолевали дистанцию за меньшее время, чем дети экспериментальной группы. Однако различия средних были недостоверными и в ходе исследования уменьшились с 11–13 до 4–6 с.

Заключение. Во 2-м классе в III четверти на уроках «Физической культуры и здоровья» выполнение в основной части урока изучаемых упражнений с установкой на результат – возможно большее количество повторений за определенное время, а также выполнение в конце основной части равномерного бега с интенсивностью 50–60% от максимума в течение 8–10 минут – дало небольшое, но достоверное улучшение функционального состояния и не повлияло на показатели физического развития у испытуемых. У мальчиков и девочек частота сердечных сокращений в покое уменьшилась в среднем на 3 уд/мин ($p < 0,02$).

У испытуемых экспериментальной группы также возросла силовая и общая выносливость. У мальчиков результаты в отжимании в упоре лежа увеличились в среднем на 2 повторения, у девочек – в поднимании туловища – на 4 повторения. У мальчиков результаты в беге на 1000 м улучшились в среднем на 11,0 с, результаты в беге на 800 м у девочек – на 2,5 с. Везде $p < 0,02$.

Результаты испытуемых в наклоне сидя и прыжке в длину с места изменились недостоверно. Следовательно, выполненная работа не повлияла на показатели гибкости и быстрой силы.

Полученные нами данные о динамике у испытуемых результатов в челночном беге и беге на 30 м не позволили сделать однозначные выводы о влиянии выполненной работы на развитие координации движений и быстроты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гужаловский, А.А. Этапность развития физических (двигательных) качеств и проблема оптимизации физической подготовки детей школьного возраста: автореф. дис. ... д-ра пед. наук / А.А. Гужаловский; Гос. центр. ин-т физ. культуры. – М., 1979. – 35 с.
2. Шпак, В.Г. Повышение уровня физического состояния детей 6–7 лет на основе преимущественного развития выносливости / В.Г. Шпак, Г.Б. Шацкий // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2011. – № 4(64). – С. 115–124.
3. Ломейко, В.Ф. Развитие физических качеств на уроках физической культуры / В.Ф. Ломейко. – Минск: Народная асвета, 1980. – 128 с.
4. Гулидин, П.К. Комплексная оценка скоростно-силовых качеств мальчиков 10–11 лет с учетом индивидуальных темпов формирования организма: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / П.К. Гулидин; Белорус. гос. акад. физ. культуры. – Минск, 2002. – 21 с.

5. Учебные программы для учреждений общего среднего образования с белорусским и русским языками обучения и воспитания. Физическая культура и здоровье. I–III классы. – Минск: Нац. ин-т образования, 2017. – 56 с.
6. Шацкий, Г.Б. Развитие выносливости у школьников 7–9 лет на уроках физической культуры и здоровья в III четверти / Г.Б. Шацкий, В.Г. Шпак, Д.С. Высоцкая // Инновационные формы и практический опыт физического воспитания детей и учащейся молодежи: VII Междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 22 нояб. 2019 г. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: П.И. Новицкий (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2019. – С. 112–115.
7. Грацинская, В.Л. Соматометрические показатели физического развития школьников г. Санкт-Петербурга / В.Л. Грацинская, И.Л. Никитина // Рос. вестн. перинатол. и педиатр. – 2018. – № 63. – С. 66–70.
8. Мельник, В.А. Динамика базовых антропометрических показателей школьников белорусского Полесья в период с 1976 по 2011 г. / В.А. Мельник, Н.В. Козакевич // Вестник ГГМУ. – 2014. – № 4. – С. 56–62.
9. Рахимов, М.И. Показатели физического развития детей и подростков 5–16 лет / М.И. Рахимов // Вестник ТГГПУ. – 2011. – № 2(24). – С. 63–69.
10. Овчаров, В.С. Примерное поурочное календарно-тематическое планирование содержания уроков физической культуры и здоровья в I–IV классах / В.С. Овчаров. – Минск, 2009. – 70 с.
11. Максачук, Е.П. Развитие выносливости у школьников 2–4 классов средствами легкой атлетики на учебных занятиях по физической культуре: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Е.П. Максачук; Моск. гос. акад. физ. культуры. – Коломна, 2008. – 184 с.
12. Методика физического воспитания школьников / под ред. Г.Б. Мейсона, Л.Е. Любомирского. – М.: Просвещение, 1989. – 143 с.

REFERENCES

1. Guzhalovskii A.A. *Etapnost razvitiya fizicheskikh (dvigatelnykh) kachestv i problema optimizatsii fizicheskoi podgotovki detei shkolnogo vozrasta: avtoref. dis. ... doktora ped. nauk* [Stage Development of Physical (Motor) Qualities and the Issue of the Optimization of Schoolchildren Physical Training: Dr.Sc. (Education) Dissertation Summary], M., 1979, 35 p.
2. Shpak V.G., Shatski G.B. *Vesnik Vitsebskaga dzyarzhavnaga universiteta* [Journal of Vitebsk State University], 2011, 4(64), p. 115–124.
3. Lomeiko V.F. *Razvitiye fizicheskikh kachestv na urokakh fizicheskoi kultury* [Development of Physical Qualities at Physical Education Lessons], Minsk: Narodnaya asveta, 1980, 128 p.
4. Gulidin P.K. *Kompleksnaya otsenka skorostno-silovykh kachestv malchikov 10–11 let s uchetom individualnykh tempov formirovaniya organizma: avtoref. dis. ... kand. ped. nauk* [Complex Assessment of 10–11 Year Old Boys' Speed and Strength Qualities Considering Individual Rate of Body Maturation: PhD (Education) Dissertation Summary], BGAFK, Minsk, 2002, 21 p.
5. *Uchebnye programmy dlya uchrezhdeni obshchego srednego obrazovaniya s belorusskim i russkim yazykami obucheniya i vospitaniya. Fizicheskaya kultura i zdorovye. I–III klassy* [Secondary School Curriculum. Physical Education and Health. 1–3 Years], Minsk: Nats. in-t obrazovaniya, 2017, 56 p.
6. Shatski G.B., Shpak V.G., Vysotskaya D.S. *Innovatsionnye formy i prakticheskiy opyt fizicheskogo vospitaniya detei i uchashcheisia molodezhi: VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Vitebsk, 22 noyabrya 2019 g.* [Innovation Forms and Practical Experience of Children and Schoolchildren Physical Education: VII International Scientific and Practical Conference, Vitebsk, November 22, 2019], Vitebsk: VGU imeni P.M. Mashherova, 2019, p. 112–115.
7. Gratsinskaya V.L., Nikitina I.L. *Ros. Vestn. perinatol. i pediatri.* [Russian Journal of Perinatology and Paediatrics], 2018, 63, p. 66–70.
8. Melnik V.A., Kozakevich N.V. *Vestnik GGMU* [GGMU Journal], 2014, 4, p. 56–62.
9. Rakhimov M.I. *Vestnik TGGPU* [Journal of TGGPU], 2011, 2(24), p. 63–69.
10. Ovcharov V.S. *Primernoye pourochnoye kalendarno-tematicheskoye planirovaniye soderzhaniya urokov fizicheskoi kultury i zdorovya v I–IV klassakh* [Model Lesson Thematic Planning of 1–4 Year Physical Education and Health Lessons], Minsk, 2009, 70 p.
11. Maksachuk E.P. *Razvitie vynoslivosti u shkolnikov 2–4 klassov sredstvami legkoi atletiki na uchebnykh zaniyatiyakh po fizicheskoi kulture: dissertatsiya ... kandidata pedagogicheskikh nauk* [Development of 2–4 Year Schoolchildren's Endurance by Means of Track and Field athletics at Physical Education Lessons: PhD (Education) Dissertation], Kolomna, 2008, 184 p.
12. Meikson G.V., Liubomirski L.E. *Metodika fizicheskogo vospitaniya shkolnikov* [Methods of Schoolchildren Physical Education], M.: Prosveshcheniye, 1989, 143 p.

Поступила в редакцию 03.02.2021

Адрес для корреспонденции: e-mail: shatskygr@mail.ru – Шацкий Г.Б.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ СБОРНОЙ КОМАНДЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПО БАСКЕТБОЛУ «ТРИ НА ТРИ»

А.А. Навойчик

*Учреждение образования «Гродненский государственный
университет имени Янки Купалы»*

Рассмотрены основные результаты экспериментального исследования по внедрению подготовки профессиональных баскетболистов в систему спортивной тренировки и соревновательной деятельности баскетболистов «три на три». Описаны ключевые требования и компетентные критерии отбора спортсменов и комплектования команд.

