



ISSN 2074-8566

# ВЕСНІК

ВІЦЕБСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА  
ЎНІВЕРСІТЭТА

2017 № 3(96)

# **ВЕСНІК**

## **ВІЦЕБСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА**

### **ЎНІВЕРСІТЭТА**

**НАВУКОВА-ПРАКТЫЧНЫ ЧАСОПІС**

Выдаецца з верасня 1996 года  
Выходзіць чатыры разы ў год

2017  
№ 3(96)

**ЗАСНАВАЛЬНІК:**

установа адукацыі «Віцебскі дзяржаўны  
ўніверсітэт імя П.М. Машэрава»

Рэдакцыйная калегія:

**І.М. Прышчэпа** (*галоўны рэдактар*),  
**А.А. Чыркін** (*нам. галоўнага рэдактара*)

**Т.Г. Алейнікава, Г.П. Арлова, Я.Я. Аршанскі, В.М. Балаева-Ціхамірава,**  
**М.М. Вараб'ёў, М.Ц. Вараб'ёў** (*адказны за раздзел «Матэматыка»*),  
**А.М. Галкін, С.А. Ермачэнка, А.М. Залеская, У.В. Іваноўскі, Я.А. Краснабаеў,**  
**В.Я. Кузьменка** (*адказны за раздзел «Біялогія»*), **П.І. Навіцкі,**  
**С.У. Нікалаенка, Н.А. Ракава** (*адказны за раздзел «Педагогіка»*),  
**Г.Г. Сушко, Ю.В. Трубнікаў**

Рэдакцыйны савет:

**А.Р. Александровіч** (*Польшча*), **Го Вэньбін** (*Кітай*),  
**В.І. Казарэнкаў** (*Расія*), **Ф.М. Ліман** (*Украіна*),  
**Э. Рангелава** (*Балгарыя*), **В.А. Шчарбакоў** (*Малдова*)

Сакратарыят:

**Г.У. Разбоева** (*адказны сакратар*),  
**В.Л. Пугач, Т.Я. Сафранкова, 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 навук, а таксама цытуецца і рэферыруецца  
ў рэфератыўных выданнях УІНІТІ*

**Адрас рэдакцыі:**

210038, г. Віцебск, Маскоўскі пр-т, 33,  
пакой 202, т. 58-48-93.

E-mail: [nauka@vsu.by](mailto:nauka@vsu.by)

<http://www.vsu.by>

---

Рэгістрацыйны № 750 ад 27.10.2009.

Падпісана ў друк 12.09.2017. Фармат 60×84 1/8. Папера друкарская.  
Ум. друк. арк. 14,18. Ул.-выд. арк. 13,64. Тыраж 160 экз. Заказ 130.

© Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта, 2017

# ЗМЕСТ

## МАТЭМАТЫКА

<b>Трубников Ю.В., Якуто К.Л.</b> Построение полинома наилучшего приближения для суммы функций независимых аргументов .....	5
<b>Воробьев С.Н., Атрашкевич А.Л.</b> О характеристике формаций Фишера .....	12
<b>Никонова Т.В., Дервоед М.А.</b> Математическое моделирование движения волновых пакетов в оболочках, близких к цилиндрическим .....	16
<b>Кечко Е.П.</b> Равномерная сходимости многочленов Эрмита–Паде .....	20
<b>Кухарев А.В., Махлаев Ю.Н.</b> Нейронные сети на основе операции свертки для эффективного распознавания рукописных цифр .....	28

## БІЯЛОГІЯ

<b>Данченко Е.О., Иванова А.М., Толкачева Т.А.</b> Сравнение влияния гипертермии на перекисное окисление липидов в гепатопанкреасе легочных моллюсков .....	35
<b>Хохлова О.И.</b> Таксономический состав комплексов насекомых ( <i>Insecta: Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera</i> ) дикорастущих ягодников семейства брусничных ( <i>Vacciniaceae</i> ) Белорусского Поозерья .....	42
<b>Высоцкий Ю.И., Мерзвинский Л.М., Торбенко А.Б., Новикова Ю.И., Латышев С.Э., Морозов И.М.</b> Анализ распространения инвазивных борщевиков на территории Дубровенского района Витебской области .....	49
<b>Малах О.Н., Сморгунев С.А., Шкирьянов Д.Э., Позняк Ж.А.</b> Влияние оздоровительной гимнастики Тай-бо на показатели психофизиологической адаптации студентов-первокурсников в условиях вуза .....	56
<b>Щербак М.А.</b> Эколого-гигиеническая оценка уровня загрязнения аэрополлютантами воздуха рабочей зоны коврового производства .....	62
<b>Ильющенко Е.В., Толкачева Т.А.</b> Исследование некоторых химических показателей качества природных вод, служащих местом обитания легочных моллюсков .....	68
<b>Яцына А.П.</b> Лихенобиота спелых еловых насаждений двух особо охраняемых природных территорий Витебской области .....	74
<b>Храмченкова О.М.</b> Антибактериальные свойства экстрактов из четырех видов лишайников .....	80
<b>Долматова В.В.</b> Время дивергенции между легочными пресноводными моллюсками ( <i>Lymnaea stagnalis</i> L. и <i>Planorbis corneus</i> L.) .....	87

## ПЕДАГОГІКА

<b>Шаурко И.В.</b> Изучение познавательного интереса учащихся (на примере начальной школы) .....	92
<b>Андрущенко Н.Ю., Лискова А.В.</b> Социально-педагогическая работа с инвалидами по зрению .....	99
<b>Макрицкая О.А.</b> Отношение младших школьников к нормам и правилам нравственного поведения .....	103
<b>Орлова А.П.</b> Закономерности и условия этнопедагогической подготовки в вузе .....	109
<b>Аршанский Е.Я.</b> Доктрина метаметодики в свете развития классической дидактики .....	115

---



---

# CONTENTS

## MATHEMATICS

<b>Trubnikov U.V., Yakuto K.L.</b> Construction of the Polynomial of Best Approximation for the Sum of Functions of Independent Arguments .....	5
<b>Vorobyev S.N., Atrashkevich A.L.</b> On Characterization of Fischer Formations .....	12
<b>Nikonova T.V., Dervoyed M.A.</b> Mathematical Modeling of the Motion of Wave Packets in Shells Close in Form to Cylindrical .....	16
<b>Kechko E.P.</b> Uniform Convergence of Hermite–Pade Polynomials .....	20
<b>Kukharev A.V., Mahlaev U.N.</b> Neural Networks Based on a Convolution Operation for Efficient Recognition of Handwritten Digits .....	28

## BIOLOGY

<b>Danchenko E.O., Ivanova A.M., Tolkacheva T.A.</b> Comparison of the Influence of Hyperthermia on Peroxidation of Lipids in Hepatopancreas of Pulmonary Mollusks .....	35
<b>Khokhlova O.I.</b> Taxonomic Composition of Insect Complexes ( <i>Insecta: Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera</i> ) of <i>Vacciniaceae</i> Family of Belarusian Lake District .....	42
<b>Vysotski Yu.I., Merzhvinski L.M., Torbenko A.B., Novikova Yu.I., Latyshev S.E., Morozov I.M.</b> Analysis of the Spread of Invasive Cowberry on the Territory of Dubrovno District of Vitebsk Region .....	49
<b>Malakh O.N., Smorgunov S.A. Shkiryanov D.E., Pozniak Zh.A.</b> Influence of Tai-Bo Health Gymnastics on the Parameters of Psychophysical Adaptation of First-Year University Students .....	56
<b>Shcherbakova M.A.</b> Ecological and Hygienic Assessment of Air Pollution Level of the Operation Area of a Carpet Manufacture .....	62
<b>Ilyushchenko E.V., Tolkacheva T.A.</b> Study of Some Chemical Parameters of the Quality of Natural Waters Serving as a Habitat for Pulmonary Mollusks .....	68
<b>Yatsyna A.P.</b> Lichen of Mature Spruce Forests of the Two Protected Areas of Vitebsk Region .....	74
<b>Khramchankova V.M.</b> Antibacterial Properties of Four Lichen Species Extracts .....	80
<b>Dolmatova V.V.</b> Determination of the Divergence Time between Pulmonary Freshwater Mollusks ( <i>Lymnaea stagnalis</i> L. and <i>Planorbarius corneus</i> L.) .....	87

## PEDAGOGY

<b>Shaurko I.V.</b> Study of Pupils' Cognitive Interest (Primary School) .....	92
<b>Andrushchenko N.Yu., Liskova A.V.</b> Social and Pedagogical Work with Eyesight Disabled People ..	99
<b>Makritskaya O.A.</b> Attitude of Primary Schoolchildren to Norms and Rules of Moral Behavior ....	103
<b>Orlova A.P.</b> Regularities and Conditions of Ethnopedagogical University Training .....	109
<b>Arshanski E.Ya.</b> Metamethods Doctrine in the Development of Classical Didactics .....	115



# МАТЭМАТЫКА

УДК 517.518.826

## Построение полинома наилучшего приближения для суммы функций независимых аргументов

Ю.В. Трубников, К.Л. Якуто

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

Во многих задачах физики возникает необходимость аппроксимировать потенциал того или иного вида. Аппроксимацию можно производить, используя полиномы наилучшего приближения. В частном случае потенциал может быть представлен в виде суммы функций независимых аргументов. Возникает вопрос: как связаны между собой полином наилучшего приближения для функции и полиномы наилучшего приближения для каждого из ее слагаемых?

Цель статьи – доказать, что полином наилучшего приближения для функции, представимой в виде суммы функций независимых действительных аргументов, равен сумме полиномов наилучшего приближения для каждого из слагаемых функции.

**Материал и методы.** Материалом для данной работы послужили полиномы наилучшего приближения (экстремальные полиномы) для функции, представляющей собой сумму функций независимых аргументов. Доказательство сделанного предположения осуществлялось в три этапа. Сначала были построены функционалы экстремальных полиномов для каждого из слагаемых функции. Затем было показано, что композиция функционалов для каждого из слагаемых является функционалом экстремального полинома для функции. После этого композиция функционалов была применена к функции и подтверждена правильность сделанного предположения.

**Результаты и их обсуждение.** Экстремальным полиномом на подпространстве, образованном функциями вида  $f(s_1, s_2, \dots, s_m) = s_1^{t_1} s_2^{t_2} \dots s_m^{t_m}$  ( $0 \leq t_j \leq n_j$ ), является сумма экстремальных полиномов  $P_{n_1}(s_1) + P_{n_2}(s_2) + \dots + P_{n_m}(s_m)$ .

В задаче двух тел Земля–Солнце после аппроксимации получается система дифференциальных уравнений  $\ddot{x} = ax$ ,  $\ddot{y} = ay$ ,  $\ddot{z} = az$ , в которой  $a = -\frac{2\gamma M}{r_{\min} r_{\max} (r_{\min} + r_{\max})}$ ,  $\gamma = 6,72 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2 \text{ кг}^{-2}$ ,  $M = 1,9891 \cdot 10^{30} \text{ кг}$ ,

$$r_{\min} = 1,471 \cdot 10^{11} \text{ м}, r_{\max} = 1,521 \cdot 10^{11} \text{ м}.$$

Тогда период обращения Земли вокруг Солнца можно вычислить следующим образом:

$$|a|^{1/2} = 1,9983 \cdot 10^{-7}, \quad 2\pi/|a|^{1/2} = 3,1442 \cdot 10^7 \text{ с}, \quad T = 3,1442 \cdot 10^7 / (24 \cdot 3600) = 363,9 \text{ сут}.$$

**Заключение.** В результате проведенного исследования, материалы которого представлены в данной статье, было доказано, что для функции, представимой в виде суммы функций независимых действительных аргументов, полином наилучшего приближения равен сумме полиномов наилучшего приближения для каждого из слагаемых функции.

**Ключевые слова:** аппроксимация потенциала, полином наилучшего приближения, равномерная норма, альтернанс, точка уклонения, критерий оптимальности, субградиент нормы.

# Construction of the Polynomial of Best Approximation for the Sum of Functions of Independent Arguments

U.V. Trubnikov, K.L. Yakuto

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

There is a need to approximate the potential of one kind or another in many problems of physics. Approximation can be done using polynomials of best approximation. In a private case, the potential can be represented as a sum of functions of independent arguments. The question arises, what is the relationship between the polynomial of best approximation for the function and the polynomial of best approximation for each of its summands.

The aim of the article is to prove that polynomial of best approximation for the function represented as a sum of functions of independent real arguments is equal to the sum of polynomials of best approximation for each of its summands.

**Material and methods.** Material for this article is based on polynomials of the best approximation (the extreme polynomials) of the function, which is a sum of functions of independent arguments. The proof of the assumption was carried out in three stages. The first functionals of extreme polynomials for each summand of the function were built. Then it was shown that the composition of the functionals for each of the components is a functional of the extreme polynomial for the function. Then the composition of the functionals was applied to the function, and confirmed the correctness of the assumptions.

**Findings and their discussion.** Extreme polynomial on the subspace formed by functions of the form  $f(s_1, s_2, \dots, s_m) = s_1^{t_1} s_2^{t_2} \dots s_m^{t_m}$  ( $0 \leq t_j \leq n_j$ ) is the sum of the extreme polynomials  $P_{n_1}(s_1) + \dots + P_{n_m}(s_m)$ .

In the two-body problem the Earth–Sun after approximation we obtained the system of differential equations  $\ddot{x} = ax, \ddot{y} = ay, \ddot{z} = az$ , in which  $a = -\frac{2\gamma M}{r_{\min} r_{\max} (r_{\min} + r_{\max})}$ ,  $\gamma = 6,72 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$ ,  $M = 1,9891 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ ,

$r_{\min} = 1,471 \cdot 10^{11} \text{ m}$ ,  $r_{\max} = 1,521 \cdot 10^{11} \text{ m}$ . Then the orbital period of the Earth around the Sun can be calculated as follows:  $|a|^{1/2} = 1,9983 \cdot 10^{-7}$ ,  $2\pi/|a|^{1/2} = 3,1442 \cdot 10^7 \text{ s}$ ,  $T = 3,1442 \cdot 10^7 / (24 \cdot 3600) = 363,9 \text{ day}$ .

**Conclusion.** In the study, the proceedings of which are presented in this article, it was proved that for a function represented as a sum of functions of independent real arguments, the polynomial of best approximation is equal to the sum of the polynomials of best approximation for each summand of the function.

**Key words:** approximation of the potential, the polynomial of best approximation, uniform norm, alternance, the point of evasion, the criterion of optimality, subgradient of the standard.

Во многих задачах физики возникает необходимость аппроксимировать потенциал того или иного вида. Аппроксимацию можно производить, используя полиномы наилучшего приближения. В частном случае потенциал может быть представлен в виде суммы функций независимых аргументов. Возникает вопрос: как связаны между собой полином наилучшего приближения для функции и полиномы наилучшего приближения для каждого из ее слагаемых?

Рассмотрим задачу нахождения полинома наилучшего приближения (экстремального полинома) в равномерной (чебышевской) норме для суммы функций

$$g_1(s_1) + g_2(s_2) + \dots + g_m(s_m) \tag{1}$$

независимых действительных аргументов, определенной на параллелепипеде

$$a_j \leq s_j \leq b_j \quad (j=1, 2, \dots, m). \tag{2}$$

Основной теоремой, используемой для наших построений, является теорема Чебышева об альтернансе.

**Теорема 1.** (П.Л. Чебышев (1854)). Пусть на отрезке  $[a, b]$  задана непрерывная функция  $f(x)$ . Тогда для того, чтобы некоторый полином  $P_n^*(x)$  степени не выше  $n$  был полиномом, наименее уклоняющимся от  $f(x)$ , необходимо и достаточно, чтобы на  $[a, b]$  нашлась, по крайней мере, одна система из  $n+2$  точек  $x_j: a \leq x_1 < x_2 < \dots < x_{n+2} \leq b$ , в которых разность  $f(x) - P_n^*(x) = r_n(x)$

- 1) поочередно принимает значения разных знаков,
- 2) достигает по модулю наибольшего на  $[a, b]$  значения, т.е. в точках  $x_j$  ( $1 \leq j \leq n+2$ ) должны выполняться условия:

$$r_n(x_1) = -r_n(x_2) = \dots = (-1)^{n+1} r_n(x_{n+2}) = \pm \|r_n\|_C. \tag{3}$$

Систему точек  $x_j (1 \leq j \leq n + 2)$ , в которых имеют место равенства (3), называют альтернансом или же чебышевским альтернансом.

Всякую точку  $x_0$ , для которой выполняется равенство  $|r_n(x_0)| = \max_{a \leq x \leq b} |r_n(x)| = \|r_n\|_C$ , называют точкой максимального уклонения разности  $f(x) - P_n^*(x)$  или  $e$ -точкой. При этом, если в точке  $x_0$  выполняется условие  $r_n(x_0) = \max_{a \leq x \leq b} |r_n(x)|$ , то такую точку называют точкой положительного уклонения или (+)-точкой. Если же  $r_n(x_0) = -\max_{a \leq x \leq b} |r_n(x)|$ , то такую точку называют точкой отрицательного уклонения или (-)-точкой.

Цель статьи – доказать, что полином наилучшего приближения для функции, представимой в виде суммы функций независимых действительных аргументов, равен сумме полиномов наилучшего приближения для каждого из слагаемых функции.

**Материал и методы.** Материалом для данной работы послужили полиномы наилучшего приближения (экстремальные полиномы) для функции, представляющей собой сумму функций независимых аргументов. Доказательство сделанного предположения осуществлялось в три этапа. Сначала были построены функционалы экстремальных полиномов для каждого из слагаемых функции. Затем было показано, что композиция функционалов для каждого из слагаемых является функционалом экстремального полинома для функции. После этого композиция функционалов была применена к функции и таким образом подтверждена правильность сделанного предположения.

**Результаты и их обсуждение.** Установим прежде всего связь между общим субдифференциальным критерием оптимальности и теоремой об альтернансе.

Пусть  $(E, \|\cdot\|)$  – произвольное банахово пространство (действительное или комплексное),  $(E^*, \|\cdot\|_*)$  – пространство, сопряженное пространству  $E$ . Функционал  $x^* \in E^*$  называется субградиентом нормы  $\|\cdot\|$  в точке  $x \in E$ , если

$$\forall h \in E \quad \|x+h\| - \|x\| \geq \operatorname{Re} \langle x^*, h \rangle, \quad (4)$$

где  $\operatorname{Re} z$  – действительная часть комплексного числа  $z$ ;  $\langle x^*, h \rangle$  – значение функционала  $x^*$  на векторе  $h$ .

Множество всех субградиентов нормы в точке  $x$  называется субдифференциалом нормы в точке  $x$  и обозначается  $\partial\|x\|$ , т.е.

$$\partial\|x\| = \{x^* \in E^* : \forall h \in E \quad \|x+h\| - \|x\| \geq \operatorname{Re} \langle x^*, h \rangle\}. \quad (5)$$

Из определения вытекает, что  $\partial\|0\|$  совпадает с замкнутым единичным шаром сопряженного пространства, а структура  $\partial\|x\|$  при  $x \neq 0$  ( $\theta$  – нуль пространства  $E$ ) дается следующей леммой.

**Лемма 1.** Если  $x \neq 0$ , то

$$\partial\|x\| = \{x^* \in E^* : \|x^*\|_* = 1, \operatorname{Re} \langle x^*, x \rangle = \|x\|\}. \quad (6)$$

Далее рассмотрим критерий элемента наилучшего приближения. Итак, пусть  $G$  – подпространство существования такого элемента банахова пространства  $E$ . Задачу нахождения множества  $P(x)$  (в общем случае единственности может не быть) элементов наилучшего приближения вектора  $x$  на подпространстве  $G$  можно отнести к выпуклой задаче с ограничениями типа равенств ([1], с. 89), т.е.

$$f(h) = \|x-h\| \rightarrow \inf (h \in G). \quad (7)$$

Известно, что для того, чтобы точка  $h_* \in G$  была решением задачи (7), необходимо и достаточно, чтобы

$$\partial f(h_*) \cap G^\perp \neq \emptyset, \quad (8)$$

где  $G^\perp$  – аннулятор подпространства  $G$ , т.е.  $G^\perp = \{x^* \in E^* : \operatorname{Re} \langle x^*, h \rangle = 0, h \in G\}$ .

Таким образом, если нам известна пара  $\mu, y$ , где  $\mu \in \partial f(x-y) \cap G^\perp, y \in G$ , то мы можем установить экстремальность точки  $y$  и извлечь дополнительную информацию о структуре множества  $P(x)$  элементов наилучшего приближения для точки  $x$  на подпространстве  $G$ .

Предположим, что нам известны точки чебышевского альтернанса  $x_j : a \leq x_1 < x_2 < \dots < x_{n+2} \leq b$ , функционал  $\mu$  мы можем найти, решив систему уравнений:

$$\begin{cases} \mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_{n+2} = 1, \\ \sum_{j=1}^{n+2} \mu_j \operatorname{sgn}(r(x_j)) x_j^k = 0 \quad (k=0,1,\dots, n). \end{cases} \quad (9)$$

Определим его действие на функцию  $g(x)$  следующим образом:  $\langle \mu, g \rangle = \sum_{j=1}^{n+2} \mu_j \operatorname{sgn}(g(x_j)) g(x_j)$ .

При  $n=1$  система уравнений (9) имеет решение  $\mu_1 = \frac{x_3 - x_2}{2(x_3 - x_1)}$ ,  $\mu_2 = \frac{1}{2}$ ,  $\mu_3 = \frac{x_2 - x_1}{2(x_3 - x_1)}$ .

При  $n=2$  решение  $\mu_1 = \frac{(x_4 - x_3)(x_3 - x_2)}{2(x_3 - x_1)(x_2 + x_4 - x_1 - x_3)}$ ,  $\mu_2 = \frac{(x_4 - x_3)(x_4 - x_1)}{2(x_4 - x_2)(x_2 + x_4 - x_1 - x_3)}$ ,  
 $\mu_3 = \frac{(x_4 - x_1)(x_2 - x_1)}{2(x_3 - x_1)(x_2 + x_4 - x_1 - x_3)}$ ,  $\mu_4 = \frac{(x_3 - x_2)(x_2 - x_1)}{2(x_4 - x_2)(x_2 + x_4 - x_1 - x_3)}$ .

**Лемма 2.** Экстремальным полиномом для суммы двух функций  $g_1(s_1) + g_2(s_2)$  ( $a_j \leq s_j \leq b_j$ ) является сумма экстремальных полиномов  $P_{1*}(s_1) + P_{2*}(s_2)$  функций  $g_1$  и  $g_2$  в отдельности.

**Доказательство.** Пусть  $P_{1*}$  – экстремальный полином степени  $n$  для функции  $g_1$ , а  $P_{2*}$  – экстремальный полином степени  $q$  для функции  $g_2$ . Функционал  $\lambda$  для разности  $r_1(s_1) = g_1(s_1) - P_{1*}(s_1)$  с нужными свойствами строится по системе уравнений

$$\begin{cases} \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_{n+2} = 1, \\ \sum_{j=1}^{n+2} \lambda_j \operatorname{sgn}(r_1(s_{1j})) s_{1j}^k = 0 \quad (k=0,1,\dots, n), \end{cases} \quad (10)$$

а функционал  $\mu$  для разности  $r_2(s_2)$  по системе уравнений

$$\begin{cases} \mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_{q+2} = 1, \\ \sum_{j=1}^{q+2} \mu_j \operatorname{sgn}(r_2(s_{2j})) s_{2j}^k = 0 \quad (k=0,1,\dots, q). \end{cases} \quad (11)$$

Своего максимального значения сумма  $r_1(s_1) + r_2(s_2)$  достигает на декартовом произведении  $(+)$ - точек, а минимального – на декартовом произведении  $(-)$ - точек разностей  $r_j(s)$  ( $j=1,2$ ). Определим действие функционала  $\lambda\mu$  на функцию двух переменных  $g(s_1, s_2)$  следующим образом:

$$\langle \lambda\mu, g \rangle = \sum^+ \lambda_j \mu_k g(s_{1j}, s_{2k}) - \sum^- \lambda_j \mu_k g(s_{1j}, s_{2k}), \quad (12)$$

где  $\sum^+$  распространяется на декартово произведение  $(+)$ - точек разностей  $r_j(s)$  ( $j=1,2$ ), а сумма  $\sum^-$  – на декартово произведение  $(-)$ - точек разностей  $r_j(s)$  ( $j=1,2$ ).

Поясним сказанное примерами.

Пусть  $n=q=1$  и точки  $s_{11}, s_{13}, s_{21}, s_{23}$  являются  $(+)$ - точками, а точки  $s_{12}, s_{22}$  являются  $(-)$ - точками, тогда  $\langle \lambda\mu, s_1^1 s_2^2 \rangle = \lambda_1 \mu_1 s_{11}^1 s_{21}^2 + \lambda_1 \mu_3 s_{11}^1 s_{23}^2 + \lambda_3 \mu_1 s_{13}^1 s_{21}^2 + \lambda_3 \mu_3 s_{13}^1 s_{23}^2 - \lambda_2 \mu_2 s_{12}^1 s_{22}^2 =$   
 $= (\lambda_1 s_{11}^1 + \lambda_3 s_{13}^1) \mu_1 s_{21}^2 + (\lambda_1 s_{11}^1 + \lambda_3 s_{13}^1) \mu_3 s_{23}^2 - \lambda_2 \mu_2 s_{12}^1 s_{22}^2 = (\lambda_1 s_{11}^1 + \lambda_3 s_{13}^1) (\mu_1 s_{21}^2 + \mu_3 s_{23}^2) - \lambda_2 \mu_2 s_{12}^1 s_{22}^2.$

Но в силу системы уравнений (10) выполняется равенство  $\lambda_1 s_{11}^1 + \lambda_3 s_{13}^1 = \lambda_2 s_{12}^1$ , и тогда  $\langle \lambda\mu, s_1^1 s_2^2 \rangle = \lambda_2 s_{12}^1 (\mu_1 s_{21}^2 + \mu_3 s_{23}^2 - \mu_2 s_{22}^2).$

Далее возникают случаи: 1)  $t_1 = t_2 = 0$ , 2)  $t_1 = 1, t_2 = 0$  или  $t_1 = 0, t_2 = 1$ , 3)  $t_1 = 1, t_2 = 1$ .

В первом случае из второго уравнения систем (10) и (11) получаем  $\lambda_1 + \lambda_3 = \lambda_2$ ,  $\mu_1 + \mu_3 = \mu_2$  и тогда  $\langle \lambda\mu, const = c \rangle = \lambda_2 \mu_2 c - \lambda_2 \mu_2 c = 0$ .

Во втором случае при  $t_1 = 1, t_2 = 0$  получаем  $\langle \lambda\mu, s_1 \rangle = (\lambda_2 s_{12}) (\mu_2 c) - (\lambda_2 s_{12}) (\mu_2 c) = 0$ .

Аналогичный результат будет иметь место и в третьем случае.

Таким образом, функционал  $\lambda\mu$  принимает значение, равное нулю, на функциях  $const, s_1, s_2, s_1s_2$  и, следовательно, на подпространстве  $G$ , ими образованном.

$$\text{Далее } \left\langle \frac{\lambda\mu}{\|\lambda\mu\|}, r_1(s_1) + r_2(s_2) \right\rangle = \frac{1}{\|\lambda\mu\|} \left\{ \sum^+ \lambda_j \mu_k [r_1(s_{1j}) + r_2(s_{2k})] - \sum^- \lambda_j \mu_k [r_1(s_{1j}) + r_2(s_{2k})] \right\},$$

но в силу выбора точек  $s_{1j}$  и  $s_{2k}$  в первой сумме  $r_1(s_{1j}) + r_2(s_{2k}) = \|r_1 + r_2\|$ , а во второй сумме  $r_1(s_{1j}) + r_2(s_{2k}) = -\|r_1 + r_2\|$ .

Таким образом,  $\left\langle \frac{\lambda\mu}{\|\lambda\mu\|}, r_1(s_1) + r_2(s_2) \right\rangle = \|r_1 + r_2\|$ . Последнее равенство означает, что при  $n=q=1$  элементом наилучшего приближения на подпространстве  $G$  является сумма экстремальных полиномов  $P_{1*}(s_1) + P_{2*}(s_2)$  функций  $g_1$  и  $g_2$  в отдельности.

При произвольных  $n$  и  $q$  значение функционала  $\lambda\mu$  на функции  $s_1^{t_1} s_2^{t_2}$  ( $t_1=0,1,\dots,n; t_2=0, 1, \dots, q$ ) имеет вид:

$$\langle \lambda\mu, s_1^{t_1} s_2^{t_2} \rangle = \sum^+ \lambda_j \mu_k s_{1j}^{t_1} s_{2k}^{t_2} - \sum^- \lambda_j \mu_k s_{1j}^{t_1} s_{2k}^{t_2}, \quad (13)$$

где сумма  $\sum^+$  охватывает все точки декартова произведения (+) – точек разности  $r_1$  и (+) – точек разности  $r_2$ , а сумма  $\sum^-$  берется по точкам декартова произведения (-) – точек разности  $r_1$  и (-) – точек разности  $r_2$ .

$$\begin{aligned} &\text{Далее осуществляем следующее преобразование: } \sum^+ \lambda_j \mu_k s_{1j}^{t_1} s_{2k}^{t_2} - \sum^- \lambda_j \mu_k s_{1j}^{t_1} s_{2k}^{t_2} = \\ &= \sum_j^+ \lambda_j s_{1j}^{t_1} \sum_k^+ \mu_k s_{2k}^{t_2} - \sum_j^- \lambda_j s_{1j}^{t_1} \sum_k^- \mu_k s_{2k}^{t_2} = \left( \sum_j^+ \lambda_j s_{1j}^{t_1} \right) \left( \sum_k^+ \mu_k s_{2k}^{t_2} \right) - \left( \sum_j^- \lambda_j s_{1j}^{t_1} \right) \left( \sum_k^- \mu_k s_{2k}^{t_2} \right). \end{aligned}$$

Но в  $\sum_j^+ \lambda_j s_{1j}^{t_1} = \sum_j^- \lambda_j s_{1j}^{t_1}$ , которое приводит выражение (13) к виду

$$\left( \sum_j^+ \lambda_j s_{1j}^{t_1} \right) \left( \sum_k^+ \mu_k s_{2k}^{t_2} - \sum_k^- \mu_k s_{2k}^{t_2} \right). \quad (14)$$

Из выражения (14) следует, что функционал  $\lambda\mu$  принимает значение, равное нулю, на всех функциях вида  $f(s_1, s_2) = s_1^{t_1} s_2^{t_2}$  ( $t_1=0,1,\dots,n; t_2=0, 1, \dots, q$ ).

Завершается доказательство таким же рассуждением, как и в случае  $n=q=1$ .

Рассмотрим далее сумму функций

$$g_1(s_1) + g_2(s_2) + \dots + g_m(s_m), \quad (a_j \leq s_j \leq b_j), \quad (15)$$

предполагая, что аргументы этих функций независимы. Пусть  $P_{n_j}(s_j)$  ( $j=1,2,\dots,m$ ) – экстремальные полиномы степени  $n_j$  для функций  $g_j(s_j)$ . Обозначим через  $M_j^+$  множество (+)– точек разностей  $r_j(s_j) = g(s_j) - P_{n_j}(s_j)$  ( $j=1,2,\dots,m$ ), а через  $M_j^-$  множество (-)– точек.

**Теорема 2.** Экстремальным полиномом на подпространстве, образованном функциями

$$f(s_1, s_2, \dots, s_m) = s_1^{t_1} s_2^{t_2} \cdot \dots \cdot s_m^{t_m} \quad (0 \leq t_j \leq n_j), \quad (16)$$

является сумма экстремальных полиномов

$$P_{n_1}(s_1) + P_{n_2}(s_2) + \dots + P_{n_m}(s_m). \quad (17)$$

**До к а з а т е л ь с т в о.** Пусть  $\lambda^h$  ( $h=1,2,\dots,m$ ) – функционалы, построенные для каждой из разностей  $r_h(s_h) = g_h(s_h) - P_{n_h}(s_h)$  в отдельности. Определим действие функционала  $\Lambda = \prod_{h=1}^m \lambda^h$  следующим обра-

зом:  $\langle \Lambda, s_1^{t_1} s_2^{t_2} \cdot \dots \cdot s_m^{t_m} \rangle = \sum^+ \lambda_j^1 \lambda_k^2 \dots \lambda_u^m s_{1j}^{t_1} s_{2k}^{t_2} \dots s_{mu}^{t_m} - \sum^- \lambda_j^1 \lambda_k^2 \dots \lambda_u^m s_{1j}^{t_1} s_{2k}^{t_2} \dots s_{mu}^{t_m}$ , где  $\sum^+$  берется по всем точкам декартова произведения  $\prod_{1 \leq j \leq m} M_j^+$ , а  $\sum^-$  по всем точкам декартова произведения  $\prod_{1 \leq j \leq m} M_j^-$ , тогда

$$\begin{aligned} &\sum^+ \lambda_j^1 \lambda_k^2 \dots \lambda_u^m s_{1j}^{t_1} s_{2k}^{t_2} \dots s_{mv}^{t_m} - \sum^- \lambda_j^1 \lambda_k^2 \dots \lambda_u^m s_{1j}^{t_1} s_{2k}^{t_2} \dots s_{mv}^{t_m} = \sum^+ \lambda_j^1 \lambda_k^2 \dots \lambda_u^{m-1} s_{1j}^{t_1} s_{2k}^{t_2} \dots s_{(m-1)u}^{t_{m-1}} \left( \sum^+ \lambda_v^m s_{mv}^{t_m} \right) - \\ &- \sum^- \lambda_j^1 \lambda_k^2 \dots \lambda_u^{m-1} s_{1j}^{t_1} s_{2k}^{t_2} \dots s_{(m-1)u}^{t_{m-1}} \left( \sum^- \lambda_v^m s_{mv}^{t_m} \right). \end{aligned}$$

В силу системы уравнений (10), построенной для разности  $r_m(s_m) = g_m(s_m) - P_{n_m}(s_m)$ , выполняется равенство  $\sum^- \lambda_v^m s_{mv}^{t_m} = \sum^+ \lambda_v^m s_{mv}^{t_m}$ , таким образом, получаем

$$\langle \Lambda, s_1^{t_1} s_2^{t_2} \dots s_m^{t_m} \rangle = \left( \sum^+ \lambda_j^1 \lambda_k^2 \dots \lambda_u^{m-1} s_{1j}^{t_1} s_{2k}^{t_2} \dots s_{(m-1)u}^{t_{m-1}} - \sum^- \lambda_j^1 \lambda_k^2 \dots \lambda_u^{m-1} s_{1j}^{t_1} s_{2k}^{t_2} \dots s_{(m-1)u}^{t_{m-1}} \right) \times \sum^+ \lambda_v^m s_{mv}^{t_m}. \quad (18)$$

Завершается доказательство приведением последнего выражения к виду, аналогичному выражению (14), и тем фактом, что

$$\left\langle \frac{\Lambda}{\|\Lambda\|}, \sum_{h=1}^{h=m} g_h(s_h) - P_{n_h}(s_h) \right\rangle = \left\| \sum_{h=1}^{h=m} g_h(s_h) - P_{n_h}(s_h) \right\|. \quad (19)$$

Доказанная теорема находит интересные приложения.

Напомним, что дифференциальные уравнения движения системы взаимно притягивающихся материальных точек имеют вид:

$$m_i \ddot{x}_i = \frac{\partial U}{\partial x_i}, \quad m_i \ddot{y}_i = \frac{\partial U}{\partial y_i}, \quad m_i \ddot{z}_i = \frac{\partial U}{\partial z_i}, \quad (i=0, 1, \dots, n), \quad (20)$$

где функция  $U$ , называемая силовой функцией системы, определяется равенством

$$U = \frac{\gamma}{2} \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \frac{m_i m_j}{r_{ij}} \quad (i \neq j), \quad (21)$$

в котором  $\gamma$  – гравитационная постоянная,  $r_{ij} = r_{ji} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2}$ .

Таким образом, аппроксимируя каждое из слагаемых  $m_i m_j / r_{ij}$  в отдельности, мы выразим экстремальный полином для всей функции  $U$  в виде суммы полиномов. Для нужной аппроксимации слагаемых воспользуемся следующей теоремой.

**Теорема 3** [2]. Пусть для непрерывно дифференцируемых функций  $f, \varphi: [a, b] \rightarrow R$  выполнены следующие условия:

- 1)  $\varphi'(x) > 0 \quad (x \in (a, b))$ ;
- 2) на интервале  $(a, b)$  функция  $\frac{f'(x)}{\varphi'(x)}$  строго возрастает.

Тогда

$$\inf_{c_0, c_1} \|f - c_0 - c_1 \varphi\| = E_1(f) = \frac{1}{2[\varphi(b) - \varphi(a)]} \left\{ [\varphi(x_2^*) - \varphi(a)] f(b) + [\varphi(b) - \varphi(x_2^*)] f(a) \right\} - \frac{1}{2} f(x_2^*),$$

где  $x_2^*$  – единственный корень уравнения  $\frac{f'(x)}{\varphi'(x)} = \frac{f(b) - f(a)}{\varphi(b) - \varphi(a)}$  на интервале  $(a, b)$ .

Коэффициенты экстремального полинома  $P_1^*(x) = c_0^* + c_1^* \varphi(x)$  находятся по следующим формулам:

$$c_0 = \frac{1}{2[\varphi(b) - \varphi(a)]} \left\{ [\varphi(x_2^*) + \varphi(b)] f(a) - [\varphi(a) - \varphi(x_2^*)] f(b) \right\} + \frac{1}{2} f(x_2^*); \quad c_1 = \frac{f(b) - f(a)}{\varphi(b) - \varphi(a)},$$

причем размерность коэффициента  $c_0$  и слагаемого  $c_1 \varphi(x)$  совпадает с размерностью аппроксимируемой функции  $f(x)$ .

В нашем случае  $f(r) = \frac{1}{r}, \quad \varphi(r) = r^2$ , т.е.  $c_1 = \frac{\frac{1}{b} - \frac{1}{a}}{b^2 - a^2} = -\frac{1}{ab(a+b)}$ .

Таким образом, при выполнении условия

$$a_{ij} \leq r_{ij} \leq b_{ij} \quad (22)$$

силовая функция  $U$  будет иметь вид

$$U_1 = \frac{\gamma}{2} \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n m_i m_j \left( c_{0ij} - \frac{1}{a_{ij} b_{ij} (a_{ij} + b_{ij})} r_{ij}^2 \right), \quad (i \neq j), \quad (23)$$

а ее частные производные обеспечивают линейность системы (20).

Приведем простой пример эффективности аппроксимационного подхода.

В задаче двух тел Земля–Солнце после аппроксимации получается система дифференциальных уравнений  $\ddot{x} = ax$ ,  $\ddot{y} = ay$ ,  $\ddot{z} = az$ , в которой  $a = -\frac{2\gamma M}{r_{\min} r_{\max} (r_{\min} + r_{\max})}$ ,  $\gamma = 6,72 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2 \text{ кг}^{-2}$ ,

$M = 1,9891 \cdot 10^{30} \text{ кг}$ ,  $r_{\min} = 1,471 \cdot 10^{11} \text{ м}$ ,  $r_{\max} = 1,521 \cdot 10^{11} \text{ м}$ .

Тогда период обращения Земли вокруг Солнца можно вычислить следующим образом:

$$|a|^{1/2} = 1,9983 \cdot 10^{-7}, \quad 2\pi/|a|^{1/2} = 3,1442 \cdot 10^7 \text{ с}, \quad T = 3,1442 \cdot 10^7 / (24 \cdot 3600) = 363,9 \text{ сут.}$$

**Заключение.** В результате проведенного исследования, материалы которого представлены в данной статье, было доказано, что для функции, представимой в виде суммы функций независимых действительных аргументов, полином наилучшего приближения равен сумме полиномов наилучшего приближения для каждого из слагаемых функции. Доказанная теорема находит интересные приложения. Применив ее для аппроксимации силовой функции  $U$  системы двух взаимно притягивающихся материальных точек, получаем систему линейных дифференциальных уравнений, решая которые можно с высокой точностью вычислить параметры движения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иоффе, А.Д. Теория экстремальных задач / А.Д. Иоффе, В.М. Тихомиров. – М.: Наука, 1974. – 480 с.
2. Сунь Байюй. О точном нахождении экстремальных полиномов на двумерном подпространстве / Байюй Сунь // Вестн. Віцебск. дзярж. ун-та. – 2014. – № 2(80). – С. 34–38.

#### REFERENCES

1. Ioffe A.D., Tikhomirov V.M. *Teoriya ekstremalnikh zadach* [Theory of Extreme Tasks], Moscow, Nauka, 1974, 480 p.
2. Sun Baiyun. *Vesnik Vitebskaga dziarzhavnaga universiteta* [Journal of Vitebsk State University], 2014, 2(80), pp. 34–38.

Поступила в редакцию 12.04.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: k.yakuto@mail.ru – Якуто К.Л.

## О характеристике формаций Фишера

С.Н. Воробьев, А.Л. Атрашкевич

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

В работе рассматриваются только конечные группы, если не оговорено противное. Классом Фишера называют класс Фиттинга  $\mathfrak{F}$  конечных групп  $G$ , удовлетворяющих условию: если  $G \in \mathfrak{F}$  и  $H$  – подгруппа группы  $G$ , содержащая нормальную подгруппу  $N$  группы  $G$  такую, что  $H/N$  является  $p$ -группой ( $p$  – некоторое простое число), то  $H \in \mathfrak{F}$ .

Пусть  $\mathfrak{X}$  – нильпотентная формация Фиттинга. Классом Фиттинга  $\mathfrak{F}$  назовем  $\mathfrak{X}$ -класс Фишера, если из условия  $G \in \mathfrak{F}$ ,  $K \leq H \leq G$  и  $H/K \in \mathfrak{X}$ , всегда следует, что  $H \in \mathfrak{F}$ . При этом формация Фиттинга  $\mathfrak{X}$  нильпотентна, если  $\mathfrak{X}$  состоит из нильпотентных групп. В случае, если  $\mathfrak{X} = \mathfrak{N}$  – классу всех нильпотентных групп, то  $\mathfrak{X}$ -класс Фишера является классом Фишера.

Основной результат настоящей работы – следующая

**Теорема.** Пусть  $\mathbb{P}$  – множество всех простых чисел,  $\emptyset \neq \omega \subseteq \mathbb{P}$ ,  $\mathfrak{F}$  –  $\omega$ -локальная формация. Тогда справедливы следующие утверждения:

1) если  $f$  –  $\omega$ -локальный спутник  $\mathfrak{F}$  такой, что  $f(a)$  является  $\mathfrak{X}$ -классом Фишера для всех  $a \in \omega \cup \{\omega'\}$ , то  $\mathfrak{F}$  –  $\mathfrak{X}$ -класс Фишера;

2)  $\mathfrak{F}$  является  $\mathfrak{X}$ -классом Фишера тогда и только тогда, когда все значения ее канонического  $\omega$ -локального спутника –  $\mathfrak{X}$ -классы Фишера.

**Ключевые слова:** класс Фиттинга, класс Фишера,  $\mathfrak{X}$ -класс Фишера, нильпотентная формация,  $\omega$ -локальный спутник.

## On Characterization of Fischer Formations

S.N. Vorobyev, A.L. Atrashkevich

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

In this paper all groups are finite if the opposite isn't stated. A Fischer class is a Fitting class of finite  $G$  groups which satisfy the condition if a group  $G \in \mathfrak{F}$ , and  $H$  is a subgroup of  $G$ ,  $N$  is a normal subgroup of group  $G$  and  $H/N$  is a  $p$ -group ( $p$  is a some prime number), then  $H \in \mathfrak{F}$ .

Let  $\mathfrak{X}$  – be a nilpotent Fitting formation. A Fitting class  $\mathfrak{F}$  is named a Fischer  $\mathfrak{X}$ -class if from the condition of  $G \in \mathfrak{F}$ ,  $K \leq H \leq G$ ,  $K \leq H \leq G$  and  $H/K \in \mathfrak{X}$ , always follows, that  $H \in \mathfrak{F}$ . A Fitting formation  $\mathfrak{X}$  is nilpotent if  $\mathfrak{X}$  consists of nilpotent groups. If case  $\mathfrak{X} = \mathfrak{N}$  – class of all nilpotent groups, then a Fischer  $\mathfrak{X}$ -class is a Fischer class.

The basic findings are the following.

**Theorem.** Let  $\mathbb{P}$  – be all primes,  $\emptyset \neq \omega \subseteq \mathbb{P}$ , and  $\mathfrak{F}$  is a  $\omega$ -local formation. Then the following statements are true:

1) if  $f$  is the  $\omega$ -local satellite of  $\mathfrak{F}$  such that  $f(a)$  is a Fischer  $\mathfrak{X}$ -class for all  $a \in \omega \cup \{\omega'\}$ , then  $\mathfrak{F}$  is a Fischer  $\mathfrak{X}$ -class;

2)  $\mathfrak{F}$  is Fischer  $\mathfrak{X}$ -class if and only if all values of its canonical satellite  $\omega$ -local are Fischer  $\mathfrak{X}$ -classes.

**Key words:** Fitting class, Fischer class, Fischer  $\mathfrak{X}$ -class, nilpotent formation,  $\omega$ -local satellite.

В работе рассматриваются только конечные группы. В терминологии и обозначениях мы следуем [1; 2]. В исследованиях структуры классов и канонических подгрупп конечных групп во многих случаях определяющую роль играют формации Фиттинга – классы групп, которые одновременно являются формациями и классами Фиттинга (см., например, [1, теорема 3.1] и [2, XI.1]). Напомним, что *формацией* называют класс групп  $\mathfrak{F}$ , если  $\mathfrak{F}$  замкнут относительно гомоморфных образов и подпрямых произведений, а *классом Фиттинга* – класс групп  $\mathfrak{F}$ , замкнутый относительно нормальных подгрупп и произведений нормальных  $\mathfrak{F}$ -подгрупп. Напомним, что *классом Фишера* называют класс Фиттинга  $\mathfrak{F}$  конечных групп  $G$ , удовлетворяющих условию: если  $G \in \mathfrak{F}$  и  $H$  – подгруппа группы  $G$ , содержащая нормальную подгруппу  $N$  группы  $G$  такую, что  $H/N$  является  $p$ -группой ( $p$  – некоторое простое число), то  $H \in \mathfrak{F}$ . Уже в 60-е годы прошлого столетия Фишер [3], а позднее Хартли [4] и Хоукс [5], исследуя задачу дуализации теории формаций теории классов Фиттинга, использовали для этих целей классы разрешимых групп  $G$ , замкнутые относительно подгрупп вида  $PN$ , где  $P$  и  $N$  – силовская  $p$ -подгруппа и нормальная подгруппа  $G$  соответственно. В последующем такие классы групп стали называть классами Фишера [4].

В настоящей работе мы находим характеристику частично локальных формаций, которые являются  $\mathfrak{X}$ -классами Фишера для случая, когда  $\mathfrak{X}$  – нильпотентная формация. В частности, мы обобщаем основной результат работы [6] о том, что  $\omega$ -локальная формация – класс Фишера тогда и только тогда, когда все значения ее канонического  $\omega$ -локального спутника – классы Фишера.

Напомним, что пусть  $\mathfrak{X}$  – нильпотентная формация. Тогда класс Фиттинга  $\mathfrak{F}$  называется  $\mathfrak{X}$ -классом Фишера, если из условия  $G \in \mathfrak{F}, K \trianglelefteq G, K \subseteq H \subseteq G$  и  $H/K \in \mathfrak{X}$ , всегда следует, что  $H \in \mathfrak{F}$ .

Мы используем концепцию частичной локализации формаций, предложенную в [7], которая состоит в следующем. Пусть  $\omega$  – некоторое непустое множество простых чисел и  $\omega'$  – дополнение множества  $\omega$  во множестве всех простых чисел  $\mathbb{P}$ . Тогда функцию вида  $f: \omega \cup \{\omega'\} \rightarrow \{\text{формации групп}\}$  называют  $\omega$ -локальным спутником [7]. При этом  $\text{Supp}(f) = \{a \in \omega \cup \{\omega'\} : f(a) \neq \emptyset\}$  – это носитель  $\omega$ -локального спутника.

Для произвольного  $\omega$ -локального спутника  $f$  через  $LF_\omega(f)$  обозначают класс групп  $(G: G/O_\omega(G) \in f(\omega')$  и  $G/F_p(G) \in f(p)$  для всех  $p \in \omega \cap \pi(G)$ ), где  $O_\omega(G)$  и  $F_p(G)$  –  $\omega$ -радикал группы  $G$  и  $p$ -нильпотентный радикал группы  $G$  соответственно.

Формацию  $\mathfrak{F}$  называют  $\omega$ -локальной [7], если  $\mathfrak{F} = LF_\omega(f)$  для некоторого  $\omega$ -локального спутника  $f$ . Заметим, что если  $\omega = \mathbb{P}$ , то  $\omega$ -локальную формацию называют *локальной*, а ее  $\omega$ -локальный спутник  $f$  – *локальным*.