Цель работы – оценить эффективность экспериментальной методики подготовки баскетболистов «три на три» по результатам исследования.

Материал и методы. В ходе исследования из 28 человек были сформированы две опытные группы – по 14 участников в каждой. Работу и курирование контрольной группы осуществлял главный тренер женской национальной сборной страны – Ю.В. Волк, за экспериментальную отвечал создатель экспериментальной методики А.А. Навойчик. Отобраны 15 нормативов, 7 – на общую физическую подготовку, 7 – на специальную физическую подготовку и разработанный автором норматив оценки подготовленности игроков к соревновательной деятельности по баскетболу «три на три».

Результаты и их обсуждение. Участники экспериментальной группы продемонстрировали достоверные различия в 11 контрольных испытаниях из 15: прыжок в длину с места (p 0,0082, прирост 3,65% над показателями КГ), бег 10 метров (p 0,000007, прирост 8,27% над показателями КГ), челночный бег (p 0,000021, прирост 5,9% над показателями КГ), сгибание корпуса из положения лежа (p 0,00001, прирост 17,85% над показателями КГ), наклон вперед (p 0,00019, прирост 23,38% над показателями КГ), бег 60 секунд (p 0,0031, прирост 3,4% над показателями КГ), передачи мяча (p 0,000007, прирост 6,6% над показателями КГ), ведение «змейкой» (p 0,000007, прирост 17,8% над показателями КГ), передвижения в защитной стойке (p 0,000032, прирост 14,3% над показателями КГ), бросок после двойного шага (p 0,00022, прирост 11,94% над показателями КГ), метание мяча (p 0,000007, прирост 17,31% над показателями КГ).

Заключение. При обоюдном участии спортсменов-участников КГ и ЭГ в соревнованиях по классическому баскетболу и «три на три» адаптация и развитие физических и технических качеств игроков наилучшим образом и с учетом всех особенностей проходили в экспериментальной группе. Это подтверждают результаты тестирований по общей и специальной физической подготовке, а также результаты спаррингов и выступлений в международных рейтинговых соревнованиях.

Ключевые слова: баскетбол «три на три», национальные сборные команды, Республика Беларусь, методика спортивной тренировки, эффективность оценки, результаты исследования.

RESULTS OF THE INTRODUCTION OF AN EXPERIMENTAL TRAINING “THREE VS. THREE” METHODOLOGY OF THE NATIONAL REPUBLIC OF BELARUS BASKETBALL TEAM

A.A. Navoychik

Education Establishment “Yanka Kupala State University of Grodno”

The main results of an experimental study on the introduction of the training of professional basketball players into the system of sports training and competitive activity of basketball players “three vs. three” are considered. The key requirements and competent criteria for the selection of athletes and the recruitment of teams are described.

The purpose of the work is to evaluate the effectiveness of the experimental method of training basketball players “three vs. three” according to the results of the study.

Material and methods. In the course of the study, two experimental groups were formed out of 28 people, with 14 participants in each. The work and supervision of the control group was carried out by the head coach of the women's national team of the country – Yu.V. Volk, the author of the experimental methodology A.A. Navoychik was responsible for the experimental one. 15 standards were selected, 7 for general physical training, 7 for special physical training and the standard developed by us for assessing the readiness of players for competitive basketball activities “three vs. three”.

Findings and their discussions. The participants of the experimental group demonstrated significant differences in 11 control tests out of 15: long jump from the spot (p 0,0082, an increase of 3,65% over KG indicators), 10 meter running (p 0,000007, an increase of 8,27% over KG indicators), shuttle running (p 0,000021, an increase of 5,9% over KG indicators), bending the body from the prone position (p 0,00001, an increase of 17,85% over KG indicators), forward tilt (p 0,00019, an increase of 23,38% over KG indicators), running 60 seconds (p 0,0031, an increase of 3,4% over KG indicators), ball passing (p 0,000007, an increase of 6,6% over KG indicators), “snake” leading (p 0,000007, an increase of 17,8% over KG indicators), movement in a defensive stance (p 0,000032, an increase of 14,3% over KG indicators), throwing after a double step (p 0,00022, an increase of 11,94% over KG indicators), throwing a ball (p 0,000007, an increase of 17,31% over KG indicators).

Conclusion. With the mutual participation of athletes participating in KG and EG in competitions in classic basketball, “three vs. three” adaptation and development of physical and technical qualities of players in the best way, taking into account all the features, took place in the experimental group. This is confirmed by the results of tests on general and special physical training, as well as the results of sparring and performances in international rating competitions.

Key words: three vs.three basketball, national teams, Republic of Belarus, sports training methodology, evaluation effectiveness, research results.

Баскетбол «три на три» – это новое спортивное игровое направление, стремительно набирающее популярность по всему миру. Данный вид спорта дебютировал на прошедшей Олимпиаде в Токио. Специалисты отмечают динамичность, зрелищность и высокую конкурентоспособность игры. Подобное развитие и высокий интерес требуют качественной подготовки, а соответственно поиска и подбора оптимальных и высокоэффективных средств для ее реализации. Ранее мы говорили о том, что большинство подходов, применяемых другими странами в области спортивной тренировки баскетболистов «три на три», имеют тесную взаимосвязь с классическим баскетболом [1]. Здесь преобладают методы организации соревнований: схожесть в разметке площадки, используемого инвентаря; технико-тактический арсенал участников: разновидности бросков, обманных движений с мячом, взаимодействия игроков на заслоне. Анализируя состояние и перспективы развития баскетбола «три на три» на территории нашей страны, а также сопоставляя их с текущим положением на международной арене, мы сформировали концепцию экспериментальной методики, комплексный подход которой позволил нам осуществлять подготовку высококвалифицированных спортсменов [2]. Изучение данной проблемы выявило критерии, напрямую обуславливающие эффективность отбора спортсменов для баскетбола «три на три»: оптимальные антропометрические и модульные статистические показатели. Исследование в этой области позволило достоверно определить точные диапазоны каждого значения: длина тела 192,1–200,6 см муж., 176,8–185,7 см жен.; масса тела 87,1–96,2 кг муж., 67,6–77,1 кг жен.; игровые показатели эффективности, влияющие на успешность адаптации в баскетболе «три на три» ($p > 0,05$), – процент реализации трехочковых бросков, фолы на игроке, подборы в нападении, показатель соотношения плюс/минус забитых очков; способ комплектования команд – парное 40,4% и двухзвенное 30,8% от общего количества существующих команд в мировом рейтинге ФИБА 3х3 [3; 4].

Цель работы заключается в оценке и сравнительном анализе результатов внедрения экспериментальной методики подготовки баскетболистов «три на три» в рамках учебно-тренировочных сборов женской национальной команды Республики Беларусь.

Материал и методы. Для оценки эффективности внедрения экспериментальной методики нами были выбраны следующие нормативные пробы: общая физическая подготовка (ОФП) – прыжки в длину (Пр.Дл.) и высоту (Пр.Выс.), челночный (4х9 м), десятиметровый (10 м) и шестидесятисекундный (60 с) бег, наклон вперед из положения сидя (Накл.), сгибания корпуса из положения лежа (Пресс); специальная физическая подготовка (СФП) – передачи мяча двумя руками от груди (Пер.), перемещения в защитной стойке (Защ.), ведение мяча с изменением направления (З м), броски в движении после двух шагов (2 шг.вр. и 2 шг.п.), со средней, дальней дистанции (Баб.бр. и Баб.п.), штрафной бросок (Штр.) и метание набивного мяча (Мет.). К тому же нами был разработан специальный тест, оценивающий уровень подготовленности игроков для участия в соревнованиях по бас-

кетболу «три на три» (3х3). При обработке статистических результатов, полученных в ходе оценки общей и специальной физической подготовки, мы использовали критерии Манна–Уитни и Колмогорова–Смирнова для двух групп непараметрического распределения, а также проверки перекрестного сравнения полученных данных [5].

Результаты и их обсуждение. В рамках апробации нашей экспериментальной методики мы сформировали две опытные группы по четырнадцать человек каждая, из игроков – членов национальных сборных команд Республики Беларусь. Экспертом, курирующим контрольную группу (КГ), стал главный тренер женской сборной команды страны – Ю.В. Волк. За экспериментальную группу (ЭГ) и за осуществление общим руководством исследования отвечал А.А. Навойчик.

В ходе апробации экспериментальной методики нами были проведены серии контрольных испытаний на начальном (22.07.2021 г.), промежуточном (18.08.2021 г.) и заключительном (14.09.2021 г.) этапах. За данный промежуток времени участниками опытных групп были сыграны официальные международные и товарищеские турниры по баскетболу «три на три» (помимо континентальных и мировых первенств, к которым готовились представительницы сборных страны) для проверки эффективности подобранных тренировочных средств в соревновательной деятельности.