В работе доказано, что каждая  $\omega$ -локальная формация  $\mathfrak{F}$  определяется  $\omega$ -локальным спутником  $F$  таким, что  $F(\omega') = \mathfrak{F}$  и  $F(p) = \mathfrak{N}_p \mathfrak{F}(F_p) \subseteq \mathfrak{F}$  для каждого  $p \in \omega$ . Такой  $\omega$ -локальный спутник  $F$  называется *каноническим*.

**1. Предварительные сведения.** Если  $\mathfrak{F}$  – непустая формация, то через  $G^\mathfrak{F}$  обозначают наименьшую нормальную подгруппу группы  $G$ , факторгруппа по которой принадлежит  $\mathfrak{F}$ , и  $G^\mathfrak{F}$  называют  $\mathfrak{F}$ -корадикалом  $G$ . Пусть  $\mathfrak{F}$  и  $\mathfrak{H}$  – формации. Тогда их произведение называется *классом групп*  $\mathfrak{H} = (G: G^\mathfrak{F} \in \mathfrak{H})$ . Известно, что произведение двух любых формаций снова является формацией и операция умножения формаций ассоциативна (см. например, [2, IV, теорема 1.8]).

Ввиду [7] и [8, теорема 2]  $\omega$ -локальная формация также определяется формулой

$$LF_\omega(f) = (\bigcap_{p \in \pi_2} \mathfrak{E}_{p'}) \cap (\bigcap_{p \in \pi_1} \mathfrak{E}_{p'} \mathfrak{N}_p f(p)) \cap \mathfrak{E}_\omega f(\omega').$$

При этом  $\pi_1 = \text{Supp}(f) \cap \omega$  и  $\pi_2 = \omega \setminus \pi_1$ .

Если  $\mathfrak{X}$  – некоторое множество групп, то символом *form*  $\mathfrak{X}$  обозначают наименьшую формацию, содержащую  $\mathfrak{X}$ .

Пусть  $\mathfrak{X}$  – произвольная совокупность групп и  $p$  – простое число. Тогда формация

$$\mathfrak{X}(F_p) = \begin{cases} \text{form}(G/F_p(G): G \in \mathfrak{X}), & \text{если } p \in \sigma(\mathfrak{X}), \\ \emptyset, & \text{если } p \notin \sigma(\mathfrak{X}), \end{cases}$$

где  $\sigma(\mathfrak{X})$  – множество всех простых делителей всех групп из  $\mathfrak{X}$ .

Пусть  $\mathfrak{F}$  и  $\mathfrak{H}$  – классы Фиттинга. Тогда класс  $\mathfrak{F}\mathfrak{H} = (G: G/G_\mathfrak{F} \in \mathfrak{H})$  называют произведением  $\mathfrak{F}$  и  $\mathfrak{H}$ . Известно, что произведение двух любых классов Фиттинга снова является классом Фиттинга и операция умножения классов Фиттинга ассоциативна [2].

Для доказательства теоремы мы будем использовать следующий результат, полученный в [9, теорема 3.1], который приведем в качестве леммы.

**Лемма 1.1.** Пусть  $\mathfrak{X}$  – нильпотентная формация. Если  $\mathfrak{F}$  и  $\mathfrak{H}$  являются  $\mathfrak{X}$ -классами Фишера, то их произведение  $\mathfrak{F}\mathfrak{H}$  –  $\mathfrak{X}$ -классом Фишера.

## 2. $\mathfrak{X}$ -классы Фишера и формации

**Определение 2.1.** Класс групп  $\mathfrak{F}$  назовем *формацией Фишера*, если он является одновременно *формацией* и *классом Фишера*.

**Определение 2.2.** Формацию Фишера назовем  $\omega$ -локальной (в частности *локальной*), если  $\mathfrak{F}$  является  $\omega$ -локальной (соответственно *локальной*) *формацией*.

Заметим, что семейство  $\omega$ -локальных формаций Фишера обширно. Действительно, каждый разрешимый наследственный класс Фиттинга  $\mathfrak{F}$  по теореме Брайса, Косси [10] является локальной формацией. Кроме того, очевидно, что в этом случае  $\mathfrak{F}$  – класс Фишера и, значит,  $\mathfrak{F}$  – формация Фишера. Однако не всякая наследственная локальная формация представляет формацию Фишера. Такой формацией является, например, формация всех сверхразрешимых групп, что показано в [11] (см. пример 1, с. 159–160).

Предварительно приведем в качестве леммы свойства  $\mathfrak{X}$ -классов Фишера, которые в дальнейшем мы будем использовать.

**Лемма 2.3.** Пусть  $\mathfrak{X}$  – нильпотентная формация. Тогда справедливо следующее утверждение: если  $\{\mathfrak{F}_i \mid i \in I\}$  – множество  $\mathfrak{X}$ -классов Фишера, то их пересечение  $\mathfrak{F} = \bigcap_{i \in I} \mathfrak{F}_i$  является классом Фишера.

Доказательство утверждения следует непосредственно по определению класса Фишера.

Основной результат работы – следующая

**Теорема 2.4.** Пусть  $\emptyset \neq \omega \subseteq \mathbb{P}$ ,  $\mathfrak{F}$  –  $\omega$ -локальная формация и  $\mathfrak{X}$  – нильпотентная формация. Тогда справедливы следующие утверждения:

1) если  $f$  –  $\omega$ -локальный спутник  $\mathfrak{F}$  такой, что  $f(a)$  является  $\mathfrak{X}$ -классом Фишера для всех  $a \in \omega \cup \{\omega'\}$ , то  $\mathfrak{F}$  –  $\mathfrak{X}$ -класс Фишера;

2) является  $\mathfrak{X}$ -классом Фишера тогда и только тогда, когда все значения ее канонического  $\omega$ -локального спутника являются  $\mathfrak{X}$ -классами Фишера.

**Доказательство.** Докажем утверждение 1). Пусть все значения  $\omega$ -локального спутника  $f$  формации  $\mathfrak{F}$  являются  $\mathfrak{X}$ -классами Фишера. Покажем, что  $\mathfrak{F}$  в этом случае также  $\mathfrak{X}$ -класс Фишера. Так как формация  $\mathfrak{F}$   $\omega$ -локальна, то по теореме 2 из [8], используя формулу  $\omega$ -локальной формации [7], получаем, что

$$\mathfrak{F} = (\bigcap_{p \in \pi_2} \mathfrak{E}_{p'}') \cap (\bigcap_{p \in \pi_1} \mathfrak{E}_{p'} \mathfrak{N}_p f(p)) \cap \mathfrak{E}_\omega f(\omega'),$$

где  $\pi_1 = \text{Supp}(f) \cap \omega$ ,  $\pi_2 = \omega \setminus \pi_1$ .

Заметим, что фиттингова формация  $\mathfrak{E}_p$  является наследственной и поэтому  $\mathfrak{E}_{p'}$  –  $\mathfrak{X}$ -класс Фишера. Следовательно, по лемме 2.3  $\bigcap_{p \in \pi_2} \mathfrak{E}_{p'}'$  –  $\mathfrak{X}$ -класс Фишера. Пусть  $p \in \pi_1$ .

Рассмотрим теперь произведение классов  $\mathfrak{E}_{p'} \mathfrak{N}_p f(p)$ . Так как каждый из множителей  $\mathfrak{E}_{p'}$ ,  $\mathfrak{N}_p$  и  $f(p)$  –  $\mathfrak{X}$ -класс Фишера, то по лемме 1.1 следует, что произведение  $\mathfrak{E}_{p'} \mathfrak{N}_p f(p)$  является  $\mathfrak{X}$ -классом Фишера. Аналогично заключаем, что произведение  $\mathfrak{E}_\omega f(\omega')$  –  $\mathfrak{X}$ -класс Фишера. Теперь из того, что по лемме 2.3 пересечение любого множества  $\mathfrak{X}$ -классов Фишера снова является  $\mathfrak{X}$ -классом Фишера, заключаем, что  $\mathfrak{F}$  является  $\mathfrak{X}$ -классом Фишера. Утверждение 1) доказано.

Докажем утверждение 2). Если все значения канонического  $\omega$ -локального спутника  $F$  формации  $\mathfrak{F}$  являются  $\mathfrak{X}$ -классами Фишера, то  $\mathfrak{F}$  –  $\mathfrak{X}$ -класс Фишера по утверждению 1).

Покажем справедливость обратного утверждения. Пусть  $\mathfrak{F}$  –  $\omega$ -локальная формация Фишера с каноническим  $\omega$ -локальным спутником  $F$ , т.е.  $\mathfrak{F} = LF_\omega(F)$ . По лемме 1.1  $F(\omega') = \mathfrak{F}$  и  $F(p) = \mathfrak{N}_p \mathfrak{F}(F_p)$  для всех  $p \in \omega$ . Покажем, что все значения  $\omega$ -локального спутника  $F$  являются  $\mathfrak{X}$ -классами Фишера.

Если  $\omega = \mathbb{P}$ , то  $\mathfrak{F}$  – локальная формация и утверждение верно согласно [2, IX, теорема 3.6 (b)]. Пусть  $\omega \subset \mathbb{P}$ . Проверим, что в этом случае  $F(a)$  является  $\mathfrak{X}$ -классом Фишера для всех  $a \in \omega \cup \{\omega'\}$ . Если  $a = \omega'$ , то  $F(\omega') = \mathfrak{F}$  и  $F(\omega')$  является  $\mathfrak{X}$ -классом Фишера по условию. Поэтому остается показать, что  $F(p) = \mathfrak{N}_p \mathfrak{F}(F_p)$  –  $\mathfrak{X}$ -класс Фишера для всех  $p \in \omega$ . Если  $p \in \omega \setminus \sigma(\mathfrak{F})$ , то  $F(p) = \emptyset$  и утверждение очевидно. Пусть  $p \in \omega \cap \sigma(\mathfrak{F})$ . В этом случае  $\mathfrak{F}(F_p) \neq \emptyset$  и поэтому  $F(p) \neq \emptyset$ .

Пусть  $G \in F(p)$  и  $K \trianglelefteq G$ ,  $K \leq H \leq G$ . Предположим, что  $H/K \in \mathfrak{X}$ . Докажем, что  $H \in F(p)$ . Рассмотрим регулярное сплетение  $W = Z_p wr G$ . Тогда  $W = [Z_p^*]G$ , где  $Z_p^*$  – базисная группа  $W$ . Отсюда следует, что  $W/Z_p^* \cong G$ . Но  $G \in F(p)$ . Следовательно,  $W \in \mathfrak{N}_p F(p)$ . Так как  $F$  – канонический  $\omega$ -локальный спутник  $\mathfrak{F}$ , то  $\mathfrak{N}_p F(p) = F(p) \subseteq \mathfrak{F}$ . Таким образом,  $W \in \mathfrak{F}$ . Ввиду того, что  $K \trianglelefteq G$  и  $Z_p^* \trianglelefteq W$ , следует, что  $Z_p^* K \trianglelefteq W$ . Действительно, пусть  $x = zg \in W$ , где  $z \in Z_p^*$  и  $g \in G$ . Тогда  $x^{-1} Z_p^* K x = g^{-1} z^{-1} Z_p^* K z g$ .

Отсюда следует, что  $g^{-1} Z_p^* K z g = g^{-1} K Z_p^* g$  и поэтому  $x^{-1} Z_p^* K x = g^{-1} K g Z_p^* = K Z_p^*$ .

Так как  $Z_p^* K \leq Z_p^* H$ , то  $Z_p^* K \trianglelefteq H Z_p^*$ . Тогда, используя изоморфизмы

$(H Z_p^*) / (K Z_p^*) = (H K Z_p^*) / (K Z_p^*) \cong H / (H \cap K Z_p^*)$  и  $(H/K) / (H \cap K Z_p^* / K) \cong H / (H \cap K Z_p^*)$ , заключаем, что  $H / (H \cap K Z_p^*) \in \mathfrak{X}$ . Итак,  $W \in \mathfrak{F}$ ,  $K Z_p^* \triangleleft W$ ,  $K Z_p^* \leq H Z_p^* \leq W$  и  $(H Z_p^*) / (K Z_p^*) \in \mathfrak{X}$ .

Поскольку по условию  $\mathfrak{F}$  является  $\mathfrak{X}$ -классом Фишера, то  $H Z_p^* \in \mathfrak{F}$ . Теперь ввиду того, что формация  $\mathfrak{F}$   $\omega$ -локальна и ее  $\omega$ -локальный спутник  $F$  канонический, получаем, что  $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{E}_{p'} F(p)$ .

Следовательно,  $H Z_p^* \in \mathfrak{E}_{p'} F(p)$ . Но по [2, А, лемма 18.8(a)]  $Z_p^* H \cong Z_p^{[G:H]} wr H = W_1$ .

Значит,  $W_1 = [Z_p^{**}] H$ , где  $Z_p^{**}$  – базисная группа  $W_1$ . Пусть  $O_{p'}(W_1)$  – наибольшая нормальная  $p'$ -подгруппа группы  $W_1$ . Так как базисная группа  $Z_p^{**}$  группы  $W_1$  является  $p$ -группой, то  $O_{p'}(W_1) \cap Z_p^{**} = 1$ .

Следовательно, по [2, лемма А, 18.8(b)] (см. также [12, I, раздел 5.4])  $O_{p'}(W_1) = 1$  и поэтому  $O_{p'}(H Z_p^*) = 1$ . Но тогда из  $H Z_p^* \in \mathfrak{E}_{p'} F(p)$  следует, что  $H Z_p^* = H Z_p^* / O_{p'}(H Z_p^*) \in F(p)$ .

Итак,  $H Z_p^* \in F(p)$ . Следовательно,  $H Z_p^* / Z_p^* \cong H / H \cap Z_p^* = H \in F(p)$  и поэтому  $F(p)$  –  $\mathfrak{X}$ -класс Фишера. Теорема доказана.

В случае, когда  $\omega = \mathbb{P}$ , получаем

**Следствие 2.5.** Пусть  $\mathfrak{X}$  – нильпотентная формация. Локальная формация является  $\mathfrak{X}$ -классом Фишера тогда и только тогда, когда все значения ее канонического локального спутника –  $\mathfrak{X}$ -классы Фишера.

Если  $\mathfrak{X} = \mathfrak{N}$ , то получаем

**Следствие 2.6** [6, теорема 1].  $\omega$ -Локальная формация является классом Фишера тогда и только тогда, когда все значения ее канонического локального спутника – классы Фишера.

Формацию называют разрешимой, если она состоит из разрешимых групп.

**Следствие 2.7** [2, теорема IX. 1.6 (b)]. *Разрешимая локальная формация является классом Фишера тогда и только тогда, когда все ее значения канонического локального спутника формации класса Фишера.*

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Шеметков, Л.А. Формации конечных групп / Л.А. Шеметков. – М.: Наука, 1978. – 272 с.
2. Doerk, K. Finite soluble groups / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin–New York: Walter de Gruyter, 1992. – 891 p.
3. Fischer, B. Klassen konjugierter Untergruppen in endlichen auflösbaren Gruppen / B. Fischer. – Habilitationsschrift. Universität Frankfurt (M), 1966.
4. Hartley, B. On Fischer's dualization of formation theory / B. Hartley // Proc. London Math. Soc. – 1969. – Vol. 3, № 2. – P. 193–207.
5. Hawkes, T.O. A Fitting Class Construction / T.O. Hawkes // Proc. Math. Cambridge Philos. – 1976. – Soc. 80. – P. 437–446.
6. Воробьев, С.Н. О формациях Фишера конечных групп / С.Н. Воробьев // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-матэм. навук. – 2011. – № 2. – С. 43–49.
7. Скиба, А.Н. Кратко-локальные формации и классы Фиттинга конечных групп / А.Н. Скиба, Л.А. Шеметков // Матем. труды. – 1999. – Т. 2, № 2. – С. 114–147.
8. Ведерников, В.А. ω-Веерные формации и классы Фиттинга конечных групп / В.А. Ведерников, М.М. Сорокина // Матем. заметки. – 2002. – Т. 71, вып. 1. – С. 43–60.
9. Атрашкевич, А.Л. О произведении  $\mathfrak{X}$ -классов Фишера / А.Л. Атрашкевич, Н.Т. Воробьев // Весн. Віцебск. дзярж. ун-та. – 2016. – № 3. – С. 5–9.
10. Bryce, R.A. Metanilpotent Fitting Classes / R.A. Bryce, J. Cossey // Math. Z. – 1972. – Bd. 127, № 3. – S. 217–223.
11. Монахов, В.С. Введение в теорию конечных групп и их классов / В.С. Монахов. – Минск: Высшэйшая школа, 2006. – 207 с.

## R E F E R E N C E S

1. Shemetkov L.A. *Formatsii konechnikh grupp* [Finite Group Formations], M., Nauka, 1978, 272 p.
2. Doerk, K. Finite soluble groups / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin–New York: Walter de Gruyter, 1992. – 891 p.
3. Fischer, B. Klassen konjugierter Untergruppen in endlichen auflösbaren Gruppen / B. Fischer. – Habilitationsschrift. Universität Frankfurt (M), 1966.
4. Hartley, B. On Fischer's dualization of formation theory / B. Hartley // Proc. London Math. Soc. – 1969. – Vol. 3, № 2. – P. 193–207.
5. Hawkes T.O. // Proc. Math. Cambridge Philos, 1976. Soc. 80. P. 437–446.
6. Vorobyev S.N. *Vestsi NAN Belarusi Ser. fiz.-matem. navuk* [Newsletter of NASc of Belarus. Physical and Mathematical Sciences], 2011, 2, pp. 43–49.
7. Skiba A.N., Shemetkov L.A. *Matem. Trudi* [Mathematical Works], 1999, 2, pp. 114–147.
8. Vedrnikov V.A., Sorokina M.M. *Matem. zametki* [Mathematical Notes], 2002, 71(1), pp. 43–60.
9. Atrashkevich A.L., Vorobyev N.T. *Vestnik UO «VGU im. P.M. Masherova»* [Newsletter of Vitebsk State P.M. Masherov University], 2016, 3, pp. 5–9.
10. Bryce R.A., Cossey J. // Math. Z. 1972. Bd. 127, N 3. – S. 217–223.
11. Monakhov V.S. *Vvedeniye v teoriyu konechnikh grupp i ikh klassov* [Introduction into the Theory of Finite Groups and their Classes], Mn., Vysheishaya shkola, 2006, 207 p.

Поступила в редакцию 08.06.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: alesy19942016@gmail.com – Атрашкевич А.Л.

## Математическое моделирование движения волновых пакетов в оболочках, близких к цилиндрическим

Т.В. Никонова, М.А. Дервояд

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

*При проектировании тонкостенных строительных конструкций необходимо исследовать вопросы потери устойчивости.*

*Цель статьи – построение математической модели, позволяющей решить начально-краевую задачу для уравнений в частных производных, описывающих волновые формы движения тонкой упругой оболочки, срединная поверхность которой мало отличается от цилиндрической.*

**Материал и методы.** *Материал исследования – оболочка, близкая по форме к цилиндрической. Рассматривается параболический закон отклонения по продольной координате срединной поверхности. Для проведения исследования используется асимптотический комплексный ВКБ-метод.*

**Результаты и их обсуждение.** *Исходная двумерная начально-краевая задача сведена к системе Гамильтона, уравнению Риккати и последовательности одномерных начально-краевых задач для амплитудных функций. В случае параболического закона отклонения получена явная формула для частоты бегущих колебаний, а также функция Гамильтона, определяющая динамику волновых пакетов.*

**Заключение.** *Результаты могут быть использованы при исследовании устойчивости и вынужденных колебаний в цилиндрических оболочках, имеющих начальные погиби.*

**Ключевые слова:** *цилиндрическая оболочка, близкая по форме к цилиндрической, волновой пакет, частота колебаний.*

## Mathematical Modeling of the Motion of Wave Packets in Shells Close in Form to Cylindrical

T.V. Nikonova, M.A. Dervoyed

Educational Establishment «Vitebsk State Technological University»

*Design of thin building structures requires the study of loss of stability issues.*

*The aim of the article is to construct a mathematical model that allows solving the initial-boundary value problem for partial differential equations describing the wave forms of motion of a thin elastic shell, the middle surface of which differs little from a cylindrical one.*

**Material and methods.** *The object of investigation is a shell that is close in form to a cylindrical. The parabolic law of deviation along the longitudinal coordinate of the middle surface is considered. To carry out the research, we use the asymptotic complex WKB method.*

**Findings and their discussion.** *The original two-dimensional initial-boundary value problem is reduced to the Hamiltonian system, the Riccati equation and the sequence of one-dimensional initial-boundary value problems for amplitude functions. In the case of a parabolic deviation law, an explicit formula for the frequency of traveling oscillations is obtained, as well as the Hamiltonian function, which determines the dynamics of the wave packets.*

**Conclusion.** *The findings can be used to study the stability and forced oscillations in cylindrical shells that have initial deaths.*

**Key words:** *cylindrical shell, similar in shape to cylindrical shell, wave packet, oscillation frequency.*

При проектировании тонкостенных строительных конструкций необходимо проводить анализ напряженно-деформированного состояния (НДС), возникающего в оболочке при заданных внешних нагрузках и условиях закрепления краев, а также исследовать вопросы потери устойчивости. Исследование устойчивости и вынужденных колебаний в цилиндрических оболочках, имеющих начальные погиби, обусловленные технологическими неточностями, обсуждалось в [1; 2]. При этом установлено, что даже небольшие отклонения в форме срединной поверхности от цилиндрической существенно влияют на величину критической нагрузки, частоты собственных колебаний.

Цель статьи – построение математической модели, позволяющей решить начально-краевую задачу для

уравнений в частных производных, описывающих волновые формы движения тонкой упругой оболочки, срединная поверхность которой мало отличается от цилиндрической. Особенностью исследуемой задачи является предполагаемая локализация начальных условий (нормальных прогибов и скоростей точек срединной поверхности) вблизи некоторой образующей.

**Материал и методы.** Рассмотрим оболочку (рис.), поверхность которой задается векторным уравнением

$$\mathbf{r}(s, \theta) = R[\mathbf{r}_0 + \mathbf{n}_0 \varepsilon^2 \eta(s, \theta)], \quad (1)$$

где  $\mathbf{r}_0 = \rho(\theta) + \mathbf{k}s$ ,  $s$  – координаты вдоль образующей кругового цилиндра с плоскими краями,  $\theta$  – полярный угол,  $\eta(s, \theta)$  – форма погиби,  $R$  – характерный размер,  $\varepsilon$  – естественный малый параметр,  $\mathbf{r}_0$  – радиус-вектор точки на поверхности цилиндра,  $\mathbf{n}_0$  – единичный вектор внешней нормали к цилиндру, определяемый по формуле:

$$\mathbf{n}_0 = \mathbf{i} \cdot \frac{\rho \cos \theta + \rho'_\theta \sin \theta}{\sqrt{\rho^2 + \rho'^2_\theta}} + \mathbf{j} \cdot \frac{\rho \sin \theta - \rho'_\theta \cos \theta}{\sqrt{\rho^2 + \rho'^2_\theta}}. \quad (2)$$

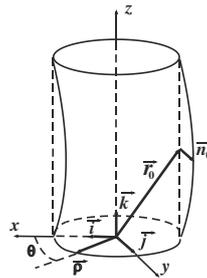


Рис. Оболочка, близкая по форме к цилиндрической.

Введем на поверхности оболочки ортогональную систему координат:  $s$ ,  $\varphi$ , где  $s$  – продольная координата, а  $\varphi$  – координата по направляющей, выбираемая так, чтобы первая квадратичная форма поверхности имела вид  $d\sigma^2 = R^2(ds^2 + d\varphi^2)$ .

Пусть оболочка ограничена двумя краями и необязательно замкнута в направлении  $\varphi$ :

$$-\frac{l}{2} \leq s \leq \frac{l}{2}, \quad \varphi_1 \leq \varphi \leq \varphi_2. \quad (3)$$

Для исследования динамики волновых пакетов в данной оболочке будем использовать систему уравнений [3], записанную в безразмерном виде:

$$\varepsilon^4 \Delta^2 W + \Delta_k F + \varepsilon^2 \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} = 0, \quad \varepsilon^4 \Delta^2 \Phi - \Delta_k W = 0, \quad (4)$$

где  $\Delta z = \frac{1}{A_1 A_2} \left[ \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{A_2}{A_1} \frac{\partial z}{\partial s} \right) + \frac{\partial}{\partial \varphi} \left( \frac{A_1}{A_2} \frac{\partial z}{\partial \varphi} \right) \right]$ ,  $\Delta_k z = \frac{1}{A_1 A_2} \left[ \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{A_2}{A_1 R_2} \frac{\partial z}{\partial s} \right) + \frac{\partial}{\partial \varphi} \left( \frac{A_1}{A_2 R_1} \frac{\partial z}{\partial \varphi} \right) + \frac{\partial}{\partial \varphi} \left( \frac{1}{R_{12}} \frac{\partial z}{\partial s} \right) + \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{1}{R_{12}} \frac{\partial z}{\partial \varphi} \right) \right]$ ,  $A_1 = A_2 = 1$ ,  $A_{12} = 0$  – коэффициенты первой квадратичной формы,  $\frac{1}{R_1} = -\varepsilon^2 \eta''_{ss}$ ,  $\frac{1}{R_{12}} = \varepsilon^2 \eta''_{s\varphi}$ ,

$\frac{1}{R_2} = 1$  – нормальные кривизны.

Тогда операторы примут вид:  $\Delta z = \frac{\partial^2 z}{\partial s^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial \varphi^2}$ ,  $\Delta_k z = \frac{\partial^2 z}{\partial s^2} - \varepsilon^2 \eta''_{ss} \frac{\partial^2 z}{\partial \varphi^2} + 2\varepsilon^2 \eta''_{s\varphi} \frac{\partial^2 z}{\partial \varphi \partial s} + \varepsilon^2 \eta'''_{s\varphi\varphi} \frac{\partial z}{\partial s}$ ,

$\varepsilon^8 = h^2/[12R^2(1-\nu^2)]$ ,  $t = t_* T_*^{-1}$ ,  $W = \varepsilon^4 W_* R^{-1}$ ,  $F = \varepsilon^4 F_* E^{-1} h^{-1}$ ,  $T_*^2 = \varepsilon^6 R^2 \rho E^{-1}$ ,  $W_* F_*$  – нормальный прогиб и функция напряжений,  $t_*$  – время,  $\rho$  – плотность материала,  $\varepsilon$  – малый параметр,  $E$ ,  $\nu$  – модуль Юнга и коэффициент Пуассона,  $T_*$  – характерное время. Все рассматриваемые линейные величины отнесены к радиусу  $R$ .

В качестве граничных условий рассмотрим условия шарнирного опирания:

$$W = \frac{\partial^2 W}{\partial s^2} = 0 \quad \text{при} \quad s = \pm \frac{l}{2}. \quad (5)$$

**Результаты и их обсуждение.** Рассмотрим задачу Коши для системы (4)

$$W|_{t=0} = W_0^*(s, \varphi, \varepsilon)\Phi_0(\varphi, \varepsilon), \quad \dot{W}|_{t=0} = i\varepsilon^{-1}V_0^*(s, \varphi, \varepsilon)\Phi_0(\varphi, \varepsilon), \quad \Phi_0(\varphi, \varepsilon) = \exp\left[i\varepsilon^{-1}\left(a_0\varphi + \frac{1}{2}ib_0\varphi^2\right)\right], \quad (6)$$

где  $i$  – мнимая единица,  $b_0 > 0$ ,  $a_0 \neq 0$  – вещественные числа, такие, что  $\frac{\partial W_0^*}{\partial \varphi}, \frac{\partial W_0^*}{\partial s}, \frac{\partial V_0^*}{\partial \varphi}, \frac{\partial V_0^*}{\partial s} \sim 1$  при  $\varepsilon \rightarrow 0$ . Перечисленные условия задают на поверхности оболочки начальный волновой пакет с изменяемостью  $\varepsilon^{-1}$  в направлении координаты  $\varphi$  и локализованный в окрестности образующей  $\varphi=0$ .

Функции  $W_0^*, V_0^*$  допускают разложение по системе собственных функций  $z_1(s), z_2(s), \dots, z_n(s), \dots$ , в равномерно сходящиеся ряды:

$$W_0^* = \sum_{n=1}^{\infty} W_{n0}(\varphi, \varepsilon)z_n(s), \quad W_{n0} = \int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} W_0^* z_n ds, \quad V_0^* = \sum_{n=1}^{\infty} V_{n0}(\varphi, \varepsilon)z_n(s), \quad V_{n0} = \int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} V_0^* z_n ds \quad (7)$$

на отрезке  $-\frac{l}{2} \leq s \leq \frac{l}{2}$ . Введем новую переменную  $\zeta = \varepsilon^{-1/2}\varphi$  и разложим в (7) все функции в ряды по степеням  $\varepsilon^{1/2}\zeta$ :

$$W_{n0} = \sum_{m=0}^{\infty} \varepsilon^{m/2} w_{nm}^0(\zeta), \quad V_{n0} = \sum_{m=0}^{\infty} \varepsilon^{m/2} v_{nm}^0(\zeta). \quad (8)$$

Здесь  $w_{nm}^0(\zeta)$  – полиномы степени  $M_{nm}$  с комплекснозначными коэффициентами.

Решение задачи (5)–(7) для (4) будем искать в виде

$$W = \sum_{n=1}^N W_n, \quad V = \sum_{n=1}^N V_n, \quad (9)$$

где  $W_n, V_n$  – искомые функции, локализованные в момент времени  $t$  в окрестности некоторой образующей  $\varphi=q_n(t)$ . Пару функций  $W_n, V_n$  будем называть  $n$ -ым волновым пакетом с центром в точке  $\varphi=q_n(t)$ . Здесь  $q_n(t)$  дважды дифференцируемая функция и  $q_n(0)=0$ .

Перейдя в (4) к новой системе координат, связанной с центром  $q_n(t)$  по формуле

$$\varphi = q_n(t) + \varepsilon^{1/2}\xi_n, \quad (10)$$

получим систему уравнений, описывающую поведение  $n$ -го волнового пакета  $n = \overline{1..N}$ .

Решение полученной системы с начальными условиями (6) будем искать в виде:

$$W_n = W_n^* \Phi_n, \quad F_n = F_n^* \Phi_n, \quad W_n^* = \sum_{m=0}^{\infty} \varepsilon^{m/2} w_{nm}(s, \xi_n, t), \quad F_n^* = \sum_{m=0}^{\infty} \varepsilon^{m/2} f_{nm}(s, \xi_n, t), \quad (11)$$

$$\Phi_n = \exp\left\{i\left[\varepsilon^{-1} \int_0^t \omega_n(\tau) d\tau + \varepsilon^{-1/2} p_n(t)\xi_n + \frac{1}{2} b_n(t)\xi_n^2\right]\right\},$$

где  $\omega_n, p_n, b_n$  – дважды дифференцируемые по  $t$  функции,  $\text{Im } b_n(t) > 0$  для  $\forall t > 0$ , а  $w_{nm}, f_{nm}$  – полиномы по  $\xi_n$ ,  $\omega_n(t)$  имеет смысл мгновенной частоты оболочки в окрестности центра  $\varphi=q_n(t)$ ,  $p_n(t)$  определяет изменяемость в направлении  $\varphi$ , а  $b_n(t)$  характеризует скорость затухания амплитуды волн при удалении от центра  $\varphi=q_n(t)$ .

Разложим функции  $\eta'_{ss}, \eta''_{s\varphi\varphi}, \eta^{IV}_{s\varphi\varphi}$  в ряд Тейлора по степеням  $\varepsilon^{1/2}\xi_n$  в окрестности подвижной точки  $\varphi=q_n(t)$ , подставим полученное разложение и (11) в систему уравнений, описывающую поведение  $n$ -го волнового пакета. Приравняв коэффициенты при одинаковых степенях  $\varepsilon$  и исключив функции напряжений, приходим к последовательности краевых задач

$$\sum_{j=0}^m L_{nj} w_{n, m-j} = 0, \quad w_{nm} = \frac{\partial^2 w_{nm}}{\partial s^2} = 0 \quad \text{при } s = \pm \frac{l}{2}, \quad m = 0, 1, 2, \dots, \quad (12)$$

где оператор  $L_{n0} = \frac{1}{p_n^4(t)} \frac{\partial^4}{\partial s^4} + \frac{2}{p_n^2(t)} \frac{\partial^2}{\partial s^2} \eta''_{ss} + \left[ p_n^4(t) - (\omega_n(t) - p_n(t) \dot{q}_n(t))^2 + \eta_{ss}^2 \right]$ ,

$L_{n1} = \left( b_n L_p + L_q + \dot{p}_n L_\omega \right) \xi_n - i L_p \frac{\partial}{\partial \xi_n}$ . Здесь  $L_p, L_q, L_\omega$  – производные оператора  $L_{n0}$  по переменным  $p_n, q_n, \omega_n$  соответственно.

В нулевом приближении решение краевой задачи ищем в виде

$$w_{n0}(s, \xi_n, t) = P_{n0}(\xi_n, t) z_n(s), \quad (13)$$

где  $P_{n0}(\xi_n, t)$  – полином аргумента  $\xi_n$ , а  $z_n(s) = \sin((\pi n - l/2)/l)$  – собственная функция, которой соответствует соб-

ственное значение  $\lambda_n = \pi^4 n^4 l^4$ .

В качестве функции, описывающей отклонение срединной поверхности от цилиндрической, рассмотрим

$$\eta(s, \varphi) = m(\varphi) \left( \frac{l^2}{4} - s^2 \right). \quad (14)$$

Тогда подстановка (13) в (12) с учетом (14) приводит к соотношению для мгновенной частоты  $\omega_n$ :

$$\omega_n(t) = \dot{q}_n p_n(t) \mp H_n[p_n(t), q_n(t)], \quad (15)$$

где  $H_n[p_n(t), q_n(t)] = \sqrt{p_n^4 + \left( \frac{\pi^2 n^2}{p_n^2 l^2} + 2m(\varphi) \right)^2}$  – гамильтониан уравнения (12).

Рассмотрение первого приближения краевых задач (12) дает возможность записать уравнение относительно  $P_{n0}(\xi_n, t)$ :

$$2b_n \xi_n H P_{n0} (\dot{q}_n - H_p) - 2H H_q P_{n0} \xi_n - 2i P_{n0}' H (\dot{q}_n - H_p) - 2H \dot{p}_n \xi_n P_{n0} = 0. \quad (16)$$

Так как  $Im b_n(t) > 0$  для  $\forall t$ , условием существования решения (16) в виде полинома по  $\xi_n$  является обращение функциями  $p_n(t)$ ,  $q_n(t)$  системы Гамильтона

$$\begin{cases} \dot{q}_n = H_p \\ \dot{p}_n = -H_q \end{cases} \quad (17)$$

в тождество, где  $p_n(0)=0$ ,  $q_n(0)=a_0$  – начальные условия для этих функций.

Рассмотрение условий разрешимости краевой задачи во втором приближении приводит к уравнению Риккати:

$$\dot{b}_n + H_{pp} b_n^2 + 2H_{pq} b_n + H_{qq} = 0, \quad (18)$$

позволяющему найти функции  $b_n(t)$ , а также к амплитудному уравнению для определения коэффициентов  $P_{n0}(\xi_n, t)$ .

**Заключение.** Таким образом, с использованием асимптотического комплексного ВКБ-метода исходная двумерная начально-краевая задача сведена к последовательности одномерных начально-краевых задач. В случае параболического закона отклонения по продольной координате  $s$  срединной поверхности от цилиндрической выведена явная формула для частоты бегущих колебаний, полученная система Гамильтона дает возможность найти групповую скорость пакета  $\dot{q}_n(t)$  и величину  $p_n(t)$ , определяющую изменчивость в направлении  $\varphi$ . Для определения  $b_n(t)$ , характеризующего скорость затухания амплитуды волн при удалении от центра, записано уравнение Риккати.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Михасев, Г.И. Некоторые задачи устойчивости оболочек, близких к цилиндрическим / Г.И. Михасев // Вестн. Ленингр. ун-та. Сер., Матем. Механ. Астрон. – 1987. – № 1. – С. 67–72.
2. Михасев, Г.И. Локализованные семейства изгибных волн в некруговой цилиндрической оболочке с косыми краями / Г.И. Михасев // Прикл. мат. и мех. – 1996. – Т. 60, № 4. – С. 635–643.
3. Товстик, П.Е. Устойчивость тонких оболочек: асимптотические методы / П.Е. Товстик. – М.: Наука. Физматлит, 1995. – 320 с.

#### REFERENCES

1. Mikhasev G.I. *Vestnik Leningr. universiteta Ser. Mat., Mekh., Astron.* [Journal of Leningrad University. Mathematics, Mechanics, Astronomy], 1987, 1, pp. 67–72.
2. Mikhasev G.I. *Prikl. mat. i mekh.* [Applied Mathematics and Mechanics], 1996, 60(4), pp. 635–643.
4. Tovstik P.E. *Ustoichivost tonkikh obolochek: asimptoticheskiye metodi* [Stability of Thin Shells: Asymptotic Methods], Moscow, Nauka. Fizmatlit, 1995, 320 p.

Поступила в редакцию 28.04.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: st. rubon@mail.ru – Никонова Т.В.

## Равномерная сходимость многочленов Эрмита–Паде

Е.П. Кечко

Учреждение образования «Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»

*Представленная статья относится к изучению сходимости многочленов Эрмита–Паде для системы экспонент.*

*Цель работы – изучение асимптотики диагональных многочленов Эрмита–Паде 1-го рода для системы экспонент.*

**Материал и методы.** Материалом исследования являются многочлены Эрмита–Паде 1-го рода для системы экспонент. При этом использовались метод Лапласа и метод перевала.

**Результаты и их обсуждение.** Сформулирована теорема о равномерной сходимости диагональных многочленов Эрмита–Паде 1-го рода для системы экспонент  $\left\{ e^{\tilde{\lambda}_p z} \right\}_{p=0}^k$ , где  $\left\{ \tilde{\lambda}_p \right\}_{p=0}^k$  лежат на произвольной прямой комплексной плоскости. Для доказательства данной теоремы к интегральным представлениям многочленов Эрмита–Паде применяется метод Лапласа.

**Заключение.** В работе найдена асимптотика многочленов Эрмита–Паде 1-го рода для системы экспонент. Сформулированные теоремы дополняют и обобщают известные результаты П. Борвейна, Ф. Вилонского, А.П. Старовойтова и А.В. Астафьевой.

**Ключевые слова:** многочлены Эрмита–Паде, асимптотика многочленов Эрмита–Паде, система экспонент, метод Лапласа.

## Uniform Convergence of Hermite–Pade Polynomials

E.P. Kechko

Educational Establishment «Gomel State F. Skorina University»

*The represented article refers to the study of the convergence of Hermite–Pade polynomials for exponential system.*

*The purpose of the work is to study asymptotic of diagonal Hermite–Pade polynomials of type I for exponential system.*

**Material and methods.** The object of the research is Hermite–Pade polynomials of type I for exponential system. Laplace’s method and saddle-point method are used in the research.

**Findings and their discussion.** A theorem of uniform convergence of Hermite–Pade polynomials of type I for exponential system  $\left\{ e^{\tilde{\lambda}_p z} \right\}_{p=0}^k$ , where  $\left\{ \tilde{\lambda}_p \right\}_{p=0}^k$  are located on an arbitrary line of the complex plane, is formulated. To prove the theorem to integral representations of Hermite–Pade polynomials Laplace’s method is used.

**Conclusion.** In the paper asymptotic of Hermite–Pade polynomials of type I for exponential system was found. The formulated theorems complement and generalize the known findings by P. Borwein, F. Wielonsky, A.P. Starovoitov and A.V. Astafieva.

**Key words:** Hermite–Padé polynomials, asymptotic of Hermite–Padé polynomials, exponential system, Laplace’s method.

В работе Эрмита [1], посвященной доказательству трансцендентности числа  $e$ , были введены в рассмотрение рациональные функции

$$\pi_{n,n}^j(z; e^{j\xi}) = \frac{P_n^j(z)}{Q_n(z)}, \quad j = 1, 2, \dots, k,$$

где многочлены  $Q_n(z)$ ,  $P_n^j(z)$  имеют степени не выше  $kn$  и определяются из равенств

$$Q_n(z)e^{jz} - P_n^j(z) = O(z^{kn+n-1}), \quad j = 1, 2, \dots, k. \quad (1)$$

В современной терминологии многочлены  $Q_n(z)$ ,  $\left\{ P_n^j(z) \right\}_{j=1}^k$  называются диагональными многочленами Эрмита–Паде 2-го рода, а дроби  $\left\{ \pi_{n,n}^j(z; e^{j\xi}) \right\}_{j=1}^k$  – аппроксимациями Эрмита–Паде 2-го рода для системы экспонент  $\left\{ e^{jz} \right\}_{j=1}^k$ .

Позже Эрмит [2] определил многочлены  $A_0(z), A_1(z), \dots, A_k(z)$  степени не выше  $n-1$ , которые тождественно не равны нулю и удовлетворяют условию

$$\sum_{p=0}^k A_p(z) e^{pz} = O(z^{kn+n-1}), \quad z \rightarrow 0. \quad (2)$$

Многочлены  $\{A_p(z)\}_{p=0}^k$  принято называть диагональными многочленами Эрмита–Паде 1-го рода для системы экспонент  $\{e^{pz}\}_{p=0}^k$ .

В одномерном случае общая постановка задачи о нахождении многочленов, удовлетворяющих равенствам (1), (2), принадлежит Паде [3], а построенные в обоих случаях многочлены выражаются друг через друга:

$$A_0(z) = -P_{n-1}^1(z), \quad A_1(z) = Q_{n-1}(z).$$

Теорема Паде утверждает, что если нормировать многочлены так, чтобы  $A_1(0) = 1$ , то при  $n \rightarrow \infty$  локально равномерно по  $z \in \mathbb{C}$ , т.е. на любом компакте в  $\mathbb{C}$  справедливы асимптотические равенства

$$A_0(z) = -e^{z/2} \left( 1 + O\left(\frac{1}{n}\right) \right), \quad A_1(z) = e^{z/2} \left( 1 + O\left(\frac{1}{n}\right) \right).$$

В многомерном случае, когда  $k \geq 2$ , начало интенсивного и систематического изучения свойств многочленов Эрмита–Паде 1-го и 2-го рода для произвольных систем аналитических функций связано с появлением работ К. Малера [4; 5]. Оба типа многочленов, явно различные в многомерном случае, имеют множество приложений в различных областях анализа (см. [6–8]).

В работе [9] П. Борвейн нашел асимптотику квадратичных диагональных многочленов Эрмита–Паде для системы экспонент  $\{1, e^z, e^{2z}\}$ . Ф. Вилонский [10] получил аналогичный результат для системы экспонент  $\{e^{pz}\}_{p=0}^k$  при произвольном  $k$ . В [11] найдена асимптотика диагональных многочленов Эрмита–Паде в случае системы экспонент  $\{e^{\lambda_p z}\}_{p=0}^k$  с произвольными различными отличными от нуля числами  $\{\lambda_p\}_{p=0}^k$ , лежащими на действительной прямой.

В данной работе изучается асимптотика диагональных многочленов Эрмита–Паде для системы экспонент  $\{e^{\tilde{\lambda}_p z}\}_{p=0}^k$  в случае, когда числа  $\{\tilde{\lambda}_p\}_{p=0}^k$  лежат на произвольной прямой комплексной плоскости.

**Предварительные результаты.** Полиномы  $\{A_n^p(z)\}_{p=0}^k$ , удовлетворяющие равенствам (2), могут быть получены решением линейной системы  $kn+n-1$  однородных уравнений с  $kn+n$  неизвестными коэффициентами. Поэтому нетривиальное решение всегда существует. Легко показать, что такие нетривиальные решения могут быть выписаны в явном виде. Действительно, пусть  $\tilde{C}_p$  – граница круга с центром в точке  $\tilde{\lambda}_p$  столь малого радиуса, что все остальные  $\tilde{\lambda}_j$  лежат во внешности этого круга. Используя теорему Коши о вычетах, легко показать, что функции

$$A_n^p(z) = \frac{e^{-\tilde{\lambda}_p z}}{2\pi i} \int_{\tilde{C}_p} \frac{e^{\xi z} d\xi}{[\tilde{\varphi}(\xi)]^n}, \quad 0 \leq p \leq k, \quad (3)$$

где  $\tilde{\varphi}(\xi) = (\xi - \tilde{\lambda}_0)(\xi - \tilde{\lambda}_1) \dots (\xi - \tilde{\lambda}_k)$ , удовлетворяют (2) и всем другим условиям. Равенство (3) не является новым и, по всей видимости, было известно еще Эрмиту (см. [1; 2]).

Далее при изучении асимптотики полиномов (3) будем использовать известные методы комплексного анализа. Приведем без доказательства в удобном для нас виде необходимые леммы [12, с. 398, с. 415].

**Лемма 1 (метод Лапласа).** Пусть  $f(x)$ ,  $S(x)$  непрерывные на отрезке  $[a, b]$  функции, при этом  $S(x)$  принимает только действительные значения, а  $f(x)$  может быть комплекснозначной. Полагаем

$$I_n = \int_a^b f(x) e^{nS(x)} dx.$$

Предполагаем, что  $S(x)$  в точке  $x_0 \in (a, b)$  имеет абсолютный максимум на отрезке  $[a, b]$ , т.е.  $S(x) < S(x_0)$ ,  $x \neq x_0$ ,  $S''(x_0) \neq 0$ , и функции  $f(x)$ ,  $S(x)$  бесконечно дифференцируемы в некоторой окрестности точки  $x_0$ . Тогда при  $n \rightarrow +\infty$  и  $f(x_0) \neq 0$  справедливо асимптотическое равенство

$$I_n = \sqrt{-\frac{2\pi}{nS''(x_0)}} e^{nS(x_0)} \left( f(x_0) + O\left(\frac{1}{n}\right) \right). \quad (4)$$

**Лемма 2 (метод перевала).** Пусть функции  $f(z)$  и  $S(z)$  регулярны в некоторой односвязной области  $G$ , содержащей кусочно гладкую кривую  $\gamma$  и

$$F_n = \int_{\gamma} f(\xi) e^{nS(\xi)} d\xi.$$

Предположим, что  $\max_{\xi \in \gamma} S(\xi)$  достигается только в точке  $z_0$ , которая является внутренней точкой контура  $\gamma$  и простой точкой перевала, т.е.  $S'(z_0) = 0$ ,  $S''(z_0) \neq 0$ . Считаем также, что в окрестности  $z_0$  контур  $\gamma$  проходит через оба сектора (см. [12, с. 414]), в которых  $\operatorname{Re} S(\xi) < \operatorname{Re} S(z_0)$ . Тогда при  $n \rightarrow +\infty$  и  $f(z_0) \neq 0$

$$F_n = \sqrt{-\frac{2\pi}{nS''(z_0)}} e^{nS(z_0)} \left( f(z_0) + O\left(\frac{1}{n}\right) \right). \quad (5)$$

Выбор ветви корня в (5) определяется из условий

$$\arg \sqrt{-\frac{1}{S''(z_0)}} = \varphi_0,$$

где  $\varphi_0$  – угол между касательной к кривой  $l$  в  $z_0$  и положительным направлением действительной оси, а  $l$  – линия наискорейшего спуска, проходящая через точку  $z_0$ , т.е. для  $l$  в окрестности  $z_0$  выполняются условия:  $\operatorname{Im} S(z) = \operatorname{Im} S(z_0)$  при  $z \in l$ ,  $\operatorname{Re} S(z) < \operatorname{Re} S(z_0)$  при  $z \in l$ ,  $z \neq z_0$ .

**Основная часть.** Рассмотрим полиномы  $\{A_n^p(z)\}_{p=0}^k$ , удовлетворяющие равенству (3), где  $\tilde{\lambda}_p = e^{i\alpha} \lambda_p + b$ ,  $p = 0, 1, \dots, k$ ,  $b \in \mathbb{R}$ , а  $\{\lambda_p\}_{p=0}^k$  – произвольные различные действительные числа занумерованные так, что  $\lambda_0 < \lambda_1 < \dots < \lambda_k$ . Если сделать замену  $\xi = e^{i\alpha} \tau + b$  в равенстве (3), то получим

$$A_n^p(z) = \frac{e^{-e^{i\alpha} \lambda_p z}}{2\pi i e^{i(kn+n-1)\alpha}} \int_{C_p} \frac{e^{e^{i\alpha} \tau z} d\tau}{[\varphi(\tau)]^n}, \quad 0 \leq p \leq k,$$

где  $\varphi(\tau) = (\tau - \lambda_0)(\tau - \lambda_1) \dots (\tau - \lambda_k)$ .

Пусть  $x_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, k$  – нули функции  $\varphi'(\tau)$ , т.е.  $\varphi'(x_j) = 0$ ,  $j = 1, 2, \dots, k$ . Ясно, что  $x_j$  – действительные числа и  $x_j \in (\lambda_{j-1}, \lambda_j)$ ,  $j = 1, 2, \dots, k$ . Считаем, что  $G$  – такая односвязная область, что  $\{x_j\}_{j=1}^k \subset G \in \mathbb{C} \setminus \{\lambda_p\}_{p=0}^k$ . Тогда (см. [12]) функция

$$S(\tau) = -\ln \varphi(\tau),$$

где

$$S(x_j) = -\ln |\varphi(x_j)|, \quad \text{если } \varphi(x_j) > 0,$$

$$S(x_j) = -\ln |\varphi(x_j)| - i\pi, \quad \text{если } \varphi(x_j) < 0,$$

является однозначной аналитической функцией в  $G$ . Значения функции  $S(\tau)$  вычисляются по формуле

$$S(\tau) = -\ln |\varphi(\tau)| - i[\operatorname{Im} S(x_1) + \Delta_{\gamma} \arg \varphi(\tau)],$$

где кривая  $\gamma$  лежит в  $G$  и соединяет точки  $x_1$  и  $\tau$ , а  $\Delta_{\gamma} \arg \varphi(\tau)$  – приращение аргумента  $\varphi(\tau)$  вдоль кривой  $\gamma$ .

Если  $\tau \in G$ , то справедливы равенства

$$S'(\tau) = -\frac{\varphi'(\tau)}{\varphi(\tau)} = -\frac{1}{\tau - \lambda_0} - \frac{1}{\tau - \lambda_1} - \dots - \frac{1}{\tau - \lambda_k},$$

$$S''(\tau) = -\frac{\varphi''(\tau)\varphi(\tau) - [\varphi'(\tau)]^2}{[\varphi(\tau)]^2} = \frac{1}{(\tau - \lambda_0)^2} + \frac{1}{(\tau - \lambda_1)^2} + \dots + \frac{1}{(\tau - \lambda_k)^2},$$

из которых следует, что  $S'(x_j) = 0$ ,

$$S''(x_j) = -\varphi''(x_j)/\varphi(x_j) > 0, \quad j = 1, 2, \dots, k.$$

Выбирая положительное значение корня, полагаем

$$B_n(x_j) = \sqrt{\frac{1}{2\pi n S''(x_j)}} e^{nS(x_j)}, \quad j = 1, 2, \dots, k.$$

**Теорема 1.** Пусть  $\{A_n^p(z)\}_{p=0}^k$  – многочлены Эрмита–Паде 1-го рода для системы экспонент  $\{e^{\tilde{\lambda}_p z}\}_{p=0}^k$ .

Тогда для каждого фиксированного  $z \in \mathbb{C}$  и  $n \rightarrow \infty$

$$\begin{aligned} A_n^0(z) &= \frac{1}{e^{i(kn+n-1)\alpha}} B_n(x_1) e^{e^{i\alpha}(x_1-\lambda_0)z} \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right), \\ A_n^p(z) &= \frac{1}{e^{i(kn+n-1)\alpha}} B_n(x_{p+1}) e^{e^{i\alpha}(x_{p+1}-\lambda_p)z} \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right) - \\ &\quad - \frac{1}{e^{i(kn+n-1)\alpha}} B_n(x_p) e^{e^{i\alpha}(x_p-\lambda_p)z} \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right), \quad p = \overline{1, k-1}, \\ A_n^k(z) &= -\frac{1}{e^{i(kn+n-1)\alpha}} B_n(x_k) e^{e^{i\alpha}(x_k-\lambda_k)z} \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right). \end{aligned}$$

Доказательство теоремы аналогично доказательству соответствующей теоремы из [11].

**Следствие 1.** При  $n \rightarrow \infty$

$$A_n^0(0) = \frac{1}{e^{i(kn+n-1)\alpha}} B_n(x_1) \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right), \quad (6)$$

$$A_n^p(0) = \frac{1}{e^{i(kn+n-1)\alpha}} B_n(x_{p+1}) \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right) - \frac{1}{e^{i(kn+n-1)\alpha}} B_n(x_p) \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right), \quad p = \overline{1, k-1}, \quad (7)$$

$$A_n^k(0) = -\frac{1}{e^{i(kn+n-1)\alpha}} B_n(x_k) \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right). \quad (8)$$

Из следствия 1 можно заметить, что при достаточно больших  $n$   $A_n^0(0) \neq 0$  и  $A_n^k(0) \neq 0$ . Тогда при таких  $n$  определим следующие последовательности нормированных многочленов:

$$\tilde{A}_n^0(z) = \frac{A_n^0(z)}{A_n^0(0)}, \quad \tilde{A}_n^k(z) = \frac{A_n^k(z)}{A_n^k(0)}.$$

Для определения аналогичных последовательностей при  $p = \overline{1, k-1}$  рассмотрим три возможных случая, каждый из которых реализуется для конкретных систем экспонент.

А)  $|\varphi(x_p)| \neq |\varphi(x_{p+1})|$ . Обозначим через  $\tilde{x}_p$  ту из точек  $x_p, x_{p+1}$ , для которой

$$\min\{|\varphi(x_p)|, |\varphi(x_{p+1})|\} = |\varphi(\tilde{x}_p)|.$$

В этом случае при достаточно больших  $n$  имеем  $A_n^p(0) \neq 0$  и поэтому определена последовательность  $\tilde{A}_n^p(z) = A_n^p(z)/A_n^p(0)$ .

В)  $\varphi(x_{p+1}) = -\varphi(x_p)$ ,  $S''(x_{p+1}) \neq S''(x_p)$ . При больших  $n$  имеем  $A_n^p(0) \neq 0$  и поэтому определена последовательность  $\tilde{A}_n^p(z) = A_n^p(z)/A_n^p(0)$ .

С)  $\varphi(x_{p+1}) = -\varphi(x_p)$ ,  $S''(x_{p+1}) = S''(x_p)$ . Поскольку  $(-1)^{k+p+1}/\varphi(x_p) > 0$ , то

$$\begin{aligned} e^{nS(x_p)} &= (-1)^{n(k+p+1)} e^{-n \ln|\varphi(x_p)|}, \\ e^{nS(x_{p+1})} &= (-1)^{n(k+p+1)+n} e^{-n \ln|\varphi(x_p)|}. \end{aligned}$$

Поэтому

$$A_n^p(0) = \frac{(-1)^{n(k+p+1)}}{e^{i(kn+n-1)\alpha}} \sqrt{\frac{1}{2\pi n S''(x_p)}} e^{-n \ln|\varphi(x_p)|} ((-1)^n - 1) \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right).$$

При достаточно больших  $n$  имеем  $A_{2n+1}^p(0) \neq 0$  и, следовательно, определена последовательность  $\tilde{A}_{2n+1}^p(z) = A_{2n+1}^p(z)/A_{2n+1}^p(0)$ .

Производную многочлена  $A_n^p(z)$  можно представить в виде

$$\frac{dA_n^p}{dz}(z) = \frac{e^{-e^{i\alpha}\lambda_p z}}{2\pi i e^{i(kn+n-2)\alpha}} \int_{C_p} (\tau - \lambda_p) \frac{e^{e^{i\alpha}\tau z} d\tau}{[\varphi(\tau)]^n}. \quad (9)$$

Аналогично, как и при нахождении асимптотики  $A_n^p$  (теорема 1), применив к интегралу в правой части (9) метод перевала (лемма 2) при  $z = 0$ , получим

$$\begin{aligned} \frac{dA_n^p}{dz}(0) &= \frac{1}{e^{i(kn+n-2)\alpha}} B_n(x_{p+1})(x_{p+1} - \lambda_p) \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right) - \\ &- \frac{1}{e^{i(kn+n-2)\alpha}} B_n(x_p)(x_p - \lambda_p) \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right). \end{aligned}$$

Тогда при тех же предположениях, что и выше, имеем

$$\frac{dA_{2n}^p}{dz}(0) = \frac{(-1)^{n(k+p+1)}}{e^{i(kn+n-2)\alpha}} \sqrt{\frac{1}{2\pi n S''(x_p)}} e^{-n \ln|\varphi(x_p)|} (x_{p+1} - x_p) \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right).$$

Таким образом, определена последовательность многочленов  $\tilde{A}_{2n}^p(z) = A_{2n}^p(z)/(A_{2n}^p)'(0)$ .

**Теорема 2.** При  $n \rightarrow \infty$  локально равномерно по  $z$

$$\tilde{A}_n^0(z) \Rightarrow e^{e^{i\alpha}(x_1 - \lambda_0)z}, \quad \tilde{A}_n^k(z) \Rightarrow e^{e^{i\alpha}(x_k - \lambda_k)z}. \quad (10)$$

Если  $1 \leq p \leq k-1$ , то локально равномерно по  $z$  при  $n \rightarrow \infty$ :

в случае А) имеем

$$\tilde{A}_n^p(z) \Rightarrow e^{e^{i\alpha}(\tilde{x}_p - \lambda_p)z}; \quad (11)$$

в случае В) имеем

$$\tilde{A}_{2n}^p(z) \Rightarrow \left( \frac{e^{e^{i\alpha}(x_{p+1} - \lambda_p)z}}{\sqrt{S''(x_{p+1})}} - \frac{e^{e^{i\alpha}(x_p - \lambda_p)z}}{\sqrt{S''(x_p)}} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{S''(x_{p+1})}} - \frac{1}{\sqrt{S''(x_p)}} \right)^{-1}, \quad (12)$$

$$\tilde{A}_{2n+1}^p(z) \Rightarrow \left( \frac{e^{e^{i\alpha}(x_{p+1} - \lambda_p)z}}{\sqrt{S''(x_{p+1})}} + \frac{e^{e^{i\alpha}(x_p - \lambda_p)z}}{\sqrt{S''(x_p)}} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{S''(x_{p+1})}} + \frac{1}{\sqrt{S''(x_p)}} \right)^{-1}; \quad (13)$$

в случае С) имеем

$$\tilde{A}_{2n}^p(z) \Rightarrow \frac{1}{e^{i\alpha}(x_{p+1} - x_p)} \left( e^{e^{i\alpha}(x_{p+1} - \lambda_p)z} - e^{e^{i\alpha}(x_p - \lambda_p)z} \right), \quad (14)$$

$$\tilde{A}_{2n+1}^p(z) \Rightarrow \frac{1}{2} \left( e^{e^{i\alpha}(x_{p+1} - \lambda_p)z} + e^{e^{i\alpha}(x_p - \lambda_p)z} \right). \quad (15)$$

**Доказательство.** Поточечная сходимость в (10)–(15) следует из доказательства теоремы 1. Необходимо доказать, что многочлены  $\tilde{A}_n^p$  при  $0 \leq p \leq k$  в каждом из случаев А), В) и С) равномерно сходятся на компактах в  $\mathbb{C}$  к соответствующим функциям. Докажем, это, например, для  $\tilde{A}_n^0$ .

Деформируем в интеграле

$$A_n^0(z) = \frac{e^{-e^{i\alpha}\lambda_0 z}}{2\pi i e^{i(kn+n-1)\alpha}} \int_{C_0} \frac{e^{e^{i\alpha}\tau z} d\tau}{[\varphi(\tau)]^n} \quad (16)$$

контур интегрирования  $C_0$  в прямоугольник  $R$ , принадлежащий полуплоскости  $\{z: -\infty < \operatorname{Re} z < \lambda_1\}$ , с вершинами в точках  $A(-a', -r)$ ,  $B(-a', r)$ ,  $C(a, r)$ ,  $D(a, -r)$ , где  $r$  – достаточно большое положительное число,  $a \in (0, \lambda_1)$ ,  $a' > 0$ .

Если предположить, что  $|z| \leq \rho$  и  $\tau \in R$ , то модуль  $e^{e^{i\alpha}\tau z}$  ограничен  $M = e^{8\rho \max\{a', \lambda_k\}}$ . Опираясь на равенство (16), в этом случае получаем

$$|A_n^0(z)| \leq \frac{e^{2\lambda_0\rho} M}{\pi} \int_{\alpha}^{\beta} e^{-n \ln|\varphi(\zeta(t))|} |\zeta'(t)| dt, \quad (17)$$

при условии, что контур интегрирования  $R$  параметризуется вещественным параметром  $t \in [\alpha, \beta]$ . При больших  $n$  неравенство (17) сохраняется, если вместо  $R$  взять отрезок  $[D, C]$  (выбор отрезка обоснован в доказательстве теоремы 1). Пусть его параметризации соответствует значение параметра  $t \in [\alpha_1, \beta_1]$ . Для нахождения асимптотики интеграла в (17) применим метод Лапласа (лемма 1). В результате получим, что при  $n \rightarrow \infty$

$$\int_{\alpha_1}^{\beta_1} e^{-n \operatorname{Re} S(\zeta(t))} |\zeta'(t)| dt = \sqrt{\frac{-2\pi}{n[\operatorname{Re} S(\zeta(t))]''_{t=t_0}}} e^{n \operatorname{Re} S(\zeta(t_0))} |\zeta'(t_0)| \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right), \quad (18)$$

где  $t_0$  выбрано так, что  $\zeta(t_0) = x_1$ . Нетрудно показать, что

$$[\operatorname{Re} S(\zeta(t))]''_{t=t_0} = -S'(x_1) |\zeta'(t_0)|^2.$$

Отсюда, учитывая (6), (18), при достаточно больших  $n$  получаем неравенство  $|\tilde{A}_n^0(z)| \leq 2Me^{2\lambda_0\rho}$ , из которого следует, что последовательность  $\{\tilde{A}_n^0(z)\}_{n=1}^{\infty}$  равномерно ограничена по модулю в круге  $\{z: |z| \leq \rho\}$ . Тогда по теореме Витали эта последовательность равномерно сходится к функции  $e^{e^{i\alpha}(x_1 - \lambda_0)z}$  на любом компакте из круга  $\{z: |z| \leq \rho\}$ . Аналогичные рассуждения применимы и к другим последовательностям из теоремы 1. Теорема 2 доказана.

**П р и м е р.** Рассмотрим систему экспонент  $\{e^{\tilde{\lambda}_p z}\}_{p=0}^2$  с различными произвольными комплексными множителями в показателях степеней, где  $\tilde{\lambda}_p = e^{i\alpha} \lambda_p + b$ ,  $p = 0, 1, 2$ ,  $b \in \mathbb{R}$ , а  $\{\lambda_p\}_{p=0}^2$  – набор произвольных различных действительных чисел таких, что  $\lambda_0 < \lambda_1 < \lambda_2$ . Введем обозначения

$$p = \sqrt{\lambda_0^2 + \lambda_1^2 + \lambda_2^2 - \lambda_0\lambda_1 - \lambda_0\lambda_2 - \lambda_1\lambda_2},$$

$$h = (\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2)^3 - 3(\lambda_0^3 + \lambda_1^3 + \lambda_2^3 + 6\lambda_0\lambda_1\lambda_2).$$

Тогда, проводя несложные вычисления, приходим к равенствам

$$x_1 = \frac{\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2 - p}{3}, \quad x_2 = \frac{\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2 + p}{3},$$

$$\varphi(x_1) = \frac{h + 2p^3}{27}, \quad \varphi(x_2) = \frac{h - 2p^3}{27},$$

$$S''(x_1) = \frac{54p}{h + 2p^3}, \quad S''(x_2) = \frac{-54p}{h - 2p^3}.$$

Из теоремы 1 вытекает

**Следствие 2.** При  $n \rightarrow \infty$

$$A_n^0(z) = \frac{1}{e^{i(3n-1)\alpha}} B_n(x_1) e^{e^{i\alpha}(x_1 - \lambda_0)z} \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right),$$

$$A_n^1(z) = \frac{1}{e^{i(3n-1)\alpha}} B_n(x_2) e^{e^{i\alpha}(x_2 - \lambda_1)z} \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right) - \frac{1}{e^{i(3n-1)\alpha}} B_n(x_1) e^{e^{i\alpha}(x_1 - \lambda_1)z} \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right),$$

$$A_n^2(z) = -\frac{1}{e^{i(3n-1)\alpha}} B_n(x_2) e^{e^{i\alpha}(x_2 - \lambda_2)z} \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right).$$

В данном примере реализуются только случаи А) и С). Причем случай С) реализуется при  $h = 0$ , т.е. при выполнении одного из следующих равенств:  $\lambda_0 + \lambda_1 = 2\lambda_2$ ,  $\lambda_0 + \lambda_2 = 2\lambda_1$ ,  $\lambda_1 + \lambda_2 = 2\lambda_0$ .

Если предположить, что  $h = 0$ , то

$$S(x_1) = \ln\left(\frac{27}{2p^3}\right), \quad S(x_2) = \ln\left(\frac{27}{2p^3}\right) + i\pi, \quad S''(x_1) = S''(x_2) = \frac{27}{p^2}.$$

$$A_n^1(0) = \frac{1}{e^{i(3n-1)\alpha}} \sqrt{\frac{p^2}{54\pi n}} \left(\frac{27}{2p^3}\right)^n ((-1)^n - 1) \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right).$$

Поэтому при достаточно больших  $n$  имеем  $A_{2n+1}^1(0) \neq 0$ . Далее с помощью аналогичных рассуждений, представленных выше, легко показать, что

$$\frac{dA_{2n}^1}{dz}(0) = \frac{1}{e^{i(6n-2)\alpha}} \sqrt{\frac{p^2}{108\pi n}} \left(\frac{27}{2p^3}\right)^{2n} (x_2 - x_1) \left(1 + O\left(\frac{1}{n}\right)\right).$$

Тогда из теоремы 2 в данном случае получаем

**Следствие 3.**

$$\tilde{A}_n^0 \Rightarrow e^{e^{i\alpha}(x_1 - \lambda_0)z}, \quad \tilde{A}_n^2 \Rightarrow e^{e^{i\alpha}(x_2 - \lambda_2)z}.$$

В случае, когда  $\lambda_0 + \lambda_1 \neq 2\lambda_2$ ,  $\lambda_0 + \lambda_2 \neq 2\lambda_1$ ,  $\lambda_1 + \lambda_2 \neq 2\lambda_0$

$$\tilde{A}_n^1(z) \Rightarrow e^{e^{i\alpha}(x_2 - \lambda_1)z},$$

а если выполняется одно из равенств:  $\lambda_0 + \lambda_1 = 2\lambda_2$ ,  $\lambda_0 + \lambda_2 = 2\lambda_1$ ,  $\lambda_1 + \lambda_2 = 2\lambda_0$ ,

$$\tilde{A}_{2n}^1(z) \Rightarrow \frac{1}{e^{i\alpha}(x_2 - x_1)} \left( e^{e^{i\alpha}(x_2 - \lambda_1)z} - e^{e^{i\alpha}(x_1 - \lambda_1)z} \right),$$

$$\tilde{A}_{2n+1}^1(z) \Rightarrow \frac{1}{2} \left( e^{e^{i\alpha}(x_2 - \lambda_1)z} + e^{e^{i\alpha}(x_1 - \lambda_1)z} \right).$$

Положим

$$\lambda_0 = 0, \quad \lambda_1 = 1, \quad \lambda_2 = 1 + \varepsilon, \quad 0 < \varepsilon \leq 1,$$

тогда

$$\tilde{\lambda}_0 = b, \quad \tilde{\lambda}_1 = e^{i\alpha} + b, \quad \tilde{\lambda}_2 = e^{i\alpha}(1 + \varepsilon) + b, \quad 0 < \varepsilon \leq 1, \quad b \in \mathbb{R}.$$

Из теоремы 1 следует, что

$$A_n^0(z) \sim \frac{1}{e^{i(3n-1)\alpha}} \sqrt{\frac{2p^3 + h}{108\pi n}} \left(\frac{27}{2p^3 + h}\right)^n e^{e^{i\alpha}(2+\varepsilon-p)z/3},$$

$$A_n^1(z) \sim \frac{(-1)^n}{e^{i(3n-1)\alpha}} \sqrt{\frac{2p^3 - h}{108\pi n}} \left(\frac{27}{2p^3 - h}\right)^n e^{e^{i\alpha}(-1+\varepsilon+p)z/3} - \frac{1}{e^{i(3n-1)\alpha}} \sqrt{\frac{2p^3 + h}{108\pi n}} \left(\frac{27}{2p^3 + h}\right)^n e^{e^{i\alpha}(-1+\varepsilon-p)z/3},$$

$$A_n^2(z) \sim \frac{(-1)^{n-1}}{e^{i(3n-1)\alpha}} \sqrt{\frac{2p^3 - h}{108\pi n}} \left(\frac{27}{2p^3 - h}\right)^n e^{e^{i\alpha}(-1-2\varepsilon+p)z/3}.$$

При  $\varepsilon = 1$  и  $\alpha = 0$  из теоремы 1 получим асимптотические равенства, которые согласуются с соответствующими утверждениями из работ [9–11]:

$$A_n^0(z) \sim \frac{1}{3\sqrt{2\pi n}} \left(\frac{3\sqrt{3}}{2}\right)^n e^{(1-1/\sqrt{3})z},$$

$$A_n^1(z) \sim (-1)^n \frac{1}{3\sqrt{2\pi n}} \left(\frac{3\sqrt{3}}{2}\right)^n \left( e^{z/\sqrt{3}} + (-1)^{n-1} e^{-z/\sqrt{3}} \right),$$

$$A_n^2(z) \sim (-1)^{n-1} \frac{1}{3\sqrt{2\pi n}} \left(\frac{3\sqrt{3}}{2}\right)^n e^{(-1+1/\sqrt{3})z}.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Hermite, C. Sur la fonction exponentielle / C. Hermite // C.R. Akad. Sci. (Paris). – 1873. – Vol. 77. – P. 18–293.
2. Hermite, C. Sur la généralisation des fractions continues algébriques / C. Hermite // Ann. Math. Pura. Appl. Ser. 2A. – 1883. – Vol. 21. – P. 289–308.
3. Padé, H. Mémoire sur les développements en fractions continues de la fonction exponentielle, pouvant servir d'introduction à la théorie des fractions continues algébriques / H. Padé // Ann. École Norm. Sup. Paris. – 1899. – Vol. 16, № 3. – P. 394–426.
4. Mahler, K. Zur Approximation der Exponentialfunktion und des Logarithmus, I, II / K. Mahler // J. Reine Angew. Math. – 1932. – Vol. 166. – P. 118–150.
5. Mahler, K. Applications of some formulas by Hermite to the approximation of exponentials and logarithms / K. Mahler // Math. Ann. – 1967. – Vol. 168. – P. 200–227.
6. Aptekarev, A.I. Asymptotics of Hermite–Padé polynomials, in «Progress in Approximation Theory» (A.A. Gonchar and E.B. Saff, Eds.) / A.I. Aptekarev, H. Stahl. – New York–Berlin: Springer-Verlag, 1992. – P. 127–167.

7. Суетин, С.П. Аппроксимации Паде и эффективное аналитическое продолжение степенного ряда / С.П. Суетин // Успехи матем. наук. – 2002. – Т. 57, № 1. – С. 45–142.
8. Аптекарев, А.И. Аппроксимации Паде, непрерывные дроби и ортогональные многочлены / А.И. Аптекарев, В.И. Буслаев, А. Мартинес-Финкельштейн, С.П. Суетин // Успехи матем. наук. – 2011. – Т. 66, № 6(402). – С. 37–122.
9. Borwein, P.B. Quadratic Hermite–Padé approximation to the exponential function / P.B. Borwein // Const. Approx. – 1986. – Vol. 62. – P. 291–302.
10. Wielonsky, F. Asymptotics of Diagonal Hermite–Padé Approximants to  $e^z$  / F. Wielonsky // J. Approx. Theory. – 1997. – Vol. 90, № 2. – P. 283–298.
11. Астафьева, А.В. Аппроксимации Эрмита–Паде экспоненциальных функций / А.В. Астафьева, А.П. Старовойтов // Матем. сб. – 2016. – Т. 207, № 6. – С. 3–26.
12. Сидоров, Ю.В. Лекции по теории функций комплексного переменного / Ю.В. Сидоров, М.В. Федорюк, М.И. Шабунин. – М.: Наука, 1989.

REFERENCES

1. Hermite, C. Sur la fonction exponentielle / C. Hermite // C.R. Akad. Sci. (Paris). – 1873. – Vol. 77. – P. 18–293.
2. Hermite, C. Sur la généralisation des fractions continues algébriques / C. Hermite // Ann. Math. Pura. Appl. Ser. 2A. – 1883. – Vol. 21. – P. 289–308.
3. Padé, H. Mémoire sur les développements en fractions continues de la fonction exponentielle, pouvant servir d'introduction à la théorie des fractions continues algébriques / H. Padé // Ann. École Norm. Sup. Paris. – 1899. – Vol. 16, № 3. – P. 394–426.
4. Mahler, K. Zur Approximation der Exponentialfunktion und des Logarithmus, I, II / K. Mahler // J. Reine Angew. Math. – 1932. – Vol. 166. – P. 118–150.
5. Mahler, K. Applications of some formulas by Hermite to the approximation of exponentials and logarithms / K. Mahler // Math. Ann. – 1967. – Vol. 168. – P. 200–227.
6. Aptekarev, A.I. Asymptotics of Hermite–Padé polynomials, in «Progress in Approximation Theory» (A.A. Gonchar and E.B. Saff, Eds.) / A.I. Aptekarev, H. Stahl. – New York/Berlin: Springer-Verlag, 1992. – P. 127–167.
7. Suyetin S.P. *Uspekhi matem. nauk* [Successes of Mathematical Sciences], 2002, 57(1), pp. 45–142.
8. Aptekarev A.I., Buslayev V.I., Martinez-Finkelstein A., Suyetin S.P. *Uspekhi matem. nauk* [Successes of Mathematical Sciences], 2011, 66, 6(402), pp. 37–122.
9. Borwein, P.B. Quadratic Hermite–Padé approximation to the exponential function / P.B. Borwein // Const. Approx. – 1986. – Vol. 62. – P. 291–302.
10. Wielonsky, F. Asymptotics of Diagonal Hermite–Padé Approximants to  $e^z$  / F. Wielonsky // J. Approx. Theory. – 1997. – Vol. 90, № 2. – P. 283–298.
11. Astafyeva A.V., Starovoitov A.P. *Matem. sb.* [Mathematical Collection], 2016, 207(6), pp. 3–26.
12. Sidorov Yu.V., Fedoryuk M.V., Shabunin M.I. *Lektsii po teorii funktsii kompleksnogo peremennogo* [Lectures on the Theory of Complex Variable Functions], M., Nauka, 1989.

Поступила в редакцию 12.05.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: ekechko@gmail.com – Кечко Е.П.

## Нейронные сети на основе операции свертки для эффективного распознавания рукописных цифр

А.В. Кухарев, Ю.Н. Махлаев

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

*Сверточные нейронные сети – технология глубоких нейронных сетей, основанная на операции свертки и предназначенная для эффективного распознавания сложных изображений.*

*Цель работы – выявить оптимальную структуру нейронной сети для эффективного распознавания рукописных цифр.*

**Материал и методы.** Рассмотрено несколько структур нейронных сетей, предназначенных для распознавания рукописных цифр из базы данных MNIST с размером изображений 28 на 28 пикселей: сети, состоящие только из сверточных слоев; сети, состоящие только из полносвязных слоев; сети, включающие оба вида слоев. Обучение сетей осуществлялось по алгоритму обратного распространения ошибки с мини-пакетным градиентным спуском.

**Результаты и их обсуждение.** Наилучший результат в задаче распознавания рукописных цифр показала нейронная сеть, состоящая из двух сверточных слоев, двух слоев предвыборки и трех полносвязных слоев. Ее точность распознавания составила более 99,5%. Определена зависимость точности распознавания и времени обучения такой сети от количества карт признаков сверточных слоев и размера ядра свертки.

**Заключение.** Сверточные нейронные сети демонстрируют хорошие результаты в задачах распознавания рукописных цифр. Ошибка распознавания рукописных цифр с помощью предложенных в статье сверточных сетей составляет около 0,5%, что в 2–3 раза меньше, чем для классических полносвязных сетей.

**Ключевые слова:** сверточная нейронная сеть, полносвязная нейронная сеть, операция свертки, карта признаков, распознавание рукописных цифр, база рукописных цифр MNIST.

## Neural Networks Based on a Convolution Operation for Efficient Recognition of Handwritten Digits

A.V. Kukharev, U.N. Mahlaev

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

*Convolutional neural network is a technology of deep neural networks, based on a convolution operation, and designed for effective recognition of complex images.*

*The purpose of the research is to determine an optimal structure of neural networks for effective handwritten digits recognition.*

**Material and methods.** We considered several structures of neural networks for recognition handwritten digits from MNIST database with image size of 28 by 28 pixels, namely networks consisting only of convolution layers, networks consisting only fully connected layers, and networks including both types of layers. We used the back-propagation algorithm with the mini-batch gradient descent to train the networks.

**Findings and their discussion.** The best result to recognize handwritten digits was shown by a neural network including two convolution layers, two subsampling layers and three fully-connected layers. Its recognition accuracy was more than 99,5%. The dependence of the recognition accuracy and training time of such network on the number of features maps in convolutional layers and the size of the convolution kernel has been determined.

**Conclusion.** Convolution neural networks have showed good results in the handwriting digits recognition task. The error of recognition the handwritten digits by convolution networks proposed in the article is about 0,5%, that is in 2–3 times less than in case of classical fully-connected networks.

**Key words:** convolution neural network, fully-connected neural network, convolution operation, features map, handwriting digits recognition, MNIST handwritten digit database.

Искусственные нейронные сети хорошо зарекомендовали себя в области распознавания изображений с тех пор, как их предложили. Правда, время от времени появлялись алгоритмы, которые превосходили существовавшие на тот момент нейросетевые модели. Например, предложенный в 1992 г. метод опорных векторов позволил получить точность более 99,2% в задаче распознавания рукописных цифр базы MNIST (см. [1]). Пожалуй, основной недостаток метода опорных векторов – недостаточно высокая способность к обобщениям входных данных.

В конце 1990-х гг. Лекуном и др. [1] была разработана архитектура нейронной сети, в основе функционирования которой лежит операция свертки. Эта операция давно известна своим широким применением в цифровой обработке сигналов, в частности изображений [2]. По сути, она представляет собой обычный линейный фильтр. Лекуну удалось удачно совместить эту математическую операцию с концепцией нейронных сетей. Такие сети получили название *сверточных нейронных сетей* (СНН), – англ. convolutional neural networks. В них операция свертки используется для формирования карты признаков, по которым можно идентифицировать изображение. Карты признаков не задаются пользователем – они формируются самостоятельно в процессе обучения сети одним из стандартных нейросетевых алгоритмов, например методом обратного распространения ошибки. Сверточная сеть может содержать несколько сверточных слоев, каждый из которых состоит из нескольких карт признаков. Тем самым обеспечивается получение иерархии признаков – от конкретных к более абстрактным.

Такая организация нейронных сетей имеет биологические предпосылки. Отдельные нейроны участка коры головного мозга, ответственного за зрение, получают сигналы от небольших подобластей, называемых «рецептивным полем» данного нейрона. При этом нейроны функционируют как локальные фильтры над входными сигналами [3], что позволяет выявлять на изображении определенные признаки и по ним классифицировать объект.

На практике классический перцептрон прямого распространения (без обратных связей) редко содержит более двух-трех слоев, поскольку дальнейшее увеличение количества слоев не дает повышения точности распознавания. В отличие от многослойного перцептрона глубокие сверточные сети могут быть достаточно эффективными.

Конечно, СНН также не лишены недостатков. Основной из них – это отсутствие четкого понимания того, как следует проектировать структуру сети, чтобы повысить точность распознавания. Поэтому поиск эффективных архитектур сверточных сетей (подбор оптимального количества слоев, карт признаков, размера ядра свертки и т.п.) остается актуальной задачей в данной области.

База данных рукописных цифр MNIST – общепризнанный эталон, на котором часто тестируется качество алгоритмов распознавания изображений. Для распознавания рукописных цифр предложено несколько разных структур сверточных сетей [4–6], для которых максимальная точность распознавания на тестовой выборке составила 99,14–99,39%. Например, в [5] использовалась структура редуцированной сверточной сети без полностью связанных слоев, для которой получена точность 99,29%.

В настоящей работе эти показатели будут улучшены за счет увеличения количества карт признаков в сверточных слоях, применения двух скрытых полносвязных слоев и техники временного «выбрасывания» (dropout) нейронов из полносвязных слоев в процессе обучения. Кроме того, будет проведено сравнение эффективности распознавания изображений рукописных цифр с помощью сверточных и полносвязных нейронных сетей, изучено влияние размера ядра свертки и количества карт признаков в сверточных слоях на точность распознавания и время обучения сетей.

Существует еще несколько простых приемов, способствующих повышению точности распознавания сверточных сетей. Во-первых, это внесение небольших искажений в обучающую выборку при переходе на следующую эпоху, что по сути эквивалентно увеличению обучающей выборки и помогает частично или полностью устранить проблему переобучения. Во-вторых, это использование совокупности сверточных сетей разной структуры либо одной структуры с разными начальными весами (так называемые «комитеты СНН») [7]. При этом на выходе берется усредненный результат, выдаваемый совокупностью сетей. Очевидно, что результат работы комитета сетей будет зависеть от точности классификации отдельных сетей. Поэтому в данном исследовании ограничимся анализом точности распознавания индивидуальных СНН без применения искажения к обучающей выборке.

Основной критерий эффективности алгоритма распознавания – это, конечно, точность классификации. Однако на практике важно также время работы алгоритма, а именно время обучения (настройки весов), которое в случае глубоких многослойных нейросетей может оказаться слишком большим и неприемлемым для практических приложений. Благодаря меньшему количеству связей сверточные сети обучаются быстрее по сравнению с полносвязными сетями с тем же количеством слоев, однако даже для сверточных сетей время обучения может составлять несколько часов или дней в зависимости от ее глубины (количество слоев) и ширины (количе-

ство карт признаков). Поэтому часто приходится искать компромисс между точностью распознавания и временем обучения.

Цель работы – выявить оптимальную структуру нейронной сети для эффективного распознавания рукописных цифр.

**Материал и методы.** В работе исследуются нейронные сети, которые могут включать в свой состав полносвязные слои, слои свертки, слои предвыборки (пулинга) и softmax-слой. Рассмотрим подробнее устройство каждого из этих видов слоев.

Полносвязные слои – это обычные слои нейронов, в которых каждый нейрон связан с каждым нейроном предыдущего слоя.

Сверточный слой состоит из нескольких карт признаков. В пределах каждой карты признаков используется свое ядро свертки (называемое также фильтром). Для упрощения записи будем считать, что входные изображения имеют равную ширину и высоту. Операция двумерной свертки матрицы  $X$  размера  $x \times x$  с ядром  $K$  размера  $k \times k$  записывается следующим образом:

$$B_{ij} = (X * K)_{ij} = \sum_{\alpha=0}^{k-1} \sum_{\beta=0}^{k-1} X_{i+\alpha, j+\beta} K_{\alpha\beta}, \quad 0 \leq i, j < x - k + 1.$$

Таким образом, будет получена матрица  $B$  размера  $(x-k+1) \times (x-k+1)$ . Например,

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 & 4 \\ 4 & 4 \end{pmatrix}.$$

В сверточных слоях ядро свертки для каждого нейрона определяется весами связи с нейронами предыдущего слоя. Это позволяет обучать сверточные слои теми же алгоритмами, что и полносвязные слои.

Слой предвыборки (слой пулинга) всегда следует непосредственно за слоем свертки и применяется для понижения размера изображения (скажем, в  $p$  раз), уменьшая тем самым чувствительность к пространственным сдвигам. Выбор результирующего значения может осуществляться несколькими способами. В данной работе использовалась операция «макс-пулинга», когда из  $p \times p$  берется максимальное значение:

$$C_{ij} = \max_{\alpha, \beta=0 \dots p-1} \{B_{pi+\alpha, pj+\beta}\}, \quad 0 \leq i, j < n/p.$$

После операции макс-пулинга к изображению применяются смещение  $b_{ij}$  (пороговое значение нейрона) и некоторая нелинейная функция активации  $f$ :

$$D_{ij} = f(C_{ij} + b_{ij}).$$

Смещение  $b_{ij}$  задается случайным образом для каждого нейрона до начала обучения и остается неизменным в процессе обучения.

В данной работе в качестве функции активации для сверточных и скрытых полносвязных слоев используется ректификационная функция:  $\text{ReLU}(x) = \max(x, 0)$ .

В выходном полносвязном слое применяется функция активации «softmax». Если он содержит  $n$  нейронов, то значение  $j$ -го выхода определяется по формуле

$$y_j = \text{softmax}(z_j) = \frac{\exp(z_j)}{\sum_{i=1}^n \exp(z_i)},$$

где  $z_i = \sum_k w_{ki} x_k + b_i$ ,  $x_k$  – вход  $k$ -го нейрона,  $w_{ki}$  – матрица весов,  $b_i$  – смещение.

Использование softmax-функции обеспечивает то, что сумма всех выходов равна единице, что удобно в задачах классификации. В качестве предсказания нейронной сети принимается ответ, соответствующий выходу  $j$  с максимальным значением  $y_j$ .

Скрытые полносвязные слои будем обозначать как  $F_n$ , а выходной softmax-слой – как  $S_n$ , где  $n$  – количество нейронов в слое. Идущие подряд сверточный слой и слой предвыборки обозначим как  $f@m \times m/l \times l$ , где  $f$  – количество карт признаков,  $m \times m$  и  $l \times l$  – размеры карт признаков сверточного слоя и слоя предвыборки соответственно (заметим, что слой предвыборки имеет такое же количество карт признаков, что и слой свертки, за которым он расположен). В данной работе во всех слоях предвыборки будет использоваться макс-пулинг с коэффициентом  $p = 2$ , то есть  $m = 2l$ .

На рис. 1 показана структура сверточной сети  $1@28 \times 28 - f_1@24 \times 24/12 \times 12 - f_2@8 \times 8/4 \times 4 - F1000 - F200 - S10$ , включающая два сверточных слоя с размерами карт признаков  $24 \times 24$  и  $8 \times 8$ , два слоя предвыборки (макс-пулинга), два скрытых полносвязных слоя с 1000 и 200 нейронами и выходной softmax-слой (первый слой размером  $28 \times 28$  означает входное изображение – его учитывать не будем). Через  $f_1$  и  $f_2$  обозначено количество карт признаков в первом и втором сверточных слоях соответственно. В обоих сверточных слоях применяется ядро свертки  $5 \times 5$ . Данная структура представляет собой модификацию сверточной сети, использованной в [8]. Для краткости такую структуру сверточной сети будем обозначать как CNN- $f_1-f_2$ .

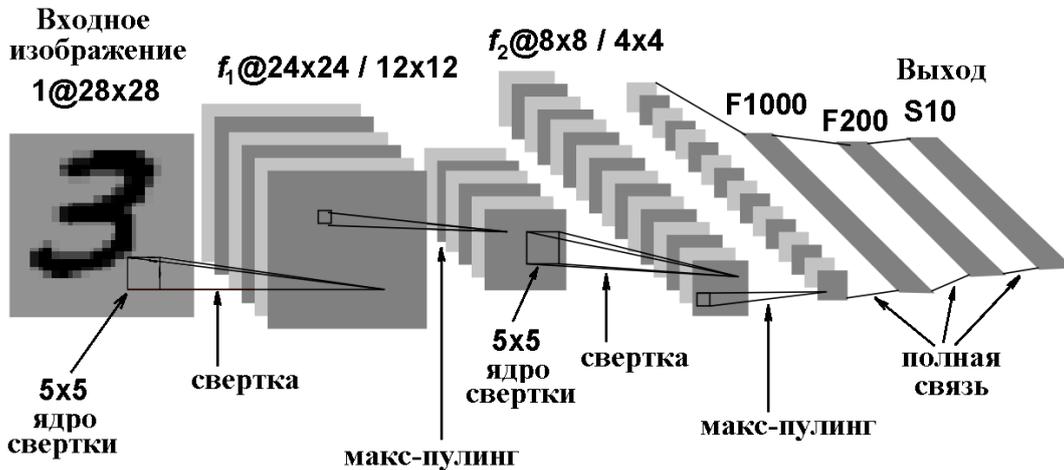


Рис. 1. Структура сверточной сети  $1@28 \times 28 - f_1@24 \times 24/12 \times 12 - f_2@8 \times 8/4 \times 4 - F1000 - F200 - S10$  (CNN- $f_1-f_2$ ), где  $f_1, f_2$  – количество карт признаков в первом и втором сверточных слоях соответственно.

Для программной реализации нейросетевых алгоритмов применялась библиотека Theano языка Python. Эта библиотека содержит необходимый набор математических функций для работы с многомерными массивами (тензорами). Кроме того, эта библиотека позволяет задействовать в ходе вычислений графический процессор (при включенной поддержке технологии CUDA), что в несколько раз повышает скорость обучения нейронной сети по сравнению с использованием только центрального процессора. Операция двумерной свертки реализуется с помощью метода `theano.tensor.signal.conv2d()`, а операция «макс-пулинга» – с помощью `theano.tensor.signal.pool.pool_2d()`. В качестве аппаратной части применялись процессор Intel Core 2 6320@1,86 ГГц и графическая карта GeForce GT 610.

Обучение нейронных сетей осуществлялось по алгоритму обратного распространения ошибки с использованием мини-пакетного градиентного спуска с заданным коэффициентом скорости  $\eta$ , то есть модификация весов осуществлялась после обработки пакета из нескольких изображений обучаемой выборки. Длина пакета бралась равной 10.

Во избежание нежелательного переобучения сети на каждой итерации применялась процедура временного «выбрасывания» (dropout) случайным образом 50% нейронов из скрытых полносвязных слоев (см. [9]). Эта процедура не влияет на время обучения, поскольку размер матрицы весов остается неизменным.

Изучение точности распознавания и времени обучения проводилось для трех классов нейронных сетей:

- 1) сетей, состоящих только из полносвязных слоев;
- 2) сверточных сетей, не содержащих полносвязных слоев (не считая выходного softmax-слоя);
- 3) сетей, включающих как сверточные, так и скрытые полносвязные слои.

Тестирование сетей осуществлялось на примере распознавания рукописных цифр базы MNIST. Эта база содержит изображения рукописных цифр в оттенках серого размером 28 на 28 пикселей (пример изображения показан на рис. 1). Обучающая выборка содержит 50000 изображений цифр, тестирующая выборка – 10000 изображений.

**Результаты и их обсуждение.** В табл. приведены результаты классификации рукописных цифр полносвязными и сверточными сетями после 40 эпох обучения с коэффициентом скорости обучения  $\eta = 0,05$ . Одна эпоха соответствует одному прогону через сеть всей обучающей выборки базы MNIST.

**Сравнение эффективности распознавания рукописных цифр базы MNIST сверточными и полносвязными нейронными сетями**

№	Структура нейронной сети	Время обучения, мин/эпоха	Ошибка распознавания, %
1.	1@28x28 - S10	0,08	7,92
2.	1@28x28 - F200 - S10	0,16	1,87
3.	1@28x28 - F1000 - S10	0,54	1,57
4.	1@28x28 - F2000 - S10	1,10	1,51
5.	1@28x28 - (F1000) <sub>2</sub> - S10	1,46	1,84
6.	1@28x28 - (F1000) <sub>3</sub> - S10	2,34	2,07
7.	1@28x28 - 60@24x24/12x12 - S10	4,45	1,31
8.	1@28x28 - 15@24x24/12x12 - 60@8x8/4x4 - S10	7,24	0,94
9.	1@28x28 - 6@24x24/12x12 - 12@8x8/4x4 - 60@2x2/1x1 - S10	1,08	2,72
10.	1@28x28 - 15@24x24/12x12 - 60@8x8/4x4 - F200 - S10	7,64	0,54
11.	1@28x28 - 15@24x24/12x12 - 60@8x8/4x4 - F1000 - F200 - S10 (СНН-15-60)	8,41	0,48
12.	1@28x28 - 15@24x24/12x12 - 60@8x8/4x4 - (F1000) <sub>2</sub> - F200 - S10	9,31	0,51
13.	1@28x28 - 15@26x26/13x13 - 60@8x8/4x4 - F1000 - F200 - S10	10,60	0,55
14.	1@28x28 - 15@22x22/11x11 - 60@8x8/4x4 - F1000 - F200 - S10	6,35	0,52
15.	1@28x28 - 15@20x20/11x11 - 60@6x6/3x3 - F1000 - F200 - S10	5,88	0,62

Рассмотрим вначале нейронные сети, состоящие только из полносвязных слоев, а именно сети вида 1@28x28 - (F1000)<sub>L</sub> - S10, где L – количество скрытых слоев, каждый из которых включает по 1000 нейронов. Как видно, лучший результат по точности распознавания дает двухслойная сеть № 3 (с одним скрытым слоем). Увеличение количества скрытых слоев ухудшает результат. Это связано в первую очередь с тем, что при большом количестве слоев требуется больше итераций для минимизации функции стоимости. Увеличение количества нейронов в сети с одним скрытым слоем до 2000 дало увеличение точности на 0,06%, однако дальнейшее увеличение плотности не дало повышения точности. Таким образом, наилучшая точность распознавания рукописных цифр базы MNIST с помощью классических полносвязных сетей, обучаемых методом обратного распространения ошибки, составила 98,49% (ошибка 1,51%).

Далее рассмотрим три нейронные сети под номерами 7–9, в которых все скрытые слои являются сверточными либо слоями предвыборки. Во всех трех сетях последний сверточный слой содержит 60 карт признаков. Лучший результат 0,94% получен для сети № 8 с двумя сверточными слоями.

В последующих строках табл. представлены результаты для сверточных сетей, включающих два сверточных слоя и несколько скрытых полносвязных слоев. Оптимальное количество нейронов в полносвязных слоях было подобрано методом проб и ошибок. В обоих сверточных слоях использовалось ядро свертки размером 5x5. При входном размере изображения 28x28 такой размер фильтра является оптимальным. Это видно из сравнения сетей под номерами 11 и 13–15. В сети № 13 применялись ядра свертки размером 3x3 и 6x6 в первом и втором сверточных слоях соответственно, в сети № 14 – 7x7 и 4x4, в сети № 15 – 9x9 и 5x5. Лучший результат (0,52%) получен для сети № 14, однако он все равно уступает сети № 11 с ядрами 5x5 и 5x5.

Из сравнения точности распознавания для сетей под номерами 8 и 10–12 видно, что добавление по крайней мере одного скрытого полносвязного слоя в сверточную сеть позволяет уменьшить ошибку примерно в два раза. Сверточные сети с полносвязными скрытыми слоями показывают примерно одинаковый результат (ошибка в пределах 0,5–0,6%). Однако наименьшая ошибка распознавания 0,48% получена в случае двух скрытых полносвязных слоев, т.е. для сети вида СНН-f<sub>1</sub>-f<sub>2</sub> (рис. 1). Поэтому далее проанализируем сверточные сети именно такой структуры.

На рис. 2 показаны зависимости ошибки распознавания и времени обучения сетей вида СНН-f<sub>1</sub>-60 и СНН-15-f<sub>2</sub> от количества карт признаков в первом и втором скрытых слоях соответственно (с шагом в 5 карт признаков). Как видно, время обучения растет с увеличением количества карт признаков как в первом, так и во втором слое, и эта зависимость близка к линейной. Точность распознавания сначала улучшается с увеличением количества карт признаков, однако в некоторый момент наступает насыщение и дальнейшее добавление карт признаков не дает заметного улучшения. Так, для класса сетей СНН-f<sub>1</sub>-60 оптимальное значение количества карт признаков в первом слое составляет 15–20, дальнейшее же увеличение не приводит к уменьшению ошиб-

ки распознавания. Среди сетей вида СНН-15- $f_2$  лучший результат по отношению ошибки распознавания ко времени обучения показывает сеть с  $f_2 = 15$ , для которой ошибка составила 0,51%, а общее время обучения – 160,8 минуты. Если же точность распознавания критична, то необходимо использовать сети с количеством карт признаков 55–60, для которых ошибка составила 0,48%, однако время обучения таких сетей будет в два раза больше (310,4–330,0 минуты).

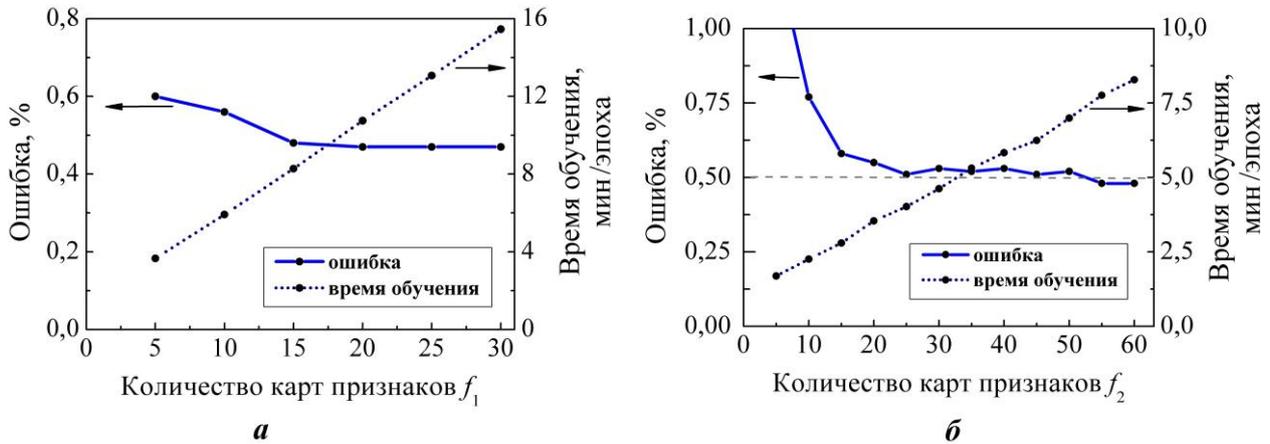


Рис. 2. Влияние количества карт признаков ( $f_1, f_2$ ) в сверточных слоях сетей вида СНН- $f_1$ - $f_2$  на ошибку распознавания и время обучения: а – зависимость от  $f_1$  при  $f_2 = 60$ ; б – зависимость от  $f_2$  при  $f_1 = 15$ .