Завершающим этапом эксперимента явилось контрольное тестирование от 14.09.2021 года. Особо значимым в его проведении стало совпадение соревновательного календаря, что подразумевает выход на пик функциональной готовности перед международными стартами. Участники контрольной группы готовились к выступлению на играх стран СНГ и финальному туру Лиги Наций, а состав экспериментальной должен был стартовать на финальной части Кубка Европы и все в рамках соревнований по баскетболу «три на три» [6].

Межгрупповой анализ результатов исследования на завершающей стадии выявил статистически значимое изменение итоговых показателей ($p < 0,0011$, улучшение значений ЭГ в среднем на 11,35% больше, чем в КГ). На момент начала эксперимента представители контрольной и экспериментальной групп не имели достоверных различий в своем распределении, за исключением проб на прыжок в высоту и выполнении штрафного броска.

На этапе промежуточного тестирования группы по показателям ОФП и СФП достоверно не отличались, хотя в рамках внутригруппового сравнения наблюдалась положительная динамика изменений по ряду информативных показателей. Это значит, что на начальном этапе формирующего эксперимента испытуемые улучшали свои кондиции равномерно друг другу.

Статистический анализ данных, представленных в табл. 1 и 2, демонстрирует достоверные различия (p варьируется в диапазоне $< 0,04 - 0,000016$) между опытными группами по ряду критериев. Таким образом, статистически значимого прироста у спортсменов экспериментальной группы в сравнении с показателями контрольной удалось добиться в нормативах: ОФП – бег 10 метров ($p 0,005$, ЭГ 1,99 с < на 0,18 с, чем КГ – 2,17 с), челночный бег ($p 0,0011$, ЭГ 8,87 с < на 0,67 с, чем КГ – 9,54 с), сгибание корпуса из положения лежа ($p 0,000016$, ЭГ 61,07 повт. > на 11,43 повт., чем КГ – 49,64 повт.), наклон вперед ($p 0,032$, ЭГ 17,64 см > на 3,57 см, чем КГ – 14,07 см), бег 60 секунд ($p 0,032$, ЭГ 255,85 метр. > на 7,28 метр., чем КГ – 248,57 метр.); СФП – передачи мяча ($p 0,00012$, ЭГ 27,07 пер. > на 1,57 пер., чем КГ – 25,5 пер.), ведение «змейкой» ($p 0,000016$, ЭГ 4,53 с < на 0,91 с, чем КГ – 5,44 с), передвижения в защитной стойке ($p 0,00086$, ЭГ 25,23 с < на 4,36 с, чем КГ – 29,59 с), бросок после двойного шага ($p 0,04$, ЭГ 54,62 с < на 1,85 с, чем КГ – 56,47 с), метание мяча ($p 0,001$, ЭГ 480,14 см > на 75,29 см, чем КГ – 404,85 см). По совокупности результатов из семнадцати категорий в двенадцати экспериментальная группа имела достоверный прирост в сравнении с контрольной. Оставшиеся нормативы в большей степени связаны с количеством попаданий и реализацией бросков, что в условиях оценки качества выполнения нормативных проб является самым нестабильным фактором.

Таблица 1

Медианные значения результатов тестирования ОФП в КГ и ЭГ

Тест	Пр.Выс.	Пр.Дл.	10 м	4х9 м	Пресс	Накл.	60 с	3х3
КГ 22,07	46,92 см	206,42 см	2,39 с	10,11 с	48 повт.	12,64 см	241,42 м	32,16 эфф.
КГ 14,09	48,42 см	209,07 см	2,17 с	9,54 с	49,64 повт.	14,07 см	248,57 м	44,95 эфф.
ЭГ 22,07	43,42 см	194,78 см	2,43 с	10,03 с	48,14 повт.	11,64 см	240,57 м	25,44 эфф.
ЭГ 14,09	49,07 см	204,85 см	1,99 с	8,87 с	61,07 повт.	17,64 см	255,85 м	41,59 эфф.

Примечание. Медианные показатели проб 22.07.2021: КГ – 22,07 и ЭГ – 22,07.

Медианные показатели проб от 14.09.2021 года: КГ – 14,09 и ЭГ – 14,09.

Таблица 2

Медианные значения результатов тестирования СФП в КГ и ЭГ

Тест	Пер.	3 м	Защ.	2 шг.вр.	2 шг.п.	Штр.	Баб.бр.	Баб.п.	Мет.
КГ 22,07	22,78 повт.	5,79 с	30,94 с	57,95 с	8,28 поп.	7,35 поп.	28,71 бр.	11,14 поп.	327,64 см
КГ 14,09	25,5 повт.	5,44 с	29,59 с	56,47 с	9,42 поп.	8 поп.	32,64 бр.	13,78 поп.	404,85 см
ЭГ 22,07	22,35 повт.	5,87 с	30,87 с	58,41 с	7,71 поп.	6,35 поп.	28,64 бр.	9,71 поп.	305,3 см
ЭГ 14,09	27,07 повт.	4,53 с	25,23 с	54,62 с	9,57 поп.	8,5 поп.	33,28 бр.	15,57 поп.	480,14 см

Примечание. Медианные показатели проб 22.07.2021: КГ – 22,07 и ЭГ – 22,07.

Медианные показатели проб от 14.09.2021 года: КГ – 14,09 и ЭГ – 14,09.

Результаты, полученные в ходе тестирований, не выявили достоверных различий ($p > 0,05$), однако они свидетельствуют о ряде закономерностей. В частности, рассмотрим показатели результативности теста с выполнением штрафного броска. Данный норматив изначально лучше выполнялся представителями контрольной группы – в среднем на одно попадание больше (7,35 в КГ против 6,35 в ЭГ). При этом на момент окончания исследования показатели составили 8 попаданий КГ против 8,5 ЭГ, что демонстрирует прирост в среднем на 2,15 попадания, и это является достоверным различием ($p = 0,000071$) для внутригруппового сравнения, и 1,5 попадания между группами за время проведения эксперимента. Если рассмотреть показатели прыжковых нормативов, то нужно учитывать, что наши испытуемые уже вышли за возрастные пределы сенситивного периода развития скоростно-силовых качеств, чтобы успеть за краткий промежуток времени продемонстрировать достоверный прирост в конкретных тестах. Тем не менее с учетом показателей начала нашего исследования прирост контрольной группы составил 2,5 см в высоту и 2,65 см в длину. В экспериментальной – 5,65 см в высоту и 10,07 см в длину ($p = 0,0082$, что является достоверным различием для внутригруппового сравнения). При анализе результатов норматива «броски бабочкой» мы видим несущественную разницу по количеству бросков на всем этапе эксперимента – на 0,07 броска больше у контрольной группы в ходе констатирующего эксперимента и на 0,64 броска больше у экспериментальной на момент контрольного испытания. Поэтому важным аспектом данного исследования является результативность указанных действий, ведь при сопоставительно равном количестве бросков их количественная значимость существенно различается. При первом тестировании контрольная группа набирала в среднем на 1,43 очка больше, чем ее оппоненты. На заключительном этапе уже представители экспериментальной группы реализовывали больше на 1,79 очка, что дает нам суммарный прирост, с учетом

отставания, в 3,22 очка над соперником. Если соотнести выполнение тестовой пробы с игровой ситуацией в баскетболе «три на три», то разница в 1,79 очка за каждые три минуты игрового времени (итоговое время выполнения норматива) эквивалентна как минимум 5,37 очка преимущества к исходу игрового времени. То есть трем результативным атакам (при наличии хотя бы двух дальних попаданий), что в среднем по времени варьируется от 42 с до 60 с игрового времени, а это возможность зарабатывания рейтинговых очков при досрочном завершении матча или уверенное контролирование счета в финальной стадии игры.

В табл. 3 и 4 дано процентное соотношение прироста каждого показателя за время эксперимента. С учетом того, что при межгрупповом сравнении не все тестовые пробы продемонстрировали статистически значимый прирост, количественное изменение показателей присутствовало для каждой группы испытуемых. Так, представители контрольной группы, улучшив свои изначальные результаты, в среднем повысили рост показателей на 9,76%. В экспериментальной прибавка составила в среднем 21,11%, что более чем в два раза превысив показатели оппонирующей группы.

Таблица 3

**Процентное соотношение прироста показателей ОФП
и норматива «3х3» опытных групп за время проведения эксперимента**

Тест	Пр.Выс.	Пр.Дл.	10 м	4х9 м	Пресс	Накл.	60 с	3х3
КГ	3,26%	1,28%	11%	5,7%	3,34%	11,91%	2,96%	29,06%
ЭГ	11,53	4,93%	22%	11.6%	21,19%	35,29%	6,36%	39,39%

Таблица 4

**Процентное соотношение прироста показателей СФП
опытных групп за время проведения эксперимента**

Тест	Пер.	3 м	Защ.	2 шг.вр.	2 шг.п.	Штр.	Баб.бр.	Баб.п.	Мет.
КГ	10,88%	7%	4,5%	2,59%	12,66%	8,12%	12,28	20,3%	19,11%
ЭГ	17,48%	26,8	18,8	6,53%	20,66%	26,87	14,06	39,06%	36,42%

При внутригрупповом сравнении, по результатам эксперимента, эффективность стандартной методики подготовки в контрольной группе обусловила достоверный прирост ($p < 0,05$) по следующим критериям: ОФП – бег 10 м ($p 0,0043$, $-0,22$ с), челночный бег ($p 0,0071$, $-0,57$ с); СФП – передача мяча ($p 0,000032$, $+2,77$ пер.), ведение мяча «змейкой» ($p 0,013$, $-0,35$ с), бросок после двойного шага на время и количество попаданий ($p 0,02$ и $-1,48$ сек; $p 0,00018$ и $+1,14$ попад.), броски «бабочкой» на количество совершенных бросков за время ($p 0,000024$, $+3,93$ броск.), штрафной бросок ($p 0,043$, $+0,65$ попад.), метание мяча ($p 0,00015$, $+77,21$ см); норматив игровой эффективности в баскетболе «три на три» ($p 0,0024$, $+12,79$ эфф.). Главным преимуществом стандартных инструментов в методике тренировки контрольной группы стало целенаправленное влияние на развитие специфических качеств баскетболиста, что демонстрирует преобладание значимого прироста именно в нормативах СФП. Тем не менее ключевыми факторами в игре всегда считались уровень защиты команды и процент реализации игровых бросков, но как раз в этих двух тестах (передвижение в защитной стойке и количество попаданий в бросках «бабочкой») достоверного изменения не обнаружено. В тестовых пробах общей физической подготовки отсутствовали значимые различия из-за невозможности наладить планомерный подход к всестороннему развитию физических качеств при постоянном прерывании процессов подготовки участием в соревнованиях по баскетболу «пять на пять» и «три на три», то есть классическая методика не учитывала подобную специфику. Прирост в двух, по сути, беговых нормативах объясняется стандартизованностью тренировочного процесса в баскетболе, где

основными средствами функциональной подготовки выступают стандартные бега на 10–20 м и разнообразные интерпретации челночного бега.

Внутригрупповое сравнение экспериментальной группы за время проведения исследования и применения нашей методики спортивной тренировки обнаруживает достоверный прирост ($p < 0,0012$) по 16 критериям из 17. Единственной пробой, не демонстрирующей статистически значимых различий, стал прыжок в высоту (мы уже описывали возможные причины отсутствия положительной динамики при межгрупповом сравнении). Тем не менее среднестатистические показатели для группы выросли на 5,65 см или 11,53%, что является серьезной прибавкой для данной гендерной группы испытуемых. Остальные нормативы продемонстрировали следующие достоверные показатели (p варьируется в диапазоне $< 0,001198–0,000007$): ОФП – прыжок в длину (+10,07 см), бег 10 м (–0,44 с), челночный бег (–1,26 с), сгибание корпуса из положения лежа (+12,93 повт.), наклон вперед (+6 см), бег 60 с (+15,28 метр.); СФП – передача мяча (+4,72 повт.), ведение мяча «змейкой» (–1,34 с), передвижения в защитной стойке (–5,64 с), бросок после двойного шага на время и количество попаданий (–3,79 с и +1,86 попад.), броски «бабочкой» на количество бросков и попаданий (+4,64 броск. и +5,86 попад.), штрафной бросок (+2,15 попад.), метание мяча (+174,84 см); норматив игровой эффективности «три на три» (+16,15 эфф.).

Заключение. В ходе выполненного исследования нами был получен статистически значимый ($p < 0,0012$) прирост наблюдаемых показателей для оценки эффективности интегральной методики подготовки баскетболистов «три на три» в области общей и специальной физической подготовки спортсменов. Участники экспериментальной группы продемонстрировали более высокую результативность по следующим тестовым упражнениям:

- прыжок в длину с места ($p 0,0082$, прирост в 4,93% при внутригрупповом сравнении и 3,65% над показателями КГ);
- бег 10 м ($p 0,000007$, прирост в 11,53% при внутригрупповом сравнении и 8,27% над показателями КГ);
- челночный бег ($p 0,000021$, прирост в 11,6% при внутригрупповом сравнении и 5,9% над показателями КГ);
- сгибание корпуса из положения лежа ($p 0,00001$, прирост в 21,19% при внутригрупповом сравнении и 17,85% над показателями КГ);
- наклон вперед ($p 0,00019$, прирост в 35,29% при внутригрупповом сравнении и 23,38% над показателями КГ);
- бег 60 с ($p 0,0031$, прирост в 6,36% при внутригрупповом сравнении и 3,4% над показателями КГ);
- передачи мяча ($p 0,000007$, прирост в 17,48% при внутригрупповом сравнении и 6,6% над показателями КГ);
- ведение «змейкой» ($p 0,000007$, прирост в 26,8% при внутригрупповом сравнении и 17,8% над показателями КГ);
- передвижения в защитной стойке ($p 0,000032$, прирост в 18,8% при внутригрупповом сравнении и 14,3% над показателями КГ);
- бросок после двойного шага ($p 0,00022$, прирост в 27,19% при внутригрупповом сравнении и 11,94% над показателями КГ);
- метание мяча ($p 0,000007$, прирост в 36,42% при внутригрупповом сравнении и 17,31% над показателями КГ).

К тому же необходимо отметить достоверный прирост в экспериментальной группе по специально разработанной нами нормативной пробе для оценки уровня подготовленности спортсменов к баскетболу «три на три». Представители ЭГ получили прирост ($p 0,001198$) в 39,39% при внутригрупповом сравнении и 10,33% над показателями КГ, что наглядно демонстрирует успешность влияния разработанного нами методического комплекса спортивных тренировок.

Следовательно, разработанная нами методика интеграции подготовки баскетболистов «три на три» в спортивную тренировку профессиональных игроков «пять на пять» учитывает специфику обоих видов спорта, общую занятость игроков и календарный план соревнований. В ней одновременно отражены все основные аспекты функциональной подготовки спортсменов, технология подбора средств тактических взаимодействий с поправкой на антропометрические данные баскетболистов

и их модульные статистические показатели эффективности, а также обоснован порядок формирования игровых коллективов. При обоюдном участии спортсменов-участников КГ и ЭГ в соревнованиях по классическому баскетболу и «три на три» адаптация и развитие физических и технических качеств игроков наилучшим образом и с учетом всех особенностей проходили в экспериментальной группе. Это подтверждают результаты тестирований по общей и специальной физической подготовке, а также результаты спаррингов и выступлений в международных рейтинговых соревнованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Навойчик, А.А. Анализ современных тенденций развития баскетбола «3х3» в мире / А.А. Навойчик, В.В. Храмов, А.И. Навойчик // Мир спорта. – 2019. – № 2. – С. 38–43.
2. Навойчик, А.А. Состояние и перспективы развития стритбола в Беларуси по итогам анализа международных соревнований 2018 года / А.А. Навойчик, В.П. Навойчик, В.В. Храмов // Мир спорта. – 2019. – № 1. – С. 32–37.
3. Навойчик, А.А. Теоретическое обоснование профессиональных требований к игровым амплуа в баскетболе «три на три» / А.А. Навойчик, В.В. Храмов // Весн. Гродзен. дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. Сер. 3, Філалогія. Педагогіка. Псіхалогія. – 2020. – Т. 12, № 3. – С. 120–127.
4. Навойчик, А.А. Исследование комплексных форм обоснованных способов комплектования команд в баскетболе «три на три» / А.А. Навойчик, В.В. Храмов // Изв. Гомел. гос. ун-та им. Ф. Скорины. Сер. Социально-экономические и общественные науки. – 2020. – Вып. 122, № 5. – С. 39–43.
5. Теоретические основы, общий обзор: непараметрические критерии [Электронный ресурс] // Портал знаний. Глобальный интеллектуальный ресурс. – Режим доступа: <http://statistica.ru/theory/neparametricheskie-kriterii>. – Дата доступа: 22.03.2021.
6. Международные соревнования по баскетболу «три на три» среди женских национальных сборных команд [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал Международной федерации баскетбола «три на три» (ФИБА 3 на 3). – Режим доступа: <https://fiba3x3.com/events.html#women>. – Дата доступа: 20.03.2021.