Отметим, что одинаковая продолжительность обучения в 40 эпох для всех рассмотренных нейронных сетей была выбрана для удобства их тестирования. Однако полученная точность распознавания на этом этапе не является максимально достижимой. Дальнейшее повышение точности возможно за счет дообучения сети с меньшим значением коэффициента скорости обучения  $\eta$ . На рис. 3 показан график изменения ошибки распознавания по эпохам для двух сверточных сетей: на первых 40 эпохах использовалось значение  $\eta = 0,05$ , на последующих 40 эпохах –  $\eta = 0,02$ . Малое значение  $\eta$  делает график обучения более плавным и позволяет повысить точность распознавания. Для сети СНН-15-15 на дополнительных 40 эпохах ошибка была понижена с 0,60% до 0,52%; для сети СНН-15-60 – с 0,48% до 0,42%.

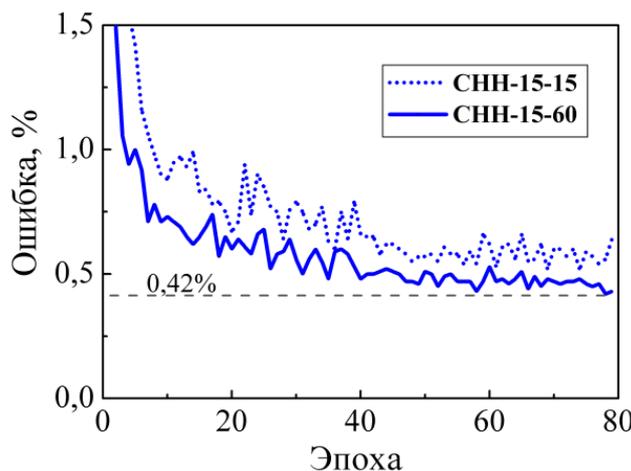


Рис. 3. Изменение ошибки распознавания в процессе обучения сверточных нейронных сетей СНН-15-15 и СНН-15-60.

**Заключение.** Сверточные нейронные сети показывают хорошие результаты в задаче распознавания рукописных цифр по сравнению с классическими полносвязными сетями прямого распространения. Однако для качественного распознавания изображений также требуется наличие в сверточной сети скрытых полносвязных

слоев. Нейронная сеть СНН-15-60, состоящая из двух сверточных слоев из 15 и 60 карт признаков, двух слоев макс-пулинга, двух скрытых полносвязных слоев и выходного softmax-слоя, позволяет достичь ошибки распознавания 0,48% за 40 эпох обучения, причем этот результат может быть улучшен до 0,42% за счет дообучения такой сети с коэффициентом скорости обучения  $\eta = 0,02$ .

Оптимальное количество карт признаков зависит от сложности распознаваемых образов. Для относительно несложных образов, таких как десятичные цифры, достаточно использовать порядка 15 карт признаков в первом сверточном слое и 25 во втором. Дальнейшее увеличение количества карт признаков не приводит к ощутимому повышению точности распознавания, однако заметно увеличивает время обучения сети.

## ЛИТЕРАТУРА

1. LeCun, Y. Gradient-based learning applied to document recognition / Y. LeCun [et al.] // Proc. of the IEEE. – 1998. – Vol. 86, № 11. – P. 1-46.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. Hubel, D.H. Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex / D.H. Hubel, T.N. Wiesel // J. Physiol. – 1962. – Vol. 160. – P. 106–154.
4. Кузьмицкий, Н.Н. Сверточная нейросетевая модель в задаче классификации цифр / Н.Н. Кузьмицкий // Доклады БГУИР. – 2012. – № 7. – С. 64–70.
5. Головкин, В.А. Редуцированная сверточная нейронная сеть для точного распознавания рукописных цифр / В.А. Головкин [и др.] // Вестн. Брестск. гос. техн. ун-та. – 2016. – № 5(101). – С. 2–7.
6. Солдатова, О.П. Применение сверточной нейронной сети для распознавания рукописных цифр / О.П. Солдатова, А.А. Гаршин // Компьютерная оптика. – 2010. – Т. 34, № 2. – С. 252–260.
7. Ciresan, D. Multi-column deep neural network for traffic sign classification / D. Ciresan [et al.] // Neural Networks. – 2012. – Vol. 32. – P. 333–338.
8. Nielsen, M.A. Deep learning / M.A. Nielsen // Neural Networks and Deep Learning [Electronic resource]. – Determination Press, 2015. – Mode of access: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/chap6.html>. – Date of access: 04.05.2017.
9. Srivastava, N. Dropout: a simple way to prevent neural networks from overfitting / N. Srivastava [et al.] // J. of Machine Learning Research. – 2014. – Vol. 15. – P. 1929–1958.

## REFERENCES

1. LeCun, Y. Gradient-based learning applied to document recognition / Y. LeCun [et al.] // Proc. of the IEEE. – 1998. – Vol. 86, № 11. – P. 1-46.
2. Gonsales R., Woods R. Tsifrovaya obrabotka izobrazhenii [Digital Processing of Images], M., Tekhnosfera, 2005, 1072 p.
3. Hubel, D.H. Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex / D.H. Hubel, T.N. Wiesel // J. Physiol. – 1962. – Vol. 160. – P. 106–154.
4. Kuzmitski N.N. *Dokladi BGUIR* [Reports of Belarusian State University of Informatics], 2012, 7, pp. 64–70.
5. Golovko V.A. *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Newsletter of Brest State Technical University], 2016, 5(101), pp. 2–7.
6. Soldatova O.P., Garshin A.A. *Kompyuternaya optika* [Computer Optics], 2010, 34(2), pp. 252–260.
7. Ciresan, D. Multi-column deep neural network for traffic sign classification / D. Ciresan [et al.] // Neural Networks. – 2012. – Vol. 32. – P. 333–338.
8. Nielsen, M.A. Deep learning / M.A. Nielsen // Neural Networks and Deep Learning [Electronic resource]. – Determination Press, 2015. – Mode of access: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/chap6.html>. – Date of access: 04.05.2017.
9. Srivastava, N. Dropout: a simple way to prevent neural networks from overfitting / N. Srivastava [et al.] // J. of Machine Learning Research. – 2014. – Vol. 15. – P. 1929–1958.

Поступила в редакцию 10.07.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: [kukharev.av@mail.ru](mailto:kukharev.av@mail.ru) – Кухарев А.В.



# БІАЛОГІЯ

УДК 594.38:577.115.4

## Сравнение влияния гипертермии на перекисное окисление липидов в гепатопанкреасе легочных моллюсков

Е.О. Данченко, А.М. Иванова, Т.А. Толкачева

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

Легочные пресноводные моллюски – большой прудовик (*Lymnaea stagnalis*) и катушка роговая (*Planorbis corneus*) с разными переносчиками кислорода (медь-содержащий гемоцианин и железо-содержащий гемоглобин) представляют собой тест-организмы для фармакодинамических и биоэкологических исследований.

Цель работы – сравнительный анализ показателей перекисного окисления липидов и антиоксидантной системы в гепатопанкреасе двух видов пресноводных легочных моллюсков при воздействии высокой температуры и при сочетанном влиянии гипертермии и солей тяжелых металлов.

**Материал и методы.** Эксперимент проведен на пресноводных легочных моллюсках двух видов с различным транспортом кислорода. Для создания условий гипертермии особи выдерживались 10 часов в термостате при температуре 35°C. Для оценки сочетанного действия солей тяжелых металлов и гипертермии моллюски, находящиеся в растворе соли, помещались в термостат на 10 ч при температуре 35°C в растворы сульфата меди в концентрациях 0,01 мг/л, 0,1 мг/л и 1 мг/л и сульфата железа в концентрациях 0,3 мг/л, 3 мг/л, 5 мг/л. В гемолимфе и гомогенате гепатопанкреаса определяли ТБК-активные продукты, содержание мочевины и активность каталазы.

**Результаты и их обсуждение.** Повышенная температура окружающей среды вызывает активацию перекисного окисления липидов в гепатопанкреасе легочных моллюсков независимо от механизма транспорта кислорода. Сочетанное действие гипертермии и сульфата железа характеризуется однотипными изменениями в содержании ТБК-активных продуктов в гепатопанкреасе обоих представителей брюхоногих пресноводных легочных моллюсков. Влияние сульфата меди на содержание ТБК-активных продуктов зависит от дозы токсиканта и вида легочных моллюсков. Изменение активности каталазы при сочетании гипертермии и солей тяжелых металлов наиболее выражено в гепатопанкреасе *L. stagnalis*. Сочетанное воздействие гипертермии и сульфата меди в концентрации 0,1 мг/л и 1 мг/л вызывает резкое снижение уровня мочевины в гемолимфе *P. corneus*.

**Заключение.** Гипертермия приводит к увеличению содержания ТБК-активных продуктов, накоплению мочевины и увеличению активности каталазы у двух видов брюхоногих пресноводных легочных моллюсков, а добавление солей тяжелых металлов усиливает эти эффекты. Наиболее устойчивым из изученных видов является катушка роговая.

**Ключевые слова:** перекисное окисление липидов, каталаза, ТБК-активные продукты, гипертермия, соли тяжелых металлов.

# Comparison of the Influence of Hyperthermia on Peroxidation of Lipids in Hepatopancreas of Pulmonary Mollusks

E.O. Danchenko, A.M. Ivanova, T.A. Tolkacheva

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

*Pulmonary freshwater mollusks – the large pond snake (*Lymnaea stagnalis*) and corn horn (*Planorbarius corneus*) with different oxygen carriers (copper-containing hemocyanin and iron-containing hemoglobin) are test organisms for pharmacodynamic and bioecological studies.*

*The aim of the study is a comparative analysis of lipid peroxidation and antioxidant system parameters in hepatopancreas of two species of freshwater lung mollusks under the influence of high temperature, as well as combined effect of hyperthermia and heavy metal salts.*

**Material and methods.** *The experiment was carried out on freshwater pulmonary mollusks of two species with different oxygen transport. To create the conditions for hyperthermia, the individuals were kept for 10 hours in a thermostat at a temperature of 35°C. To assess the combined effects of heavy metal salts and hyperthermia, mollusks in a salt solution were placed in a thermostat for 10 hours at 35°C in solutions of copper sulfate in concentrations of 0,01 mg/L, 0,1 mg/L and 1 mg/L and ferrous sulphate in concentrations 0,3 mg/L, 3 mg/L, 5 mg/L. In the hemolymph and homogenate of hepatopancreas, TBA-active products, catalase activity and urea content were determined.*

**Findings and their discussion.** *The increased ambient temperature causes the activation of lipid peroxidation in hepatopancreas of pulmonary freshwater mollusks regardless of the mechanism of oxygen transport. The combined effect of hyperthermia and ferrous sulfate is characterized by the same type of changes in the content of TBA-active products in the hepatopancreas of both representatives of gastropods of freshwater pulmonary mollusks. The effect of copper sulfate on the content of TBA-active products depends on the dose of the toxicant and the type of pulmonary mollusks. The change in catalase activity in the combination of hyperthermia and heavy metal salts is most pronounced in hepatopancreas *L. stagnalis*. The combined effect of hyperthermia and copper sulphate at a concentration of 0,1 mg/L and 1 mg/L causes a sharp decrease in the level of urea in the hemolymph of *P. corneus*.*

**Conclusion.** *Hyperthermia leads to an increase in the content of TBA-active products, an increase in catalase activity and urea accumulation in two species of gastropods of freshwater pulmonary mollusks, and the addition of heavy metal salts enhances these effects. The most stable of the species studied is the horn reel.*

**Key words:** *lipid peroxidation, catalase, TBA-active products, hyperthermia, salts of heavy metals.*

Состояние пресноводных экосистем оценивается через применение многих компонентов макрозообентоза, в том числе брюхоногих моллюсков. Высокая плотность природных популяций, особенности образа жизни (относительно низкая подвижность, питание преимущественно осадочным детритом и перифитоном) и простота сбора особей позволяют использовать брюхоногих моллюсков в практике как пассивного, так и активного биомониторинга [1; 2]. Легочные пресноводные моллюски большой прудовик (*Lymnaea stagnalis*) и катушка роговая (*Planorbarius corneus*) с разными переносчиками кислорода (медь-содержащий гемоцианин и железо-содержащий гемоглобин) представляют собой тест-организмы для фармакодинамических и биоэкологических исследований. С их применением возможно изучить химические компоненты среды обитания, а также структурно-молекулярные показатели использования энергии гладкими мышцами при локомоции и образовании энергии при катаболизме полимерных молекул в печени под влиянием химических факторов среды обитания и вводимых биорегуляторов. Наиболее часто эти животные используются для экологического тестирования загрязнений природных и искусственных водоемов, действия различных физических (температура, ионизирующее излучение, ультрафиолетовое излучение и др.), химических (свободно-радикальные процессы) и биологических (бактериальные инфекции, паразитирование личинок трематод) факторов [3; 4].

Анализ данных литературы показывает наличие достаточного количества исследований по изучению воздействий химических факторов окружающей среды на легочных моллюсков (тяжелые металлы, детергенты), основное внимание при этом сосредоточено на оценке выживаемости, роста, поведенческих реакций и физиологического состояния легочных моллюсков [5; 6].

Температура окружающей среды – один из ведущих абиотических факторов, воздействующих на обитателей пресных стоячих водоемов. Аномальное повышение температуры водной среды в летний период оказывает влияние на изменение величин первичной продукции, а в сочетании с рядом факторов (снижение солено-

сти, слабая проточность) может вызывать повышение трофности акваторий даже при отсутствии поступления биогенных элементов. Изменение основных гидрохимических характеристик воды также сказывается на состоянии гидробионтов, при этом температура и соленость являются основными лимитирующими факторами для их роста и развития. Повышение температуры изменяет количество кислорода в водной среде, что сказывается на процессах свободно-радикального окисления [7].

Воздействие меди на развитие, размножение и выживаемость моллюсков изучено достаточно полно [8; 9]. Известно, что  $\text{Cu}^{2+}$  входит в состав сложного белка гемоцианина, а  $\text{Fe}^{2+}$  – в состав гемоглобина, которые осуществляют транспорт кислорода из легкого к тканям и углекислого газа – в обратном направлении. С другой стороны, металлы с переменной валентностью, в том числе  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{2+}$ , являются инициаторами процессов свободно-радикального окисления. Однако недостаточно исследованы биохимические процессы в организме легочных моллюсков при действии высокой температуры, а также отсутствуют данные по сочетанному влиянию гипертермии и солей тяжелых металлов. Показатели перекисного окисления липидов (ПОЛ) и антиоксидантные биохимические параметры, по мнению многих ученых, являются важными маркерами воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды [10; 11].

Цель работы – сравнительный анализ показателей перекисного окисления липидов и антиоксидантной системы в гепатопанкреасе пресноводных легочных моллюсков (*L. stagnalis* и *P. corneus*), отличающихся по механизму транспорта кислорода, при воздействии высокой температуры и сочетанном воздействии гипертермии и солей тяжелых металлов.

**Материал и методы.** При этом использовались два представителя легочных моллюсков – большой прудовик (*Lymnaea stagnalis*) и катушка роговая (*Planorbarius corneus*). Моллюсков собрали вручную, затем подвергли 15-суточной акклиматизации: объем аквариумов 100 л, плотность посадки 3 экземпляра на литр, температура воды – 20–22°C, pH 7,2–7,7. Ежедневно осуществлялась замена 1/3 воды. Животных кормили свежими листьями одуванчика или зеленого салата.

Для создания условий гипертермии особи выдерживались 10 часов в термостате при температуре 35°C. Контролем служили особи, содержащиеся в отстоянной водопроводной воде при комнатной температуре. Для оценки сочетанного действия солей тяжелых металлов и гипертермии моллюски, находящиеся в растворе соли, помещались в термостат на 10 ч при температуре 35°C.

В качестве токсикантов использованы сульфат меди в концентрациях 0,01 мг/л, 0,1 мг/л и 1 мг/л и сульфат железа в концентрациях 0,3 мг/л, 3 мг/л, 5 мг/л. Об уровнях ПОЛ судили по накоплению ТБК-активных продуктов, количество которых определяли по Uchiyama [12]. При этом для расчета использовали молярный коэффициент поглощения  $\epsilon = 1,56 \cdot 10^5 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  и результат выражали в мкмоль на 1 г сырой ткани. Активность каталазы (1.11.1.6) устанавливали по реакции с молибдатом аммония [13]. Концентрацию мочевины в гемолимфе выявляли с помощью стандартных биохимических наборов.

Спектрофотометрические измерения проводили на спектрофлуориметре «SOLAR» в кварцевых кюветках (1 см). Статистическую обработку осуществляли, используя t-критерий Стьюдента. Результаты в табл. 1–6 представлены в виде  $M \pm m$ .

**Результаты и их обсуждение.** Все живые организмы разными способами реагируют на изменения окружающей среды. Формирование защитных эффектов адаптации обеспечивается активацией генетического аппарата, изменением метаболизма клетки и функционирования практически всех основных систем организма. Любые сильные воздействия окружающей среды вызывают стандартную стресс-реакцию. При кратковременном действии стрессов умеренной интенсивности происходят усиление функционирования органов и мобилизация организма. Однако при интенсивной и длительной стресс-реакции в клетках возникают активация процесса свободно-радикального окисления, внутриклеточная кальциевая перегрузка, угнетение энергопродукции, снижение синтеза белка и денатурация белковых структур. Это оказывает повреждающее воздействие на органы и ткани, и, таким образом, стресс-реакция из звена адаптации превращается в звено патогенеза. Активации систем стресса и реализации повреждающих эффектов препятствуют стресс-лимитирующие системы.

Воздействие температуры в течение 10 ч привело к статистически значимому увеличению содержания ТБК-активных продуктов в гепатопанкреасе обоих видов легочных моллюсков в одинаковой степени (в 1,5 раза) (табл. 1). При добавлении в среду сульфата железа в концентрациях 0,3 мг/л, 3 мг/л и 5 мг/л содержание ТБК-активных продуктов в гепатопанкреасе катушки роговой увеличилось в 2,2, 3 и 3,2 раза по сравнению с контролем и на 28%, 74% и 90% по сравнению с содержанием у моллюсков, подвергнутых воздействию только температуры. Аналогичные изменения выявлены в гепатопанкреасе большого прудовика (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние температуры и сульфата железа на содержание ТБК-активных продуктов (нмоль·г<sup>-1</sup>) в гепатопанкреасе легочных моллюсков *L. stagnalis* (n=10) и *P. corneus* (n=9) (M±m)**

Группы	<i>Planorbarius corneus</i>	<i>Lymnaea stagnalis</i>
Контроль	3,03±0,25	3,35±0,18
t 35°C	5,15±0,59 p <sub>1</sub> <0,05	5,06±0,29 p <sub>1</sub> <0,05
t 35°C + FeSO <sub>4</sub> , 0,3 мг/л	6,64±0,59 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05	5,98±0,36 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> >0,05
t 35°C + FeSO <sub>4</sub> 3 мг/л	8,98±1,06 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05	6,81±0,41 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05
t 35°C + FeSO <sub>4</sub> , 5 мг/л	9,80±0,40 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05	9,06±1,04 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05

**Примечание:** здесь и далее p<sub>1</sub> – по сравнению с контролем; p<sub>2</sub> – по сравнению с группой «t 35°C».

При концентрациях сульфата меди 0,1 мг/л и 1 мг/л уровень ТБК-активных продуктов в гепатопанкреасе *P. corneus* увеличился как по сравнению с контролем, так и по сравнению с группой, подвергшейся изолированной гипертермии (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние температуры и сульфата меди на содержание ТБК-активных продуктов (нмоль·г<sup>-1</sup>) в гепатопанкреасе легочных моллюсков *L. stagnalis* (n=10) и *P. corneus* (n=9) (M±m)**

Группы	<i>Planorbarius corneus</i>	<i>Lymnaea stagnalis</i>
Контроль	4,07±0,31	3,35±0,17
t 35°C	5,90±0,31 p <sub>1</sub> <0,05	5,03±0,53 p <sub>1</sub> <0,05
t 35°C + CuSO <sub>4</sub> , 0,01 мг/л	4,35±0,56 p <sub>1</sub> >0,05 p <sub>2</sub> <0,05	3,03±0,27 p <sub>1</sub> >0,05 p <sub>2</sub> <0,05
t 35°C + CuSO <sub>4</sub> , 0,1 мг/л	7,35±0,51 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05	3,54±0,42 p <sub>1</sub> >0,05 p <sub>2</sub> <0,05
t 35°C + CuSO <sub>4</sub> , 1 мг/л	7,60±0,61 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05	4,94±0,64 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> >0,05

У прудовиков выявлен несколько иной характер изменений содержания ТБК-активных продуктов: при концентрациях сульфата меди 0,01 мг/л и 0,1 мг/л в условиях гипертермии количество ТБК-активных продуктов сохранялось на уровне контрольных значений, а при концентрации 1 мг/л – увеличивалось по сравнению с контрольной группой, но не отличалось от группы моллюсков, находящихся в условиях повышенной температуры.

Активация процесса перекисного окисления липидов при воздействии повышенной температуры среды сопровождалась изменением активности каталазы (табл. 3). В гепатопанкреасе прудовиков активность каталазы статистически значимо увеличивалась на 66% по сравнению с контролем, а у катушек не отличалась от контроля. Добавление сульфата меди в среду обитания большого прудовика при гипертермии вызвало еще большую активацию каталазы: при концентрации сульфата меди 0,01 мг/л активность каталазы увеличилась на 31%, при концентрации 0,1 мг/л – на 62%, 1 мг/л – на 77%. В меньшей степени изменилась активность каталазы в гепатопанкреасе катушки роговой. Статистически значимое увеличение активности фермента выявлено лишь при высокой концентрации сульфата меди (1 мг/л) на 43% по сравнению с группой, подвергнутой изолирован-

ному воздействию высокой температуры (табл. 3). Возможно, в данной ситуации наблюдалось изменение активности других антиоксидантных ферментов, например, СОД.

Таблица 3

**Влияние температуры и сульфата меди на активность каталазы (мкмоль·мин<sup>-1</sup>·г<sup>-1</sup>) в гепатопанкреасе легочных моллюсков *L. stagnalis* (n=10) и *P. corneus* (n=9) (M±m)**

Группы	<i>Lymnaea stagnalis</i>	<i>Planorbarius corneus</i>
Контроль	6,95±0,77	19,6±2,56
t 35°C	11,57±1,76 p <sub>1</sub> <0,05	19,81±1,91 p <sub>1</sub> >0,05
t 35°C + CuSO <sub>4</sub> , 0,01 мг/л	15,22±3,24 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05	19,13±2,02 p <sub>1</sub> >0,05 p <sub>2</sub> >0,05
t 35°C + CuSO <sub>4</sub> , 0,1 мг/л	18,85±3,75 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05	16,97±1,46 p <sub>1</sub> >0,05 p <sub>2</sub> >0,05
t 35°C + CuSO <sub>4</sub> , 1 мг/л	20,49±2,93 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05	28,44±1,59 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05

При исследовании совместного действия повышенной температуры и сульфата железа(II) на *L. stagnalis* отмечено статистически значимое увеличение активности каталазы во всех экспериментальных группах: при концентрациях сульфата железа(II) 0,3 мг/л, 3 мг/л, 5 мг/л активность каталазы увеличилась в 2, 2,5 раза и 2,8 раза, соответственно (табл. 4). Как и в случае с сульфатом меди, низкая концентрация сульфата железа не изменила активность каталазы в гепатопанкреасе *P. corneus*. Увеличение концентрации сульфата железа(II) до 3 мг/л и 5 мг/л способствовало повышению активности каталазы в 1,5 и 2,5 раза, соответственно, по сравнению с воздействием гипертермии (табл. 4).

Таблица 4

**Влияние температуры и сульфата железа на активность каталазы (мкмоль·мин<sup>-1</sup>·г<sup>-1</sup>) в гепатопанкреасе легочных моллюсков *L. stagnalis* (n=10) и *P. corneus* (n=9) (M±m)**

Группы	<i>Lymnaea stagnalis</i>	<i>Planorbarius corneus</i>
Контроль	8,35±1,59	21,4±2,79
t 35°C	13,12±1,41 p <sub>1</sub> <0,05	18,61±1,82 p <sub>1</sub> >0,05
t 35°C + FeSO <sub>4</sub> , 0,3 мг/л	16,9±4,06 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> >0,05	23,2±3,93 p <sub>1</sub> >0,05 p <sub>2</sub> >0,05
t 35°C + FeSO <sub>4</sub> , 3 мг/л	20,9±2,47 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05	33,5±3,76 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05
t 35°C + FeSO <sub>4</sub> , 5 мг/л	23,4±3,22 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05	52,6±5,15 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05

Данные, представленные в табл. 5, показывают, что гипертермия вызывает статистически значимое увеличение содержания мочевины в гемолимфе *L. stagnalis* в 2,3 раза, *P. corneus* – в 1,7 раза (табл. 5). Это может свидетельствовать об активации процессов катаболизма белков при окислительном стрессе. Мочевина является не только конечным продуктом распада белков, но и низкомолекулярным антиоксидантом, способным вступать в обменные реакции с активными формами кислорода и ингибировать ПОЛ. Значение высокой концентрации мочевины в тканях особенно велико в условиях окислительного стресса, поскольку пул антиоксидантных ферментов быстро истощается и необходимо значительное время для их синтеза.

В условиях повышенной температуры добавление сульфата железа(II) сохраняло повышенный уровень мочевины в гемолимфе *L. stagnalis*, но не потенцировало эффект гипертермии. При концентрации сульфата железа 0,3 мг/л в гемолимфе *P. corneus* отмечалось снижение содержания мочевины по сравнению с гипертермией; при увеличении концентрации до 3 мг/л – увеличение по сравнению с контролем и неизменный уровень по сравнению с гипертермией; при концентрации 5 мг/л из-за большого разброса данных не выявлялось различий с обеими группами сравнения.

Таблица 5

**Влияние температуры и сульфата железа на содержание мочевины (ммоль/л) в гемолимфе легочных моллюсков *L. stagnalis* (n=10) и *P. corneus* (n=9) (M±m)**

Группы	<i>Lymnaea stagnalis</i>	<i>Planorbarius corneus</i>
Контроль	2,30±0,34	4,67±0,62
t 35°C	5,34±0,65 p <sub>1</sub> <0,05	8,26±0,72 p <sub>1</sub> <0,05
t 35°C + FeSO <sub>4</sub> , 0,3 мг/л	4,37±0,62 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> >0,05	5,56±0,40 p <sub>1</sub> >0,05 p <sub>2</sub> <0,05
t 35°C + FeSO <sub>4</sub> , 3 мг/л	4,59±0,30 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> >0,05	9,96±0,46 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> >0,05
t 35°C + FeSO <sub>4</sub> , 5 мг/л	4,28±0,38 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> >0,05	7,05±1,92 p <sub>1</sub> >0,05 p <sub>2</sub> >0,05

При концентрации сульфата меди 0,01 мг/л и гипертермии в гемолимфе большого прудовика уровень мочевины превышал контрольные значения в 3,7 раза (табл. 6). Однако при дальнейшем повышении концентрации сульфата меди уровень мочевины снизился по сравнению с гипертермией, что может быть связано с повышением активности каталазы и торможением свободно-радикальных процессов в организме моллюсков. В гемолимфе катушек при низкой концентрации сульфата меди (0,01 мг/л) сохранялся высокий уровень мочевины. Тем не менее при увеличении концентрации сульфата меди наблюдалось резкое снижение уровня мочевины как по отношению к контрольной группе, так и по сравнению с гипертермией. Такие изменения могут быть связаны с нарушением синтеза мочевины в гепатопанкреасе вследствие нарушения метаболизма.

Таблица 6

**Влияние температуры и сульфата меди на содержание мочевины (ммоль/л) в гемолимфе легочных моллюсков *L. stagnalis* (n=10) и *P. corneus* (n=9) (M±m)**

Группы	<i>Lymnaea stagnalis</i>	<i>Planorbarius corneus</i>
Контроль	2,30±0,34	1,92±0,44
t 35°C	11,9±0,75 p <sub>1</sub> <0,05	9,87±3,20 p <sub>1</sub> <0,05
t 35°C + CuSO <sub>4</sub> , 0,01 мг/л	8,55±0,86 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05	9,98±1,15 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> >0,05
t 35°C + CuSO <sub>4</sub> , 0,1 мг/л	3,70±0,27 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05	0,76±0,12 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05
t 35°C + CuSO <sub>4</sub> , 1 мг/л	4,89±0,43 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05	0,49±0,04 p <sub>1</sub> <0,05 p <sub>2</sub> <0,05

**Заключение.** Повышенная температура окружающей среды вызывает активацию перекисного окисления липидов в гепатопанкреасе легочных моллюсков независимо от механизма транспорта кислорода. Сочетанное

действие гипертермии и сульфата железа характеризуется однотипными изменениями в содержании ТБК-активных продуктов в гепатопанкреасе обоих представителей брюхоногих пресноводных легочных моллюсков. Влияние сульфата меди на содержание ТБК-активных продуктов зависит от дозы токсиканта и вида легочных моллюсков. Изменение активности каталазы при сочетании гипертермии и солей тяжелых металлов наиболее выражено в гепатопанкреасе *L. stagnalis*. Сочетанное воздействие гипертермии и сульфата меди в концентрации 0,1 мг/л и 1 мг/л вызывает резкое снижение уровня мочевины в гемолимфе *P. corneus*.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Брень, Н.В. Биологический мониторинг и общие закономерности накопления тяжелых металлов пресноводными донными беспозвоночными загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами / Н.В. Брень // Гидробиол. журнал. – 2008. – Т. 44, № 2. – С. 96–115.
2. Molluscs in biological monitoring of water quality / J. Salanki [et al.] // Toxicol. Lett. – 2003. – Vol. 140–141. – P. 403–410.
3. Mechanisms of waterborne Cu toxicity to the pond snail *Lymnaea stagnalis*: physiology and Cu bioavailability / T.Y. Ng Tania [et al.] // Ecotoxicol. Environ. Saf. – 2011. – Vol. 74. – P. 1471–1479.
4. Oxidative-stress induced increase in circulating fatty acids does not contribute to phospholipase A2-dependent appetitive long-term memory failure in the pond snail *Lymnaea stagnalis* / E. Beaulieu [et al.] // BMC neuroscience. – 2014. – Vol. 56. – P. 1471–1482.
5. Стадниченко, А.П. Влияние серноокислого железа на быстрые поведенческие и физиологические реакции катушки роговой / А.П. Стадниченко // Гидробиол. журнал. – 2014. – Т. 50, № 4. – С. 45–50.
6. Шевцова, С.Н. Влияние сульфата меди на рост, выживаемость и уровень экспрессии металлотионеинов у пресноводного моллюска *Lymnaea stagnalis* / С.Н. Шевцова, А.С. Бабенко, С.Е. Дромашко // Труды БГУ. – 2011. – Т. 6. – С. 152–162.
7. Oxidative stress in vertebrates and invertebrates: molecular aspects of cell signaling / Ed. T. Farooqui, A.A. Farooqui. – Wiley Blackwell: New Jersey. – 2012. – 385 p.
8. Ярославцева, Л.М. Влияние ионов меди на ранние стадии развития тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus* (*Bivalvia*) / Л.М. Ярославцева, Э.П. Сергеева // Биология моря. – 2005. – Т. 31, № 4. – С. 267–273.
9. Шевцова, С.Н. Влияние сульфата меди на эмбриональное развитие большого прудовика (*Lymnaea stagnalis*) / С.Н. Шевцова, В.Ю. Афонин, С.Е. Дромашко // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук. – 2011. – № 3. – С. 34–40.
10. Гостюхина, О.Л. Особенности системы антиоксидантной защиты черноморских моллюсков *Mytilus galloprovincialis* LAM и *Anadara inaequalis* BR / О.Л. Гостюхина, И.В. Головина // Укр. біохім. журн. – 2012. – Т. 84, № 3. – С. 31–36.
11. Antioxidant responses to variations in dissolved oxygen of *Scapharca inaequalis* and *Tapes philippinarum*, two bivalve species from the lagoon of Venice / P. Irato [et al.] // Mar. Pollut. Bull. – 2007. – Vol. 54. – P. 1020–1030.
12. Uchiyama, M. Determination of malonaldehyde precursor in tissues by thiobarbituric acid test / M. Uchiyama, M. Mihara // Analit. Biochem. – 1987. – Vol. 86. – P. 271–278.
13. Королюк, М.А. Метод определения активности каталазы / М.А. Королюк // Лабораторное дело. – 1988. – № 1. – С. 16–19.

## R E F E R E N C E S

1. Bren N.V. *Gidrobiol. zhurnal* [Hydrobiological Journal], 2008, 44(2), pp. 96–115.
2. Molluscs in biological monitoring of water quality / J. Salanki [et al.] // Toxicol. Lett. – 2003. – Vol. 140–141. – P. 403–410.
3. Mechanisms of waterborne Cu toxicity to the pond snail *Lymnaea stagnalis*: physiology and Cu bioavailability / T.Y. Ng Tania [et al.] // Ecotoxicol. Environ. Saf. – 2011. – Vol. 74. – P. 1471–1479.
4. Oxidative-stress induced increase in circulating fatty acids does not contribute to phospholipase A2-dependent appetitive long-term memory failure in the pond snail *Lymnaea stagnalis* / E. Beaulieu [et al.] // BMC neuroscience. – 2014. – Vol. 56. – P. 1471–1482.
5. Stadnichenko A.P. *Gidrobiol. zhurnal* [Hydrobiological Journal], 2014, 50(4), pp. 45–50.
6. Shevtsova S.N., Babenko A.S., Dromashko S.E. *Trudi BGU* [Works of Belarusian State University], 2011, 6, pp. 152–162.
7. Oxidative stress in vertebrates and invertebrates: molecular aspects of cell signaling / Ed. T. Farooqui, A.A. Farooqui. – Wiley Blackwell: New Jersey. – 2012. – 385 p.
8. Yaroslavtseva L.M., Sergeyeva E.P. *Biologiya moria* [Marine Biology], 2005, 31(4), pp. 267–273.
9. Shevtsova S.N., V.Yu. Afonin, S.E. Dromashko *Vestsi NAN Belarusi. Ser. biyal. navuk* [Journal of NASc of Belarus. Biological Sciences], 2011, 3, pp. 34–40.
10. Gostyukhinna O.L., Golovina I.V. *Ukr. biokhim. zhurn.* [Ukrainian Biochemical Journal], 2012, 84(3), pp. 31–36.
11. Antioxidant responses to variations in dissolved oxygen of *Scapharca inaequalis* and *Tapes philippinarum*, two bivalve species from the lagoon of Venice / P. Irato [et al.] // Mar. Pollut. Bull. – 2007. – Vol. 54. – P. 1020–1030.
12. Uchiyama, M. Determination of malonaldehyde precursor in tissues by thiobarbituric acid test / M. Uchiyama, M. Mihara // Analit. Biochem. – 1987. – Vol. 86. – P. 271–278.
13. Koroliuk M.A. *Laboratornoye delo* [Laboratory Business], 1988, 1, pp. 16–19.

Поступила в редакцию 23.05.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: igor\_ivanov\_007@mail.ru – Иванова А.М.

## Таксономический состав комплексов насекомых (*Insecta: Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera*) дикорастущих ягодников семейства брусничных (*Vacciniaceae*) Белорусского Поозерья

О.И. Хохлова

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

*Дикорастущие ягодники занимают важнейшее место в структуре биологических ресурсов и играют довольно значимую роль в повседневной жизни населения.*

*Цель работы – выявить таксономический состав насекомых (*Insecta: Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera*) дикорастущих ягодников семейства брусничных (*Vacciniaceae*) Белорусского Поозерья.*

**Материал и методы.** *Исследования проводились в сосновых лесах различных типов на территории Витебского, Шумилинского, Сенненского и Миорского районов Витебской области. Учетные площадки были заложены в соответствии с обилием в проективном покрытии кустарничков разных видов. Материал собран в период с 2014 по 2016 г. включительно. С конца апреля до начала октября проводились еженедельные учеты. Для количественного учета применялись пробы по 50 взмахов энтомологического сачка в пятикратной повторности.*

**Результаты и их обсуждение.** *Сформирован таксономический список насекомых, собранных на разных видах кустарничков семейства брусничных, который представлен аннотациями, содержащими краткую информацию об основных чертах экологии и географическом распространении.*

**Заключение.** *На дикорастущих ягодниках семейства *Vacciniaceae* выявлено 103 вида насекомых, принадлежащих к отрядам *Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera*.*

**Ключевые слова:** *дикорастущие ягодники, семейство *Vacciniaceae*, *Insecta, Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera*.*

## Taxonomic Composition of Insect Complexes (*Insecta: Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera*) of *Vacciniaceae* Family of Belarusian Lake District

O.I. Khokhlova

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

*Wild berries have an important place in the structure of biological resources and play an important role in the daily life of the human.*

*The purpose of this study is to identify the taxonomic composition of insects (*Insecta: Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera*) collected on plants of *Vacciniaceae* family in Belarusian Lake District.*

**Material and methods.** *The studies were conducted in the pine forests of various types in Vitebsk, Shumilino, Senno and Miory Districts of Vitebsk Region. Sampling sites were chosen in accordance with the cover of shrubs of different *Vacciniaceae* species. The material was collected in the period from 2014 to 2016 inclusive, from the end of April till early October every ten days. Samples of 50 sweeps of a net in the fivefold repetition were taken.*

**Findings and their discussion.** *A taxonomic list of insects collected on different types of shrubs of *Vacciniaceae* family was compiled, which is represented by the annotation, containing a summary of the main features of ecology and geographical distribution.*

**Conclusion.** *On the wild berries of the family of *Vacciniaceae*, 103 species of insects belonging to the orders of *Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera* were identified.*

**Key words:** *wild berries, the family of *Vacciniaceae*, *Insecta: Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera*.*

Данные о видовом составе насекомых, ассоциированных с брусникой, черникой и голубикой топяной, имеют как научный интерес, так и практическую значимость. Дикорастущие ягодники занимают важнейшее место в структуре биологических ресурсов и играют довольно значимую роль в повседневной жизни населения. Кроме того, материалы исследований топических и трофических связей насекомых и кустарничков семейства брусничных будут полезны при их выращивании в культуре. Однако к настоящему времени публикации по данному вопросу крайне ограничены.

В Беларуси беспозвоночные – фитофаги брусники, черники и голубики топяной изучались в контексте эколого-фаунистических исследований насекомых сосновых лесов [1] и верховых болот [2] либо как потенциальные вредители интродуцированных брусничных [3]. Чешуекрылым – вредителям черники и голубики топяной посвящена единственная работа [4].

Исследование таксономической структуры комплекса насекомых, ассоциированных с брусникой, черникой и голубикой топяной, представляется актуальным в связи с возрастающей значимостью биологических ресурсов.

Цель работы – выявить таксономический состав насекомых (*Insecta: Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera*) дикорастущих ягодников семейства брусничных (*Vacciniaceae*) Белорусского Поозерья.

**Материал и методы.** Исследования проводились в сосновых лесах различных типов на территории Витебского (55°10'N29°57'E, 55°11'N30°5'E), Шумилинского (55°25'N29°22' E), Сенненского (54°53'N30°23'E) и Миорского (55°37'N28°06'E, 55°33'N27°34'E) районов Витебской области. Учетные площадки были заложены в соответствии с обилием в проективном покрытии кустарничков разных видов. Материал собран в период с 2014 по 2016 г. включительно. С конца апреля до начала октября проводились еженедельные учеты. Для количественного учета применялись пробы по 50 взмахов энтомологического сачка в пятикратной повторности. Данные о трофической приуроченности видов получены в результате собственных наблюдений и позаимствованы из литературных источников [5–12].

При составлении таксономического списка использована номенклатура из соответствующих разделов специализированного интернет-портала Fauna Europaea [10].

Автор выражает глубокую благодарность за помощь в определении материала А.О. Лукашуку (г.п. Домжерицы), доцентам О.И. Бородину (г. Минск) и Г.Г. Сушко (г. Витебск). Отдельная благодарность Г.Г. Сушко за часть предоставленных материалов для обработки.

**Результаты и их обсуждение.** Сформирован таксономический список насекомых, собранных на разных видах кустарничков семейства брусничных, который представлен аннотациями, содержащими краткую информацию об основных чертах экологии и географическом распространении.

#### Отряд Auchenorrhyncha

##### Семейство Cixiidae

***Cixius similis* (Kirschbaum, 1868).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 05–06, 08. Фитофаг, полифаг (*Betula pubescens*, *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *Ledum pallustre*). Тамнохамебионт. Циркумтемператный вид [6; 8; 9].

##### Семейство Delphacidae

***Delphax crassicornis* (Panzer, 1796).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 06–07. Фитофаг. Монофаг *Phragmites australis*. Хортобионт. Транспалеарктический полизональный вид [6; 8; 9].

##### Семейство Issidae

***Ommatidiotus dissimilis* (Fallén, 1806).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 06–09. Фитофаг. Монофаг (*Cyperaceae*). Хортобионт. Евро-сибиро-центральноазиатский вид [6; 8; 9].

##### Семейство Cercopidae

***Lepyronia coleoprata* (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 05–10. Фитофаг. Полифаг. Хортобионт. Транспалеарктический полизональный вид [6; 8; 9].

***Neophilaenus lineatus* (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 06–10. Фитофаг. Полифаг (*Poaceae* и *Cyperaceae*). Хортобионт. Транспалеарктический полизональный вид [6; 8; 9].

***Aphrophora alni* (Fallén, 1805).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 06–10. Фитофаг. Полифаг. Дендротамнохортобионт. Транспалеарктический полизональный вид [6; 8; 9].

***Philaenus spumarius* (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 05–10. Фитофаг. Полифаг. Хортобионт. Транспалеарктический полизональный вид [6; 8; 9].

##### Семейство Cicadellidae

***Ulopa reticulata* (Fabricius, 1794).** Отмечен на *Vaccinium myrtillus*. Период активности имаго – 05–10. Фитофаг. Монофаг (*Calluna vulgaris*). Хамебионт. Западнопалеарктический вид [6; 8; 9].

***Kybos strigilifer* (Ossiannilsson, 1941).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 06–09. Фитофаг. Олигофаг (*Salix spp.*). Дендротамнобионт. Европейский вид [6; 8; 9].

***Empoasca vitis* (Göthe, 1875).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 05–10. Фитофаг. Полифаг. Дендротамнохортобионт. Транспалеарктический полизональный вид [6; 8; 9].

***Balclutha punctata* (Fabricius, 1775).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 05–09. Фитофаг. Олигофаг (*Poaceae*). Хортобионт. Мультирегиональный вид [6; 9].

***Macrosteles laevis* (Ribaut, 1927).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 05–08. Фитофаг. Олигофаг (злаковые). Хортобионт. Циркумтемператный вид [6; 9].

***Idiodonus cruentatus* (Panzer, 1799).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 06–09. Фитофаг. Полифаг. Тамнохамехортобионт. Транспалеарктический полизональный вид [6; 9].

***Allygus mixtus* (Fabricius, 1794).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 07–10. Фитофаг. Олигофаг. Хортобионт. Европейский вид [6; 9].

***Cicadula quadrinotata* (Fabricius, 1794).** Отмечен на *Vaccinium myrtillus*. Период активности имаго – 05–09. Фитофаг. Полигофаг. Тамнохортобионт. Транспалеарктический полизональный вид [6; 8; 9].

***Ophiola cornicula* (Marshall, 1866).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 06–09. Фитофаг. Олигофаг (*Calluna vulgaris*, *Ledum palustre* и *Vaccinium uliginosum*). Хамебионт. Циркумтемператный вид [6; 9].

***O. russeola* (Fallén, 1826).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 07–08. Фитофаг. Олигофаг (*Calluna vulgaris*, *Oxycoccus palustris*). Хамебионт. Циркумтемператный вид [6].

***O. transversus* (Fallén, 1826).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus*. Фитофаг. Олигофаг (*Achillea millefolium*). Хортобионт. Евро-сибирский вид [6; 8; 9].

#### Отряд Heteroptera

##### Семейство Tingidae

***Stephanitis oberti* (Kolenati, 1857).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – вторая декада 06 – первая декада 10. Фитофаг. Олигофаг (*Calluna vulgaris*, *Ledum palustre* и *Vaccinium uliginosum*). Хамебионт. Трансевразиатский бореальный вид [4; 8].

##### Семейство Miridae

***Adelphocoris lineolatus* (Goeze, 1778).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Фитофаг. Полифаг. Хортобионт. Транспалеарктический полизональный вид [5; 8].

***Closterotomus fulvomaculatus* (De Geer, 1773).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 05–07. Зоофаг. Дендрохамебионт. Циркумтемператный вид [12].

***Lygocoris contaminatus* (Fallén, 1807).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 06. Фитофаг. Полифаг. Дендротамнохамехортобионт. Циркумтемператный вид [5; 8].

***Lygus pratensis* (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 08–10. Фитофаг. Полифаг (в числе кормовых растений *Calluna vulgaris*). Хортобионт. Транспалеарктический полизональный вид [5; 8].

***L. punctatus* (Zetterstedt, 1838).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 06–08. Фитофаг. Полифаг. Хортобионт. Циркумтемператный вид [5; 8].

***Notostira erratica* (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 08. Фитофаг. Полифаг. Хортобионт. Евро-сибирско-центральноазиатский вид [5; 8].

***Globiceps flavomaculatus* (Fabricius, 1794).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 08. Зоофаг. Хамехортобионт. Трансевразиатский температурный вид [12].

***G. salicicola* (Reuter, 1880).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 06–08. Зоофаг. Хамебионт. Евро-сибирский вид [12].

***Orthotylus ericetorum* (Fallén, 1807).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 08. Фитофаг. Монофаг (*Calluna vulgaris*). Хамебионт. Циркумтемператный вид [5; 8].

##### Семейство Nabidae

***Nabis brevis* (Scholz, 1847).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 08–09. Зоофаг (личинки цикадок, тлей и клопов-слепняков). Хортобионт. Евро-сибирско-центральноазиатский вид [12].

***N. ericetorum* (Scholtz, 1847).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 05–09. Зоофаг (личинки цикадок, тлей и клопов-слепняков). Хамехортобионт. Западнопалеарктический вид [5; 12].

***N. ferus* (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 05–10. Зоофаг (личинки цикадок, тлей и клопов-слепняков). Герпетохортобионт. Циркумтемператный вид [5; 12].

***N. pseudoferus* (Remane, 1949).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 05–09. Зоофаг (личинки цикадок, тлей и клопов-слепняков). Хортобионт. Западнопалеарктический вид [5; 12].

***N. rugosus* (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 09. Зоофаг (личинки цикадок, тлей и клопов-слепняков). Хортобионт. Евро-сибирский вид [5; 12].

## Семейство Lygaeidae

***Kleidocerys resedae* (Panzer, 1797).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 07–08. Фитофаг. Полифаг (*Ericaceae* и *Betulaceae*). Дендробионт. Циркумтемператный вид [5; 8].

***Cymus grandicolor* (Hahn, 1832).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 07–08. Фитофаг. Олигофаг (*Carex spp.*). Хортобионт. Трансевразиатский температурный вид [5; 8].

***Eremocoris plebejus* (Fallén, 1807).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 07–08. Фитофаг. Олигофаг (*Pinaceae*). Герпетобионт. Трансевразиатский температурный вид [5; 8].

***Scolopostethus decoratus* (Hahn, 1833).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 07–09. Фитофаг. Полифаг (в числе кормовых растений *Calluna vulgaris*). Герпетохортобионт. Транспалеарктический полизональный вид [5; 8].

***Macrodema microptera* (Curtis, 1836).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 08. Зоофитофаг (*Calluna vulgaris*, трипсы, коллемболы). Герпетохортобионт. Западнопалеарктический вид [5; 8; 12].

***Pachybrachius luridus* (Hahn, 1826).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 07–08. Фитофаг. Олигофаг (*Cyperaceae*). Хортобионт. Циркумтемператный вид [5; 12].

***Stygnocoris sabulosus* (Schilling, 1829).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 09. Фитофаг. Хамехортобионт. Циркумтемператный [5; 8].

***Ligyrocorys sylvestris* (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 06–08. Фитофаг. Полифаг (семена различных растений). Хортобионт. Циркумтемператный вид [5; 8; 12].