REFERENCES

1. Navoychik A.A., Khramov V.V., Navoychik A.I. *Mir sporta* [The World of Sport], 2019, 2, p. 38–43.
2. Navoychik A.A., Navoychik V.P., Khramov V.V. *Mir sporta* [The World of Sport], 2019, 1, p. 32–37.
3. Navoychik A.A., Khramov V.V. *Vesn. Grodzen. dzharzh. un-ta imia Yanki Kupaly. Ser. 3, Filalogiya. Pedagogika. Psichalogiya*. [Journal of Grodno State University. 3, Philology. Pedagogy. Psychology], 2020, 12(3), p. 120–127.
4. Navoychik A.A., Khramov V.V. *Izv. Gomel. gos. un-ta im. F. Skoriny. Ser. Sotsialno-ekonomichieskiye i obshchestvenniye nauki* [Journal of F. Skoryna State University of Gomel. Social Economic and Social Sciences], 2020, 122, (5), p. 39–43.
5. *Teoreticheskiye osnovy. Obshchii obzor: neparametrichieskiye kriterii* [Theoretical Bases, General Overview: Non-parametric Criteria]. – Mode of access: <http://statistica.ru/theory/neparametricheskie-kriterii>. – Date of access: 22.03.2021.
6. *Mezhdunarodniye sorevnovaniya po basketbolu "tri na tri" sredi zhenskikh natsionalnykh sbornykh komand* [International "Three vs. Three" Basketball Competitions among Women National Teams]. – Mode of access: <https://fiba3x3.com/events.html#women>. – Date of access: 20.03.2021.

Поступила в редакцию 15.04.2022

Адрес для корреспонденции: e-mail: andrei.navoichik@gmail.com – Навойчик А.А.

«ОБЩАЯ КУЛЬТУРА» И «СОЦИОКУЛЬТУРНАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ» В ТЕОРИИ И ПРАКТИКЕ РАЗВИТИЯ ЛИЧНОСТИ

Д.В. Берёзко

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

В работе исследуются различные подходы к определению понятий «культура» и «компетенция». Проведен анализ соотношения дефиниций «компетенция» и «компетентность». Установлена роль социокультурной компетенции при подготовке специалистов в сфере высшего образования (на примере юридических специальностей).

Цель статьи – определить роль социокультурной компетенции как педагогического инструмента в процессе подготовки специалиста к профессиональной деятельности.

Материал и методы. Материалом для исследования послужили труды белорусских и российских ученых, рассматривающих вопросы использования компетентностного подхода в образовании, культуре и юриспруденции (проанализировано более 30 источников научной литературы по данной тематике). При этом применялись такие общенаучные методы, как анализ, синтез и сравнение, а также методы педагогики: беседа и педагогический консилиум.

Результаты и их обсуждение. В статье были изучены различные подходы к пониманию определений понятий «культура» и «социокультурная компетенция». В ходе детального анализа представленных подходов выявлены наиболее актуальные и применимые в сфере высшего образования вышеуказанные дефиниции. Проведен пилотный опрос, результатом которого стало доказательство наличия пробелов в формировании социокультурной компетенции при подготовке юридических кадров. Кроме того, автором обозначена важность формирования социокультурной компетенции при подготовке современных специалистов в университете.

Заключение. Грамотное использование понятий «культура» и «компетенция» позволяет очертить подходы, принципы, направления и компоненты, а также педагогический инструментарий для формирования социокультурной компетенции в образовательном пространстве университета. Формирование социокультурной компетенции должно стать ключевой задачей при подготовке специалистов в сфере высшего образования, вне зависимости от их профиля.

Ключевые слова: компетенция, культура, социокультурная компетенция, компетентность, юриспруденция.

“GENERAL CULTURE” AND “SOCIAL AND CULTURAL COMPETENCE” IN THE THEORY AND PRACTICE OF PERSONALITY DEVELOPMENT

D.V. Berezko

Education Establishment “Vitebsk State P.M. Masherov University”

The article discusses various approaches to the definition of the concepts of “culture” and “competence”. An analysis of the correlation between the definitions of “competence” and “competency” has been carried out. The role of social and cultural competence in training specialists in the field of higher education is determined (using the example of Law training).

The aim of the article is to determine the role of social and cultural competence as a pedagogical tool in the process of training a specialist for professional activity.

Material and methods. The material for the study was the works of Belarusian and Russian scientists who studied the issues of using the competence-based approach in education, culture and jurisprudence (more than 30 sources of scientific literature on this topic were analyzed). During the research, such general scientific methods as the method of analysis, synthesis and comparison were used. Besides, the following methods of pedagogy were used: conversation and the method of the pedagogical counseling.

Findings and their discussion. The article explored various approaches to understanding the definitions of the concept of “culture” and “social and cultural competence”. In the course of a detailed analysis of the presented approaches, the above mentioned definitions that are most relevant and applicable in the field of higher education are identified. A pilot survey was conducted, the result of which showed gaps in shaping social and cultural competence in the training of legal personnel. In addition, the author outlines the importance of shaping social and cultural competence in training modern specialists at university.

Conclusion. *Competent use of the notions of “culture” and “competence” allows to outline the approaches, principles, directions and components, as well as pedagogical tools for shaping social and cultural competence in the academic space of the university. Shaping social and cultural competence should be a key task in training specialists in the field of higher education, regardless of their majors.*

Key words: *competence, culture, social and cultural competence, jurisprudence.*

Социальность как явление, особенно востребованное современным молодежным обществом, представляет собой сложный механизм взаимообусловленности отношений на различных уровнях – в плоскости межличностных отношений (индивид–индивид / индивид–коллектив / коллектив–коллектив), в плоскости вовлечения в учебно-воспитательный процесс (с выполнением общих ролевых функций, например, студента), а также на уровне достижения результата от данного процесса. И, наконец, установление смыслов в обозначенной социальности зависит от имеющихся ценностей, которые закреплены в обществе и являются частью социального окружения любого социального института. Любое изменение в культуре приводит к соответствующим изменениям во всем социальном порядке. Культура выступает как продукт деятельности общества и его субъектов, но без усвоения результатов предыдущей деятельности общество не сможет полноценно развиваться. В культуре выражаются отношения человека и природы, человека и общества, человека к человеку.

Цель статьи – определить роль социокультурной компетенции как педагогического инструмента в процессе подготовки специалиста к профессиональной деятельности.

Материал и методы. Материалом для исследования послужили труды белорусских и российских ученых, изучающих вопросы использования компетентного подхода в образовании, культуре и юриспруденции (проанализировано более 30 источников научной литературы по данной тематике). При этом применялись такие общенаучные методы, как анализ, синтез и сравнение, а также методы педагогики: беседа и педагогический консилиум.

Результаты и их обсуждение. В настоящее время мы наблюдаем повсеместный процесс глобализации, который характеризуется в том числе стремительным развитием международных и межнациональных контактов. Современный мир строится на концепции общего человеческого наследия, а также принципах устойчивого развития посредством взаимодействия и сотрудничества всех стран мира. Открытость мира побуждает нас к определенным переменам и в сфере образования. Новые подходы к образовательному процессу в нашей стране и во всей Европе, повышение статуса гуманитарных знаний в любой сфере политической и общественной жизни делают необходимым развитие у будущих специалистов общечеловеческих ценностных ориентаций, умений общаться на межкультурном уровне. Данные навыки особо важны для представителей юридических специальностей в ходе развития профессиональной юридической (правовой) культуры. Сегодня уже никто не оспаривает тот факт, что основной целью подготовки высококвалифицированного специалиста на нынешнем этапе является развитие личности обучающегося в неразрывной связи с преподаванием культуры страны, способствование стремлению участвовать в межкультурной коммуникации, то есть развитие коммуникативной компетенции, которая готовит к реальному межкультурному общению. Однако даже хорошее владение иностранными языками еще не гарантирует успешного межкультурного взаимодействия и взаимопонимания, в процессе которых часто возникают неполное понимание, этнические стереотипы, предрассудки, недооценка или переоценка сходства родной и иноязычной культур. Именно поэтому развитие социокультурной компетенции приобретает важное значение как средство воспитания и социализации личности.