## Семейство Rhopalidae

***Rhopalus parumpunctatus* (Schilling, 1829).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 05–09. Фитофаг. Полифаг. Хортобионт. Транспалеарктический полизональный вид [5; 8].

***Stictopleurus crassicornis* (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 05–10. Фитофаг. Полифаг. Хамехортобионт. Трансевразиатский температурный вид [5; 8].

## Семейство Acanthasomatidae

***Elastmucha ferrugata* (Fabricius, 1787).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 08–09. Фитофаг. Полифаг (в числе кормовых растений *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*). Дендротамнохамебионт. Транспалеарктический полизональный вид [5; 8].

***E. grisea* (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 06–09. Фитофаг. Полифаг. Дендробионт. Циркумтемператный вид [5; 8].

## Семейство Pentatomidae

***Arma custos* (Fabricius, 1794).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 08–09. Зоофаг (личинки листоедов). Дендрохамебионт. Трансевразиатский температурный [5; 12].

***Picromerus bidens* (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 05–08. Зоофаг (питается тлями, гусеницами бабочек и личинками многих других насекомых). Дендрохортобионт. Циркумтемператный вид [5; 12].

***Rhacognatus punctatus* (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 07–08. Зоофаг (личинки жуков-листоедов, в частности, *Lochmaea capreae*). Дендрохортобионт. Трансевразиатский температурный вид [5; 12].

***Aelia acuminata* (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 05–10. Фитофаг. Полифаг. Хортобионт. Западно-центральнопалеарктический вид [5; 8].

***Carpocoris fuscispinus* (Boheman, 1849).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 08–10. Фитофаг. Полифаг. Хортобионт. Западно-центральнопалеарктический вид [5].

***Dolycoris baccarum* (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 04–10. Фитофаг. Полифаг. Дендрохамехортобионт. Транспалеарктический полизональный вид [5; 8].

***Palomena prasina* (Linnaeus, 1761).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 08–09. Фитофаг. Полифаг. Дендрохамехортобионт. Западно-центральнопалеарктический вид [5; 8].

***Eurydema oleracea* (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 05–07. Фитофаг. Полифаг. Хортобионт. Западно-центральнопалеарктический вид [5; 8].

## Отряд Coleoptera

## Семейство Scirtidae

***Cyphon kongsbergensis* (Munster, 1924).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 05–09. Сапрофитофаг. Хамехортобионт. Циркумбореальный вид [11].

***C. padi* (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 05–08. Сапрофитофаг. Дендрохамехортобионт. Трансевразиатский температурный вид [11].

**C. pubescens (Fabricius, 1792).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 05–07. Сапрофитофаг. Хамехортобионт. Циркумбореальный [11].

**Семейство Elateridae**

**Athous haemorrhoidalis (Fabricius, 1801).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 06–07. Фитофаг. Полифаг. Хортобионт. Евро-казахстанский вид [7].

**Denticollis linearis (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 06. Фитофаг. Полифаг. Дендрохамехортобионт. Трансевразиаатский вид [7].

**Ampedus balteatus (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 05–07. Фитофаг. Полифаг. Дендрохамехортобионт. Евро-сибирский вид [7].

**Actenicerus sanguinolentus (Schrank, 1776).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 05–07. Фитофаг. Полифаг. Дендрохамехортобионт. Трансевразиаатский температно-южносибирский вид [7].

**Sericus brunneus (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 05–08. Фитофаг. Полифаг. Дендрохамехортобионт. Трансевразиаатский вид [7].

**Dalopius marginatus (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*. Период активности имаго – 05–08. Фитофаг. Полифаг (питается пыльцой различных цветков, в том числе *Vaccinium uliginosum*, *Ledum palustre*, иногда молодыми побегами сосен). Дендрохамехортобионт. Евро-сибирский вид [7].

**Семейство Cantharidae**

**Cantharis fulvicollis (Fabricius, 1792).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 06–07. Зоофаг. Хортобионт. Евро-кавказский вид [7].

**C. quadripunctata (Müller, 1764).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 05–07. Зоофаг. Хамехортобионт. Евро-кавказский вид [7].

**Rhagonycha elongata (Fallén, 1807).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*. Период активности имаго – 05–06. Зоофаг. Хамехортобионт. Евро-сибирский вид [7].

**Rh. limbata (Thomson, 1864).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 06–07. Зоофаг. Хортобионт. Трансевразиаатский температный вид [7].

**Rh. testacea (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 05–07. Зоофаг. Хортобионт. Евро-сибирский вид [7].

**Absidia schoenherri (Dejean, 1837).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 06–08. Зоофаг. Хамехортобионт. Европейский вид [7].

**Malthinus biguttatus (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 06–07. Зоофаг. Хамехортобионт. Евро-кавказский вид [7].

**Семейство Dasytidae**

**Dasytes niger (Linnaeus, 1761).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 05–08. Зоофаг. Дендрохамехортобионт. Европейский вид [7].

**Семейство Nitidulidae**

**Meligethes aeneus (Fabricius, 1775).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 05–08. Фитофаг. Полифаг (пыльца). Дендрохамехортобионт. Евро-сибирско-центральноазиатский вид [7].

**Семейство Phalacridae**

**Olibrus aeneus (Fabricius, 1792).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 05–08. Фитофаг. Полифаг (пыльца). Хортобионт. Евро-сибирский вид [7].

**Семейство Coccinellidae**

**Chilocorus bipustulatus (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 05–08. Зоофаг. Дендрохамехортобионт. Евро-казахстанский вид [7].

**Ch. renipustulatus (Scriba, 1790).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 05–08. Зоофаг. Дендрохамехортобионт. Трансевразиаатский вид [7].

**Coccinulla quatuordecimpustulata (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 05–07. Зоофаг. Хортобионт. Трансевразиаатский температный вид [7].

**Anisosticta novemdecimpunctata (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 09. Зоофаг. Хортобионт. Циркумтемператный вид [7].

**Calvia decemguttata (Linnaeus, 1767).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 06–08. Зоофаг. Дендрохамехортобионт. Трансевразиаатский температно-южносибирский вид [7].

**Hippodamia tredecimpunctata (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 08–09. Зоофаг. Хамехортобионт. Циркумбореальный вид [7].

**Coccinella hieroglyphica (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 05–09. Зоофаг. Дендрохамехортобионт. Трансевразиаатский температно-южносибирский вид [7].

**C. septempunctata (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 05–09. Зоофаг. Хортобионт. Трансевразиаатский температно-южносибирский вид [7].

**Семейство Latridiidae**

**Corticarina gibbosa (Herbst, 1793).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 05–08. Фитофаг. Полифаг. Хортобионт. Циркумбореальный вид [7].

**Семейство Oedemeridae**

**Chrysanthia geniculata (Heyden, 1877).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 05–09. Фитофаг. Полифаг (пыльца). Хамехортобионт. Евро-обский вид [7].

**Семейство Lagriidae**

**Lagria hirta (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 05–08. Сапрофитофаг. Дендрохамехортобионт. Евро-сибирский вид [7; 8].

**Семейство Chrysomelidae**

**Oulema gallaеiana (Heyden, 1870).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 05–09. Фитофаг. Полифаг. Тамнохортобионт. Европейский вид [7].

**Cryptocephalus labiatus (Linnaeus, 1761).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 06–08. Фитофаг. Олигофаг (*Vaccinium spp.*). Дендротамнохамехортобионт. Евро-сибирский вид [7].

**Lochmaea caprea (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 05–08. Фитофаг. Полифаг. Дендротамнохамебионт. Трансевразиатский [7; 8].

**L. suturalis (Thomson, 1866).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 04–05, 08–09. Фитофаг. Олигофаг (*Calluna vulgaris*). Хамебионт. Европейский вид [7; 8].

**Phyllotreta nemorum (Linnaeus, 1758).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 04–09. Фитофаг. Полифаг. Хортобионт. Трансевразиатский температурный вид [7].

**Ph. undulata (Kutschera, 1860).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 04–08. Фитофаг. Полифаг. Хортобионт. Трансевразиатский суббореальный вид [7].

**Aphthona euphorbiae (Schrank, 1781).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 04–08. Фитофаг. Полифаг. Хортобионт. Евро-сибирско-центральноазиатский вид [7; 8].

**Longitarsus parvulus (Paykull, 1799).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*. Период активности имаго – 04–08. Фитофаг. Полифаг. Хортобионт. Западно-центральнопалеарктический вид [8].

**L. pratensis (Panzer, 1784).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 05–09. Фитофаг. Полифаг. Хортобионт. Евро-казахстанский вид [7; 8].

**Altica palustris (Weise, 1888).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 04–09. Фитофаг. Полифаг (среди кормовых растений *Calluna vulgaris*). Тамнохамехортобионт. Западнопалеарктический вид [7; 8].

**Crepidodera aurata (Marshall, 1802).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 07. Фитофаг. Полифаг. Дендротамнобионт. Западно-центральнопалеарктический вид [7; 8].

**C. aurea (Geoffroy, 1785).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 05–09. Фитофаг. Полифаг. Дендробионт лиственных. Евро-сибирско-центральноазиатский вид [8].

**Chaetocnema breviscula (Faldermann, 1884).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 06–09. Фитофаг. Полифаг. Хамехортобионт. Евро-сибирский вид [2].

**Ch. mannerheimi (Gyllenhal, 1827).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 04–09. Фитофаг. Олигофаг (злаки, осоки, тростник). Хортобионт. Евро-сибирско-центральноазиатский вид [7; 8].

**Семейство Apionidae**

**Apion fulvipes (Geoffroy, 1785).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 05–08. Фитофаг. Полифаг. Хортобионт. Трансевразиатский температурно-южносибирский вид [7].

**A. seniculus (Kirby, 1808).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 05–08. Фитофаг. Полифаг. Дендрохортобионт. Евро-казахстанский вид [7].

**Семейство Curculionidae**

**Strophosoma capitatum (DeGeer, 1775).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Период активности имаго – 05–08. Фитофаг. Полифаг. Дендротамнохамебионт. Евро-обский вид [7].

**Hypera nigrirostris (Fabricius, 1775).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 05–06. Фитофаг. Олигофаг. Хортобионт. Западнопалеарктический вид [7].

**Rhynchaenus iota (Fabricius, 1787).** Отмечен на *Vaccinium uliginosum*. Период активности имаго – 05–07. Фитофаг. Олигофаг. Дендротамнохортобионт. Трансевразиатский температурно-южносибирский вид [7].

**Micrelus ericae (Gyllenhal, 1813).** Отмечен на *Vaccinium vitis-idaea*. Период активности имаго – 05–09. Фитофаг. Олигофаг (*Calluna vulgaris*). Хамебионт. Западнопалеарктический вид [7].

**Заключение.** Таким образом, выявлено 18 видов, 5 семейств отряда *Auchenorrhyncha*, 35 видов, 7 семейств отряда *Heteroptera*, 50 видов, 13 семейств отряда *Coleoptera* на дикорастущих ягодниках семейства *Vacciniaceae*.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Литвинова, А.Н. Насекомые сосновых лесов / А.Н. Литвинова, Т.П. Панкевич, Р.В. Молчанова. – Минск: Наука и техника, 1985. – 150 с.
2. Сушко, Г.Г. Насекомые в консорциях дикорастущих ягодников и других верескоцветных на верховых болотах Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко, В.В. Шкатуло // Весн. Віцебск. дзярж. ун-та. – 2013. – № 3(75). – С. 50–61.
3. Горленко, С.В. Болезни и вредители клюквы крупноплодной / С.В. Горленко, С.В. Буга. – Минск: Наука и техника, 1996. – 247 с.
4. Тихонов, В.Г. Чешуекрылые насекомые (Lepidoptera) – фитофаги черники (*Vaccinium myrtillus* L.) и голубики топяной (*Vaccinium uliginosum* L.): современное состояние изучения таксономического состава комплекса / В.Г. Тихонов // Труды Белорус. гос. ун-та. – 2014. – Т. 9, ч. 2. – С. 116–123.
5. Сушко, Г.Г. Полужесткокрылые (Insecta, Heteroptera) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко, А.В. Лукашук // Весн. Віцебск. дзярж. ун-та. – 2011. – № 2(62). – С. 54–60.
6. Borodin, O. A Checklist of the Auchenorrhyncha of Belarus / O. Borodin // Beiträge zur Zikadenkunde. – 2004. – № 7. – P. 29–47.
7. Coleoptera Poloniae [Electronic resource] / Information System about Beetles of Poland, 1971. – Mode of access: <http://www.coleoptera.ksib.pl>. – Date of access: 24.03.2012.
8. Database of Insects and their Food Plants [Electronic resource]. – 2011. – Mode of access: <http://www.brc.ac.uk>. – Date of access: 01.03.2011.
9. Nickel, H. The Leafhoppers and Planthoppers of Germany (Hemiptera Auchenorrhyncha): Patterns and strategies in a highly diverse group of phytophagous insects / H. Nickel. – Sofia–Moscow: Pensoft Publishers, 2003. – 460 p.
10. Fauna Europaea [Electronic resource] / European Commission, 2012. – Mode of access: <http://www.faunaeur.org>. – Date of access: 12.03.2017.
11. Klausnitzer, B. Insecta: Coleoptera: Scirtidae / B. Klausnitzer // Süßwasserfauna von Mitteleuropa; Heidelberg: Spektrum, Akademischer Verlag. – 2009. – Bd. 20/17. – 326 p.
12. Кержнер, И.М. Отряд Hemiptera – Полужесткокрылые, или клопы / И.М. Кержнер, Т.Л. Ячевский // Определитель насекомых Европейской части СССР. – М.–Л.: Наука, 1964. – Т. I. – 365 с.

## REFERENCES

1. Litviniva A.N., Pankevich T.P., Molchanova R.V. *Nasekomiye sosnovikh lesov* [Insects of Pine Woods], Minsk, Nauka i tekhnika, 1985, 150 p.
2. Sushko G.G., Shkatulo V.V. *Vestnik VGU* [Newsletter of Vitebsk State University], 2013, 3(75), pp. 50–61.
3. Gorlenko S.V., Buga S.V. *Bolezni i vrediteli kliukvi krupnoplodnoi* [Diseases and Pests of Cranberry], Minsk, Nauka i tekhnika, 1996, 247 p.
4. Tikhonov V.G. *Trudi BGU* [Works of Belarusian State University], 2014, 9, Part 2, pp. 116–123.
5. Sushko G.G., Lukashuk A.V. *Vestnik VGU* [Newsletter of Vitebsk State University], 2011, 2(62), pp. 54–60.
6. Borodin, O. A Checklist of the Auchenorrhyncha of Belarus / O. Borodin // Beiträge zur Zikadenkunde. – 2004. – № 7. – P. 29–47.
7. Coleoptera Poloniae [Electronic resource] / Information System about Beetles of Poland, 1971. – Mode of access: <http://www.coleoptera.ksib.pl>. – Date of access: 24.03.2012.
8. Database of Insects and their Food Plants [Electronic resource]. – 2011. – Mode of access: <http://www.brc.ac.uk>. – Date of access: 1.03.2011.
9. Nickel, H. The Leafhoppers and Planthoppers of Germany (Hemiptera Auchenorrhyncha): Patterns and strategies in a highly diverse group of phytophagous insects / H. Nickel. – Sofia–Moscow: Pensoft Publishers, 2003. – 460 p.
10. Fauna Europaea [Electronic resource] / European Commission, 2012. – Mode of access: <http://www.faunaeur.org>. – Date of access: 12.03.2017.
11. Klausnitzer, B. Insecta: Coleoptera: Scirtidae / B. Klausnitzer // Süßwasserfauna von Mitteleuropa; Heidelberg: Spektrum, Akademischer Verlag. – 2009. – Bd. 20/17. – 326 p.
12. Kerzhner I.M., Yachevski T.L. *Opredelitel nasekomikh Yevropeiskoi chasti SSSR* [Directory of Insects of the European Part of the USSR], M.–L., Nauka, 1964, I, pp. 163–365.

Поступила в редакцию 02.05.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: [ok.hohlwa-eco@yandex.by](mailto:ok.hohlwa-eco@yandex.by) – Хохлова О.И.

## Анализ распространения инвазивных борщевиков на территории Дубровенского района Витебской области

Ю.И. Высоцкий, Л.М. Мерзвинский, А.Б. Торбенко, Ю.И. Новикова,  
С.Э. Латышев, И.М. Морозов

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

*В статье приводятся данные о распространении борщевика на территории Дубровенского района Витебской области, характеризуются состояние отдельных очагов инвазии и их распределение по разным типам земель.*

*Цель исследования – изучить распространение борщевика по территории района, охарактеризовать состояние отдельных очагов инвазии, создать ГИС и векторные карты очагов инвазии борщевика.*

**Материал и методы.** *Материалом являлись инвазивные популяции борщевика на территории Дубровенского района. Эколого-флористические исследования проводились детально-маршрутным методом с применением GPS-навигации; обработка результатов осуществлялась с использованием ГИС-технологий и ГИС-картографирования, решение статистических и расчетных задач с применением электронной карты.*

**Результаты и их обсуждение.** *Созданы картографическая база данных распространения борщевика в программе OziExplorer и ГИС в программе MapInfo. Проведен ГИС-анализ распространения борщевика по территории района, распределения земель, засоренных борщевиком, по землепользователям. Определено состояние обследованных колоний борщевика и фитоценозов в местах его произрастания.*

*При инвентаризации мест произрастания борщевика зарегистрированы GPS-координаты 45 колоний борщевика, состоящие из 55 очагов общей площадью 12,3 га, из них земли гослесфонда – 2%, земли для обслуживания дорог (дорожные откосы и придорожные канавы) – 17%, земли населенных пунктов – 19%, земли сельхозпредприятий – 62%.*

*Состояние колоний борщевика в Дубровенском районе: доминирует – 15% (площадь 18160 м<sup>2</sup>), прогрессирует – 56% (69357 м<sup>2</sup>), стабилен – 14% (16920 м<sup>2</sup>), угнетен – 3% (3724,5 м<sup>2</sup>), сильно угнетен – 12% (15159 м<sup>2</sup>).*

**Заключение.** *За прошедшие 7 лет успехов в борьбе с распространением борщевика не достигнуто. По сравнению с 2011 г. в 2016 г. площади, засоренные борщевиком, увеличились в 7,7 раза – с 1,6 га до 12,3 га.*

**Ключевые слова:** *борщевик, гербициды, ГИС, ГИС-технологии, инвазивные популяции, инвентаризация, карта распространения, колонии борщевика, места произрастания, очаги инвазии.*

## Analysis of the Spread of Invasive Cowberry on the Territory of Dubrovno District of Vitebsk Region

Yu.I. Vysotski, L.M. Merzhvinski, A.B. Torbenko, Yu.I. Novikova, S.E. Latyshev, I.M. Morozov  
Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

*Data on Cowberry spread on the territory of Dubrovno District of Vitebsk Region is presented in the article. State of some invasion hotbeds is characterized as well as their distribution in different soils.*

*The research purpose is to study the spread of Cowberry on the territory of the District, to characterize the state of some invasion hotbeds, to design computer and vector maps of Cowberry invasion hotbeds.*

**Material and methods.** *The research object was Cowberry invasive populations on the territory of Dubrovno District. The environmental and floristic studies were conducted with the application of the detail and route method with GPS-navigation; the findings were processed with Geo-Information (GIS) technologies and GIS cartography; statistic and calculation problems were done with the help of the computer map.*

**Findings and their discussion.** *OziExplorer cartography data base of Cowberry spread was elaborated. MapInfo GIS was designed. GIS-analysis of Cowberry spread on the territory of the District was conducted, as well as the distribution of Cowberry areas among farms. The state of the investigated Cowberry colonies is identified as well as the state of phytocenoses in the areas of its growing.*

*As a result of the inventory of Cowberry areas GPS coordinates of 45 Cowberry colonies were registered which consist of 55 hotbeds covering the area of 12,3 hectares. These include 2% of state woods, 17% of road attached areas, 19% of settlement areas, 62% of farm land.*

*The state of Cowberry colonies in Dubrovno District can be characterized as follows: dominating 15% (18160 m<sup>2</sup>), progressing 56% (69357 m<sup>2</sup>), stable 14% (16920 m<sup>2</sup>), depressed 3% (3724,5 m<sup>2</sup>), very depressed 12% (15159 m<sup>2</sup>).*

**Conclusion.** *There has been no success in fighting with the spreading of Cowberry in the recent 7 years. Compared to 2011 there has been 7,7 times increase in Cowberry areas in 2016, from 1,6 to 12,3 hectares.*

**Key words:** *Cowberry, herbicides, Geo Information Systems (GIS), GIS-technologies, invasive populations, inventory, spreading map, Cowberry colonies, area of growing, invasion hotbeds.*

**Н**а территории Витебской области площадь земель, засоренных борщевиком, – самая большая в республике, и поэтому необходимо предпринимать конструктивные меры по минимизации его распространения.

Мероприятия по борьбе с распространением борщевика Сосновского проводятся на основе «Плана действий по предотвращению и минимизации ущерба от распространения чужеродного вида растения – борщевика Сосновского» № 06/214 от 4 октября 2008 года, двух постановлений Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь: 1) «О некоторых вопросах регулирования интродукции и (или) акклиматизации дикорастущих растений» № 106 от 28 ноября 2008 г., 2) «О некоторых вопросах регулирования распространения и численности видов дикорастущих растений» № 2 от 10 января 2009 г., а также «Положения о порядке проведения мероприятий по регулированию распространения и численности видов растений, распространение и численность которых подлежат регулированию», утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1002 от 07 декабря 2016 г. [1–4].

Настоящим Положением, разработанным в соответствии с частью третьей статьи 26 Закона Республики Беларусь от 14 июня 2003 года «О растительном мире» (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2003 г., № 73, 2/954), определяется порядок проведения мероприятий по регулированию распространения и численности видов растений, распространение и численность которых подлежат регулированию.

Мероприятия проводятся в целях охраны жизни и здоровья граждан, охраны и защиты объектов животного мира и среды их обитания, объектов растительного мира и среды их произрастания, охраны водных объектов, охраны окружающей среды в целом, а также предотвращения причинения вреда отдельным отраслям экономики.

Мероприятия включают:

- проведение полевых обследований территории в целях выявления мест произрастания растений, относящихся к видам, распространение и численность которых подлежат регулированию (далее – полевые обследования);
- разработку и утверждение районного плана мероприятий;
- проведение работ по регулированию распространения и численности видов растений в соответствии с районным планом мероприятий.

Несмотря на ежегодно принимаемые меры по сдерживанию численности борщевика за период с 2011 по 2015 год, они оказались малопродуктивными. Возникали новые очаги инвазии, расширялись многие старые колонии.

В 2016 г. ВГУ имени П.М. Машерова выполнялась НИР «Оценка угроз распространения инвазивных видов бальзамин, борщевик, золотарник на территории Витебской области, молекулярно-генетическое изучение их таксономического состава» в рамках ГПНИ «Природопользование и экология», п/п 2 «Биоразнообразие, биоресурсы, экология», комп/задание 2.05 «Оценка угроз и разработка системы рисков от внедрения инвазивных видов в нативные сообщества как элемент экологической безопасности Республики Беларусь».

В ходе работы в 2016 г. была проведена инвентаризация мест произрастания борщевика в Дубровенском районе.

Цель исследования – с применением GPS-навигации и ГИС-технологий выявить площадь распространения инвазивных видов рода борщевик.

Задачи: провести инвентаризацию местообитаний борщевика, создать картографическую базу данных распространения борщевика в программе *OziExplorer* и ГИС распространения борщевика в Дубровенском районе, провести ГИС-анализ данных мониторинга очагов инвазии.

**Материал и методы.** Материалом являлись очаги инвазии борщевика на территории Дубровенского района. Для разработки маршрута полевых исследований использовались ведомственные данные Витебского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды о местах произрастания колоний борщевика.

Эколого-флористические исследования проводились детально-маршрутным методом с применением GPS-навигации; обработка результатов осуществлялась с использованием ГИС-технологий и ГИС-картографирования, решение статистических и расчетных задач с применением электронной карты.

**Результаты и их обсуждение.** По сведениям инспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды, в 2011 г. в Дубровенском районе зарегистрированы 9 мест произрастания борщевика у 6 землевладельцев общей площадью 1,6 га.

В течение лета эти площади несколько раз скошены (всего 2,6 га), перепахано 1,6 га земель зараженных борщевиком.

В 2012 г. на учете: мест – 10, пользователей – 6, площадь – 1,4 га, удалено – 4,9 га, ликвидировано мест произрастания – 5 на площади 0,03 га, выявлено новых мест произрастания – 0.

В 2013 г. на учете: мест – 14, пользователей – 8, площадь – 8,9 га, удалено – 8,9 га, ликвидировано мест произрастания – 0, выявлено новых мест – 4 площадью 7,3 га.

В 2014 г. на учете: мест – 14, пользователей – 8, площадь – 8,9 га, удалено – 8,9 га, ликвидировано мест произрастания – 0, выявлено новых мест произрастания – 0.

В 2015 г. на учете: мест – 14, пользователей – 8, площадь – 8,9 га, удалено – 8,9 га, ликвидировано мест произрастания – 0, выявлено новых мест произрастания – 0.

В 2016 г. на учете: мест – 14, пользователей – 8, площадь – 8,9 га, удалено – 18,5 га, ликвидировано мест произрастания – 0, выявлено новых мест произрастания – 0.

При инвентаризации очагов инвазии в августе 2016 г. зарегистрированы GPS-координаты 45 колоний борщевика, состоящие из 55 очагов (мест произрастания) общей площадью 12,3 га у 9-ти землевладельцев, что значительно больше числа официальных данных о распространении инвазии. Это говорит о формальном учете и недостаточном контроле над выполнением мероприятий по ограничению численности колоний и площади распространения инвазии.

На территории Дубровенского района места произрастания борщевика сосредоточены в юго-восточной части и находятся в 5 центрах распространения инвазии. Эти центры приурочены к хозяйственным дворам ферм в д. Демьянково, Сватошицы, Сепищево, Станислово, Чубаково (рис. 1).

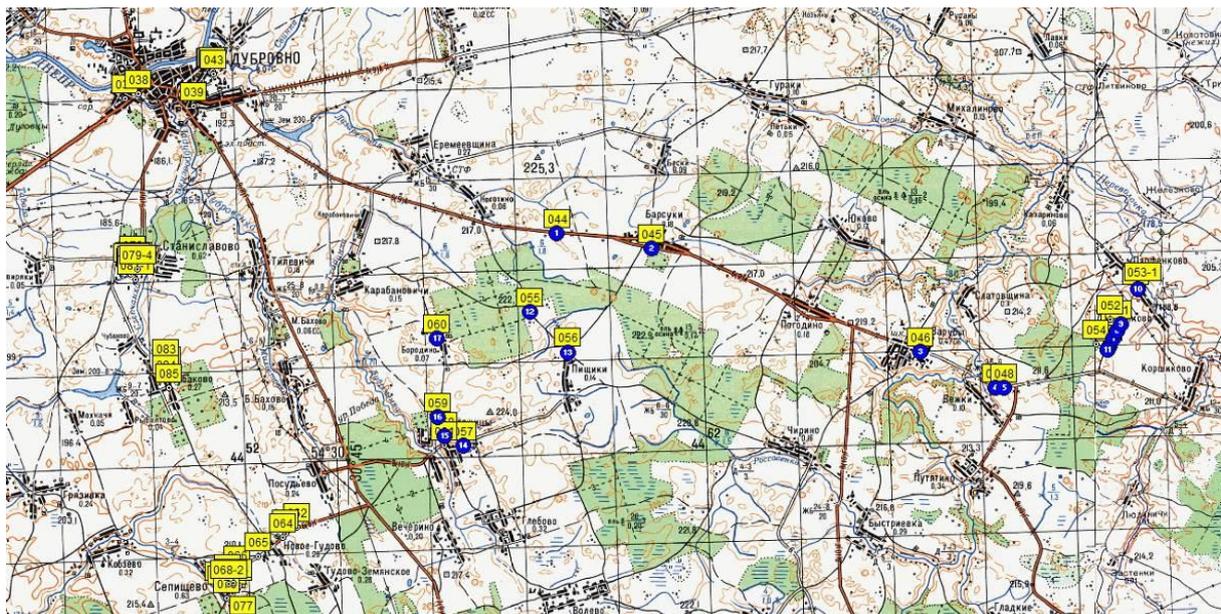


Рис. 1. Очаги распространения борщевика в Дубровенском районе.

На основании полевых исследований распространения борщевика были созданы картографическая база данных распространения борщевика в программе *OziExplorer* и ГИС в программе *MapInfo*. Средствами ГИС проведен анализ распространения борщевика по территории района, распределения земель, засоренных борщевиком, по землевладельцам, состояния обследованных колоний и фитоценозов в местах произрастания борщевика, а также состояния инвазивного вида по отношению к растительному сообществу в месте произрастания.

На территории Дубровенского района из 45 зарегистрированных колоний борщевика 36 относится к малым колониям (до 3500 м<sup>2</sup>), 5 – к колониям средних размеров (до 1 га), 5 – к колониям большого размера (площадь > 1 га).

По землевладельцам площади, занятые борщевиком, распределились следующим образом: г.п. Дубровно – 2% (площадь 2409 м<sup>2</sup>), ГЛХУ «Оршанский лесхоз» – 2% (2615 м<sup>2</sup>), Добрынский с/с – 2% (2233,6 м<sup>2</sup>),

КПРСУП «Витебскоблдорстрой» – 16% (20546 м<sup>2</sup>), КСХУП «Зарубы» – 17% (20613,6 м<sup>2</sup>), КУПСХП «Первомайское» – 30% (36895 м<sup>2</sup>), Малабаховский с/с – 14% (16965,5 м<sup>2</sup>), ОАО «Правда-С» – 16% (19653 м<sup>2</sup>), Осинторфский с/с – 1% (1388,5 м<sup>2</sup>).

По категориям земель площади, занятые борщевиком, распределились так: земли гослесфонда – 2%, земли для обслуживания дорог (дорожные откосы и придорожные канавы) – 17%, земли населенных пунктов – 19%, земли с/х назначения – 62%.

Колонии борщевика были зафиксированы в следующих населенных пунктах:

- Добрынинский с/с: д. Бородино – 919 м<sup>2</sup>, д. Сватошицы – 1315 м<sup>2</sup>;
- г.п. Дубровно – 2409 м<sup>2</sup>;
- Малабаховский с/с: д. Сепищево – 15895 м<sup>2</sup>, д. Станислово – 738 м<sup>2</sup>, д. Чубаково – 333 м<sup>2</sup>;
- Осинторфский с/с: д. Поселок № 10 – 1388 м<sup>2</sup>.

В д. Сепищево сложилась критическая ситуация в связи с тем, что прямо в деревне расположена ферма, вокруг которой самая большая популяция борщевика в районе. Борщевик расселился вдоль всех улиц и по всем пустующим подворьям.

В ходе инвентаризации мест произрастания борщевика для классификации колоний борщевика по пространственному расположению нами были выделены 5 типов колоний: площадные, пятнистые, ленточные, ленточно-пятнистые, точечные.

По окружающей растительности нами выявлены 6 градаций взаимозависимых состояний инвазивного вида и лугового фитоценоза в очаге инвазии. Для описания колоний предложено 6 категорий состояния колоний борщевика: доминирует, прогрессирует, стабилен, угнетен, сильно угнетен, уничтожен (табл. 1) [5].

Таблица 1

**Градации состояния очага произрастания борщевика и лугового фитоценоза**

Градации для описания состояния мест произрастания борщевика		
№	Состояние колонии борщевика	Состояние лугового фитоценоза
1.	Доминирует: борьбы с расселением нет, ежегодно обсеменяется. Сформировалась сплошная монодоминантная заросль борщевика. Очаг занял всю площадь, происходит расширение на прилегающую территорию	Полное разрушение и замещение на сплошную монодоминантную заросль борщевика
2.	Прогрессирует: борьба с расселением проводится нерегулярно или только на части очага. Ежегодно дает новые семена. Расширяет площадь, образует новые дочерние колонии, формирующие пятна зарослей борщевика	Деградация лугового фитоценоза, бурьянизация, появление пятен монодоминантной заросли борщевика. Резкое уменьшение количества видов типовой луговой растительности и увеличение числа видов сорных растений
3.	Стабилен: скашивается 1 раз, дает повторное цветение, единичные экземпляры обсеменяются. Расширения площади нет, но нет и сокращения	Внедрение борщевика в луговой фитоценоз до 50% проективного покрытия. Фитоценоз в равновесии и сдерживает распространение борщевика
4.	Угнетен: борьба с расселением ведется регулярно. Постоянное скашивание не допускает созревания семян. Истощение и гибель отдельных растений борщевика. Происходит уменьшение проективного покрытия и общей площади очага или распадение заросли на отдельные пятна	Внедрение борщевика в луговой фитоценоз снижается до 30–40% проективного покрытия. Происходит увеличение количества видов аборигенной луговой растительности
5.	Сильно угнетен: борьба с расселением проводится регулярно. Кроме кошения применяется химобработка гербицидом или обработка почвы – дискование или перепашка скошенного очага. Но по краям очага сохраняются растения с семенами, есть выжившие после дискования и перепашки	Луговой фитоценоз уничтожен гербицидом или обработкой почвы. Бурьянизация, замещение луговых трав высокорослыми сорными растениями
6.	Борщевик уничтожен: проведена химобработка очага гербицидом или перепашка с последующим посевом трав или зерновых культур	Замещение на агроценоз или на культурный сенокос из многолетних трав

По категориям состояния колонии борщевика в Дубровенском районе распределились следующим образом (диаграмма 1): доминирует – 15% (площадь 18160 м<sup>2</sup>), прогрессирует – 56% (69357 м<sup>2</sup>), стабилен – 14% (16920 м<sup>2</sup>), угнетен – 3% (3724,5 м<sup>2</sup>), крайне угнетен – 12% (15159 м<sup>2</sup>) (рис. 2).

Соотношение состояния колоний борщевика по Дубровенскому району



Рис. 2. Диаграмма 1.

Доля разных мероприятий по борьбе с распространением борщевика к общей площади земель, засоренных этим вредоносным видом, отражена в диаграмме 2 (рис. 3).

Соотношение пораженных борщевиком площадей (м<sup>2</sup>) и мероприятий по его уничтожению



Рис. 3. Диаграмма 2.

Состояние колоний борщевика на землях разных категорий показано в табл. 2.

Таблица 2

Состояние колоний борщевика на землях разных категорий

Категории земель	Состояние колоний борщевика				
	Доминирует (м <sup>2</sup> )	Прогрессирует (м <sup>2</sup> )	Стабилен (м <sup>2</sup> )	Угнетен (м <sup>2</sup> )	Сильно угнетен (м <sup>2</sup> )
Земли гослесфонда	0	2615,402	0	0	0
Земли н/п	1388,477	20729,54	542,25	336,585	0
Земли с/х назначения	14852,6	28220,86	15541,32	3387,895	15159,2
Земли транспорта	1918,697	17790,83	836,379	0	0

Соотношение площадей земель, пораженных борщевиком, и объема проводимых мероприятий по борьбе с его распространением на разных категориях земель отражено в табл. 3.

Таблица 3

**Объемы мероприятий по борьбе с борщевиком на разных категориях земель**

Категории земель	Площадь земель, где проводились мероприятия по борьбе с борщевиком (м <sup>2</sup> )				Общая площадь земель (м <sup>2</sup> )
	кошение	кошение, перепахка	частичное кошение	мероприятия не проводятся	
Земли гослесфонда	0	0	2615,402	0	2615,402
Земли н/п	2203,608	0	2189,565	18603,68	22996,849
Земли с/х предприятий	9849,237	15215,63	22457,26	29369,75	77161,875
Земли транспорта	836,379	0	19709,53	0	20545,91

Анализ состояния обследованных мест произрастания борщевика и результативности проводимых мероприятий по предотвращению его неконтролируемого распространения позволил выявить наиболее вероятные пути дальнейшей экспансии борщевика.

Установлено, что новые колонии борщевика возникают вследствие невыполнения разработанных в 2010 г. планов мероприятий по ограничению его распространения: несвоевременного скашивания обочин и придорожных полос, большого количества заброшенных пахотных земель, невовлечения в хозяйственный оборот территорий закрытых ферм и заброшенных подворий в вымирающих деревнях. В результате идет быстрый разнос семян борщевика транспортом и водными потоками вдоль грунтовых дорог и пойм ручьев, распространение ветром по брошенным участкам неперспективных деревень и пустырям на местах бывших сельхозпостроек. Это особенно актуально для Белорусского Поозерья с большим количеством неудобий, косогоров, оврагов, заброшенных малокоштных полей, которые стали основными плацдармами для продвижения и расширения инвазивных колоний борщевика [6; 7].

**Заключение.** В результате работы созданы ГИС, карта распространения борщевика по территории Дубровенского района Витебской области, картосхемы очагов инвазии по землепользователям и составлена карта прогноза расселения колоний борщевика с учетом конкретных путей распространения разных популяций.

По сравнению с данными 2011 г. на момент инвентаризации в августе 2016 г. площади, засоренные борщевиком, увеличились в 7,7 раза – с 1,6 га до 12,3 га.

На территории Дубровенского района 71% очагов относится к прогрессирующей и доминирующей категории, 14% стабильны, 16% в угнетенном и сильно угнетенном состоянии, полностью уничтоженных очагов борщевика нет.

На трети площадей проводится частичное скашивание очагов, что позволяет колонии пополнять запас семян и продолжать экспансию и захват новых территорий. На землях населенных пунктов на 80% площадей не проводились никакие мероприятия по борьбе с распространением борщевика.

Более чем на трети площадей очагов никакой борьбы не ведется, на момент обследования борщевик стоял стеной с созревшими семенами, что пополнило землю сотнями тысяч новых диаспор. Большой запас семян позволит борщевiku в 2017 году и в последующее время значительно увеличить занимаемую площадь.

Для сокращения площадей земель, засоренных борщевиком, необходимо регулярно и в полном объеме выполнять все запланированные мероприятия по борьбе с вредоносным растением.

*ЛИТЕРАТУРА*

1. План действий по предотвращению и минимизации ущерба от распространения чужеродного вида растения – борщевика Сосновского: постановление Совета Министров Респ. Беларусь № 06/214 от 4.10.2008 г. – Минск, 2008.
2. О некоторых вопросах регулирования интродукции и (или) акклиматизации дикорастущих растений: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь № 106 от 28 нояб. 2008 г. – Минск, 2008.
3. О некоторых вопросах регулирования распространения и численности видов дикорастущих растений: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь № 2 от 10 янв. 2009 г. – Минск, 2009.
4. Положение о порядке проведения мероприятий по регулированию распространения и численности видов растений, распространение и численность которых подлежат регулированию: постановление Совета Министров Респ. Беларусь № 1002 от 07 дек. 2016 г. – Минск, 2016.
5. Отчет о научно-исследовательской работе (промежуточный) по заданию «Оценка угроз распространения инвазивных видов бальзамин, борщевик, золотарник на территории Витебской области, молекулярно-генетическое изучение их таксономического состава»: ВГУ имени П.М. Машерова. – Витебск, 2016. – С. 226–227.

6. Высоцкий, Ю.И. Очаги инвазии борщевика в восточных районах Витебской области / Ю.И. Высоцкий // Экологическая культура и охрана окружающей среды: II Дорофеевские чтения: материалы междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 29–30 нояб. 2016 г. // Витеб. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2017. – С. 56–57.
7. Высоцкий, Ю.И. Анализ инвазии борщевика на территории Дубровенского района Витебской области / Ю.И. Высоцкий, Л.М. Мерзвинский, А.Б. Торбенко, П.Ю. Колмаков, В.М. Коцур, С.Э. Латышев, И.М. Морозов // Наука – образованию, производству, экономике: материалы XXII(69) Регион. науч.-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 9–10 февр. 2017 г.: в 2 т. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2017. – Т. 1. – С. 50–52.

REFERENCES

1. *Plan deistvii po predotvrashcheniyu i minimizatsii ushcherba ot rasprostraneniya chuzherodnogo vida rasteniya – borshchevika Sosnovskogo, Postanovleniye Soveta ministrov RB № 06/214 ot 4.10.2008 g.* [Plan of Actions on Prevention and Minimization of the Damage from the Spread of the Alien Species Plant of Cowberry, № 06/214 4.10.2008 Council of Ministers of the Republic of Belarus Decree], Minsk, 2008.
2. *O nekotorykh voprosakh regulirovaniya introduksii i (ili) akklimatizatsii dikorastushchikh rastenii, Postanovleniye Ministerstva prirodnikh resursov i okhrani okruzhayushchei sredi Respubliki Belarus № 106 ot 28 noyabrya 2008 g.* [On Some Issues of Regulation of Wild Plant Introduction and (or) Acclimatization, November 28, 2008 № 106 Decree of Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus], Minsk, 2008.
3. *O nekotorykh voprosakh regulirovaniya rasprostraneniya i chislennosti vidov dikorastushchikh rastenii, Postanovleniye Ministerstva prirodnikh resursov i okhrani okruzhayushchei sredi Respubliki Belarus № 2 ot 10 yanvaria 2009 g.* [On Some Issues of Regulation of the Spread and the Number of Wild Plant Species, January 10, 2009 № 2 Decree of Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus], Minsk, 2009.
4. *Polozheniye o poriadke provedeniya meropriyatii po regulirovaniyu rasprostraneniya i chislennosti vidov rastenii, rasprostraneniye i chislennost kotorikh podlezhit regulirovaniyu, Postanovleniye Soveta Ministrov Respubliki Belarus № 1002 ot 07 dekabrya 2016 g.* [Regulation on the Order of Events which Settle the Spread and the Number of Plant Species, the Spread and the Number of which is to be Regulated, December 7, 2016 № 1002 Decree of the Council of Ministers of the Republic of Belarus], Minsk 2016.
5. *Otchet o nauchno-issledovatel'skoi rabote (promezhutochnii) po zadaniyu «Otsenka ugroz rasprostraneniya invazivnykh vidov balzamin, borshchevik, zolotarnik na territorii Vitebskoi oblasti, molekuliarno-geneticheskoye izucheniye ikh taksonomicheskogo sostava»: VGU imeni P.M. Masherova* [Interim Scientific Research Report on «Evaluation of Threats of the Spread of Invasive Species of Balsam, Goldenroot, Cowberry on the Territory of Vitebsk Region, Molecular and Genetic Study of their Taxonomic Composition», Vitebsk, 2016, pp. 226–227.
6. Vysotski Yu.I. *Ekologicheskaya kultura i okhrana okruzhayushchei sredi: II Dorofeyevskiy chteniya: materialy Mezhdunar. i nauch.-prakt. konf., Vitebsk, 29–30 noyabrya 2016 g.* [Ecological Culture and Environmental Protection: II Dorofeyev Readings: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Vitebsk, November 29–30, 2016], Vitebsk, Vitebsk State P.M. Masherov University, 2017, pp. 56–57.
7. Vysotski Yu.I., Merzhvinski L.M., Torbenko A.B., Kolmakov P.Yu., Kotsur V.M., Latyshev S.E., Morozov I.M. *Nauka – obrazovaniyu, proizvodstvu, ekonomike: materialy XXII(69) Region. nauch.-prakt. konf. prepodavatelei, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov, Vitebsk, 9–11 fevralia 2017 g.* [Science – for Education, Industry, Economy: Proceedings of the XXII(69) Regional Scientific and Practical Conference of Teachers, Scholars and Postgraduate Students, Vitebsk, February 9–10, 2017], Vitebsk, Vitebsk State P.M. Masherov University, 2017, 1, pp. 50–52.

Поступила в редакцию 17.04.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: leonardm@tut.by – Мерзвинский Л.М.

## Влияние оздоровительной гимнастики Тай-бо на показатели психофизиологической адаптации студентов-первокурсников в условиях вуза

**О.Н. Малах\*, С.А. Сморгунув\*, Д.Э. Шкирьянов\*\*, Ж.А. Позняк\*\***

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

*\*\*Учреждение образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»*

*Значительное увеличение объема научной информации, включаемой в учебные предметы, усилило психофизиологическую перегрузку студентов, снизило их двигательную активность и уровень здоровья в условиях высшего образования медицинского профиля. Необходимость в разработке и обосновании новых средств и форм оздоровительной физической культуры становится актуальным.*

*Цель статьи – изучение влияния оздоровительной гимнастики Тай-бо на показатели психофизиологического статуса студентов-первокурсников в условиях вуза.*

**Материал и методы.** *В исследовании принимали участие 90 студентов (девушки) первого курса УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет». Испытуемые были поделены на две группы (контрольная и экспериментальная). Девушки контрольной группы занимались физической культурой согласно учебной программе по физическому воспитанию учреждений высшего образования (учебная программа «Физическая культура» УО «ВГМУ» № УД 068/уч.). В экспериментальной группе проводились занятия в рамках модуля «Прикладная физическая культура», т.е. курса оздоровительной аэробики на основе упражнений Тай-бо («Оздоровительная гимнастика (Тай-бо)» № УД-054/уч.). Все девушки дважды (в начале и в конце учебного года) прошли психофизиологическое обследование с определением вегетативного статуса по variability сердечного ритма, теппинг-тест, корректурную пробу Бурдона, тест Мюнстерберга, а также обследование с определением личностной шкалы проявлений тревоги Дж. Тейлора в обработке Т.А. Немчина, тест САН (В.А. Доскин). Были выявлены уровень физической подготовленности по данным контрольно-педагогического тестирования и уровень физического здоровья по экспресс-методу Г.Л. Апанасенко.*

**Результаты и их обсуждение.** *У студенток экспериментальной группы, занимающихся оздоровительной гимнастикой Тай-бо, к концу учебного года снизился уровень тревожности, повысились показатели концентрации внимания, увеличилось количество первокурсниц со стабильным и средне-сильным типами нервной системы (75,6%). Отмечена динамика в процентном соотношении в уровнях физического здоровья по Г.Л. Апанасенко (увеличился процент с 18,8% до 50% студенток со средним уровнем здоровья) и физической подготовки (выявлена тенденция к увеличению количества первокурсников со средним и выше среднего уровнем).*

**Заключение.** *Занятия оздоровительной гимнастикой Тай-бо способствуют оптимизации психофизиологического статуса студенток, что обосновывает целесообразность их использования в педагогическом процессе физического воспитания в вузе.*

**Ключевые слова:** *оздоровительная гимнастика Тай-бо, студентки, психофизиологическое тестирование, динамика функционального состояния, здоровье, физическая подготовка.*

## Influence of Tai-Bo Health Gymnastics on the Parameters of Psychophysical Adaptation of First-Year University Students

**O.N. Malakh\*, S.A. Smorgunov\*, D.E. Shkiryanov\*\*, Zh.A. Pozniak\*\***

*\*Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»*

*\*\*Educational Establishment «Vitebsk State Order of Peoples Friendship Medical University»*

*Considerable increase in scientific information, which is included into academic courses, has increased students' psychophysical load, reduced their motor activity and health in the conditions of the medical university. It is necessary to develop and substantiate new ways and forms of healthy physical training.*

*The purpose of the article is to study the influence of Tai-Bo health gymnastics on the parameters of psychophysical state of*

first-year university students.

**Material and methods.** 90 first-year girl students of Vitebsk State Order of Peoples friendship participated in the study. They were divided into two groups, the control and the experimental ones. The control group girls had physical training classes according to university Physical Training curriculum (NoUD 068/uch. «Physical Training» UO «VGMU»). The experimental group classes were conducted according to Module «Applied Physical Training», i.e. health aerobics course of Tai-Bo («Health gymnastics (Tai-Bo)» № UD-054/uch.). All the girls had psychophysical examination twice (at the beginning and at the end of the academic year) with the identification of their vegetative status on the variability of the heart rhythm, a tapping test, the correction test of Burdon, Munsterberg test, personality scale of anxiety manifestation by J. Tellor in the interpretation of T.A. Nemchin, the SAN test by V.A. Doskin. The level of physical readiness according to the data of the control and pedagogical testing as well as the level of physical health according to the express method of G.L. Apanasenko were identified.

**Findings and their discussion.** By the end of the academic year the experimental group students, who had Tai-Bo classes, demonstrated the reduction in anxiety level, attention concentration parameters increase; the number of first-year students with the stable and average-strong types of nervous system (75,6%) increased. The percentage correlation dynamics of the levels of physical health according to G.L. Apanasenko was identified (there was a 18,8% to 50% increase of students with the average health level) and that of physical readiness (the tendency of a greater number of first-year students with the average and upper average levels was identified).

**Conclusion.** Tai-Bo health gymnastics classes improve the optimization of girl students' psychophysical status, which proves their necessity in the university academic process of Physical Training.

**Key words:** Tai-Bo health gymnastics, girl students, psychophysical test, dynamics of functional state, health, physical training.