Прежде чем перейти к анализу «социокультурной компетенции», необходимо дать определение понятий «культура» и «компетенция» в целом. Так, существующее множество определений культуры в значительной мере вызвано многообразием ее понимания в онтологическом, функциональном, структурном и иных аспектах. В начале 1950-х гг. американские исследователи насчитали более 500 научных определений культуры. Культуру в наиболее общем (философском) смысле можно трактовать как специфическую человеческую форму освоения, исполнения, информационного и регулятивного обеспечения процессов коллективной жизнедеятельности. В более частном, конкретно-историческом смысле культура представляет собой совокупность локальных способов организации жизни

ни в групповых формах, свойственных тому или иному народу или каким-то еще образом локализованной социальной общности. Придерживаясь данного подхода, польский писатель и культуролог Станислав Лем дал следующее определение культуре: «стратегия разумных существ, имеющая целью их выживание» [1, с. 76].

В интересах настоящего исследования представляется необходимым осмыслить культуру в первую очередь как социальную систему. Согласимся с определением понятия, данным А.Я. Флиером, который отмечает, что «культура как социальная система представляет собой исторически (опытным путем) отобранную совокупность способов коллективного существования и взаимодействия людей» [2, с. 63].

В научно-педагогической литературе не одно десятилетие является дискуссионным вопрос о необходимости разграничения компетенции и компетентности. Данный вопрос касается не только определения вышеуказанных понятий, но и отнесения различных методологических принципов к их содержанию. Следует отметить, что не все словари различают «компетенцию» и «компетентность», что также указывает на отсутствие единого подхода к пониманию данных категорий. Так, в «Толковом словаре русского языка» С.И. Ожегова отсутствует определение понятия «компетентность», в то время как под компетенцией понимается «круг вопросов, в которых кто-либо хорошо осведомлен [3, с. 268]. А толковый словарь под редакцией Д.И. Ушакова толкует эти два понятия как два разных: «компетенция – круг вопросов, явлений, в которых данное лицо обладает авторитетностью, познанием, опытом»; «компетентность – осведомленность, признание лица знатоком в каком-нибудь вопросе» [4, с. 98]. Некоторые же энциклопедические словари даже не различают указанные понятия, например, советский энциклопедический словарь.

В педагогике исследованием понятия «компетенция» и изучением компетентностного подхода занимались такие ученые, как А.С. Белкин, М.А. Лукашенко, Р.П. Мильруд, А.В. Хуторской, С.Е. Шишов, Н.Л. Гончарова и др.

Так, М.А. Лукашенко понимает компетенцию как предметную область, «в которой индивид хорошо осведомлен и проявляет готовность к выполнению деятельности, а компетентность – интегрированная характеристика качеств личности, выступающая как результат подготовки выпускника для выполнения деятельности в определенных областях» [5, с. 99]. Ученый вместе с тем утверждает, что современное общество требует не только владения необходимыми профессиональными компетенциями, но и целеустремленного, последовательного, а значит системного формирования в любом коллективе (в том числе и учреждения образования) корпоративной культуры, которая должна быть, прежде всего, направлена на конкурентоспособность. Такой основой деятельности является ценностная основа, без которой невозможно сформировать корпоративную культуру.

С.В. Коляда в своей работе «Коммуникативная компетенция руководителя» дает следующие определения данным терминам: «Компетентность – то, что человек умеет, знает». Компетенция – круг прав и полномочий, в рамках которых человек должен уметь и знать то, что требуется» [6]. Ученый предлагает использовать коммуникативные техники, принятые в той или иной культуре, для адекватного поведения и использования в определенных речевых образцах руководителя ряда социокультурных сценариев.

По мнению Н.Л. Гончаровой, оба рассматриваемые понятия должны быть разделены, и точкой раздела является первичность/вторичность того или иного свойства субъекта, которые он проявляет в профессиональной деятельности. Исследователь видит компетенцию «как комплексную структуру, состоящую из разнообразных элементов», а компетентность как «понятие другого смыслового ряда», при этом второе понятие относит к «реальной, характерной конкретной личности и зависящей от субъекта... Если в обобщенном виде компетенцию можно определить как свойство, то компетентность – это обладание этим свойством, которое проявляется в практической деятельности» [7, с. 24]. Автор считает, что личность должна стать участником межкультурных процессов только обладая самодостаточностью, развитием, умениями объяснять и усваивать иную культуру, тем самым расширяя собственную картину мира.

Известный российский ученый А.А. Вербицкий, автор теории контекстного обучения, выбирает «объективность и субъективность условий, определяющих качество профессиональной деятельно-

сти» для разделения анализируемых нами понятий. Объективные условия он соотносит с компетенцией и предлагает их интегрировать в «сферу деятельности специалиста, его права, обязанности и сферы ответственности, определенные в различного рода официальных документах: законах, постановлениях, указах, приказах, положениях, инструкциях и т.д. В качестве субъективных условий, т.е. компетентностей, выступают при этом сложившаяся на данный момент система ответственных отношений и установок к миру, другим людям и к самому себе, профессиональные мотивы, профессионально важные качества личности специалиста, его психофизиологические особенности, способности, знания, умения, навыки и др.» [8, с. 42]. Значит, социокультурная компетенция, по мнению А.А. Вербицкого, основывается на том социокультурном опыте, который получает обучающийся в период получения профессионального образования (в нашем случае юридического).

Согласимся с вышеописанными мнениями различных ученых о необходимости разграничения категорий «компетенция» и «компетентность». Действительно, несмотря на поверхностную схожесть, данные понятия носят разную смысловую нагрузку. В рамках данного исследования нас интересует «социокультурная компетенция» как педагогический инструмент в сфере высшего образования.

Педагогическая наука в Беларуси проводит не только теоретические исследования, но и обращается к различным практическим вопросам формирования компетенций на каждом из уровней получения образования. Так, вопросами социокультурного развития учащихся учреждений общего среднего образования занимается С.В. Николаенко, который под социокультурной компетенцией понимает «знание культурного наследия стран, национально-культурной специфики, речевого поведения и способность пользоваться элементами социокультурного контекста для порождения и восприятия речи с точки зрения национального языка (обычаев, правил, норм, социальных условностей, ритуалов, социальных стереотипов и т.д.)» [9, с. 8].

Для обучения на второй и третьей ступени получения общего среднего образования разработаны лингвометодическая система, включающая национально-культурный содержательный аспект в контексте обучения русскому языку, методология социокультурного развития учащихся, лингвометодические средства, реализующие данную систему (традиционные и современные методы, приемы и технологии, комплекс упражнений).

Несмотря на то, что имеется положительный опыт учреждений образования Республики Беларусь в реализации различных интегративных моделей формирования социокультурной компетенции, необходимо отметить, что данный опыт ограничивается в основном филологическими специальностями. Об этом свидетельствуют и Образовательные стандарты высшего образования Республики Беларусь, где формирование социокультурной компетенции предусмотрено лишь при подготовке специалистов филологического и педагогического профилей. В то время как при подготовке юриста данная компетенция не упоминается, что может указывать на проблему формирования социокультурного пространства вуза на юридических специальностях.

Для того чтобы убедиться в актуальности вышеназванной проблемы, нами был проведен устный опрос студентов выпускного курса, обучающихся на юридических специальностях в учреждении образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова», и профессионального сообщества города Витебска и Витебской области (работники адвокатуры, следственного комитета, прокуратуры, судов и т.д.) с целью получения первичных данных об удовлетворенности сформированными социокультурными знаниями и наличием социокультурных ориентиров.

Респондентам были заданы два вопроса:

1. Удовлетворены ли Вы уровнем сформированности социокультурной компетенции в процессе обучения в вузе?
2. Хотели бы Вы повысить уровень социокультурной компетенции для роста профессионального мастерства?

22% опрошенных студентов и 18% представителей профессионального юридического сообщества считают достаточным свой уровень освоения социокультурных знаний и их использования в профессиональной деятельности. Как правило, эти респонденты констатируют хорошее знание иностранного языка как основного мотивирующего способа применения социокультурных знаний в своей практике (им достаточно только языка).

В общении с другими участниками опроса выяснилось, что системно (кроме изучения иностранного языка) иные компоненты социокультурной компетенции недостаточно (а во многих случаях совсем отсутствуют) включаются в образовательное пространство университета. Например, подчеркивается отсутствие опыта академической мобильности, разработки серьезных проектов, связанных с поликультурным общением, недостаточное количество современных учебных пособий и рекомендаций и др.

Интересной нам представляется статистика, полученная из ответов на второй вопрос, т.к. все участники опроса заявили, что им, в первую очередь, необходимы знания и умения, связанные различными компонентами, включенными в социокультурную компетенцию. Ими отмечалось, что отсутствие умений организовать профессиональное общение с учетом конкретной профессиональной ситуации (пользоваться реалиями, особыми оборотами речи, специфическими правилами общения, знанием обычаев и культуры) при совершении юридических действий с представителями иной культуры (мигрантами, иностранными гражданами и т.д.) в большей степени влияет на качественное исполнение своих должностных обязанностей в соответствии с законодательством, что влечет за собой не только снижение показателей эффективности работы, но и препятствует личностному развитию и карьерному росту.