На протяжении последних десятилетий специалистов волнует проблема здоровья и физической подготовленности студентов. Статистика свидетельствует, что постоянно увеличивается число студентов с ослабленным здоровьем. Лица, входящие в группу риска или имеющие хронические заболевания, составляют 91,5%, среди которых 67,0% имеют наследственную предрасположенность к заболеваниям различной этиологии. В структуре хронической заболеваемости первое место приходится на заболеваемость органов пищеварения – 28,8%; второе – органов дыхания – 23,5%; третье – системы кровообращения – 7,9%; четвертое – мочеполовой системы – 7,3%; пятое – опорно-двигательной системы – 5,7%. Растет число студентов, поступивших на первый курс, отнесенных по состоянию здоровья к специальной медицинской группе [1]. Наряду с имеющимися место негативными влияниями на физическое состояние и здоровье людей различных экологических и социально-экономических условий и образа жизни одной из ведущих причин возникновения этой проблемы является бурный рост научно-технического прогресса, значительно снизивший их двигательную активность. Стремительный рост объема научной информации, включаемой в учебные предметы, увеличивает перегрузку студентов, что вызывает у них переутомление, снижает двигательную активность и приносит большой вред здоровью. В еще большей степени эти проблемы обостряются у многочисленного контингента студентов учреждения высшего образования (УВО) медицинского профиля. Занятость учебными делами у них превышает занятость студентов в УВО других профилей [2]. К числу факторов, которые вносят определенный «вклад» в развитие у студентов-медиков патологии различной этиологии, относятся: наследственная предрасположенность к различным заболеваниям, постоянное проживание в областном центре, стесненные условия, уменьшение жилой площади на одного человека, обучение на старших курсах, что обусловлено совмещением учебы с работой [3]. Однако объективные признаки условий и образа жизни опосредованно влияют на состояние здоровья студентов высшего медицинского образовательного учреждения. Их воздействие является сугубо индивидуальным, и вероятность развития того или иного заболевания зависит как от адаптационных возможностей организма, так и факторов риска. Последние если непосредственно не вызывают болезни, однако, с определенной долей вероятности, влияют на состояние здоровья студентов, и это влияние неравномерно [4]. В учреждениях высшего образования контингент обучающихся относится к юношескому и молодежному возрастам. Организуя и проводя занятия с данным контингентом обучающихся, необходимо принять во внимание их возрастные морфофункциональные и психологические особенности. Медико-биологическими исследованиями установлено, что у студентов при завершении роста тела в длину продолжается морфофункциональное развитие организма. Наблюдается увеличение массы тела, окружности и экскурсии грудной клетки, жизненной емкости легких, мышечной силы, физической работоспособности. В этот период биологического развития, период завершения становления организма молодого человека, его организм обладает достаточно высокой пластичностью, адаптацией к физическим нагрузкам. Физическое воспитание приобретает значение эффективного формирующего фактора здорового образа жизни при направленном применении средств и методов в соответствии с индивидуальными данными физического развития и физической подготовленности студентов. Для студентов УВО медицинского профиля значение здорового образа жизни значительно возрастает в связи с особенностями учебной деятельности и спецификой будущей профессии [2], однако их относительно невысокая активность, включение в непрерывное пополнение своих знаний о физической культуре, а также положение здоровья на вершине жизненных потребностей для них носят скорее теоретический аспект, так как на практике оно занимает в рейтинге жизненных ценностей далеко не первые позиции [5]. Несмотря на постоянное улучшение системы физического вос-

питания в УВО, показатели физической подготовленности и состояния здоровья студентов, если рассматривать их как один из важнейших критериев качества педагогического процесса, остаются пока нерешенной проблемой. В ряде исследований [2] доказано, что в традиционном физическом воспитании и при организационно-методических условиях его реализации в процессе академических занятий физической культурой в УВО к окончанию первого курса показатели физической подготовленности студентов остаются практически на прежнем уровне, а к окончанию второго курса отмечается даже достоверное ухудшение показателей развития физических качеств; в дальнейшем на старших курсах не выявляется никаких достоверных изменений в параметрах физической подготовленности [6].

В настоящее время образовательные задачи физического воспитания, связанные с обучением знаниям, методическим умениям и навыкам, решаются, как правило, недостаточно эффективно. Это является следствием исторически сложившегося узко утилитарного «нормативного» подхода к физическому воспитанию как средству физической подготовки молодежи. При таком подходе норматив, отражающий уровень физической подготовленности, является основным критерием эффективности физического воспитания. В исследованиях отмечается, что около 50–60% студентов УВО медицинского профиля не могут по своей физической подготовленности сдать нормативы, предусмотренные программой [2]. Необходимость физкультурного образования, как правило, признается, но студенты не получают его в достаточном объеме. В результате они оказываются неподготовленными к самостоятельному использованию средств физической культуры для самооздоровления, саморазвития. Физическая культура как учебная дисциплина выпадает из образовательного и воспитательного пространства учреждений высшего образования. Все это позволяет рассматривать проблему, общую для всего физкультурного образования, как одну из наиболее актуальных [7].

Цель статьи – изучение влияния оздоровительной гимнастики Тай-бо на показатели психофизиологического статуса студентов-первокурсников в условиях вуза.

**Материал и методы.** В исследовании принимали участие 90 студентов (девушки) УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет». Средний возраст составил 17,4 года. Испытуемые были поделены на две группы (контрольная и экспериментальная). Девушки контрольной группы занимались физической культурой согласно учебной программе по физическому воспитанию учреждений высшего образования (учебная программа «Физическая культура» УО «ВГМУ» № УД 068/уч.). В экспериментальной группе проводились занятия в рамках модуля «Прикладная физическая культура», т.е. курса оздоровительной гимнастики на основе упражнений Тай-бо («Оздоровительная гимнастика (Тай-бо)» № УД-054/уч.). Все девушки дважды (в начале и в конце учебного года) прошли психофизиологическое обследование с определением вегетативного статуса по variability сердечного ритма и теппинг-тест. Кроме того, проанализированы результаты корректурной пробы Бурдона, теста Мюнстерберга. Психологический статус и его динамика определялись по данным личностной шкалы проявлений тревоги Дж. Тейлора в обработке Т.А Немчина и теста САН (В.А. Доскин). Были выявлены уровень физической подготовленности по данным контрольно-педагогического тестирования [8; 9] и уровень физического здоровья по экспресс-методу Г.Л. Апанасенко.

**Результаты и их обсуждение.** После проведенных исследований в первом и втором семестрах показатели личностной шкалы проявлений тревоги в обеих группах к концу года изменились (табл. 1). Так, в контрольной группе количество студенток, имеющих высокий уровень тревожности, увеличилось на 20,2%, а со средним уровнем тревожности с тенденцией к высокому на 4,2% по сравнению с началом учебного года, что негативно повлияло на функциональное состояние центральной нервной системы и организма в целом. Повторяющиеся переживания состояния тревоги могут стать причиной высокой чувствительности к стрессу, затруднений интеллектуальной деятельности в напряженных ситуациях, соматических и нервно-психических отклонений [10]. В экспериментальной группе уменьшилось количество студенток с высоким уровнем тревожности и увеличилось с низким к концу учебного года, соответственно, на 15,5% и на 6,7%, что в определенной степени способствовало достижению наибольшей успешности деятельности.

Таблица 1

**Показатели личностной шкалы уровня тревожности студенток**

Уровень тревожности	Контрольная группа, n=45		Экспериментальная группа, n=45	
	сентябрь	май	сентябрь	май
Очень высокий уровень тревожности	0%	0%	0%	2,2%
Высокий уровень тревожности	15,5%	35,7%	17,7%	2,2%
Средний с тенденцией к высокому	33,5%	37,7%	42,2%	48,8%
Средний с тенденцией к низкому	46,6%	22,2%	28,8%	28,8%
Низкий уровень тревожности	4,4 %	4,4 %	11,3 %	18%

Анализ показателей по методике САН выявил, что в обеих группах к концу учебного года уменьшилось количество студенток с благоприятным состоянием по такому показателю, как самочувствие (табл. 2). Следует отметить, что значительный процент этих первокурсников отмечен в контрольной группе. Обратная закономерность прослеживается при анализе показателей активности и настроения. Так, наблюдается тенденция к увеличению процента студенток с благоприятной формой по показателю настроение и уменьшение по показателю активность в экспериментальной группе по сравнению с аналогичными показателями контрольной группы в конце учебного года.

Таблица 2

**Показатели состояния самочувствия, активности и настроения**

Показатели		Контрольная группа, n=45		Экспериментальная группа, n=45	
		сентябрь	май	сентябрь	май
Самочувствие	благоприятное состояние	91,1%	55,6%	82,3%	75,6%
	неблагоприятное состояние	8,9%	44,4%	17,7%	24,4%
Активность	благоприятное состояние	48,8%	53,4%	71,1%	62,3%
	неблагоприятное состояние	52,2%	46,6%	28,9%	37,7%
Настроение	благоприятное состояние	93,3%	68,9%	88,9%	93,4%
	неблагоприятное состояние	6,4%	31,1%	11,1%	6,6%

Результаты исследования показали, что к концу учебного года в контрольной группе концентрация внимания снизилась на 2,2% (соответственно, с 9,3% до 7,1%). У студенток, занимающихся гимнастикой Тай-бо, данный показатель увеличился, соответственно, с 10,8% до 11,6%.

Большинство студенток в обеих группах имеют высокий уровень устойчивости внимания. Следует отметить, что в контрольной группе к концу учебного года 2% первокурсников снизили данный показатель, в отличие от группы, занимающейся гимнастикой Тай-бо. Так, в экспериментальной группе в конце второго семестра есть студентки только с очень высоким и средним уровнем, соответственно, 98% и 2% (табл. 3).

Таблица 3

**Показатели устойчивости и переключаемости внимания**

Показатели		Контрольная группа, n=45		Экспериментальная группа, n=45	
		сентябрь	май	сентябрь	май
Устойчивость внимания	очень высокий	95,4%	98%	98%	98%
	высокий	0%	0%	0%	0%
	средний	4,6%	0%	0%	2%
	низкий	0%	0%	0%	0%
	очень низкий	0%	2%	2%	0%
Переключаемость внимания	очень высокий	48,8%	51,2%	68,8%	64,4%
	высокий	35,5%	33,3%	28,8%	28,8%
	средний	11,1%	15,5%	0%	6,8%
	низкий	4,6%	0%	2,4%	0%
	очень низкий	0%	0%	0%	0%

Показатель переключаемости внимания в обеих группах к концу учебного года снизился. Наименьший процент снижения отмечен в группе студенток, занимающихся гимнастикой Тай-бо. Так, к концу учебного года в контрольной группе очень высокий показатель переключаемости внимания увеличился на 4,6%, показатель высокой переключаемости снизился на 2,2%, средний увеличился на 4,4% и показатель низкой переключаемости снизился с 4,6% до нуля. В экспериментальной группе очень высокий показатель переключаемости внимания снизился на

4,4%, высокая переключаемость внимания осталась на том же уровне – 28,8%, средний показатель увеличился на 6,8%, а низкий снизился на 2,4%. Следует отметить, что в обеих группах отсутствует очень низкий показатель, преобладает очень высокий уровень переключаемости внимания.

Избирательность и концентрация внимания в контрольной группе к концу учебного года снизились. В экспериментальной группе данные показатели также имели тенденцию к снижению, но в меньшей степени. Следовательно, студентки экспериментальной группы к концу второго семестра имели более высокие показатели избирательности и концентрации внимания (табл. 4).

Таблица 4

**Показатели избирательности и концентрации внимания**

Показатели	Контрольная группа, n=45		Экспериментальная группа, n=45	
	сентябрь	май	сентябрь	май
Выше нормы	91,1%	71,2%	91,1%	88,9%
Норма	0%	2,2%	0%	4,5%
Ниже нормы	8,9%	26,6%	8,9%	6,6%

В контрольной группе к концу учебного года количество студенток с сильным типом нервной системы уменьшилось на 4,4%, с стабильным типом увеличилось на 16,6%, со слабым типом уменьшилось на 37,1%, со средне-слабым типом уменьшилось на 4,7% и со средне-сильным типом выросло на 33,3%. В экспериментальной группе показатели сильного типа отсутствуют, число первокурсниц со стабильным типом выросло на 6,7%, со слабым типом уменьшилось на 60%, со средне-слабым типом увеличилось на 4,4% и со средне-сильным типом в данной группе увеличилось на 48,9%. В обеих группах к концу учебного года наблюдалось увеличение количества студенток со стабильным и средне-сильными типами нервной системы (табл. 5). Причем в экспериментальной группе процент таких первокурсников больше (75,6%), чем в контрольной (55,7%).

Таблица 5

**Показатели теппинг-теста**

Тип нервной системы	Контрольная группа, n=45		Экспериментальная группа, n=45	
	сентябрь	май	сентябрь	май
Сильный	6,6%	2,2%	0%	0%
Стабильный	6,6%	20,2%	4,4%	11,1%
Слабый	77,1%	40%	80%	20%
Средне-слабый	9,1%	4,4%	0%	4,4%
Средне-сильный	0%	33,3%	15,6%	64,5%

Большинство студенток в обеих группах имеют средний уровень физической подготовки (табл. 6). Следует отметить, что в контрольной группе к концу учебного года снизился уровень физической подготовки, в отличие от экспериментальной, где выявлена тенденция к увеличению количества первокурсников со средним и выше среднего уровнем.

Таблица 6

**Уровень физической подготовки студенток**

Уровень физической подготовки	Контрольная группа, n=45		Экспериментальная группа, n=45	
	сентябрь	май	сентябрь	май
Высокий	5,5%	3,5%	6,2%	5,2%
Выше среднего	10,5%	8,5%	12,5%	15,7%
Средний	52,6%	50,1%	56,2%	60,5%
Ниже среднего	15,7%	19,7%	18,9%	13,5%
Низкий	15,7%	18,2%	6,2%	5,1%

Большинство студенток в контрольной группе на начало учебного года имели средний уровень здоровья (табл. 7). К концу учебного года в данной группе уменьшилось количество первокурсниц со средним уровнем здоровья, а увеличилось с уровнем ниже среднего. В экспериментальной группе в начале первого семестра

наибольшее количество студенток имели низкий (12,4%) и ниже среднего (50%) уровни физического здоровья. Следует отметить, что к концу учебного года в данной группе увеличился процент студенток со средним (с 18,8% до 50%) уровнем.

Таблица 7

Уровень физического здоровья студенток

Уровень физического здоровья	Контрольная группа, n=45		Экспериментальная группа, n=45	
	сентябрь	май	сентябрь	май
Высокий	0%	0%	0%	0%
Выше среднего	0%	9%	18,8%	2,2%
Средний	68,4%	45,5%	18,8%	50%
Ниже среднего	31,6%	39,4%	50%	36,4%
Низкий	0%	6,1%	12,4%	11,4%

По данным вариабельности сердечного ритма, наблюдалась тенденция к повышению тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы.

**Заключение.** Таким образом, занятия оздоровительной гимнастикой Тай-бо способствуют оптимизации психофизиологического статуса студенток, что обосновывает целесообразность их использования в педагогическом процессе физического воспитания в вузе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Луныкова, Л.Г. Здоровье населения: проблемы и пути решения / Л.Г. Луныкова, В.Р. Шухатович // Социологический альманах. – 2012. – № 3. – С. 415–424.
2. Позняк, В.Е. Эффективность учебного модуля «Оздоровительная аэробика Тай-бо» в физическом воспитании студентов / В.Е. Позняк, Ж.А. Позняк, П.И. Новицкий // Весн. Віцебск. дзярж. ун-та. – 2017. – № 1. – С. 92–98.
3. Романова, Л.А. Фитнес-тренировка: учеб. пособие для студентов / Л.А. Романова, С. А. Никифорова. – Челябинск: ЮУрГУ, 2003. – 145 с.
4. Общие основы теории и методики физического воспитания: в 2 т. / под ред. Т.Ю. Круцевич. – Киев: Олимпийская литература, 2003. – Т. 1. – С. 72–346.
5. Barwood, M.J. A motivational music and video intervention improves high-intensity exercise performance / M.J. Barwood [and others] // Journal of Sports Science and Medicine. – 2009. – № 8. – P. 435–442.
6. Аулик, И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / И.В. Аулик. – 2-е изд. – М.: Медицина, 1990. – 191 с.
7. Аэробика: Теория и методика проведения занятий: учеб. пособие / под ред. Е.Б. Мякиченко, М.П. Шестакова. – М.: Спорт Академ Пресс, 2002. – 303 с.
8. Типовая учебная программа для высших учебных заведений «Физическая культура»: утв. М-вом образования Респ. Беларусь 14.04.2008, рег. № ТД–СГ.014/тип.; сост.: В.А. Коледа [и др.]. – Минск, 2008. – 48 с.
9. Ворон, П.Г. Организационные и методические основы внедрения Государственного физкультурно-оздоровительного комплекса Республики Беларусь в практику работы организаций: метод. рекомендации / П.Г. Ворон, В.Ф. Касач. – Минск: Республиканский учебно-методический центр физического воспитания населения, 2016. – 80 с.
10. Борисова, И.В. Особенности совладающего поведения студентов факультета физической культуры с различными уровнями тревожности / И.В. Борисова, А.А. Зюзя, И.А. Мезенцева // Ученые записки университета Лесгафта. – 2011. – № 10. – С. 52–58.

## REFERENCES

1. Luniakova L.G., Shukhatovich V.R. *Sotsiologicheski almanakh* [Sociological Journal], 2012, 3, pp. 415–424.
2. Pozniak V.E., Pozniak Zh.A., Novitski P.I. *Vesnik VDU* [Journal of Vitebsk State University], 2017, 1, pp. 92–98.
3. Romanova L.A., Nikiforova S.A. *Fitnes-trenirovka: ucheb. posob. dlia studentov* [Fitness Training: Student Textbook], Cheliabinsk, YuUrGU, 2003, 145 p.
4. Krutsevich T.Yu. *Obshchiye osnovi teorii i metodiki fizicheskogo vospitaniya: v 2 t.* [General Fundamentals of the Theory and Methods of Physical Training in 2 Volumes], Kyiv, Olimpiyskaya literature, 2003, 1, pp. 72–346.
5. Barwood, M.J. A motivational music and video intervention improves high-intensity exercise performance / M.J. Barwood [and others] // Journal of Sports Science and Medicine. – 2009. – № 8. – P. 435–442.
6. Aulik I.V. *Opredeleniye fizicheskoi rabotosposobnosti v klinike i sporte* [Identification of Physical Work Ability in Clinic and Sport], M., Meditsina, 1990, 191 p.
7. Miakichenko E.B., Shestakov M.P. *Aerobika: Teoriya i metodika provedeniya zaniatii: ucheb. posobiye* [Aerobics: Theory and Methods of Classes. Textbook], M., Sport Akadem Press, 2002, 303 p.
8. Koleda V.A. *Tipovaya uchebnaya programma dlia vysshikh uchebnikh zavedenii «Fizicheskaya kultura»: utverzhennaya Ministerstvom obrazovaniya Respubliki Belarus 14.04.2008, reg. NoTD-SG.014/typ.* [University Academic Curriculum «Physical Training»: Approved on 14.04.2008 by Ministry of Education of the Republic of Belarus], Minsk, 2008, 48 p.
9. Voron P.G., Kasach V.F. *Organizatsionnye i metodicheskiye osnovi vnedreniya Gosudarstvennogo fizkulturno-ozdorovitel'nogo kompleksa Respubliki Belarus v praktiku raboti organizatsii: metod. rekomendatsii* [Organization and Methodological Bases of Introduction of the State Physical Training and Health Complex of the Republic of Belarus into Institutional Practice: Guidelines], Minsk, Respublikanski uchebno-metodicheski tsentr fizicheskogo vospitaniya naseleniya, 2016, 80 p.
10. Borisova I.V., Ziuzia A.A., Mezentseva I.A. *Ucheniye zapiski universiteta Lesgafta* [Scholar Notes of the University of Lesgaft], 2011, 10, pp. 52–58.

Поступила в редакцию 02.05.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: malaholga1@gmail.com – Малах О.Н.

## Эколого-гигиеническая оценка уровня загрязнения аэрополлютантами воздуха рабочей зоны коврового производства

**М.А. Щербакова**

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

*В настоящее время актуальны вопросы обеспечения эколого-гигиенической безопасности на производстве, влияния факторов профессиональной деятельности на здоровье и работоспособность рабочих.*

*Цель статьи – эколого-гигиеническая оценка загрязнения аэрополлютантами воздуха рабочей зоны коврового производства на примере ОАО «Витебские ковры».*

**Материал и методы.** *Анализ уровня загрязнения аэрополлютантами воздуха рабочей зоны коврового производства дан на основе собственных исследований, а также замеров, проводимых ГУ «Витебский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», ГУ «Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии и общественного здоровья» и промышленной лабораторией ОАО «Витебские ковры».*

*Полученные результаты были статистически обработаны с применением профессионального пакета прикладных программ STATISTICA, версия 6.0 (StatSoft, USA), Biostat 4.03, MS Excel 2003.*

**Результаты и их обсуждение.** *На рабочих местах основных профессий ведущих цехов ОАО «Витебские ковры» формируется производственная среда, характеризующаяся сочетанным действием на организм рабочих неблагоприятных факторов различной природы (химических и физических), уровни которых при выполнении основных технологических процессов превышают допустимые значения. Загрязнение воздушной среды аэрополлютантами на рабочих местах зависит от стадии технологического процесса и характера выполняемых операций, качества и состава сырья, а также от технического состояния оборудования.*

**Заключение.** *На ковровом производстве наиболее выражен пылевой фактор на рабочих местах ткача, оператора, помощника мастера, контролера качества, красильщика волокна и пряжи, разработывальщика отходов, смешивальщика волокна, чистильщика, варщика аппрета, точильщика технологической оснастки и формовщика. Из обследованных профессий коврового производства наиболее экологически неблагоприятным по пылевому фактору является рабочее место смешивальщика волокна.*

**Ключевые слова:** *аэрополлютанты, ковровое производство, воздух рабочей зоны, ткач.*

## Ecological and Hygienic Assessment of Air Pollution Level of the Operation Area of a Carpet Manufacture

**M.A. Shcherbakova**

*Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»*

*Issues of industrial ecological and hygienic security provision, influence of factors of operation performance on health and work ability of workers are current.*

*The purpose of the research is ecological and hygienic assessment of air pollution of the operation area at a carpet manufacture on the example of Vitebsk Carpets Company.*

**Material and methods.** *Analysis of air pollution of the operation area of a carpet manufacture is provided on the basis of own research as well as measurements by Vitebsk Regional Center of Hygiene, Epidemiology and Public Health, Vitebsk Area Center of Hygiene, Epidemiology and Public Health and by Vitebsk Carpets Industrial Laboratory.*

*The research findings were statistically processed with the professional packet of STATISTICA applied programs, 6.0 (StatSoft, USA), Biostat 4.03, MS Excel 2003.*

**Findings and their discussion.** *The operation environment of the leading shops of Vitebsk Carpets Company is characterized by a combined impact on the workers of unfavorable factors of different nature (chemical and physical), the levels of which exceed admissible parameters. Air pollution at operation sites depends on the stage of the technological process and the character of operations, quality and composition of raw materials as well as on the technical state of the equipment.*

**Conclusion.** *Dust factor is most prevailing at the carpet manufacture, namely, at work places of the weaver, operator, foreman assistant, quality controller, yarn dyer, developer of wastes, fiber mixer, cleaner, apprete boiler, technological equipment grinder and molder. Out of the examined jobs of the carpet manufacture the most ecologically unfavorable from the point of view of the dust factor is the work place of the fiber mixer.*

*Key words: air pollutants, carpet manufacture, operation zone air, weaver.*

Ведущая отрасль промышленного комплекса Витебского района – легкая промышленность (39,2%). ОАО «Витебские ковры» является одним из крупнейших предприятий легкой промышленности Республики Беларусь, а ковровое производство – ведущей отраслью текстильной промышленности, которая занимает первое место среди всех отраслей промышленности по числу занятых в ней рабочих. Около 96% текстильной продукции Витебского района и 22% – Витебской области формируется именно за счет ковровой промышленности. ОАО «Витебские ковры» обеспечивает производство 47% ковров и ковровых изделий Беларуси. Это единственное предприятие ковровой отрасли в странах СНГ, где налажен выпуск всех видов ковровых изделий и покрытий. В состав ОАО «Витебские ковры» входят три фабрики: ткацко-отделочная, прошивных ковровых изделий и нетканых материалов [1–6].

В настоящее время актуальны вопросы обеспечения эколого-гигиенической безопасности на производстве, влияния факторов профессиональной деятельности на здоровье и работоспособность рабочих. Под действием производственных факторов (пыль, специфические химические вещества, загазованность, низкие и высокие температуры, повышенная влажность, недостаточная вентиляция) возникают условия для формирования и развития болезней органов дыхания [1–3; 6–8]. Следовательно, среди насущных и сложных проблем защиты здоровья работающих в легкой промышленности необходимо выделять профилактику профессиональных болезней органов дыхания. Предотвратить угрозу здоровью людей со стороны факторов среды обитания станет возможно только путем постоянного изучения эколого-гигиенических характеристик окружающей среды, в том числе и рабочей зоны [9–12].

Цель статьи – эколого-гигиеническая оценка загрязнения аэрополлютантами воздуха рабочей зоны коврового производства на примере ОАО «Витебские ковры».

**Материал и методы.** Базовым для проведения исследований было выбрано одно из крупнейших типовых ковровых предприятий Республики Беларусь – ОАО «Витебские ковры» [2; 3].

Эколого-гигиеническая оценка уровня загрязнения аэрополлютантами воздуха рабочей зоны коврового производства дана на основе собственных исследований, а также замеров, проводимых ГУ «Витебский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», ГУ «Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии и общественного здоровья» и промышленной лабораторией ОАО «Витебские ковры». Отбор проб и анализ исследования выполнены согласно общепринятым методикам и ГОСТам [1–3; 5; 9; 12].

Полученные результаты были статистически обработаны с применением профессионального пакета прикладных программ STATISTICA, версия 6.0 (StatSoft, USA), Biostat 4.03, MS Excel 2003.

**Результаты и их обсуждение.** Пылевой фактор является одним из ведущих и наиболее значимых неблагоприятных производственных факторов, формирующих условия труда работников на ковровом производстве (рис. 1–3). Очистка и подготовка сырья, разрыхление и обеспыливание сырьевой массы, крашение волокна и пряжи, стрижка ворса, разработка отходов, смешивание волокна, резка материалов и изделий, чистка, заправка оборудования, операции ткачества и прядения – все эти процессы обработки сырья на различных этапах сопровождаются образованием пыли. Кроме того источником пыли в ковровом производстве является работающее оборудование, в процессе чего происходит трение сырья, а на последующих этапах сформированной из сырья нити с движущимися с различной скоростью частями ткацкого оборудования или между собой [1–5; 7; 11; 12].

Результаты исследования уровня загрязнения аэрополлютантами воздуха рабочей зоны на ОАО «Витебские ковры» представлены на рис. 1–3. Проведенный нами анализ результатов измерений уровней аэрополлютантов, в том числе запыленности, в различных цехах и производствах коврового предприятия показал, что концентрации пыли в воздухе производственных помещений колеблются в очень широких пределах (рис. 1–3).

Содержание пыли варьирует на различных производственных участках данной отрасли и зависит от стадии обработки, организации технологического процесса и характера выполняемых операций, состояния оборудования, а также от герметичности оборудования, автоматизации производственных процессов и способов и режима очистки от пыли помещений и оборудования. Кроме того немаловажное значение на состав и количество пыли оказывают качество и состав обрабатываемого сырья [1–3; 5; 11].

Максимальные разовые уровни запыленности в зоне дыхания рабочих различных цехов и производств часто превышают установленные предельно допустимые концентрации (ПДК) органической пыли растительного и животного происхождения (4–6 мг/м<sup>3</sup>), нормированные еще в 50-х годах XIX века по критерию фиброгенного действия с учетом содержания свободного SiO<sub>2</sub>.

В воздушной среде производственных помещений встречаются пыль, сумма аэрозолей сложного состава, полиэфирная композиция, стирол (этиленбензол), уксусная кислота, аммиак, углеводороды (C<sub>1</sub>–C<sub>10</sub>), диметилбензол-1,4 дикарбонат (диметилтерефталат), бензин, формальдегид, оксид углерода(II). Причиной поступления вредных поллютантов в воздушную среду производственных помещений являются технологические

процессы производства ковровых изделий. Основные профессиональные группы производства – ткачи, операторы, помощники мастера, смешивальщики волокна, прядильщики и ковровщики [2; 3; 5; 9; 10; 12].

Загрязнение воздуха рабочей зоны наиболее выражено на рабочих местах ткачей в момент выполнения ими своей профессиональной деятельности и превышает ПДК пыли растительного и животного происхождения, установленную на уровне  $6 \text{ мг/м}^3$ , в среднем в 1,1 раза ( $6,67 \text{ мг/м}^3$ ). Максимальная запыленность воздуха рабочей зоны ткача жаккардовых машин превышает ПДК в 1,07 раза ( $6,42 \text{ мг/м}^3$ ). В условиях незначительного превышения гигиенических нормативов по запыленности воздуха рабочей зоны ткачи трудятся всю смену. При этом концентрация пыли растительного и животного происхождения в воздухе рабочей зоны ткачей определялась в среднем на уровне  $5,19 \text{ мг/м}^3$ , что незначительно ниже гигиенического норматива в  $6,0 \text{ мг/м}^3$ . Обнаруженные концентрации пыли искусственного и синтетического происхождения в воздухе рабочей зоны ткачей ткацких, акминстерских и жаккардовых станков не превышали ПДК.

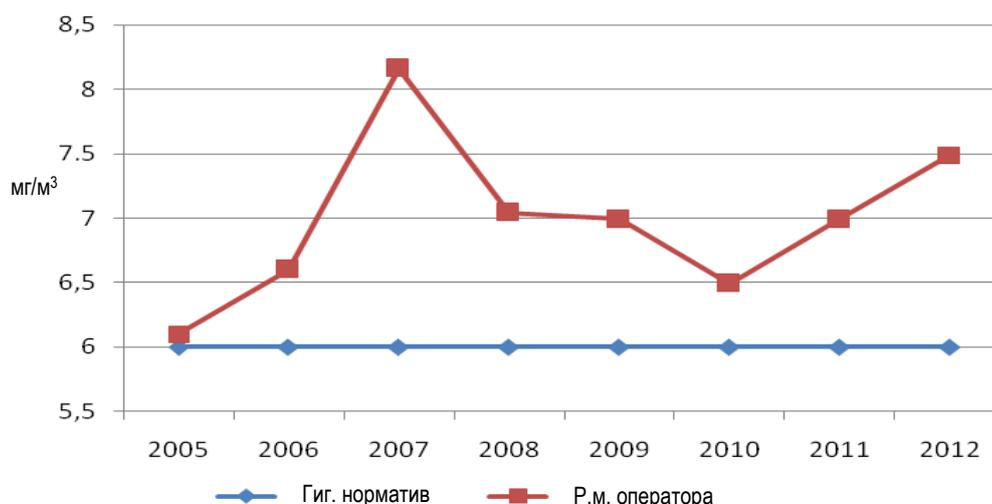
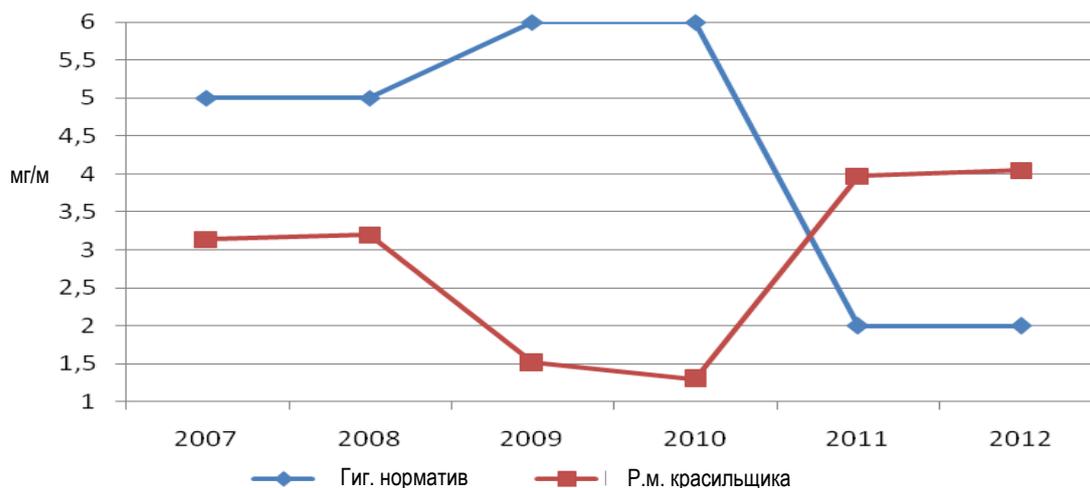
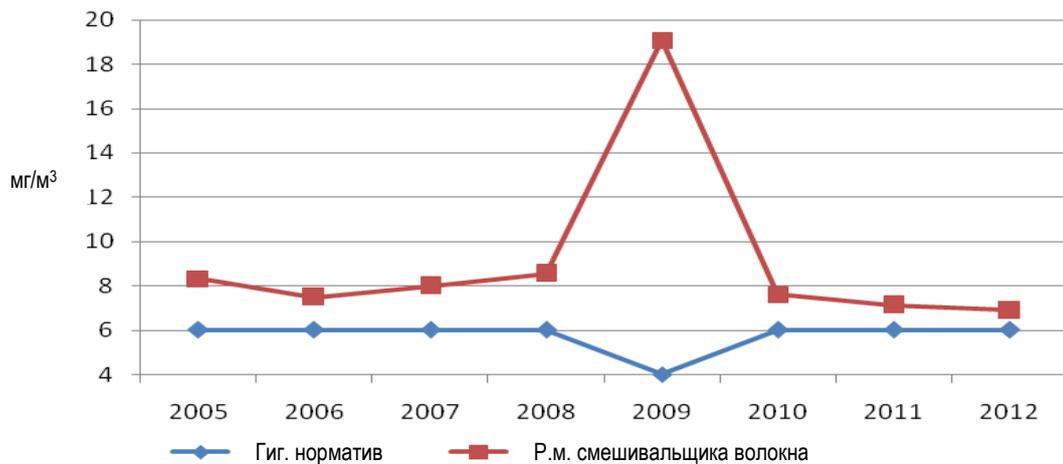


Рис. 1. Динамика загрязнения пылью растительного, животного и смешанного происхождения воздуха рабочей зоны оператора (трепального, стригального оборудования) ( $\text{мг/м}^3$ ).



**Примечание:** гигиенический норматив (ПДК пыли) зависит от химического состава красителей, содержания свободного  $\text{SiO}_2$ .

Рис. 2. Динамика загрязнения пылью воздуха рабочей зоны красильщика волокна и пряжи ( $\text{мг/м}^3$ ).



**Примечание:** гигиенический норматив (ПДК) пыли зависит от содержания свободного  $\text{SiO}_2$ : с примесью  $\text{SiO}_2$  менее 2% ПДК=6,00 мг/м<sup>3</sup>, если примесь  $\text{SiO}_2$  от 2 до 10% ПДК=4,00 мг/м<sup>3</sup> (2009 г.).

Рис. 3. Динамика загрязнения пылью воздуха рабочей зоны смешвальшчыка волокна.

В среднем концентрация пыли на рабочих местах ткачей аксминстерских машин составила 3,6–4,0 мг/м<sup>3</sup>, а жаккардовых машин – 3,77–4,0 мг/м<sup>3</sup>.

Особенно высокие концентрации растительной и животной пыли отмечаются в воздухе рабочей зоны оператора трепального и стригального оборудования. Концентрация растительной и животной пыли в воздухе рабочей зоны оператора этого оборудования определялась в среднем на уровне 6,98 мг/м<sup>3</sup>, что в 1,16 раза превышало ПДК. Максимальные зарегистрированные концентрации пыли в воздухе рабочей зоны оператора превысили ПДК в 1,36 раза (8,16 мг/м<sup>3</sup>) (рис. 1).

Среднесменные концентрации оператора разрыхлительно-трепальных машин превышали ПДК в 1,26–1,43 раза. Высокие концентрации пыли в воздухе рабочей зоны операторов в момент выполнения ими своей непосредственной работы объясняются тем, что при технологической очистке сырья от оксида кремния(IV) ( $\text{SiO}_2$ ) и других примесей снижается не только фиброгенность пыли, но и уменьшаются ее фактическая масса и, следовательно, повышаются летучие свойства (рис. 1) [1; 2; 11].

При обычном режиме работы технологического оборудования на рабочих местах оператора чесального, ворсовального, сновального, крутильного, чесально-вязального оборудования и механизированной подачи смеси средние концентрации пыли в основном не превышали допустимых. На рабочем месте оператора сновального оборудования среднесменная концентрация шерстяной пыли (с примесью  $\text{SiO}_2$  более 10%) превысила ПДК в 1,42 раза и составила 2,85 мг/м<sup>3</sup>.

Следовательно, с учетом кратности превышения (контрольная пылевая нагрузка) уровень шерстяной пыли превышал нормативный в 1,42 раза. Загрязнение воздуха рабочей зоны помощника мастера в момент выполнения им своей непосредственной работы в среднем составляет 4,45 мг/м<sup>3</sup>.

На рабочем месте прядильщика уровни пыли в воздухе рабочей зоны не выходили за границы нормативно допустимых. Разные показатели гигиенического норматива для пыли искусственных и синтетических волокон на рабочем месте прядильщика объясняются использованием в технологическом процессе химически различного волокна (полиакрилонитрил, полиамид, капрон, нитрон, полипропилен и т.д.).

Среднесменная концентрация пыли растительного и животного происхождения (3,0 мг/м<sup>3</sup>) на рабочем месте аппаратчика аппретирования на 50% ниже предельно допустимых концентраций. В аппретурном цехе было зарегистрировано присутствие стирола, превышающего ПДК (на отдельных рабочих местах) в 1,5 раза.

На рабочем месте аппаратчика аппретирования обнаружены высокие концентрации стирола (этиленбензола) 43,26 мг/м<sup>3</sup> (превышение ПДК в 1,44 раза) и аммиака 23,0 мг/м<sup>3</sup> (превышение ПДК в 1,15 раза). Для рабочего места контролера качества характерно постоянное устойчивое превышение ПДК пыли в воздухе рабочей зоны в 1,11–1,17 раза.

Максимальное загрязнение воздуха рабочей зоны красильщика волокна и пряжи пылью растительного и животного происхождения превысило ПДК в 2 раза. На рабочем месте красильщика (набивка шерсти) обнаружено превышение ПДК шерстяной пыли (с примесью  $\text{SiO}_2$  более 10%) в среднем в 1,2 раза. С учетом кратности

превышения (контрольная пылевая нагрузка) среднесменная концентрация пыли в воздухе рабочей зоны красильщика превышает ПДК в 1,24 раза (рис. 2).

Запыленность на рабочем месте разработывальщика отходов превышает предельно допустимые концентрации в среднем в 1,22 раза. Обнаруженные концентрации пыли в воздухе рабочей зоны сушильщика волокна не превышали ПДК. Примесь  $\text{SiO}_2$  в пыли составляла 1,63%.

Наиболее выражен пылевой фактор был на рабочих местах смешивальщика волокна, так как максимальные концентрации пыли в воздухе рабочей зоны (19,08  $\text{мг/м}^3$ ) превышали ПДК в 4,77 раза, установленную на уровне 4,0  $\text{мг/м}^3$  для пыли с примесью  $\text{SiO}_2$  от 2 до 10% (примесь  $\text{SiO}_2$  составила 2,98%). Концентрация пыли в воздухе рабочей зоны смешивальщика волокна определялась в среднем на уровне 9,13  $\text{мг/м}^3$ , что в 1,52 раза превышало ПДК в 6,0  $\text{мг/м}^3$  (рис. 3).

Концентрации пыли в воздухе рабочей зоны транспортировщика колеблются от 2,1 до 4,59  $\text{мг/м}^3$  и составляют в среднем 2,99  $\text{мг/м}^3$ .

Одним из наиболее пылеобразующих технологических факторов является ручная чистка оборудования. Концентрации пыли в воздухе рабочей зоны чистильщиков оборудования при выполнении ими технологических операций колеблются от 4,2 до 10,49  $\text{мг/м}^3$ . Максимальные уровни пыли превышают гигиенические нормативы в 1,75 раза (10,49  $\text{мг/м}^3$ ). Средние концентрации пыли при выполнении непосредственной работы чистильщиков превышали ПДК в 1,27 раза и составляли 7,6  $\text{мг/м}^3$ . Процесс ручной чистки оборудования вносит существенный вклад в формирование среднесменной концентрации пыли в воздухе рабочей зоны изучаемых профессиональных групп [2; 3; 8; 11].

Обнаруженные концентрации пыли в воздухе рабочей зоны швеи, ковровщика, обработчика волокна и ткани, резчика материалов и изделий, а также укладчика-упаковщика, слесаря-ремонтника, заточника, весовщика, ставильщика, заправщика оборудования, эмульсовара, сновальщика основ, сортировщика сырья, счетчика меры и изделий не выходили за пределы нормативных. Концентрации стирала (этиленбензола) превышали ПДК в 1,44 раза в воздухе рабочей зоны резчика материалов и изделий (43,26  $\text{мг/м}^3$ ).

В воздухе рабочей зоны счетчика меры и изделий обнаружено разовое превышение предельно допустимых концентраций вредных веществ с учетом эффекта суммации веществ однонаправленного действия (фенол и формальдегид > 1).

Анализ динамики содержания пыли известняка в воздухе рабочей зоны варщика аппрета показал постоянный рост уровней запыленности с превышением ПДК от 1,03 до 1,8 раза (от 6,16 до 10,78  $\text{мг/м}^3$ ). Концентрация пыли известняка в воздухе рабочей зоны определялась в среднем на уровне 8,86  $\text{мг/м}^3$ , что в 1,48 раза превышало ПДК.

Загрязнение воздуха рабочей зоны пылью растительного, животного и смешанного происхождения наиболее выражено на рабочих местах точильщика технологической оснастки в момент выполнения им своей непосредственной работы, постоянно увеличивается от 7,99 до 10,49  $\text{мг/м}^3$  и превышает ПДК от 1,33 до 1,75 раза. Средние концентрации пыли растительного и животного происхождения превышают гигиенический норматив в 1,48 раза (8,87  $\text{мг/м}^3$ ).

Концентрации растительной и животной пыли в воздухе рабочей зоны формовщика были незначительно выше нормативных значений (превышали ПДК в 1,02 раза).

На рабочем месте электрогазосварщика фактическая усредненная максимальная разовая концентрация оксида кремния(IV) аморфного в смеси с оксидом марганца в виде аэрозоля конденсации с содержанием каждого из них не более 10% ( $\text{SiO}_2$  – 1,034%) в воздухе рабочей зоны составляет 12,6  $\text{мг/м}^3$ , что превышает гигиенический норматив в 4,2 раза.

**Заключение.** Следовательно, на ковровом производстве наиболее выражен пылевой фактор на рабочих местах ткача, оператора, помощника мастера, контролера качества, красильщика волокна и пряжи, разработывальщика отходов, смешивальщика волокна, чистильщика, варщика аппрета, точильщика технологической оснастки и формовщика. Из перечисленных профессий коврового производства наиболее экологически неблагоприятной по пылевому фактору является рабочее место смешивальщика волокна. Экологически безопасны по пылевому фактору на ковровом производстве рабочие места прядильщика, аппаратчика аппретирования, стригальщика ворса, швеи, сушильщика волокна, транспортировщика, ковровщика, обработчика волокна и ткани, резчика материалов и изделий, присучальщика основ, укладчика-упаковщика, слесаря-ремонтника, заточника, весовщика, ставильщика, заправщика оборудования, эмульсовара, сновальщика основ, сортировщика сырья, счетчика меры и изделий.

Таким образом, на рабочих местах основных профессий ведущих цехов ОАО «Витебские ковры» формируется производственная среда, характеризующаяся сочетанным действием на организм рабочих неблагоприятных факторов различной природы (химических и физических), уровни которых при выполнении основных технологических процессов превышают допустимые значения. Загрязнение воздушной среды на рабочих местах

зависит от стадии технологического процесса и характера выполняемых операций, качества и состава сырья, а также от технического состояния оборудования [2; 3; 5; 9].

Состояние здоровья работающих на ковровом производстве находится в тесной зависимости от условий труда, влияния вредных производственных факторов. Основным неблагоприятным фактором, определяющим структуру заболеваемости болезнями органов дыхания и возникновение вентиляционных нарушений легких у рабочих коврового производства, является производственная пыль (искусственных и синтетических волокон, животного и растительного происхождения) [1–5; 10–12].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Щербакова, М.А. Качественный состав пыли коврового производства и влияние ее составных компонентов на дыхательную систему человека / М.А. Щербакова // Вестн. Віцебск. дзярж. ун-та. – 2006. – № 1(39). – С. 136–141.
2. Щербакова, М.А. Актуальные эколого-гигиенические проблемы и основные факторы риска условий труда в ковровом производстве / М.А. Щербакова // Вестн. Витеб. гос. мед. ун-та. – 2006. – Т. 5, № 1. – С. 89–93.
3. Щербакова, М.А. Гигиеническая характеристика воздушной среды коврового производства текстильной промышленности и влияние ее компонентов на дыхательную систему рабочих / М.А. Щербакова // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.М. Соколов. – Минск, 2006. – Вып. 7. – С. 832–837.
4. Величковский, Б.Т. Проблема профессиональных и экологически обусловленных заболеваний органов дыхания / Б.Т. Величковский // Гигиена и санитария. – 1992. – № 4. – С. 46–49.
5. Щербакова, М.А. Гигиеническая оценка условий труда основных профессий коврового производства / М.А. Щербакова // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.М. Соколов. – Минск, 2007. – Вып. 9. – С. 1126–1136.
6. Состояние и анализ профзаболеваемости в Республике Беларусь / С.В. Федорович [и др.] // Медицина. – 1998. – № 2. – С. 27–29.
7. Мануйленко, Ю.И. Производственная шерстяная пыль как гигиеническая проблема: автореф. ... дис. д-ра мед. наук: 14.00.07 / Ю.И. Мануйленко; Киев. НИИ гигиены труда и профессиональных заболеваний. – Киев, 1991. – 30 с.
8. Кембаева, К.У. Гигиеническая оценка условий труда рабочих при обработке шерсти / К.У. Кембаева, К.Н. Апсаликов // Гигиена и санитария. – 1993. – № 8. – С. 33–35.
9. Щербакова, М.А. Анализ экологических аспектов и условий труда предприятия ковровой промышленности / М.А. Щербакова // Сахаровские чтения 2006 года: экологические проблемы XXI века: материалы 6-й Междунар. науч. конф., Минск, 18–19 мая 2006 г. / Междунар. гос. эколог. ун-т; под ред. С.П. Кундаса, А.Е. Океанова, С.С. Поздняка. – Минск, 2006. – Ч. 1. – С. 174–177.
10. Гигиеническая характеристика воздушной среды и микрофлора воздуха в прядильно-ткацком производстве шерстяной промышленности / Е.В. Гараско [и др.] // Гигиена труда и профессиональные заболевания. – 1990. – № 2. – С. 45–47.
11. Павлютина, З.Н. Причинно-следственная связь условий труда и состояния здоровья на текстильных предприятиях / З.Н. Павлютина, И.П. Семенов // Методология гигиенического регламентирования: сб. науч. тр. / под ред. С.М. Соколова, В.И. Талапина. – Минск: Беларус. навука, 1999. – С. 239–247.
12. Методология оценки профессионального риска в медицине труда / Н.Ф. Измеров [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2001. – № 12. – С. 1–7.

#### REFERENCES

1. Shcherbakova M.A. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo universiteta* [Journal of Vitebsk State University], 2006, 1(39), pp. 136–141.
2. Shcherbakova M.A. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo universiteta* [Journal of Vitebsk State University], 2006, 5(1), pp. 89–93.
3. Shcherbakova M.A. *Zdorovye i okruzhayushchaya sreda: sb. nauch. tr.* [Health and Environment: Collection of Scientific Works], Resp. nauch.-prakt. tsentr gigiyeni, Minsk, 2006, 7, pp. 832–837.
4. Velichkovski B.T. *Gigiyena i sanitariya* [Hygiene and Sanitaria], 1992, 4, pp. 46–49.
5. Shcherbakova M.A. *Zdorovye i okruzhayushchaya sreda: sb. nauch. tr.* [Health and Environment: Collection of Scientific Works], Resp. nauch.-prakt. tsentr gigiyeni, Minsk, 2007, 9, pp. 1126–1136.
6. Fedorovich S.V. *Meditsina* [Medicine], 1998, 2, pp. 27–29.
7. Manuylenko Yu.I. *Proizvodstvennaya sherstianaya pyl kak gigiyenicheskaya problema: avtoref. ... dis. d-ra med. nauk* [Industrial Wool Dust as a Hygienic Problem: Dr. Sc. (medicine) Dissertation Summary], Kyiv, NII gigiyeni truda i professionalnikh zabolovaniy, 1991, 30 p.
8. Kembayeva K.U., Apsalikov K.N. *Gigiyena i sanitariya* [Hygiene and Sanitaria], 1993, 8, pp. 33–35.
9. Shcherbakova M.A. *Sakharovskiye chteniya 2006 goda: ekologicheskiye problemi XXI veka: materialy 6-oi Mezhdunar. nauch. konf., Minsk, 18–19 maya 2006 g.* [2006 Sakharov Readings: Ecological Issues of the XXI Century: Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Scientific Conference, Minsk, May 18–19, 2006], International State Ecological University, Minsk, 2006, Part 1, pp. 174–177.
10. Garasko E.V. *Gigiyena truda i professionalniye zabolovaniya* [Hygiene of Labor and Professional Diseases], 1990, 2, pp. 45–47.
11. Pavliutina Z.N., Semenov I.P. *Metodologiya gigiyenicheskogo reglamentirovaniya: sb. nauch. tr.* [Methodology of Hygienic Rationing: Collection of Scientific Works], Minsk, Belaruskaya navuka, 1999, pp. 239–247.
12. Izmerov N.F. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Medicine of Labor and Industrial Ecology], 2001, 12, pp. 1–7.

Поступила в редакцию 13.06.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: mas-80@mail.ru – Щербакова М.А.

## Исследование некоторых химических показателей качества природных вод, служащих местом обитания легочных моллюсков

Е.В. Ильющенко, Т.А. Толкачева

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

*В результате антропогенной деятельности в водоемы попадают различные химические соединения. Это смещает общий химический фон в водоемах и тем самым влияет на жизнедеятельность гидробионтов.*

*Цель работы – определение содержания сульфатов, солей жесткости (кальция и магния), гидрокарбонатов кальция и магния и некоторых катионов в воде природных водоемов.*

**Материал и методы.** *Материалом исследования являются образцы воды из природных водоемов г. Витебска и его окрестностей. Определялись концентрации сульфат-ионов, солей жесткости, гидрокарбонатов кальция и магния и некоторых катионов ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ). Методы: титрометрические, спектрофотометрические (турбидиметрия), электромиграционные (капиллярный электрофорез).*

**Результаты и их обсуждение.** *В отношении катионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) превышения их содержания в воде были выявлены в водоемах Витебского, Полоцкого и Дубровенского районов в 84, 78 и 19 раз соответственно. По концентрации катионов калия ( $\text{K}^+$ ) значительные превышения оказались в водоемах Бешенковичского и Полоцкого районов (в 62 и 60 раз). Концентрация ионов натрия ( $\text{Na}^+$ ) значительно превышена в водоемах Витебского, Полоцкого, Бешенковичского районов и Ольгово – в 66, 21, 17 и 16 раз соответственно. В отношении катионов магния ( $\text{Mg}^{2+}$ ) максимальные превышения обнаружены в водных объектах Витебского и Полоцкого районов – в 16 раз. Катионы стронция ( $\text{Sr}^{2+}$ ) выявлены только в р. Туровлянка (Полоцкий район). Концентрация катионов кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) в значительной степени превышена в водоемах Полоцкого и Витебского районов (в 19 и 9 раз). В отношении показателя карбонатной жесткости воды в значительной степени превышения выявлены в водоеме Полоцкого района (в 7,5 раза). По содержанию сульфат-ионов превышения в значительной степени обнаружены в воде Витебского и Полоцкого районов (в 13 и 17 раз). В отношении показателей общей жесткости воды значительное превышение было отмечено в р. Витьба (г. Витебск) и составило 3,5 раза.*

*Пресноводные брюхоногие гидробионты (*Planorbis corneus* L. и *Lymnaea stagnalis* L.) проявляют определенную устойчивость к загрязнению исследуемыми катионами, поэтому встречаются во всех исследованных водоемах.*

**Заключение.** *Наименее благоприятная экологическая обстановка выявлена в водных объектах Полоцкого и Витебского районов, что связано с интенсивной антропогенной нагрузкой.*

**Ключевые слова:** *вода, катионы, общая жесткость, карбонатная жесткость, сульфат-ионы, титрование, турбидиметрия, капиллярный электрофорез, антропогенная нагрузка.*

## Study of Some Chemical Parameters of the Quality of Natural Waters Serving as a Habitat for Pulmonary Mollusks

E.V. Ilyushchenko, T.A. Tolkacheva

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

*As a result of anthropogenic activity, various chemical compounds enter water bodies. This shifts the general chemical background in reservoirs and thus affects the life of hydrobionts.*

*The purpose of the work is to determine the concentration of some chemical parameters of water of natural reservoirs in Vitebsk Region.*

**Materials and methods.** *The material of the study is water samples from natural reservoirs of Vitebsk and its environs. The concentrations of sulfate ions, stiffness salts, calcium and magnesium bicarbonates and some cations ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) are determined. The methods are titrimetric, spectrophotometric (turbidimetry), electromigration (capillary electrophoresis).*

**Findings and their discussion.** *Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) cations in the water bodies of Vitebsk, Polotsk and Dubrovno Districts were 84, 78 and 19 times higher than cations exceeding their content in water. The concentration of potassium cations ( $\text{K}^+$ ) in the reservoirs of Beshenkovichi and Polotsk Districts (62 and 60 times) revealed significant excess. The concentration of sodium ions ( $\text{Na}^+$ ) is significantly exceeded in the reservoirs of Vitebsk, Polotsk, Beshenkovsky and Olgovsky Districts – 66, 21, 17 and 16 times,*

respectively. For magnesium cations ( $Mg^{2+}$ ), maximum exceeding was found in water bodies of Vitebsk and Polotsk Districts – 16 times. Strontium cations ( $Sr^{2+}$ ) are only in the Turvlyanka River (Polotsk District). The concentration of calcium cations ( $Ca^{2+}$ ) in the waters of the Polotsk and Vitebsk Districts is significantly higher (19 and 9 times). In terms of the carbonate hardness of water in the water bodies of Polotsk District, excesses of 7,5 times were found. According to the content of sulfate ions, excesses were mainly found in the water of Vitebsk and Polotsk Districts (13 and 17 times). As for the indicators of total water hardness, considerable exceeding was registered in the Vitba River (the City of Vitebsk) – 3,5 times.

Freshwater gastropods (*Planorbium corneum* L. and *Lymnaea stagnalis* L.) show a certain resistance to contamination by the cations under study and, consequently, are found in all the investigated water bodies.

**Conclusion.** The least favorable ecological situation was detected in the water bodies of Polotsk and Vitebsk Districts, which is associated with an intensive anthropogenic load.

**Key words:** water, cations, total hardness, carbonate hardness, sulfate ions, titration, turbidimetry, capillary electrophoresis, anthropogenic load.

**А**нтропогенная трансформация затрагивает все территории, где в той или иной мере проявляется деятельность человека. Экологические условия среды обитания определяют здоровье современного человека [1]. Проблема загрязнения окружающей среды в целом и водных экосистем в частности является одной из актуальных в нынешнем индустриальном обществе. Это сказывается на видовом разнообразии экосистем, численности и структуре входящих в их состав популяций [2].

Основными источниками загрязняющих веществ являются промышленность (энергетическая, цветная и черная металлургия, нефтедобывающая, нефтеперерабатывающая, машиностроение, газовая, строительных материалов, угольная, химическая, деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная, пищевая, легкая), транспорт (железнодорожный, воздушный, автомобильный, трубопроводный, водный), жилищно-коммунальное и сельское хозяйство [3].

Качество водной среды определяется в настоящее время в основном посредством химических и физико-химических методов. Однако анализ отдельных химических веществ не всегда дает полную характеристику вредного действия антропогенных факторов. Этим недостатком лишены биологические методы – биоиндикация и биотестирование, применяемые для оценки качества вод [4]. Главная идея биомониторинга состоит в том, что гидробионты отражают сложившиеся в водоеме условия среды [5].

Одни из перспективных объектов для биологического мониторинга – водные моллюски (*Planorbium corneum* L. и *Lymnaea stagnalis* L.), представляющие важный компонент любого водного биогеоценоза. Они относительно быстро реагируют на изменения окружающей среды, вызываемые как естественными, так и антропогенными факторами. Реакция может проявляться в уменьшении/увеличении численности и биомассы организмов, изменении таксономической структуры поселений или в изменении внешней морфологии и анатомического строения. Малакофауна играет ведущую роль в аккумуляции и переносе химических веществ в водоемах. Доминирование во всех исследованных водных объектах моллюсков обусловлено наибольшей экологической пластичностью этих видов [6].

Цель работы – определение содержания сульфатов, солей жесткости (кальция и магния), гидрокарбонатов кальция и магния и некоторых катионов в воде природных водоемов.

**Материал и методы.** В апреле 2016 года нами исследовалась вода из 8 природных водоемов, расположенных в различных регионах Витебской области (табл. 1).

Выбранные водные объекты служат местом обитания пресноводных легочных гидробионтов (прудовика обыкновенного – *L. stagnalis* и катушки роговой – *P. corneum*). В качестве контроля по катионному составу использовалась вода из источника, являющегося гидрологическим памятником природы (Россонский район), отличающегося отсутствием антропогенной нагрузки.

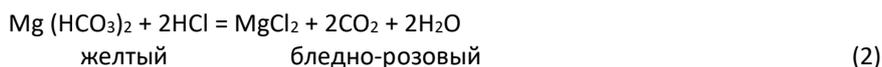
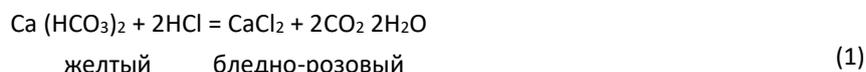
Таблица 1

Места отбора проб воды, почвы и моллюсков

Район отбора	Место сбора	Водный объект
Витебский р-н	г. Витебск	р. Витьба
Дубровенский р-н	а/г Ляды	оз. Вордовье
Бешенковичский р-н	д. Соколово	оз. Малое
Ушачский р-н	д. Дубровка	оз. Дубровское
Шумилинский р-н	а/г Башни	оз. Будовесь
Сенненский р-н	г. Сенно	оз. Сенненское
Ольгово	а/г Ольгово	водохр. Ольговское
Полоцкий р-н	д. Городище	р. Туровлянка

Определение катионов осуществлялось при помощи метода капиллярного электрофореза на приборе «Капель 105» (Люмэкс, Россия) с кварцевым капилляром (диаметр 75 мкм, *Лобц/Лэф* = 60/50 см). Детектирование проводилось при 267 нм. Электролит: буфер, содержащий бензимидазол, винную кислоту, 18-краун-6 и дистиллированную воду. Ввод пробы под давлением 30 мбар, 5 сек. Напряжение +13 кВ, температура 20°C. Время анализа 14 минут. Чтение и обработка хроматограмм проводились с использованием программы МультиХром.

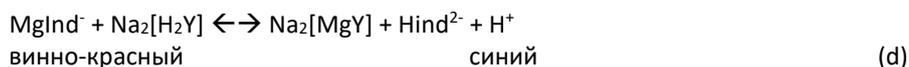
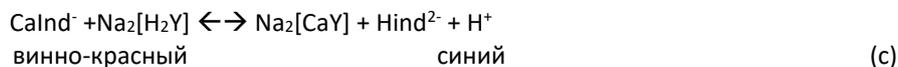
Карбонатная жесткость устанавливалась титрованием воды рабочим раствором соляной кислоты с метиловым оранжевым. Химизм процесса выражался уравнениями 1 и 2:



Определение общей жесткости воды осуществлялось методом комплексонометрического титрования. Анализируемая вода подщелачивалась аммиачным буферным раствором до pH 10. Индикатором служил хромоген черный, образующий с ионами  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  растворимые комплексы винно-красного цвета (реакции а и b):



Константы устойчивости этих комплексов равны соответственно  $2,6 \cdot 10^6$  и  $1,0 \cdot 10^7$ . Константы устойчивости комплексов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  с трилоном Б (ЭДТА) больше  $3,7 \cdot 10^7$  и  $5,0 \cdot 10^8$ . Поэтому при титровании комплексы металлов с индикатором разрушаются и образуются более прочные комплексы с ЭДТА (при pH 10), что отражено в реакциях с и d:



В эквивалентной точке винно-красная окраска раствора изменяется на синюю окраску вследствие накопления анионов индикатора.

Определение содержания сульфатов проводилось путем турбидиметрии. Метод турбидиметрии является одним из спектрометрических методов анализа, основанных на рассеянии электромагнитного излучения. Рассеянием называется случайное изменение направления распространения электромагнитного излучения при взаимодействии с веществом.

Турбидиметрический метод анализа основан на измерении интенсивности света, прошедшего через дисперсную систему. В основе турбидиметрического определения сульфат-ионов лежит реакция образования сульфата бария (уравнение 3):



В пробирку помещалось количество испытуемого образца воды. Прибавлялся осаждающий раствор и тщательно перемешивался. Измерялась мутность смеси. По уравнению градуировочного графика рассчитывалась концентрация сульфат-ионов (мг/л) в испытуемом образце воды.

Математическая обработка полученных результатов проводилась методами параметрической и непараметрической статистики с использованием пакета статистических программ Microsoft Excel 2003, STATISTICA 6.0.

**Результаты и их обсуждение.** При исследовании образцов воды из различных водоемов Витебской области с помощью метода капиллярного электрофореза был определен их катионный состав. Концентрации катионов рассчитаны на основе градуировочных смесей, приготовленных из растворов соответствующих ГСО, и имеют усредненное из пяти значение (табл. 2).

Содержание катионов в природных водоемах Витебской области, мг/л

Район водного объекта	Аммоний (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	Калий (K <sup>+</sup> )	Натрий (Na <sup>+</sup> )	Магний (Mg <sup>2+</sup> )	Стронций (Sr <sup>2+</sup> )	Кальций (Ca <sup>2+</sup> )
Ушачи	–	121.5	158.2	250.5	–	962.2
Шумилино	–	145	142.1	259.2	–	963.9
Бешенковичи	–	633.7	513.9	437.3	–	1408
Сенно	–	87.7	288.6	403.6	–	1480
Ольгово	–	242	495.9	133.5	–	534.7
Витебск	450.2	274.5	2015	714.1	–	2965
Дубровно	430.4	363.2	198.9	435.9	–	1625
Полоцк	103.5	608.7	645.2	686.2	35.1	6141
Контроль	5.467	10.1	30.4	43.3	–	322.4

Как показали проведенные исследования, значительные отличия относительно контроля (Россонский район) наблюдались в водах всех районов. Хроматограмма образцов воды Россонского района, являющихся контролем, демонстрирует их катионный состав по пикам концентрации (рис. 1).

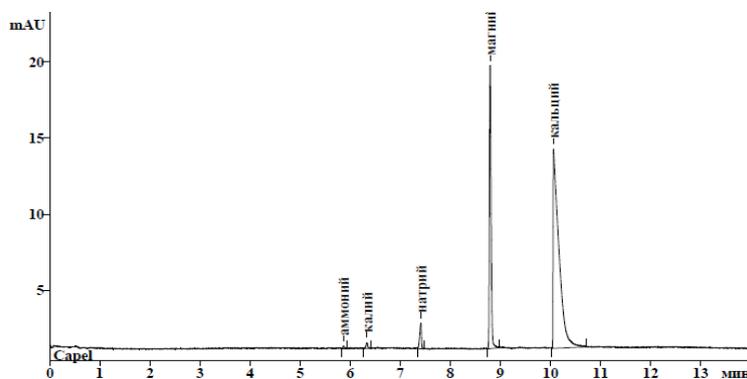


Рис. 1. Хроматограмма образцов воды Россонского района (контроль).

В отношении катионов аммония (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) самые высокие показатели были выявлены в водоемах Витебского (450.2 мг/л) и Дубровенского (430.4 мг/л) районов. В других местах отбора, кроме водоема Полоцкого района (103.5 мг/л), катионов аммония зафиксировано не было. Относительно контроля указанные водоемы имеют превышения концентрации катионов аммония (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) в 84 и 19 раз соответственно.

По концентрации катионов калия (K<sup>+</sup>) значительные превышения оказались в водоемах Бешенковичского (633.7 мг/л) и Полоцкого (608.7 мг/л) районов (больше, чем в остальных водоемах, и в десятки раз по сравнению с контролем).

Самая высокая концентрация ионов натрия (Na<sup>+</sup>) зафиксирована в р. Витьба (2015.0 мг/л) – это, к примеру, в 13 раз больше, чем в водоеме Ушачского района (158.2 мг/л), и в 66 раз больше, чем в водоеме Россонского района.

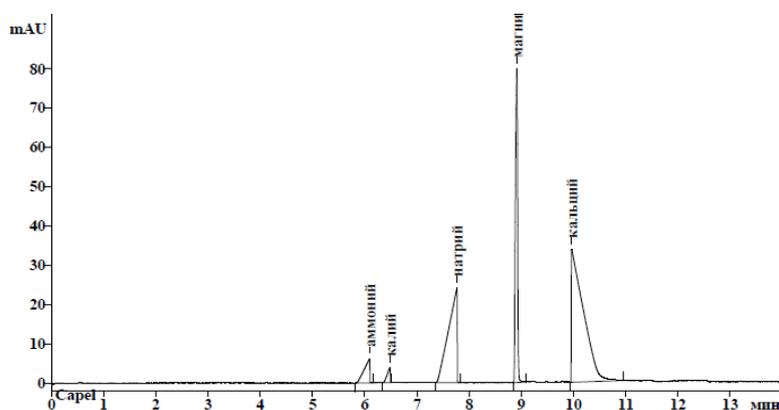


Рис. 2. Хроматограмма образцов воды Витебского района.

В отношении катионов магния ( $Mg^{2+}$ ) максимальные превышения обнаружены в водных объектах Витебского (714.1 мг/л) (рис. 2) и Полоцкого (686.2 мг/л) районов. Эти показатели в 16 раз отличаются от показателей контроля.

Катионы стронция ( $Sr^{2+}$ ) обнаружены только в р. Туровлянка (Полоцкий район) – 35.1 мг/л.

Также в Полоцком районе зафиксирована максимально высокая концентрация катионов кальция ( $Ca^{2+}$ ) из всех исследуемых водоемов (6141.0 мг/л) (рис. 3). Это в 19 раз превышает концентрацию кальция ( $Ca^{2+}$ ) в образцах воды из контрольного водоема.

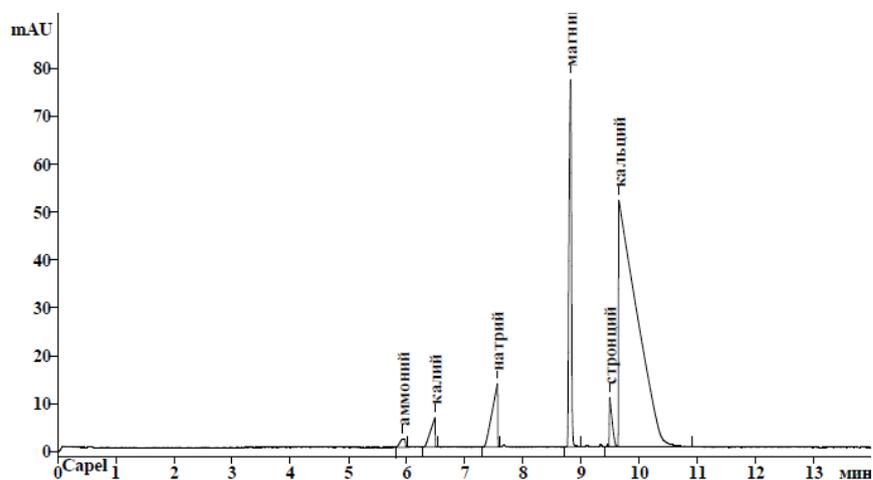


Рис. 3. Хроматограмма образцов воды Полоцкого района.

Из табл. 2 и хроматограмм (рис. 1–3) видно, что превышения относительно контроля зафиксированы во всех исследуемых водоемах. Некоторые показатели отличаются в десятки раз.

При исследовании образцов воды из различных водоемов Витебской области с помощью методов титрования соляной кислотой, комплексонометрического титрования и турбидиметрии были определены такие показатели, как карбонатная жесткость воды, общая жесткость воды и содержание сульфат-ионов соответственно (табл. 3).

Таблица 3

**Содержание сульфат-ионов и катионов, обуславливающих жесткость воды из природных водоемов (мг-экв/л)**

Район водного объекта	Карбонатная жесткость	Общая жесткость	Сульфат-ионы
Ушачи	0,33 ± 0,067	2,3 ± 0,32	4,60 ± 0,71
Шумилино	0,47 ± 0,066	2,7 ± 0,03	15,11 ± 0,78
Бешенковичи	0,53 ± 0,066	4,1 ± 0,06	22,46 ± 0,60
Сенно	0,53 ± 0,067	4,1 ± 0,07	19,61 ± 0,47
Ольгово	0,33 ± 0,033	2,0 ± 0,06	27,46 ± 0,26
Витебск	0,93 ± 0,066	8,1 ± 0,18	153,98 ± 0,16
Дубровно	0,73 ± 0,066	6,1 ± 0,07	38,19 ± 0,42
Полоцк	2,07 ± 0,066	6,9 ± 0,09	207,34 ± 0,71
Контроль	0,27 ± 0,067	2,4 ± 0,26	11,98 ± 0,05

По результатам проведенных исследований в отношении показателя карбонатной жесткости воды выяснилось, что небольшие превышения присутствуют в водоемах районов Ушачи, Шумилино, Бешенковичи, Сенно и Ольгово. В водоемах Витебского и Дубровенского районов концентрации превышают контроль в 2,5–3,5 раза. В водном объекте Полоцкого района оказались самые высокие показатели – 2,07 мг-экв/л, что в 7,5 раза превышает содержание в контроле.

В отношении показателей общей жесткости воды выяснилось, что превышения присутствуют в водоемах районов Бешенковичи и Сенно – в 1,5 раза, Дубровно и Полоцк – в 2,5 раза и Витебск – почти в 3,5 раза (8,1 мг-экв/л).

По содержанию сульфат-ионов выявилось, что превышения относительно контроля присутствуют в водоемах районов Бешенковичи, Сенно и Ольгово – в 2 раза, Дубровно – в 3 раза, Витебск – почти в 13 раз, Полоцк – 17 раз (207,34 мг/л).

Исследуемые катионы входят в состав гемолимфы гидробионтов, в том числе пресноводных легочных моллюсков, поэтому их содержание в водоеме может быть определяющим фактором для жизнедеятельности последних. Пресноводные брюхоногие гидробионты (*L. stagnalis* и *P. corneus*) проявляют определенную устойчивость к загрязнению катионами, поэтому встречаются во всех изученных водоемах.

Сточные воды машиностроительных заводов содержат различные минеральные загрязнения, в том числе ионы многих металлов, арсениты и цианиды. Все они токсичны для моллюсков даже в относительно невысоких концентрациях [7]. Токсичность металлов повышается при нарушении ряда гидрологических и гидрохимических параметров среды (повышение температуры, дефицит кислорода, изменение pH и жесткости воды).

Опасным для прудовиков является загрязнение водоемов ядохимикатами (сульфатом меди, хлорофосом, дитиофосом, цирамом, фресконом и др.). В результате нарушения правил транспортировки, хранения, норм и кратности внесения последних концентрации их в водоемах иногда превышают максимально допустимые уровни, вызывая гибель гидробионтов [8].

**Заключение.** Таким образом, наименее благоприятная экологическая обстановка выявлена в р. Туровлянка (Полоцкий район) и р. Витьба (г. Витебск). Наименьшее содержание исследованных катионов обнаружено в воде из источника, являющегося гидрологическим памятником природы Россонского района, где отсутствует прямое влияние антропогенной деятельности. Повышенные концентрации исследуемых веществ аккумулируются моллюсками. Степень накопления определяет продолжительность жизни, размеры, рост и обмен веществ животных. По этим морфофизиологическим показателям моллюсков можно использовать как биоиндикаторов водных объектов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Денисов, Д.Б. Хронология развития субарктических водоемов в условиях интенсивного промышленного загрязнения / Д.Б. Денисов // Наука и развитие техносферы Заполярья: материалы междунар. конф. – Апатиты, 2005. – С. 46–49.
2. Зинченко, Т.Д. Результаты и перспективы биоиндикационных исследований водоемов и водотоков Волжского бассейна (на примере хирономид, Diptera: Chironomidae) / Т.Д. Зинченко. – Самара: Самар. науч. центр РАН, 2006. – С. 248–262.
3. Шеховцов, А.А. Влияние отраслей экономики Российской Федерации на состояние природной среды в 1993–1995 гг. / А.А. Шеховцов, Е.В. Жильцов, С.С. Чижов. – М.: Изд. центр «Метеорология и гидрология», 1997. – 329 с.
4. Никаноров, А.М. Системы мониторинга поверхностных вод / А.М. Никаноров, В.В. Циркунов. – СПб.: Гидрометиздат, 1994. – 197 с.
5. Абакумов, В.А. Гидробиологический мониторинг пресноводных экосистем и пути его совершенствования / В.А. Абакумов, Л.М. Суцень // Экологические модификации и критерии экологического нормирования: труды междунар. симпозиума. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 41–51.
6. Бедова, П.В. Использование моллюсков в биологическом мониторинге состояния водоемов / П.В. Бедова, Б.И. Колупаев // Экология. – 1998. – № 5. – С. 410–411.
7. Горохов, В.В. Моллюскоциды и их применение в сельском хозяйстве / В.В. Горохов, В.С. Осетров. – М.: Колос, 1978. – 224 с.
8. Стадниченко, А.П. Влияние антропогенных факторов на формирование гидрофауны водных экосистем Верхнего Приднепровья / А.П. Стадниченко, А.М. Стадниченко // Биологические основы освоения, реконструкции и охраны животного мира Белоруссии. – Минск: АН БССР, 1976. – С. 33–34.

#### REFERENCES

1. Denisov D.B. *Nauka i razvitiye tekhnobiosferi Zapoliarye: Materiali Mezhdunarod. konf.* [Science and Development of the Technobiosphere of the Arctic: Proceedings of the International Conf.], Apatity, 2005, pp. 46–49.
2. Zinchenko T.D. *Rezultati i perspektivi bioindikatsionnikh issledovaniy vodoyemov i vodotokov Volzhskogo basseina (na primere khironomid Diptera: Chironomidae)* [Results and Prospects of Bioindication Studies of Reservoirs and Watercourses of the Volga Basin (on the example of chironomids, Diptera: Chironomidae)], Samara: Samar. nauch. tsentr RAN, 2006, pp. 248–262.
3. Shekhovtsov A.A., Zhiltsov E.V., Chizhov S.S. *Vliyaniye otraslei ekonomiki Rossiyskoi Federatsii na sostoyaniye prirodnoi sredi v 1993–1995 gg.* [Influence of Branches of Economy of the Russian Federation on the Condition of Environment in 1993–1995], Moscow: Izd. tsentr «Meteorologiya i gidrologiya», 1997, 329 p.
4. Nikanorov A.M., Tsirkunov V.V. *Sistemi monitoringa poverkhnostnikh vod* [Surface Water Monitoring Systems], St. Petersburg, Hydrometizdat, 1994, 197 p.
5. Abakumov V.A., Sushchenia L.M. *Ekologicheskiye modifikatsii i kriterii ekologicheskogo normirovaniya: trudi mezhdunarodnogo simposiuma* [Ecological Modifications and Criteria of Ecological Rationing: Works of the International Symposium], L.: Gidrometeoizdat, 1991, pp. 41–51.
6. Bedova P.V., Kolupayev B.I. *Ekologiya* [Ecology], 1998, 5, pp. 410–411.
7. Gorokhov V.V., Osetrov V.S. *Moluskotsidi i ikh primeneniye v selskom khoziaystve* [Molluskocides and their Application in Agriculture], Moscow, Kolos, 1978, 224 p.
8. Stadnichenko A.P., Stadnichenko A.M. *Biologicheskiye osnovi osvoyeniya, rekonstruktsii i okhrani zhivotnogo mira Belorussii* [Biological Foundations of Development, Reconstruction and Protection of the Animal World of Belarus], Minsk, AN BSSR, 1976, pp. 33–34.

Поступила в редакцию 03.05.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: jackie2094@mail.ru – Ильющенко Е.В.

# Лихенобиота спелых еловых насаждений двух особо охраняемых природных территорий Витебской области

А.П. Яцына

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси»

Несмотря на большое количество исследований, посвященных анализу генезиса и географии еловых лесов, видовое разнообразие лишайников спелых еловых лесов до сих пор не было предметом специального изучения.

Цель статьи – провести таксономическое и экологическое исследование лихенобиоты спелых еловых лесов Витебской области на примере 2-х особо охраняемых природных территорий: НП «Браславские озера» и заказника «Красный Бор».

**Материал и методы.** Сбор лишайников в спелых еловых насаждениях возрастом с 81 до 120 лет проводился по общепринятым методикам. Возраст еловых лесов определялся с помощью лесотаксационных характеристик. Видовой состав лишайников спелых еловых насаждений изучен в 32 локалитетах, на площади 109 га. Лишайники на ООПТ собраны в 7 типах еловых лесов.

**Результаты и их обсуждение.** Видовой состав лишайников и близкородственных грибов спелых еловых лесов содержит 122 вида, из них 117 видов лишайников, 4 нелихенизированных гриба и 1 лихенофильный гриб. Впервые для территории Беларуси отмечен лишайник *Biatora epixanthoides*. Для еловых лесов республики впервые приводятся 17 новых видов лишайников и близкородственных грибов, а для еловых лесов Витебской области – 26 видов. Таким образом, впервые для еловых лесов Витебской области указано 44 новых вида лишайников и близкородственных грибов. Наибольшее число видов в спелых еловых лесах отмечено в ельниках черничных – 57 видов. На коре деревьев найдено наибольшее число видов среди 8 субстратов – 91 вид.

**Заключение.** Полученные данные уточняют и дополняют видовое разнообразие лишайников еловых лесов Беларуси. Но лихенобиота еловых лесов требует дальнейшего изучения.

**Ключевые слова:** лишайник, биоразнообразие, спелые еловые леса, Витебская область, Беларусь.

## Lichen of Mature Spruce Forests of the Two Protected Areas of Vitebsk Region

A.P. Yatsyna

State Scientific Establishment «F.V. Kuprevich Institute of Experimental Botany of NASC of Belarus»

Despite the large number of studies devoted to the analysis of the genesis and geography of spruce forests, species diversity of lichens of mature spruce forests still has not been the subject of a special study.

The purpose of the research is to conduct taxonomic and ecological studies of lichen of mature spruce forests of Vitebsk Region, on the example 2 of protected areas: National Park «Braslav Lakes» and Reserve «Krasny Bor».

**Material and methods.** Collection of lichen in mature spruce forest aged 8 to 120 years was carried out by conventional methods. The age of spruce forest was determined with the help of forest taxation characteristics. Species composition of lichen in mature spruce forests was studied in 32 localities, in the area of 109 hectares. Lichens on the protected areas were collected in 7 types of spruce forests.

**Findings and their discussion.** The species composition of lichens and closely related fungi of mature spruce forest contains 122 species, including 117 species of lichens, and 4 non-lichenized saprobic fungi and one lichenfilous species. For the first time in Belarus *Biatora epixanthoides* lichen was recorded. For spruce forests of the Republic for the first time 17 new species of lichens and closely related fungi were identified, and in spruce forests of Vitebsk Region – 26 species. Thus, for the first time for the spruce forests of Vitebsk Region 44 new species of lichens and closely related fungi were identified. The biggest number of species in mature spruce forests was noted in spruce bilberry – 57 species. On tree bark the greatest number of species was found among 8 substrates – 91 species.

**Conclusion.** The obtained data clarify and complement the diversity of lichen in spruce forests of Belarus. As our initial studies showed lichen of spruce forest requires further study.

**Key words:** lichen, biodiversity, mature spruce forests, Vitebsk Region, Belarus.

Изучение биологического разнообразия лишайников – важная задача, которая позволяет осуществить один из вариантов биологического мониторинга лесных экосистем. Систематическое изучение лишайников играет важную роль в выявлении основных тенденций и закономерностей изменения биоты под влиянием климатических и антропогенных условий. Несмотря на большое количество исследований, посвященных анализу генезиса и географии еловых лесов, видовое разнообразие лишайников спелых еловых лесов до сих пор не было предметом специального изучения [1].

Цель статьи – таксономическое и экологическое исследование лишайников спелых еловых лесов на примере 2-х особо охраняемых природных территорий Витебской области: НП «Браславские озера» и заказника «Красный Бор».

**Материал и методы.** Сбор лишайников в спелых еловых насаждениях возрастом с 81 до 120 лет проводился по общепринятым методикам. Возраст еловых лесов определялся с помощью лесотаксационных характеристик. Видовой состав лишайников спелых еловых насаждений изучен в 32 локалитетах двух ООПТ Витебской области: НП «Браславские озера» (Браславский район) и заказника «Красный Бор» (Россонский район) в период с 2014 по 2016 г. Лишайники определялись по общепринятым методикам с использованием современной техники: бинокля Olympus SZ 6, микроскопа Olympus BX 51 и химических реактивов. Лишайники на ООПТ собраны в 7 типах еловых лесов: черничном, долгомошном, папоротниковом, орляковом, приручейно-травяном, мшистом и кисличном на общей площади 109 га (табл.).

Таблица

Перечень обследованных локалитетов спелых еловых лесов Витебской области

№ п/п	Локалитеты	Типы леса	Возраст насаждения, лет	Площадь, га
1.	<b>Заказник «Красный Бор»,</b> Лиснянское л-во, кв. 38, выд. 25	Ельник черничный	110	8,9
2.	Лиснянское л-во, кв. 6, выд. 27	Ельник долгомошный	115	7
3.	Лиснянское л-во, кв. 11, выд. 12	Ельник орляковый	85	3,2
4.	Лиснянское л-во, кв. 13, выд. 13	Ельник папоротниковый	130	1,7
5.	Лиснянское л-во, кв. 13, выд. 12	Ельник папоротниковый	130	0,9
6.	Лиснянское л-во, кв. 81, выд. 3	Ельник черничный	85	1,2
7.	Лиснянское л-во, кв. 81, выд. 9	Ельник приручейно-травяной	85	5,8
8.	Лиснянское л-во, кв. 49, выд. 37	Ельник черничный	85	1,7
9.	Лиснянское л-во, кв. 49, выд. 28	Ельник черничный	85	1,6
10.	Юховичское л-во, кв. 87, выд. 35	Ельник долгомошный	95	3,6
11.	Юховичское л-во, кв. 87, выд. 26	Ельник мшистый	95	2,2
12.	Юховичское л-во, кв. 130, выд. 1	Ельник долгомошный	95	15,1
13.	Якубовское л-во, кв. 16, выд. 22	Ельник черничный	85	12,4
14.	Якубовское л-во, кв. 16, выд. 46	Ельник мшистый	95	3,9
15.	Лиснянское л-во, кв. 101, выд. 1	Ельник кисличный	85	6
16.	Лиснянское л-во, кв. 100, выд. 7	Ельник приручейно-травяной	95	1,7
17.	Якубовское л-во, кв. 37, выд. 13	Ельник черничный	105	1,4
18.	Юховичское л-во, кв. 86, выд. 26	Ельник мшистый	85	0,8
19.	Лиснянское л-во, кв. 117, выд. 12	Ельник черничный	90	3,9
20.	Юховичское л-во, кв. 81, выд. 34	Ельник мшистый	85	5,1

№ п/п	Локалитеты	Типы леса	Возраст насаждения, лет	Площадь, га
21.	НП «Браславские озера», Замошское л-во, кв. 89, выд. 2	Ельник черничный	85	2,1
22.	Замошское л-во, кв. 98, выд. 8	Ельник черничный	85	6,6
23.	Друйское л-во, кв. 114, выд. 17	Ельник черничный	85	0,5
24.	Замошское л-во, кв. 209, выд. 8	Ельник кисличный	95	0,8
25.	Замошское л-во, кв. 88, выд. 3	Ельник приручейно- травяной	85	2,9
26.	Замошское л-во, кв. 192, выд. 22	Ельник кисличный	85	1
27.	Друйское л-во, кв. 70, выд. 9	Ельник кисличный	85	1,2
28.	Богинское л-во, кв. 167, выд. 8	Ельник кисличный	85	1,4
29.	Замошское л-во, кв. 201, выд. 5	Ельник кисличный	95	1,6
30.	Дубровское л-во, кв. 70, выд. 9	Ельник кисличный	85	0,8
31.	Друйское л-во, кв. 133, выд. 36	Ельник черничный	85	1,4
32.	Замошское л-во, кв. 90, выд. 5	Ельник долгомошный	85	0,6

**Результаты и их обсуждение.** Видовой состав лишайников и близкородственных грибов спелых еловых лесов ООПТ содержит 122 вида, из них 117 видов лишайников, 4 нелихенизированных гриба: *Chaenothecopsis pusilla* (Ach.) A.F.W. Schmidt, *Mycocalicium subtile* (Pers.) Szatala, *Sarea difformis* (Fr.) Fr. и *S. resiniae* (Fr.) Kuntze и 1 лихенофильный гриб – *Chaenothecopsis consociata* (Nadv.) A.F.W. Schmidt. Впервые для территории Беларуси отмечен лишайник *Biatora epixanthoides* (Nyl.) Diederich. Далее приводится список лишайников спелых еловых лесов ООПТ, после каждого вида указаны номер локалитета из табл. и его субстратная приуроченность. Новые виды лишайников для еловых лесов республики обозначены (\*), в том числе и для Витебской области, а виды, которые отмечены в еловых лесах, но не указываются для Витебской области, – (!).

1. (\*)*Absoconditella lignicola* Vězda & Pišút – 15, на корнях *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.
2. (!)*Alyxoria varia* (Pers.) Ertz & Tehler – 3, на коре *Populus tremula* L.
3. *Anaptychia ciliaris* (L.) Körb. ex A. Massal. – 10, на коре *Populus tremula* L.
4. (!)*Amandinea punctata* (Hoffm.) Coppins & Scheid. – 11, на коре *Populus tremula* L.
5. (\*)*Arthonia arthonioides* (Ach.) A.L. Sm. – 9, на коре *Quercus robur* L.
6. *Arthonia radiata* (Pers.) Ach. – 11, на коре *Corylus avellana* L.
7. (!)*Arthonia spadicea* Leight. – 7, на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.
8. (\*)*Arthothelium ruanum* (A. Massal.) Körb. – 1, на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.
9. *Athallia cerinella* (Nyl.) Arup, Frödén & Söchting – 6, на коре *Populus tremula* L.
10. (!)*Bacidia arceutina* (Ach.) Rehm & Arnold – 9, на коре *Populus tremula* L.; 11 – на коре *Populus tremula* L.
11. *Bacidia arnoldiana* Körb. – 11, на коре *Populus tremula* L.
12. (\*)*Bacidia inundata* (Fr.) Körb. – 11, на камнях в воде.
13. (!)*Bacidia phacodes* Körb. – 1, на вывороченных корнях *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn; 18 – на коре *Populus tremula* L.
14. *Bacidia rubella* (Hoffm.) A. Massal. – 9, на коре *Populus tremula* L.
15. (!)*Baeomyces rufus* (Huds.) Rebent. – 14, на почве.
16. (\*)*Biatora epixanthoides* (Nyl.) Diederich – 11, на коре *Populus tremula* L.
17. *Bryoria capillaris* (Ach.) Brodo & D. Hawksw. – 23, на коре *Picea abies* (L.) Karst.
18. (!)*Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw. – 23, на коре *Picea abies* (L.) Karst.
19. *Buellia griseovirens* (Turner & Borrer ex Sm.) Almb. – 19, на коре *Alnus incana* (L.) Moench.
20. (\*)*Calicium glaucellum* Ach. – 12, на древесине *Picea abies* (L.) Karst.
21. (!)*Calicium viride* Pers. – 7, на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.
22. *Caloplaca cerina* (Hedw.) Th. Fr. – 13, на коре *Populus tremula* L.
23. (!)*Candelariella aurella* (Hoffm.) Zahlbr. – 18, на коре *Populus tremula* L.
24. (!)*Candelariella xanthostigma* (Pers. ex Ach.) Lettau – 6, на ветках *Populus tremula* L.
25. *Carbonicola myrmecina* (Ach.) Bendiksby & Timdal – 14, на коре *Picea abies* (L.) Karst.; 28 – на коре *Betula pendula* Roth.

26. *Cetraria sepincola* (Ehrh.) Ach. – 1, на ветках *Betula pendula* Roth.
27. *Cetrelia cetrarioides* (Delise) W.L. Culb. & C.F. Culb. – 7, на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.; 10 – на коре *Populus tremula* L.; 13 – на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.; 16 – на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.; 17 – на коре *Populus tremula* L.; 24 – на коре *Populus tremula* L.
28. (!)*Chaenotheca brachypoda* (Ach.) Tibell – 5, на трухлявом пне; 12 – на трухлявом пне.
29. *Chaenotheca chrysocephala* (Ach.) Th. Fr. – 12, на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.; 31 – на коре *Picea abies* (L.) Karst.
30. *Chaenotheca ferruginea* (Turner ex Sm.) Mig. – 22, на коре *Picea abies* (L.) Karst.
31. *Chaenotheca furfuracea* (L.) Tibell – 1, у основания ствола *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.; 8 – на вывороченных корнях *Picea abies* (L.) Karst.
32. (!)*Chaenotheca phaeocephala* (Turner) Th. Fr. – 4, на коре *Picea abies* (L.) Karst.
33. *Chaenotheca stemonea* (Ach.) Müll.Arg. – 9, на коре *Picea abies* (L.) Karst.
34. *Chaenotheca trichialis* (Ach.) Hellb. – 29, на коре *Quercus robur* L.
35. *Chaenotheca xyloxena* Nádv. – 9, на древесине *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.; 32 – на древесине *Pinus sylvestris* L.
36. (\*)*Chaenothecopsis consociata* (Nadv.) A.F.W. Schmidt – 12, 31, на талломе *Chaenotheca chrysocephala*.
37. *Chaenothecopsis pusilla* (Ach.) A.F.W. Schmidt – 14, на трухлявой древесине *Picea abies* (L.) Karst.
38. (!)*Chrysothrix candelaris* (L.) J.R. Laundon – 9, на коре *Quercus robur* L.
39. *Cladonia botrytes* (K.G. Hagen) Willd. – 18, на древесине.
40. *Cladonia cenotea* (Ach.) Schaer. – 28, на почве.
41. *Cladonia coniocraea* (Flörke) Spreng. – 18, на древесине.
42. *Cladonia digitata* (L.) Hoffm. – 1, на трухлявом пне; 22 – на коре *Pinus sylvestris* L.
43. *Cladonia macilenta* Hoffm. – 23, на древесине.
44. *Dimerella pineti* (Ach.) Vězda – 13, на мхах, вывороченный пенек.
45. *Evernia prunastri* (L.) Ach. – 1, на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.
46. *Evernia mesomorpha* Nyl. – 8, на ветках *Picea abies* (L.) Karst.
47. *Fellhanera bouteillei* (Desm.) Vězda – 22, на ветке и иголках *Picea abies* (L.) Karst.
48. (\*)*Fellhanera gyrophorica* Sérus., Coppins, Diederich & Scheid. – 12, на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.
49. (!)*Fellhanera subtilis* (Vězda) Diederich & Sérus. – 9, на ветках черники.
50. *Graphis scripta* (L.) Ach. – 1, на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.
51. (!)*Gyalecta truncigena* (Ach.) Nepp – 11, на коре *Populus tremula* L.
52. *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. – 27, на ветках *Picea abies* (L.) Karst.
53. *Hypogymnia tubulosa* (Schaer.) Nav. – 3, на коре *Populus tremula* L.; 25 – на сухих ветках *Picea abies* (L.) Karst.
54. (\*)*Hypogymnia vittata* (Ach.) Parrique – 2, на ветках *Picea abies* (L.) Karst.
55. *Imshaugia aleurites* (Ach.) S.L.F. Mey. – 18, на коре *Pinus sylvestris* L.
56. *Lecania cyrtella* (Ach.) Th. Fr. – 13, на ветках *Betula pendula* Roth.
57. (!)*Lecanora allophana* (Ach.) Nyl. – 3, на коре *Populus tremula* L.
58. (!)*Lecanora chlorotera* Nyl. – 1, на ветках *Betula pendula* Roth.
59. *Lecanora filamentosa* (Stirt.) Elix & Palice – 4, на коре *Alnus incana* (L.) Moench.
60. (\*)*Lecanora populicola* (DC.) Duby – 11, на коре *Populus tremula* L.
61. *Lecanora pulicaris* (Pers.) Ach. – 13, на древесине.
62. (!)*Lecanora varia* (Hoffm.) Ach. – 24, на ветках *Betula pendula* Roth.
63. *Lecidella elaeochroma* (Ach.) M. Choisy – 28, на коре *Populus tremula* L.
64. (\*)*Leptogium saturninum* (Dicks.) Nyl. – 11, на коре *Populus tremula* L.; 20 – на коре *Populus tremula* L.
65. *Lichenomphalia umbellifera* (L.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys – 4, на древесине *Picea abies* (L.) Karst.; 32 – на замшелой древесине.
66. *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. – 20, на коре *Populus tremula* L.
67. *Massjukiella polycarpa* (Hoffm.) S.Y. Kondr., Fedorenko, S. Stenroos, Kärnefelt, Elix, J.S. Hur & A. Thell – 31, на ветках *Betula pendula* Roth.
68. *Melanelixia glabrata* (Lamy) Sandler & Arup – 20, на коре *Populus tremula* L.
69. *Melanelixia subaurifera* (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch – 20, на ветках *Betula pendula* Roth.
70. *Melanohalea exasperatula* (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch – 22, на ветке *Picea abies* (L.) Karst.
71. *Melanohalea olivacea* (L.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch – 30, на коре *Betula pendula* Roth.
72. *Menegazzia terebrata* (Hoffm.) A. Massal. – 2, на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.; 13 – на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.; 16 – на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.; 29 – на коре *Populus tremula* L.

73. *Micarea melaena* (Nyl.) Hedl. – 2, у основания ствола *Pinus sylvestris* L.; 14 – на трухлявом стволе *Picea abies* (L.) Karst.
74. (\*)*Micarea misella* (Nyl.) Hedl. – 12, на древесине *Picea abies* (L.) Karst.
75. *Micarea prasina* Fr. – 28, на древесине *Picea abies* (L.) Karst.
76. (!)*Microcalicium disseminatum* (Ach.) Vain. – 9, на коре *Quercus robur* L.
77. *Mycocalicium subtile* (Pers.) Szatala – 21, на древесине *Picea abies* (L.) Karst.
78. *Parmelia sulcata* Taylor – 1, на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.
79. *Parmeliopsis ambigua* (Wulfen) Nyl. – 15, на коре *Tilia cordata* Mill.
80. (!)*Peltigera membranacea* (Ach.) Nyl. – 10, на коре *Populus tremula* L.
81. *Peltigera neckeri* E. Hepp ex Müll. Arg. – 9, у основания ствола *Quercus robur* L.
82. *Peltigera polydactylon* (Neck.) Hoffm. – 14, на трухлявом пне *Picea abies* (L.) Karst.
83. *Peltigera praetextata* (Flörke ex Sommerf.) Zopf – 1, на трухлявом пне; 28 – у основания ствола *Populus tremula* L.
84. *Pertusaria albescens* (Huds.) M. Choisy & Werner – 30, на коре *Populus tremula* L.
85. *Pertusaria amara* (Ach.) Nyl. – 1, на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.; 21 – на коре *Populus tremula* L.
86. *Pertusaria leioplaca* (Ach.) DC. – 10, на коре *Corylus avellana* L.
87. *Phaeophyscia ciliata* (Hoffm.) Moberg – 26, на коре *Populus tremula* L.
88. (!)*Phaeophyscia nigricans* (Flörke) Moberg – 26, на коре *Populus tremula* L.
89. *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg – 13, на коре *Populus tremula* L.
90. *Phlyctis argena* (Ach.) Flot. – 15, на коре *Populus tremula* L.
91. *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier – 11, на коре *Populus tremula* L.
92. *Physcia aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fürnr. – 10, на коре *Populus tremula* L.
93. *Physcia alnophila* (Vain.) Loht., Moberg, Myllys & Tehler – 3, на коре *Populus tremula* L.
94. *Physcia stellaris* (L.) Nyl. – 8, на ветке *Betula pendula* Roth.
95. *Physcia tenella* (Scop.) DC. – 18, на ветке *Populus tremula* L.
96. *Physconia detersa* (Nyl.) Poelt – 11, на коре *Populus tremula* L.
97. *Physconia distorta* (With.) J.R. Laundon – 17, на коре *Populus tremula* L.
98. (!)*Physconia enteroxantha* (Nyl.) Poelt – 7, на коре *Populus tremula* L.
99. (!)*Placynthiella icmalea* (Ach.) Coppins & P. James – 20, на древесине.
100. *Placynthiella uliginosa* (Schrad.) Coppins & P. James – 22, на гумусе.
101. *Platismatia glauca* (L.) W.L. Culb. & C.F. Culb. – 26, на ветках *Picea abies* (L.) Karst.
102. (!)*Porina aenea* (Wallr.) Zahlbr. – 11, на коре *Corylus avellana* L.
103. *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf – 23, на сухих ветвях *Picea abies* (L.) Karst.
104. (\*)*Psilolechia clavulifera* (Nyl.) Coppins – 20, на вывороченных корнях и почве *Picea abies* (L.) Karst.
105. *Psilolechia lucida* (Ach.) M. Choisy – 20, на вывороченных корнях и почве *Picea abies* (L.) Karst.
106. *Ramalina farinacea* (L.) Ach. – 17, на коре *Populus tremula* L.
107. *Ramalina fraxinea* (L.) Ach. – 17, на коре *Populus tremula* L.
108. (!)*Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach. – 11, на коре *Populus tremula* L.
109. *Sarea difformis* (Fr.) Fr. – 4, 9, 21, на смоле *Picea abies* (L.) Karst.
110. *Sarea resiniae* (Fr.: Fr.) Kuntze – 4, 21, на смоле *Picea abies* (L.) Karst.
111. (\*)*Sarcosagium campestre* (Fr.) Poetsch & Schied. – 21, на почве.
112. (\*)*Steinia geophana* (Nyl.) Stein – 21, на почве.
113. (!)*Strangospora moriformis* (Ach.) Stein – 32, на коре *Pinus sylvestris* L.
114. (\*)*Thelocarpon lichenicola* (Fuckel) Poelt & Hafellner. – 21, на почве.
115. *Trapeliopsis flexuosa* (Fr.) Coppins & P. James – 17, на древесине.
116. *Tuckermanopsis chlorophylla* (Willd.) Hale – 21, 23, на сухих ветвях *Picea abies* (L.) Karst.
117. *Usnea filipendula* Stirt – 28, 30, на коре *Betula pendula* Roth.
118. *Usnea hirta* (L.) Weber ex F.H. Wigg. – 23, на коре *Picea abies* (L.) Karst.
119. *Usnea subforidana* Stirt. – 30, на коре *Betula pendula* Roth.
120. (\*)*Verrucaria hydrela* Ach. – 15, на камнях в воде.
121. *Vulpicida pinastri* (Scop.) J.-E. Mattsson & M.-J. Lai – 14, на древесине.
122. *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. – 6, на коре *Populus tremula* L.