Также был признан и недостаток подготовки в ориентированности на социальные нормы (правила хорошего тона, этикет, нормы коммуникации между представителями различных социальных групп (гендерные, возрастные, национальные, в зависимости от уровня образования, территории проживания и т.д.)), что создает очень часто когнитивные барьеры в коммуникации и определенные трудности при выборе социокультурных сценариев в профессиональном поведении.

Следовательно, представители юридического сообщества остро нуждаются в развитии социокультурной компетенции еще со студенческой скамьи. Однако для внедрения данной категории в образовательный процесс необходимо дать конкретное определение понятия социокультурной компетенции. В рассмотренных нами исследованиях раскрывается множество подходов к определению названного понятия, что указывает на сложность этой категории.

Так, И.А. Зимняя под социокультурной компетенцией студентов понимает «способность и готовность применять комплекс социокультурных знаний о национальной специфике своей страны и страны изучаемого языка в процессе профессиональной деятельности, проявляя при этом такие профессионально важные качества, как коммуникабельность, эмпатичность, толерантность» [10, с. 36].

Согласимся с мнением П.В. Сысоева о том, что социокультурная компетенция предполагает расширение объема знаний о социокультурной специфике стран изучаемого языка, совершенствование умений строить свое речевое и неречевое поведение адекватно специфике складывающегося социокультурного контекста деятельности, а также развитие умений адекватно понимать и интерпретировать лингвокультурные факты, основываясь на сформированных ценностных ориентациях [11, с. 83].

По определению В.В. Сафоновой, социокультурная компетенция – это наличие знаний в различных социальных и культурных сферах, характеризующих страну, различные общества и социумы страны изучаемого языка и наличие умений адекватно применять эти знания в акте общения [12, с. 8]. Данное изложение понятия, наш взгляд, наиболее комплексное и применимое к сфере высшего образования.

На наш взгляд, развитие социокультурной компетенции в ходе обучения позволяет УВО подготовить не просто высококвалифицированного специалиста в отдельной отрасли, а специалиста международного уровня, способного применить приобретенные знания на различных профессиональных уровнях и в любой сфере общественной жизни. Повсеместный процесс глобализации и новые подходы к образованию, нацеленные на подготовку межкультурного специалиста, предписывают внедрение в педагогический процесс социокультурной компетенции как основы становления востребованного на современном международном рынке труда специалиста.

Заключение. Таким образом, рассматриваемые понятия культуры и компетенции позволяют очертить подходы, принципы, направления и компоненты, а также педагогический инструментарий для формирования социокультурной компетенции в образовательном пространстве университета. Формирование данной компетенции должно стать ключевой задачей при подготовке специалистов в сфере высшего образования, вне зависимости от их профиля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лем, С. Философия случая / С. Лем. – М.: АСТ, 2005. – 390 с.
2. Флиер, А.Я. Культура как социальная система / А.Я. Флиер // Вестн. Челябин. гос. акад. культуры и искусств. – 2013. – № 3. – С. 60–68.
3. Ожегов, С.И. Толковый словарь русского языка: 80 000 слов и фразеологических выражений / С.И. Ожегов, Н.Ю. Шведова. – 4-е изд. – М.: Высшая школа, 1993. – 944 с.
4. Толковый словарь русского языка / гл. ред.: Б.М. Волин, Д.Н. Ушаков; сост.: В.В. Виноградов, Г.О. Винокур, Б.А. Ларин, С.И. Ожегов, Б.В. Томашевский, Д.Н. Ушаков; под ред. Д.Н. Ушакова. – М.: ТЕРРА – TERRA, 1996. – 712 с.
5. Лукашенко, М.А. Профессиональные компетенции руководителя / М.А. Лукашенко // Современная конкуренция. – 2009. – № 6. – С. 97–114.
6. Коляда, С.В. Коммуникативная компетенция руководителя [Электронный ресурс] / С.В. Коляда. – Режим доступа: http://www.bkworld.ru/archive/y2007/n10-2007/n-10-2007_241.html. – Дата доступа: 30.08.2021.
7. Гончарова, Н.Л. Категория «компетентность» и «компетенция» в современной образовательной парадигме / Н.Л. Гончарова // Сб. науч. тр. СевКавГТУ. – 2007. – № 5. – С. 23–31.
8. Вербицкий, А.А. Контекстное обучение в компетентностном подходе / А.А. Вербицкий // Высшее образование в России. – 2006. – № 11. – С. 39–46.
9. Николаенко, С.В. Теория и практика социокультурного развития учащихся 5–11 классов: национально-культурный содержательный аспект в контексте обучения русскому языку: монография / С.В. Николаенко. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2015. – 251 с.
10. Зимняя, И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования / И.А. Зимняя // Высшее образование сегодня. – 2003. – № 5. – С. 34–42.
11. Сысоев, П.В. Информационные и коммуникационные технологии в обучении иностранному языку: теория и практика: монография / П.В. Сысоев. – М.: Глосса-пресс, 2012. – 252 с.
12. Сафонова, В.В. Социокультурный подход: основные социально-педагогические и методические положения / В.В. Сафонова // Просвещение. – 2014. – № 11. – С. 2–13.

REFERENCES

1. Lem S. *Filosofiya sluchaya* [Philosophy of the Occasion], M.: AST, 2005, 390 p.
2. Flier A.Ya. *Vestn. Cheliabin. gos. akad. kultury i iskusstv* [Journal of Cheliabinsk State Academy of Culture and Art], 2013, 3, p. 60–68.
3. Ozhegov S.I., Shvedova N.Yu. *Tolkovy slovar russkogo yazyka* [Dictionary of the Russian Language], M.: Vysshaya shkola, 1993, 944 p.
4. Vinogradov V.V., Vinokur G.O., Larin B.A., Ozhegov S.I., Tomashevski B.V., Ushakov D.N. *Tolkovy slovar russkogo yazyka* [Dictionary of the Russian Language], M.: TERPA – TERRA, 1996, 712 p.
5. Lukashenko M.A. *Sovremennaya konkurentsia* [Contemporary Competition], 2009, 6, p. 97–114.
6. Koliada S.V. *Kommunikativnaya kompetentsiya rukovoditelia* [Communicative Competence of the Leader]. – Mode of access: http://www.bkworld.ru/archive/y2007/n10-2007/n-10-2007_241.html. – Date of access: 30.08.2021.
7. Goncharova N.L. *Sb. nauch. tr. Sev.-Kavk. gos. tekhn. un-ta* [A Collection of Articles of North Caucasian State Technical University], 2007, 5, p. 23–31.
8. Verbitski A.A. *Vyshseye obrazovaniye v Rossii* [Higher Education in Russia], 2006, 11, p. 39–46.
9. Nikolayenko S.V. *Teoriya i praktika sotsiokulturnogo razvitiya uchashchikhsia 5–11 klassov: natsionalno-kulturny sodержatelnyy aspekt v kontekste obucheniya russkomu yazyku: monografiya* [Theory and Practice of 5–11 Year Students Social and Cultural Development: the National and Cultural Content Aspect in the Context of Russian Language Teaching: Monograph], Vitebsk: VGU imeni P.M. Masherova, 2015, 251 p.
10. Zimniaya I.A. *Vyssheye obrazovaniye segodnya* [Higher Education Today], 2003, 5, p. 34–42.
11. Sysoyev P.V. *Informatsionniye i kommunikatsionniye tekhnologii v obuchenii inostrannomu yazyku: teoriya i praktika: monografiya* [Information and Communication Technologies in Foreign Language Teaching: Theory and Practice: Monograph], M.: Glossa-press, 2012, 252 p.
12. Safonova V.V. *Prosveshcheniye* [Education], 2014, 11, p. 2–13.

Поступила в редакцию 07.09.2021

Адрес для корреспонденции: e-mail: berezkodv@tut.by – Берёзко Д.В.

ЗВЕСТКІ ПРА АЎТАРАЎ

АНТАНОВІЧ Дзмітрый Анатольевіч – першы прарэктар ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат тэхнічных навук, дацэнт.

БАРАН Уладзімір Пятровіч – загадчык кафедры хіміі імя прафесара Ф.Я. Берэнштэйна УА «Віцебская ордэна “Знак Пашаны” дзяржаўная акадэмія ветэрынарнай медыцыны», кандыдат біялагічных навук, дацэнт.

БІЗУНОЎ Андрэй Віктаравіч – старшы выкладчык кафедры хіміі імя прафесара Ф.Я. Берэнштэйна УА «Віцебская ордэна “Знак Пашаны” дзяржаўная акадэмія ветэрынарнай медыцыны».

БУГА Сяргей Уладзіміравіч – загадчык кафедры заалогіі БДУ, доктар біялагічных навук, прафесар.

БЯРОЗКА Дзяніс Васільевіч – аспірант кафедры педагогікі ВДУ імя П.М. Машэрава.

ВАРАБ’ЁЎ Мікалай Цімафеевіч – прафесар кафедры алгебры і методыкі выкладання матэматыкі ВДУ імя П.М. Машэрава, доктар фізіка-матэматычных навук, прафесар.

ВАРАБ’ЁЎ Сяргей Мікалаевіч – дацэнт кафедры алгебры і методыкі выкладання матэматыкі ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт.

ВІЦЬКО Алена Анатольеўна – дацэнт кафедры інфармацыйных тэхналогій і кіравання бізнесам ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат фізіка-матэматычных навук.

ДАРАФЕЕЎ Сяргей Анатольевіч – загадчык кафедры заалогіі і батанікі ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат біялагічных навук, дацэнт.

АЛЬ ЗУБАІДЗІ Алі Хусейн Абд Альхухдхер – аспірант кафедры тэхналогій, фізіялогіі і гігіены харчавання Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы.

КАНУННІКАВА Ніна Паўлаўна – прафесар кафедры тэхналогій, фізіялогіі і гігіены харчавання Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы, доктар біялагічных навук, прафесар.

КАРЧЭЎСКАЯ Алена Аляксееўна – дацэнт кафедры прыкладнога і сістэмнага праграмавання ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт.

ЛАЗАРЭНКА Марына Уладзіміраўна – аспірант кафедры заалогіі БДУ.

МАРКАВА Людміла Васільеўна – дацэнт кафедры прыкладнога і сістэмнага праграмавання ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт.

МЯХОВІЧ Андрэй Паўлавіч – дацэнт кафедры алгебры і методыкі выкладання матэматыкі ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат фізіка-матэматычных навук.

НАВОЙЧЫК Андрэй Андрэевіч – старшы выкладчык кафедры спартыўных гульняў Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы, магістр педагогічных навук.

НІКАНАВА Таццяна Віктараўна – загадчык кафедры матэматыкі і інфармацыйных тэхналогій Віцебскага дзяржаўнага тэхналагічнага ўніверсітэта, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт.

НОВІКАВА Анастасія Сяргееўна – магістр кафедры алгебры і методыкі выкладання матэматыкі ВДУ імя П.М. Машэрава.

СУСЕД-ВІЛІЧЫНСКАЯ Юліяна Самсонаўна – дацэнт кафедры музыкі ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат педагогічных навук, дацэнт.

СУЧКОЎ Андрэй Канстанцінавіч – дацэнт кафедры фізічнага выхавання і спорту УА «Віцебская ордэна “Знак Пашаны” дзяржаўная акадэмія ветэрынарнай медыцыны», кандыдат педагогічных навук, дацэнт.

ХОЛАД Валерый Міхайлавіч – прафесар кафедры хіміі імя прафесара Ф.Я. Берэнштэйна УА «Віцебская ордэна “Знак Пашаны” дзяржаўная акадэмія ветэрынарнай медыцыны», доктар біялагічных навук, прафесар.

ШАЎРОВА Алена Вітальеўна – аспірант кафедры заалогіі і батанікі ВДУ імя П.М. Машэрава.

ШАЦКІ Рыгор Барысавіч – дацэнт кафедры спартыўна-педагогічных дысцыплін ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат педагогічных навук, дацэнт.

ШПАК Віктар Гарыевіч – дацэнт кафедры тэорыі і методыкі фізічнай культуры і спартыўнай медыцыны ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат педагогічных навук, дацэнт.

ШЫДЛОЎСКАЯ Дзіяна Уладзіміраўна – аспірант кафедры інжынернай фізікі ВДУ імя П.М. Машэрава.

ШЫЁНАК Юрый Уладзіміравіч – старшы выкладчык кафедры інжынернай фізікі ВДУ імя П.М. Машэрава.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ANTANOVICH Dzmitriy Anatolyevich – First Vice Rector of Vitebsk State P.M. Masherov University, PhD (Technical Science), Assistant Professor.

BARAN Uladzimir Piatrovich – Head of Prof. Berenstein Chemistry Department of Vitebsk State Order of Badge of Honor Academy of Veterinary Medicine, PhD (Biology), Assistant Professor.

BIZUNOU Andrei Viktaravich – Senior Lecturer of Prof. Berenstein Chemistry Department of Vitebsk State Order of Badge of Honor Academy of Veterinary Medicine.

BUGA Siargei Uladzimiravich – Head of BSU Zoology Department, Dr.Sc. (Biology), Professor.

BIAROSKA Dzianis Vasilyevich – Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Education Postgraduate Student.

VARABYOU Mikalai Tsimafeyevich – Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Algebra and Methods of Teaching Mathematics Professor, Dr.Sc. (Physics and Mathematics), Professor.

VARABYOU Siargei Mikalayeich – Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Algebra and Methods of Teaching Mathematics Assistant Professor, Assistant Professor.

VITSKO Alena Anatolyeuna – Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Information Technologies and Business Management, PhD (Physics and Mathematics).

DARAFYEYU Siargei Anatolyevich – Head of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Zoology and Botany, PhD (Biology), Assistant Professor.

AL ZUBAIDZI Ali Hussein Abd Alkhudher – Postgraduate Student of Yanka Kupala Grodno State University Department of Technology, Physiology and Hygiene of Food.

KANUNNIKAVA Nina Paulauna – Professor of Yanka Kupala Grodno State University Department of Technology, Physiology and Hygiene of Food, Dr.Sc. (Biology), Professor.

KARCHEUSKAYA Alena Aliakseyeuna – Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Applied and System Programming, PhD (Physics and Mathematics), Assistant Professor.

LAZARENKA Maryna Uladzimiruna – BSU Department of Zoology Postgraduate Student.

MARKAVA Liudmila Vasilyeuna – Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Applied and System Programming, PhD (Physics and Mathematics), Assistant Professor.

MIAKHOVICH Andrei Paulavich – Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Algebra and Methods of Teaching Mathematics, PhD (Physics and Mathematics).

NAVOICHYK Andrei Andreyevich – Senior Lecturer of Yanka Kupala Grodno State University Department of Sport Games, Master of Education.

NIKANAVA Tatsiana Viktarauna – Head of Vitebsk State Technological University Department of Mathematics and Information Technologies, PhD (Physics and Mathematics), Assistant Professor.

NOVIKAVA Anastasiya Siargeyeuna – Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Algebra and Methods of Teaching Mathematics Master of Science.

SUSED-VILICHINSKAYA Yuliyana Samsonauna – Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Music, PhD (Education), Assistant Professor.

SUCHKOU Andrei Kanstantsinavich – Assistant Professor of Vitebsk State Order of Badge of Honor Academy of Veterinary Medicine Department of Physical Education and Sports, PhD (Education), Assistant Professor.

KHOLAD Valery Mikhailavich – Professor of Prof. Berenstein Chemistry Department of Vitebsk State Order of Badge of Honor Academy of Veterinary Medicine, Dr.Sc. (Biology), Professor.

SHAUROVA Alena Vitalyeuna – Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Zoology and Botany Postgraduate Student.

SHATSKI Rygor Barysavich – Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Sport and Pedagogical Disciplines, PhD (Education), Assistant Professor.

SHPAK Viktor Gariyevich – Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport Medicine, PhD (Education), Assistant Professor.

SHYDLOUSKAYA Dziyana Uladzimiruna – Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Engineering Physics Postgraduate Student.

SHIYONAK Yuriy Uladzimiravich – Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Engineering Physics Senior Lecturer.

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 уключае 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 імі 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 ўвядзенні 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 паясненнымі 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 рэдагаванага рукапісу, 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 друк 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 папярковая версіі артыкула павінны быць ідэнтычнымі. Адрас электроннай пошты ўніверсітэта (nauka@vsn.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, мэта, 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;

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 рэдкалегіі артыкул накіроўваецца на рэцэнзію, затым візіруецца членам рэдкалегіі. Вяртанне артыкула аўтару на дапрацоўку не азначае, што ён прыняты да друку. Перапрацаваны варыянт артыкула зноў разглядаецца рэдкалегіяй. Датай пасуплення 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;

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.