Для еловых лесов республики впервые приводятся 17 новых видов лишайников и близкородственных грибов, а для еловых лесов Витебской области – 26 видов. Таким образом, впервые для еловых лесов Витебской области указано 44 новых вида лишайников и близкородственных грибов, не отмеченных в монографии «Лишайники еловых лесов Беларуси» [1]. К новым видам лишайников еловых лесов относятся следующие:

*Absconditella lignicola*, *Arthonia arthonioides*, *Arthothelium ruanum*, *Bacidia inundata*, *Biatora epixanthoides*, *Calicium glaucellum*, *Fellhanera gyrophorica*, *Hypogymnia vittata*, *Lecanora populicola*, *Leptogium saturninum*, *Micarea misella*, *Psilolechia clavulifera*, *Sarcosagium campestre*, *Steinia geophana*, *Thelocarpon lichenicola*, *Verrucaria hydrela* и лишенофильный гриб – *Chaenothecopsis consociata*. К неотмеченным ранее видам лишайников в еловых лесах Витебской области относятся 26 видов: *Alyxoria varia*, *Amandinea punctata*, *Arthonia spadicea*, *Bacidia arceutina*, *B. phacodes*, *Baeomyces rufus*, *Bryoria fuscescens*, *Calicium viride*, *Candelariella aurella*, *C. xanthostigma*, *Chaenotheca brachypoda*, *C. phaeocephala*, *Chrysothrix candelaris*, *Fellhanera subtilis*, *Gyalecta truncigena*, *Lecanora allophana*, *Lecanora chlorotera*, *Lecanora varia*, *Microcalicium disseminatum*, *Peltigera membranacea*, *Phaeophyscia nigricans*, *Physconia enteroxantha*, *Placynthiella icmalea*, *Porina aenea*, *Ramalina pollinaria* и *Strangospora moriformis*. На территории ООПТ в еловых лесах Россонского и Браславского районов найден базидиальный лишайник – *Lichenomphalia umbellifera*.

Наибольшее число видов отмечено в ельниках черничных – 57 (46,7% от общего числа видов), в ельниках мшистых – 30 (24,6%), в ельниках кисличных – 20 (16,4%), в ельниках долгомошных – 16 (13,1%), в ельниках приручейно-травяных и папоротниковых по 6 видов соответственно (4,9%), в ельниках орляковых – 4 (3,2%). Лишайники и близкородственные грибы в спелых еловых лесах ООПТ обнаружены на 8 субстратах, эпифитные лишайники представлены 91 видом. На лиственных породах найдено 77 видов, а на хвойных – 23. Наибольшее число видов лишайников среди лиственных пород отмечено на *Populus tremula* – 38 видов, а среди хвойных на *Picea abies* – 19. На древесине найдено 19 видов, на почве – 7, на камнях – *Bacidia inundata* и *Verrucaria hydrela* и смоле – *Sarea difformis* и *S. resiniae* по 2 вида соответственно, по 1 виду обнаружено на лишайнике – *Chaenothecopsis consociata*, на мхах – *Dimerella pineti* и иголках ели – *Fellhanera bouteillei*.

В спелых еловых лесах ООПТ Витебской области отмечены редкие и слабоизученные виды. К редким видам лишайников еловых лесов Витебской области можно отнести виды, найденные на коре *Quercus robur*: *Arthonia arthonioides*, *Calicium viride*, *Chrysothrix candelaris* и *Microcalicium disseminatum*. Виды часто представлены в южной и центральной части Беларуси, где дубравы занимают значительные площади, по сравнению с северной частью республики. К редким видам лишайников можно отнести *Gyalecta truncigena* и *Leptogium saturninum*. Лишайник *Gyalecta truncigena* ранее был известен только по литературным данным [2], а *Leptogium saturninum* для территории Беларуси приводился лишь в 1913 г. и в дальнейшем более ста лет для республики не указывался (данные гербария Института ботаники им. В.Л. Комарова РАН). Оба вида встречаются на старых осинах в старых еловых и осиновых лесах только на территории Витебской области. К слабо изученным видам можно отнести *Fellhanera bouteillei* и *F. subtilis*. Оба вида пропускаются лишенологами, так как имеют специфическую приуроченность к субстрату: встречаются на иглах и ветках ели и/или же на зеленых ветках черники. Виды *Psilolechia clavulifera* и *P. lucida* часто произрастают вместе: лишайник *P. clavulifera* отмечен на тонких вывороченных корнях ели, а *P. lucida* – на почве или реже у основания ствола ели. Такие виды, как *Steinia geophana*, *Thelocarpon lichenicola* и *Sarcosagium campestre*, встречаются очень редко: первые два вида известны только с территории Витебской области, а лишайник *Sarcosagium campestre* найден в Витебской области (НП «Браславские озера») и Брестской (НП «Беловежская пуща»). В спелых еловых лесах Витебской области обнаружено 3 охраняемых вида лишайника из 11 локалитетов: *Cetrelia cetrarioides* – 6 локалитетов (Браславский, Россонский районы), *Lobaria pulmonaria* – 1 (Россонский район) и *Menegazzia terebrata* – 4 (Браславский, Россонский районы).

**Заключение.** Таким образом, в ходе инвентаризации лишенобиоты спелых еловых лесов 2-х ООПТ Витебской области в 32 локалитетах на площади 119 га выявлено 117 видов лишайников, 4 нелихенизированных и 1 лишенофильный гриб. Впервые для еловых лесов Беларуси приводятся 17 новых видов лишайников и близкородственных грибов, а для еловых лесов Витебской области – 26 видов. Лишайник *Biatora epixanthoides* впервые указывается для лишенобиоты Беларуси. В спелых еловых насаждениях ООПТ обнаружено 3 охраняемых вида лишайника из 11 локалитетов. Полученные данные уточняют и дополняют видовое разнообразие лишайников еловых лесов Беларуси. Но лишенобиота еловых лесов требует дальнейшего изучения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Белый, П.Н. Лишайники еловых лесов Беларуси / П.Н. Белый. – Минск: Беларуская навука, 2016. – 230 с.
2. Окснер, А.М. Флора лишайников Украины / А.М. Окснер. – Киев: Вид-во АН УРСР, 1956. – Т. I. – 495 с.

#### REFERENCES

1. Bely P.N. *Lishainiki yelovikh lesov Belarusi* [Lichen of Spruce Forests], Minsk, 2016, 230 p.
2. Oksner A.M. *Flora lishainikov Ukrainy* [Lichen Flora of Ukraine], Kiev, Vid-vo AN USSR, 1956, 1, 495 p.

Поступила в редакцию 31.01.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: lihenologs84@mail.ru – Яцына А.П.

## Антибактериальные свойства экстрактов из четырех видов лишайников

**О.М. Храмченкова**

Учреждение образования «Гомельский государственный университет  
имени Ф. Скорины»

В настоящее время интерес к антимикробным свойствам лишайниковых веществ возрос в связи с приобретением болезнетворными микроорганизмами резистентности ко многим антибиотикам.

Цель исследования – изучение антибактериальных свойств экстрактов из четырех видов листоватых и кустистых лишайников с известным составом вторичных метаболитов.

**Материал и методы.** Для этого были выбраны виды лишайников, часто встречающиеся в Гомельском регионе. Биомассу лишайников – *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina* – экстрагировали в аппарате Сокслета с использованием ацетона, бензола, этанола, гексана и петролейного эфира. Растворитель удаляли, полученные экстракты применяли для определения их антибактериальной активности на тест-культурах стандартных микроорганизмов: *Staphylococcus aureus*, *Echericia coli*, *Bacillus subtilis* и *Pseudomonas aeruginosa*.

**Результаты и их обсуждение.** Антибактериальная активность экстрактов была не одинаковой в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий, болезнетворных и свободно живущих видов.

В отношении *Staphylococcus aureus* наиболее эффективными являлись ацетоновые экстракты из *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina*; бензолные экстракты из *Evernia prunastri* и *Cladonia arbuscula*; этанольные экстракты из *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina*. В отношении *Echericia coli* наиболее эффективны ацетоновые и бензолные экстракты из *Evernia prunastri*; этанольные экстракты из *Evernia prunastri* и *Cladonia arbuscula*. В отношении *Bacillus subtilis* высокоэффективны ацетоновые, бензолные, этанольные и петролейно-эфирные экстракты из *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina*, а также гексановые экстракты из *Hypogymnia physodes* и *Xanthoria parietina*. В отношении *Pseudomonas aeruginosa* наиболее эффективен этанольный экстракт из *Hypogymnia physodes*.

**Заключение.** Различные растворители при экстракции извлекают из слоевищ лишайников определенный набор веществ, включающий не только вторичные метаболиты, но и вещества основного обмена. Сочетание извлекаемых веществ определяет антибактериальные свойства экстрактов из лишайников.

**Ключевые слова:** листоватые и кустистые лишайники, вторичные метаболиты, экстракция, аппарат Сокслета, антибактериальные свойства.

## Antibacterial Properties of Four Lichen Species Extracts

**V.M. Khramchankova**

Educational Establishment «Francisk Skorina Gomel State University»

At present, interest in antimicrobial properties of lichen substances has increased in connection with the acquisition of pathogens resistant to many antibiotics.

The purpose of research is the study of the antibacterial properties of extracts of four species of foliose lichen and bushy with known composition of secondary metabolites.

**Material and methods.** Lichen biomass – *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* and *Xanthoria parietina* – was extracted in Soxhlet with acetone, benzene, ethanol, hexane and petroleum ether. The solvent was removed and the extracts were used to determine their antimicrobial activity on cultures of standard test microorganisms: *Staphylococcus aureus*, *Echericia coli*, *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa*.

**Findings and their discussion.** The antibacterial activity of the extracts was not the same in respect of Gram-positive and Gram-negative bacteria, pathogeni and free-living species.

With regard to *Staphylococcus aureus* the most effective were acetone extracts of *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* and *Xanthoria parietina*; benzene extracts from *Evernia prunastri* and *Cladonia arbuscula*; ethanol extracts of *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* and *Xanthoria parietina*. With respect to *Echericia coli* the most effective were acetone and benzene extracts *Evernia prunastri*; ethanol extracts of *Evernia prunastri* and *Cladonia arbuscula*. With respect to *Bacillus subtilis* acetone, benzene, ethanol and petroleum-ether extracts of *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* and

*Xanthoria parietina*, and hexane extracts of *Hypogymnia physodes* and *Xanthoria parietina* were most effective. With respect to *Pseudomonas aeruginosa* ethanol extract of *Hypogymnia physodes* were most effective.

**Conclusion.** Extraction with various solvents removes lichen thalli of a certain set of substances comprising not only secondary metabolites but the substance and basal metabolism. The combination of extracted substances determines the antibacterial properties of the extracts of the lichen.

**Key words:** foliated and bushy lichens, secondary metabolites, extraction, Soxhlet, anti-bacterial properties.

Химические соединения, содержащиеся в лишайниках, подразделяются на внутриклеточные и внеклеточные метаболиты. К внутриклеточным относятся вещества основного метаболизма, синтезируемые как фотобиотом, так и микобиотом. Первичные метаболиты не являются специфичными для лишайников, они могут быть обнаружены и у других организмов.

Внеклеточные метаболиты синтезируются микобиотом. Они не растворимы в воде, откладываются на поверхности гиф, экстрагируются органическими растворителями [1].

В настоящее время известно около 1100 вторичных лишайниковых метаболитов, набор которых в слоевищах определенного вида, как правило, исчерпывается 1–10 соединениями. Вторичные метаболиты образуются в талломах лишайников для защиты от патогенных микроорганизмов, обеспечения физиологических механизмов адаптации к условиям существования, в том числе крайне суровым, где высшие растения не выживают. Бактерицидные свойства лишайниковых веществ еще в древности послужили причиной их включения в различные фармакопеи.

В настоящее время интерес к антимикробным свойствам лишайниковых веществ возрос в связи с приобретением болезнетворными микроорганизмами резистентности ко многим антибиотикам [2–4].

Извлечение биологически активных веществ из слоевищ лишайников, как правило, сводится к экстракции биомассы органическими растворителями с последующим разделением веществ. Подбор растворителей для каждого вида лишайников является актуальной научной задачей в связи с неоднозначностью описаний перечней вторичных метаболитов в слоевищах, существованием хеморас у некоторых видов, практически полным отсутствием сведений о количественном или долевым содержании данного вещества в талломах приведенного вида лишайников. Крайне скудны весьма отличающиеся друг от друга сведения о химическом выходе суммы вторичных метаболитов для данного вида лишайников, отобранного в вышеназванной местности [2; 3; 5].

Антибактериальные свойства экстрактов из лишайников изучают двумя основными способами. В первом случае стандартные микробиологические процедуры выполняются с так называемым «резиноидом» – сухим экстрактом, содержащим вторичные лишайниковые метаболиты, а также все другие соединения, извлекаемые из слоевищ данным растворителем (фотосинтетические пигменты, терпеноиды и др.). Такой подход вполне обоснован, если не установлено, что этим растворителем из лишайника извлекаются вещества, токсичные для испытываемого штамма микроорганизмов.

Другая группа методов базируется на препаративном извлечении из экстракта определенного соединения или группы соединений, их химической модификации (например, переводе в водорастворимую форму) и последующем микробиологическом исследовании. Упомянутая методология является весьма продуктивной, если не доказано, что в ходе перечисленных процедур изменяются антибактериальные свойства изучаемого лишайникового метаболита [6–8].

Цель исследования – изучение антибактериальных свойств экстрактов из четырех видов распространенных листоватых и кустистых лишайников с хорошо описанным составом вторичных метаболитов.

**Материал и методы.** Для этого были выбраны виды лишайников, часто встречающиеся в Гомельском регионе [9; 10].

Гипогимния вздутая – *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. (Syn. *Parmelia physodes* (L.) Ach.) – распространенный полиморфный вид листоватых лишайников семейства *Parmeliaceae* порядка *Lecanorales* класса *Lecanoromycetes* отдела *Ascomycota*. Поселяется преимущественно на стволах и сучьях лиственных и хвойных пород, реже на обработанной древесине и каменистом субстрате, иногда на почве. Содержит атранорин, хлоратранорин, физодовую, физодаловую, 3-гидроксифизодовую, 2'-О-метилфизодовую и протоцеттаровую кислоты [2; 3; 5; 6; 9]. Биомассу лишайника отбирали на стволах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.)

Эверния сливовая – *Evernia prunastri* (L.) Ach. – распространенный вид кустисто-листоватых лишайников семейства *Parmeliaceae* порядка *Lecanorales* класса *Lecanoromycetes* отдела *Ascomycota*. Встречается на деревьях хвойных и лиственных пород, на мертвой древесине, реже на камнях, содержит атранорин, усниновую и эверновую кислоты [2; 3; 5; 6; 8; 9]. Биомассу лишайника отбирали на стволах дуба черешчатого (*Quercus robur* L.).

Кладония лесная – *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot. (Syn. *Cladonia sylvatica* (L.) Hoffm.) – распространенный вид кустистых лишайников семейства *Cladoniaceae* порядка *Lecanorales* класса *Lecanoromycetes* отдела *Ascomycota*.

Обитает на почве и на опаде. Содержит усниновую кислоту, по другим данным – усниновую, фумарпроточетраровую, посромовую и урсоловую [3; 9]. Биомассу лишайника отбирали на почве в средневозрастном сосняке лишайниковом.

Ксантория настенная – *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. – распространенный вид листоватых лишайников семейства *Teloschistaceae* порядка *Teloschistales* класса *Lecanogomycetes* отдела *Ascomycota*. Обитает на стволах деревьев различных пород, гниющей древесине, каменном субстрате, содержит антрахиноны, в основном париедин [2; 3; 5; 9]. Биомассу лишайника отбирали на стволах тополя черного (*Populus nigra* L.).

Экстракцию вторичных лишайниковых метаболитов проводили ацетоном, бензолом, этанолом, гесаном и петролейным эфиром 40–70 в аппарате Сокслета на протяжении 6–8 часов. Полноту экстракции контролировали стандартным методом [11]. После окончания экстракции растворитель удаляли, сухие экстракты направляли на определение бактерицидных свойств.

Дальнейшие исследования проводили в лабораториях ГУ «Гомельский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» на культурах четырех видов бактерий [12].

*Staphylococcus aureus* – золотистый стафилококк – шаровидные грамположительные бактерии, вызывающие множество заболеваний. Большинство штаммов резистентны к пенициллину и его аналогам.

*Echericia coli* – кишечная палочка – палочковидные грамотрицательные бактерии, обитающие в нижней части кишечника. Широко используется в качестве модельного организма в микробиологических и молекулярно-генетических исследованиях.

*Bacillus subtilis* – сенная палочка – непатогенные грамположительные спорообразующие аэробные бактерии, обитающие в почве, на поверхности растений и др. Широко используется в биотехнологии.

*Pseudomonas aeruginosa* – синегнойная палочка – условно патогенные грамотрицательные бактерии, обитающие в почве и воде. Вызывает у человека ряд инфекций, лечение которых затруднено из-за высокой устойчивости к антибиотикам.

Для постановки опытов использовали тест-культуры стандартных микроорганизмов: *Staphylococcus aureus* ATCC 6538; *Echericia coli* ATCC 11775; *Bacillus subtilis* ATCC 6633; *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145. Из лиофилизированного бактериального штамма готовили суспензии. Непосредственно из суспензии производился высеив на кровяной агар (КА)<sup>1</sup>, мясо-пептонный агар (МПА)<sup>2</sup> для получения изолированных колоний. Культуры инкубировали 18–24 ч при (36 ± 1) °С. После инкубации выросшие культуры проверяли на чистоту штамма и использовали для получения основной опытной культуры.

Испытательные суспензии готовили в 10 мл физиологического раствора, количество КОЕ в них доводили по стандарту мутности до 10<sup>8</sup>/мл. Испытуемый препарат из лишайника готовили в виде взвеси 0,5 г экстракта в 50 мл дистиллированной воды.

Определение бактерицидной эффективности полученных суспензий производили путем смешивания 0,1 мл испытательной суспензии с 10 мл взвеси испытуемого экстракта. После инкубации при (36 ± 1)°С в течение 30 мин, 3 ч и 24 ч взвеси микроорганизмов и испытуемых экстрактов перемешивали, отбирали по 0,1 мл и переносили в 10 мл пептонной воды. Полученные субкультуры инкубировали 48 ч при (36 ± 1)°С, после чего по помутнению бульонных культур устанавливали начало роста.

Все пробы экстрактов высевали по 0,1 мл на плотные питательные среды: желточно-солевой агар (ЖСА)<sup>3</sup>, среду Эндо<sup>4</sup>, МПА для подтверждения присутствия или отсутствия роста микроорганизмов и подсчета числа колоний по сравнению с контролем. Одновременно проводилось исследование роста колоний с применением стандартных тест-носителей. Для изготовления тест-носителя использовали стандартную хлопчатобумажную ткань, промытую в дистиллированной воде и простерилизованную в автоклаве. Тест-носители помещали в бактериальную суспензию на 15 минут, после чего переносили на плотные питательные среды с внесенной суспензией экстракта.

**Результаты и их обсуждение.** Антибактериальная активность экстрактов была неодинаковой в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий, болезнетворных и свободно живущих видов. В опытах с бульонными культурами практически все экстракты показали бактерицидность к *Bacillus subtilis*, а также подавление роста культур трех других штаммов бактерий (табл. 1.).

---

<sup>1</sup> Кровяной агар – бактериологическая среда для выделения бактерий и установления их гемолитической активности [12].

<sup>2</sup> Мясо-пептонный агар предназначен для культивирования микроорганизмов. Совокупность компонентов, входящих в состав среды, обеспечивает рост культур в виде соответствующих колоний на поверхности плотной питательной среды [12].

<sup>3</sup> Желточно-солевой агар – элективная для стафилококков среда [12].

<sup>4</sup> Среда Эндо – дифференциально-диагностическая питательная среда для выделения *Echericia coli*. Обладает слабыми селективными свойствами, компоненты среды подавляют рост грамположительных бактерий [12].

Таблица 1

## Антибактериальная активность экстрактов из лишайников в бульонных культурах

Вид лишайника	Растворитель	Вид бактерий											
		<i>Staphylococcus aureus</i>			<i>Echericia coli</i>			<i>Bacillus subtilis</i>			<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
		30 мин	3 ч	24 ч	30 мин	3 ч	24 ч	30 мин	3 ч	24 ч	30 мин	3 ч	24 ч
<i>Hypogymnia physodes</i>	Ацетон	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Бензол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Этанол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Гексан	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-
	Петролейный эфир	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-
<i>Evernia prunastri</i>	Ацетон	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	Бензол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	Этанол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Гексан	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-
	Петролейный эфир	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-
<i>Cladonia arbuscula</i>	Ацетон	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
	Бензол	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
	Этанол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Гексан	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-
	Петролейный эфир	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+
<i>Xanthoria parietina</i>	Ацетон	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-
	Бензол	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+
	Этанол	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-
	Гексан	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-
	Петролейный эфир	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-

Примечание: здесь и далее знак «+» означает наличие роста микроорганизмов, знак «-» – отсутствие роста.

Для двух экстрактов (выделены в табл. 1) подавления роста бактерий в бульонных культурах не наблюдалось. Рост культур *Staphylococcus aureus* и *Echericia coli* не начинался в присутствии ацетоновых, бензольных и этаноловых экстрактов из *Hypogymnia physodes* и *Evernia prunastri*. В отношении *Pseudomonas aeruginosa* наиболее эффективными были ацетоновый, бензольный и этаноловый экстракты из *Hypogymnia physodes* и *Evernia prunastri*, а также этаноловый экстракт из *Cladonia arbuscula*.

Посев культур микроорганизмов на плотные питательные среды с внесенными в них экстрактами из вышеперечисленных видов лишайников показал наличие скорее бактериостатической активности изучаемых препаратов (табл. 2).

Таблица 2

## Антибактериальная активность экстрактов из лишайников на плотных питательных средах

Вид лишайника	Растворитель	Вид бактерий, среда культивирования											
		<i>Staphylococcus aureus</i> , ЖСА			<i>Echericia coli</i> , Эндо			<i>Bacillus subtilis</i> , МПА			<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , МПА		
		30 мин	3 ч	24 ч	30 мин	3 ч	24 ч	30 мин	3 ч	24 ч	30 мин	3 ч	24 ч
<i>Hypogymnia physodes</i>	Ацетон	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Бензол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Этанол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Гексан	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	-	10 <sup>8</sup>	10 <sup>6</sup>	-	-	-	-	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>	-
	Петролейный эфир	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>	-	10 <sup>8</sup>	10 <sup>6</sup>	-	-	-	-	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>4</sup>

Окончание табл. 2

<i>Evernia prunastri</i>	Ацетон	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10 <sup>3</sup>	-	-
	Бензол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10 <sup>7</sup>	-	-
	Этанол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Гексан	10 <sup>8</sup>	10 <sup>5</sup>	-	10 <sup>8</sup>	10 <sup>5</sup>	-	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>	-
	Петролейный эфир	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	-	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>	-	-	-	-	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	-
<i>Cladonia arbuscula</i>	Ацетон	-	-	-	10 <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	10 <sup>7</sup>	-	-
	Бензол	-	-	-	10 <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	10 <sup>7</sup>	-	-
	Этанол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Гексан	10 <sup>8</sup>	10 <sup>4</sup>	-	10 <sup>6</sup>	-	-	10 <sup>3</sup>	-	-	10 <sup>8</sup>	10 <sup>4</sup>	-
	Петролейный эфир	10 <sup>8</sup>	10 <sup>3</sup>	-	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	-	-	-	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>
<i>Xanthoria parietina</i>	Ацетон	-	-	-	10 <sup>7</sup>	10 <sup>5</sup>	-	-	-	-	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	-
	Бензол	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>	-	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	-	-	-	-	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>5</sup>
	Этанол	10 <sup>8</sup>	-	-	10 <sup>6</sup>	-	-	-	-	-	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	-
	Гексан	10 <sup>8</sup>	10 <sup>3</sup>	-	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	-	-	-	-	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>	-
	Петролейный эфир	10 <sup>4</sup>	-	-	10 <sup>7</sup>	-	-	-	-	-	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	-

Примечание: цифрами обозначены количественные показатели роста колоний.

Наибольшее ингибирующее действие экстракты из *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina* проявили в отношении *Bacillus subtilis*, наименьшее – в отношении *Pseudomonas aeruginosa*. Обращает на себя внимание антибактериальная активность экстрактов, полученных с помощью петролейного эфира. Извлеченные из четырех разных видов лишайников, они оказались эффективными в отношении *Bacillus subtilis*, хотя состав вторичных метаболитов принятых к изучению видов сильно отличается [2–5].

Опыты с тест-носителями характеризуют способность выделенных из лишайников веществ препятствовать росту колоний, инокулированных на ткани тест-носителя (табл. 3). Антибактериальный эффект экстрактов из лишайников зависит от природы растворителя и вида бактерий. Высокая антибактериальная активность всех изучаемых экстрактов отмечена в отношении *Bacillus subtilis*. Обращают на себя внимание бактериостатические свойства ряда экстрактов из лишайников в отношении *Pseudomonas aeruginosa*. Устойчивость данного вида бактерий к большим дозам антибиотиков связана с их способностью формировать биопленку, защищающую колонию от попадания в нее вредных веществ [12].

Таблица 3

Антибактериальная активность экстрактов из лишайников на тест-носителях

Вид лишайника	Растворитель	Вид бактерий, среда культивирования											
		<i>Staphylococcus aureus</i> , ЖСА			<i>Echericia coli</i> , Эндо			<i>Bacillus subtilis</i> , МПА			<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , МПА		
		30 мин	3 ч	24 ч	30 мин	3 ч	24 ч	30 мин	3 ч	24 ч	30 мин	3 ч	24 ч
<i>Hypogymnia physodes</i>	Ацетон	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
	Бензол	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-
	Этанол	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	Гексан	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+
	Петролейный эфир	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+
<i>Evernia prunastri</i>	Ацетон	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
	Бензол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	Этанол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
	Гексан	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
	Петролейный эфир	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-

Окончание табл. 3

Cladonia arbuscula	Ацетон	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+
	Бензол	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-
	Этанол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
	Гексан	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-
	Петролейный эфир	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+
Xanthoria parietina	Ацетон	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+
	Бензол	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+
	Этанол	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-
	Гексан	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-
	Петролейный эфир	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-

Если считать, что максимальной антибактериальной активностью обладают экстракты из лишайников, показавшие бактерицидные свойства в опытах с бульонными культурами, тест-носителями и при посевах на твердые среды, то можно выделить следующие потенциально эффективные субстанции. В отношении *Staphylococcus aureus* наиболее эффективны ацетоновые экстракты из *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina*; бензольные экстракты из *Evernia prunastri* и *Cladonia arbuscula*; этанольные экстракты из *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina*. В отношении *Echericia coli* наиболее эффективны ацетоновые и бензольные экстракты из *Evernia prunastri*; этанольные экстракты из *Evernia prunastri* и *Cladonia arbuscula*. В отношении *Bacillus subtilis* наиболее эффективны ацетоновые, бензольные, этанольные и петролейно-эфирные экстракты из *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina*, а также гексановые экстракты из *Hypogymnia physodes* и *Xanthoria parietina*. В отношении *Pseudomonas aeruginosa* наиболее эффективен этанольный экстракт из *Hypogymnia physodes*.

Очевидно, каждый из растворителей при экстракции в аппарате Сокслета извлекает из слоевищ лишайников определенный набор веществ, сумма которых обладает приведенными выше антибактериальными свойствами.

**Заключение.** Биомассу четырех видов лишайников – *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina* подвергали экстрагированию с использованием ацетона, бензола, этанола, гексана и петролейного эфира. Полученные экстракты применяли для определения антибактериальной активности на тест-культурах стандартных микроорганизмов: *Staphylococcus aureus*, *Echericia coli*, *Bacillus subtilis* и *Pseudomonas aeruginosa*. В отношении *Staphylococcus aureus* наиболее эффективными были ацетоновые экстракты из *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina*; бензольные экстракты из *Evernia prunastri* и *Cladonia arbuscula*; этанольные экстракты из *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina*. В отношении *Echericia coli* наиболее эффективны ацетоновые и бензольные экстракты из *Evernia prunastri*; этанольные экстракты из *Evernia prunastri* и *Cladonia arbuscula*. В отношении *Bacillus subtilis* высоко эффективны ацетоновые, бензольные, этанольные и петролейно-эфирные экстракты из *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina*, а также гексановые экстракты из *Hypogymnia physodes* и *Xanthoria parietina*. В отношении *Pseudomonas aeruginosa* наиболее эффективен этанольный экстракт из *Hypogymnia physodes*. Бензольный экстракт из *Xanthoria parietina* и петролейно-эфирный экстракт из *Cladonia arbuscula* антибактериальной активности не проявили.

## ЛИТЕРАТУРА

- Nash III, T.H. Lichen biology / T.H. Nash III. – Cambridge University Press, 1999. – 486 p.
- Huneck, S. Identification of lichen substances / S. Huneck, I. Yoshimura. – Berlin: Springer, 1996. – 493 p.
- The Lichens of Great Britain and Ireland / Eds.: C.W. Smith [et al.]. – 2nd ed. – London: British Lichen Society, 2009. – 700 p.
- Rundel, P.W. The ecological role of secondary lichen substances / P.W. Rundel // Biochem. Syst. Ecol. – 1978. – Vol. 6. – P. 157–170.
- Orange, A. Microchemical methods for the identification of lichens / A. Orange, P.W. James, F.J. White. – London: British Lichen Society, 2001. – 101 p.
- Ranković, B. Lichen Secondary Metabolites: Bioactive Properties and Pharmaceutical Potential / B. Ranković. – Springer, Heidelberg, 2015. – 201 p.
- Smeds, A.I. Determination of usnic and perlatolic acids and identification of olivetoric acids in Northern reindeer lichen (*Cladonia stellaris*) extracts / A.I. Smeds, M. Kytöviita // The Lichenologist. – 2010. – Vol. 42(06). – P. 739–749.
- Evernia prunastri* and *Pseudoevernia furfuraceae* lichens and their major metabolites as antioxidant, antimicrobial and anticancer agents / M. Kosanić [et al.] // Food Chem. Toxicol. – 2013. – Vol. 53. – P. 112–118.
- Горбач, Н.В. Лишайники Белоруссии. Определитель / Н.В. Горбач. – Минск: Наука и техника, 1973. – 368 с.
- Tsurykau, A. Lichens from Gomel region: a provisional checklist / A. Tsurykau, V. Khramchankova // Bot. Lith. – 2011. – Vol. 17, № 4. – P. 157–163.
- Воскресенский, П.И. Техника лабораторных работ / П.И. Воскресенский. – М.: Химия, 1973. – 717 с.
- Meynell, G.G. Theory and practice in experimental bacteriology / G.G. Meynell, E. Meynell. – Cambridge University Press, 1970. – 347 p.

## REFERENCES

1. Nash III, T.H. Lichen biology / T.H. Nash III. – Cambridge University Press, 1999. – 486 p.
2. Huneck, S. Identification of lichen substances / S. Huneck, I. Yoshimura. – Berlin: Springer, 1996. – 493 p.
3. The Lichens of Great Britain and Ireland / Eds.: C.W. Smith [et al.]. – 2nd ed. – London: British Lichen Society, 2009. – 700 p.
4. Rundel, P.W. The ecological role of secondary lichen substances / P.W. Rundel // Biochem. Syst. Ecol. – 1978. – Vol. 6. – P. 157–170.
5. Orange, A. Microchemical methods for the identification of lichens / A. Orange, P.W. James, F.J. White. – London: British Lichen Society, 2001. – 101 p.
6. Ranković, B. Lichen Secondary Metabolites: Bioactive Properties and Pharmaceutical Potential / B. Ranković. – Springer, Heidelberg, 2015. – 201 p.
7. Smeds, A.I. Determination of usnic and perlatolic acids and identification of olivetoric acids in Northern reindeer lichen (*Cladonia stellaris*) extracts / A.I. Smeds, M. Kytöviita // The Lichenologist. – 2010. – Vol. 42(06). – P. 739–749.
8. *Evernia prunastri* and *Pseudoevernia furfuraceae* lichens and their major metabolites as antioxidant, antimicrobial and anticancer agents / M. Kosanić [et al.] // Food Chem. Toxicol. – 2013. – Vol. 53. – P. 112–118.
9. Gorbach N.V. *Lishainiki Belorussii. Opredelitel* [Lichens of Belarus. Directory], Mn., Nauka i tekhnika, 1973, 368 p.
10. Tsurukau, A. Lichens from Gomel region: a provisional checklist / A. Tsurukau, V. Khamchankova // Bot. Lith. – 2011. – Vol. 17, № 4. – P. 157–163.
11. Voskresenski P.I. *Tekhnika laboratornikh rabot* [Ways of Laboratory Work], M., Khimiya, 1973, 717 p.
12. Meynell, G.G. Theory and practice in experimental bacteriology / G.G. Meynell, E. Meynell. – Cambridge University Press, 1970. – 347 p.

Поступила в редакцию 24.01.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: mail@gsu.by – Храменкова О.М.

## Время дивергенции между легочными пресноводными моллюсками (*Lymnaea stagnalis* L. и *Planorbarius corneus* L.)

**В.В. Долматова**

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

Малакофауна является высокочувствительной к загрязнениям вод загрязнителями и играет ведущую роль в аккумуляции и переносе химических веществ в водоемах. Однако по своему видовому составу отличается по реакции на загрязнители в связи с наличием различных переносчиков кислорода. Время дивергенции между прудовиком обыкновенным и катушкой роговой не установлено, вероятно, из-за высокой степени их родства.

Цель статьи – определение времени замещения гемоглобина на гемоцианин с помощью биоинформатических методов.

**Материал и методы.** При исследовании были использованы база данных [www.timetree.org](http://www.timetree.org), дистанционно-матричный метод построения дендрограмм (метод связывания ближайших соседей – Neighbour-joining) и нуклеотидные последовательности гистона H4 для 64 организмов различных таксономических групп.

**Результаты и их обсуждение.** Построена дендрограмма, которая основана на определенном времени дивергенции между представителями семейств – *Radix auricularia* (семейство прудовики Lymnaeidae) и *Biomphalaria glabrata* (семейство катушки Planorbidae). Это время совпадает с тоарским климатическим событием (около 183 млн лет назад), когда в результате извержений вулканов снизилась концентрация кислорода в водных системах. При дополнительных исследованиях с использованием наземных моллюсков (например, виноградной улитки (*Helix pomatia*) – брюхоногого моллюска отряда легочных улиток семейства гелицид) были получены аналогичные результаты.

**Заключение.** Таким образом, описан биоинформатический подход для оценки времени дивергенции между двумя видами пресноводных легочных моллюсков в результате геологического катаклизма.

**Ключевые слова:** прудовик обыкновенный, катушка роговая, время дивергенции, гистон H4, тоарское климатическое событие.

## Determination of the Divergence Time between Pulmonary Freshwater Mollusks (*Lymnaea stagnalis* L. and *Planorbarius corneus* L.)

**V.V. Dolmatova**

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

Malacofauna is highly sensitive to contamination of waters by pollutants and plays a leading role in the accumulation and transfer of chemicals in water bodies. However, its species composition is different in reactions to pollutants in connection with the presence of different oxygen carriers. The divergence time between the common pond snail and the horn coil is not defined, probably because of the high degree of their kinship.

The aim of the study was to determine the time of replacement of hemoglobin for hemocyanin using bioinformatics methods.

**Material and methods.** In the study we used [www.timetree.org](http://www.timetree.org) database, applied distance-matrix method for constructing dendrograms (the method of linking nearest neighbours – Neighbour-joining) as well as the nucleotide sequence of the histone H4 64 organisms of different taxonomic groups.

**Findings and their discussion.** A dendrogram was built, which is based on a specific time of divergence between members of families – *Radix auricularia* (family pond snails Lymnaeidae) and *Biomphalaria glabrata* (Planorbidae family of coil). This time coincides with Toarcian climatic event (about 183 million years ago), when the result of volcanic eruptions decreased oxygen concentration in water systems. In additional studies using terrestrial mollusks (e.g., grape snails (*Helix pomatia*) is a gastropod mollusc of the detachment of the pulmonary snails of the family helioid) similar results were obtained.

**Conclusion.** The article describes the bioinformatics approach for estimating the time of divergence between two species of freshwater mollusks as a result of a geological cataclysm.

**Key words:** ordinary pond snail, horn coil, divergence time, histone H4, Toarcian climatic event.

Представители таксона *Mollusca* имеют четыре типа кислородпереносящих металлопротеинов и тканевых протогемовых белков: тканевые протогемы, гемоглобин красных кровяных клеток, внеклеточные гемоглобины и гемоцианины [1]. У прудовиков транспорт кислорода осуществляет медьсодержащий гемоцианин, а у катушек – железосодержащий гемоглобин. Существует прямая зависимость между активностью животного и концентрацией переносчиков кислорода во внутренней среде.

Большинство изменений в аминокислотной последовательности белков обусловлено мутациями небольших участков генома, медленно накапливающимися с течением времени. Точковые мутации и небольшие вставки и делеции возникают случайно, по-видимому, с более или менее равной вероятностью во всех участках генома, за исключением «горячих точек», где частота мутирования существенно выше. Многие мутации, изменяющие аминокислотную последовательность, оказываются вредными и довольно быстро отбрасываются в ходе естественного отбора (скорость этого процесса зависит от степени повреждающего эффекта). Меньшее число мутаций оказывается полезным, но эти мутации могут распространиться в популяции и, в конце концов, вытеснить исходную нуклеотидную последовательность. Когда мутантный вариант гена вытесняет исходный, мутация закрепляется в популяции. Однако имеется доля мутационных изменений в аминокислотной последовательности, которая остается нейтральной, т.е. не оказывает действия на функцию белка, и поэтому может накапливаться в результате случайного дрейфа и закрепления.

Скорость накопления мутационных изменений является характерной особенностью каждого белка, частично зависящей от его чувствительности к изменениям внутренней и внешней среды клетки и организма. При разделении одного вида на два новых каждый из них образует самостоятельный эволюционный пул. Сравнимая соответствующие белки двух видов, можно выявить различия между ними, накопившиеся с того времени, когда их предки перестали скрещиваться между собой. Некоторые белки высококонсервативны и мало меняются или не меняются от вида к виду. Это говорит о том, что практически любые изменения оказываются вредными и отбрасываются при естественном отборе.

Различия между двумя белками выражаются как их дивергенция, т.е. процент различающихся аминокислотных остатков. При сравнительном изучении определенного белка у нескольких видов его дивергенция для каждой пары сравниваемых видов пропорциональна (более или менее) времени, прошедшему с момента их разделения. Тем самым получаются эволюционные часы, измеряющие, по всей видимости, равномерное накопление мутаций в процессе эволюции данного белка. Скорость дивергенции может быть измерена как процент различий, накопившихся за миллион лет, или обратной величины-единицы эволюционного времени (ЕЭВ), соответствующей времени (в миллионах лет), необходимому для осуществления дивергенции на 1% [2].

Определенные времена дивергенции до сих пор остаются достаточно противоречивыми. Например, время дивергенции человека и шимпанзе варьирует от 3,6 до 13 млн лет назад. Наличие таких противоречий объясняется использованием различных методов определения времен дивергенции, изучением различных частей геномов (ядерных генов, митохондриальных генов, некодирующих участков и др.) и различными калибровочными точками.

Теоретической основой, на которой базируется определение времен дивергенции различных организмов в молекулярной эволюции, является гипотеза о «молекулярных часах», предложенная в 1962–1965 гг. Э. Цу-керкэндлом и Л. Полингом. Согласно этой гипотезе число аминокислотных замен в сравниваемых белках организмов двух видов приблизительно пропорционально времени их дивергенции. Отсутствие строгой пропорциональности связано с тем, что ни один ген или белок не эволюционирует со строго постоянной скоростью на протяжении длительного времени, так как через некоторое время могут измениться их функции, а также вариация уровня мутаций и репарации у различных групп организмов [3].

Гистоны – ядерные белки, выполняющие 2 основные функции: они участвуют в упаковке нитей ДНК в ядре и в эпигенетической регуляции таких ядерных процессов, как транскрипция, репликация и репарация. Гистон H4 относится к коровым гистонам [4]. Гистон H4 является белком с небольшой молекулярной массой, состав которого чрезвычайно обогащен положительно заряженными аминокислотами лизином и аргинином. Положительно заряженные аминокислоты сосредоточены преимущественно в С-концевых и N-концевых частях молекул нуклеосомных гистонов, тогда как центральный домен относительно богат гидрофобными остатками. Нуклеосомные гистоны относятся к числу наиболее консервативных белков. Их аминокислотные последовательности имеют почти 100%-ную гомологию у всех эукариот. В последние годы обнаружено много так называемых вариантных форм гистонов. Как правило, эти формы отличаются от основных несколькими аминокислотными заменами. Вариантных форм гистона H4 пока не обнаружено [5].

Малакофауна является высокочувствительной к загрязнению вод поллютантами и играет ведущую роль в аккумуляции и переносе химических веществ в водоемах. Однако по своему видовому составу отличается

по реакции на загрязнители. Наличие у катушки вторичной жабры, гемоглобина, который повышает интенсивность поглощения кислорода гемолимфой, способность дышать с помощью заполненного водой легкого, позволяет ей меньше зависеть от поверхности воды, чем прудовику с гемоцианином, и обуславливает большую устойчивость к стрессовым воздействиям. Представляется интересным установить время дивергенции между близкородственными видами брюхоногих легочных моллюсков, обитающих в пресных стоячих водоемах.

Цель статьи – определение времени замещения гемоглобина на гемоцианин с помощью биоинформатических методов.

**Материал и методы.** Для установления времени дивергенции использована база данных [www.timetree.org](http://www.timetree.org), режим поиска NODE TIME (поиск времени дивергенции для двух видов). Для построения дендрограммы применены дистанционно-матричный метод построения дендрограмм (метод связывания ближайших соседей – Neighbour-joining) и нуклеотидные последовательности гистона H4 из базы данных [www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov) для 64 организмов различных таксономических групп (класс Млекопитающие: *Homo sapiens*, *Gorilla gorilla gorilla*, *Pan troglodytes*, *Pongo abelii*, *Macaca mulatta*, *Rhinopithecus roxellana*, *Mus musculus*, *Tarsius syrichta*, *Camelus bactrianus*, *Castor canadensis*, *Sus scrofa*, *Equus caballus*, *Equus przewalskii*, *Panthera pardus*, *Oryctolagus cuniculus*, *Felis catus*, *Myotis davidii*, *Ceratotherium simum simum*, *Vicugna pacos*, *Manis javanica*, *Mesocricetus auratus*; класс Птицы: *Falco cherrug*, *Gallus gallus*, *Zonotrichia albicollis*, *Meleagris gallopavo*, *Calidris pugnax*, *Corvus cornix cornix*, *Aquila chrysaetos canadensis*, *Haliaeetus leucocephalus*, *Aptenodytes forsteri*, *Geospiza fortis*, *Columba livia*; класс Пресмыкающиеся: *Alligator mississippiensis*, *Gavialis gangeticus*, *Chrysemys picta bellii*, *Gekko japonicus*, *Anolis carolinensis*; класс Земноводные: *Xenopus tropicalis*, *Xenopus laevis*; класс Насекомые: *Heliconius numata silvana*, *Spodoptera frugiperda*, *Papilio xuthus*, *Calycopis cecrops*, *Plodia interpunctella*, *Danaus plexippus*, *Bombyx mori*, *Diachasma alloeum*; класс Брюхоногие: *Planorbis corneus*, *Radix auricularia*, *Biomphalaria glabrata*, *Lottia gigantea*, *Deroceras reticulatum*, *Leucostigma candidescens candidescens*, *Alopias bielzii*, *Nenia tridens*, *Cochlodina orthostoma orthostoma*, *Praxispira subserrulata*; класс Высшие раки: *Caridina multidentata*, *Parhyale hawaiiensis*; класс Коралловые полипы: *Nematostella vectensis*; класс Невооруженные немертины: *Carinoma sp.*, *Lineus bilineatus*; класс Ланцетники: *Branchiostoma floridae*; класс Сипункулиды: *Aspidosiphon parvulus*).

Для построения дендрограммы использована программа MEGA 5.2, в которую вносились 64 нуклеотидные последовательности гистона H4 организмов различных таксономических групп. Дендрограмма строилась по методу Neighbor-Joining Tree, модель Tamura-Nei. В основание ветвей было положено время дивергенции между катушкой роговой и прудовиком обыкновенным (*Planorbis corneus* и *Lymnaea stagnalis*).

**Результаты и их обсуждение.** Время дивергенции между прудовиком обыкновенным и катушкой роговой до настоящего времени не определено, вероятно, из-за высокой степени их родства. В связи с этим время дивергенции определялось между видами, принадлежащими к их семействам – *Radix auricularia* (семейство прудовики *Lymnaeidae*) и *Biomphalaria glabrata* (семейство катушки *Planorbidae*). В работе использован ряд представителей моллюсков: *Nenia tridens*, *Praxispira subserrulata*, *Alopias bielzii*, *Leucostigma candidescens*, *Cochlodina orthostoma*. Время дивергенции устанавливалось между *Biomphalaria glabrata* и *Nenia tridens*, *Praxispira subserrulata*, *Alopias bielzii*, *Leucostigma candidescens*, *Cochlodina orthostoma*; между *Planorbis corneus* и *Nenia tridens*, *Praxispira subserrulata*, *Alopias bielzii*, *Leucostigma candidescens*, *Cochlodina orthostoma*; между *Radix auricularia* и *Nenia tridens*, *Praxispira subserrulata*, *Alopias bielzii*, *Leucostigma candidescens*, *Cochlodina orthostoma*; между *Leucostigma candidescens* и *Radix auricularia*, *Biomphalaria glabrata*.

При определении времени дивергенции между семействами получены данные, которые можно считать временем дивергенции между прудовиком обыкновенным и катушкой роговой – 182 млн лет назад.

При дополнительных исследованиях с использованием наземных моллюсков, например, виноградной улитки (*Helix pomatia*, брюхоногий моллюск отряда легочных улиток семейства гелициды), были получены аналогичные результаты.

Дендрограмма представлена на рис. Точкой отмечено место расхождения прудовика обыкновенного и катушки роговой.

Данное время относится к тоарскому веку (эра, ярус). Тоарский ярус (182,7–174,1 млн лет назад) – верхний ярус нижнего отдела юрской системы. Около 183 млн лет назад на Земле случилось «тоарское климатическое событие» – в результате извержений вулканов в атмосферу попало много углекислого газа, среднегодовая температура Земли выросла на 5 градусов, увеличилось количество осадков и смытых в океан минеральных веществ. Потребляющие растворенный в воде кислород водоросли и бактерии начали бурно размножаться, что привело к формированию черных сланцев – образующихся в бескислородных условиях осадочных пород, богатых органикой [6].

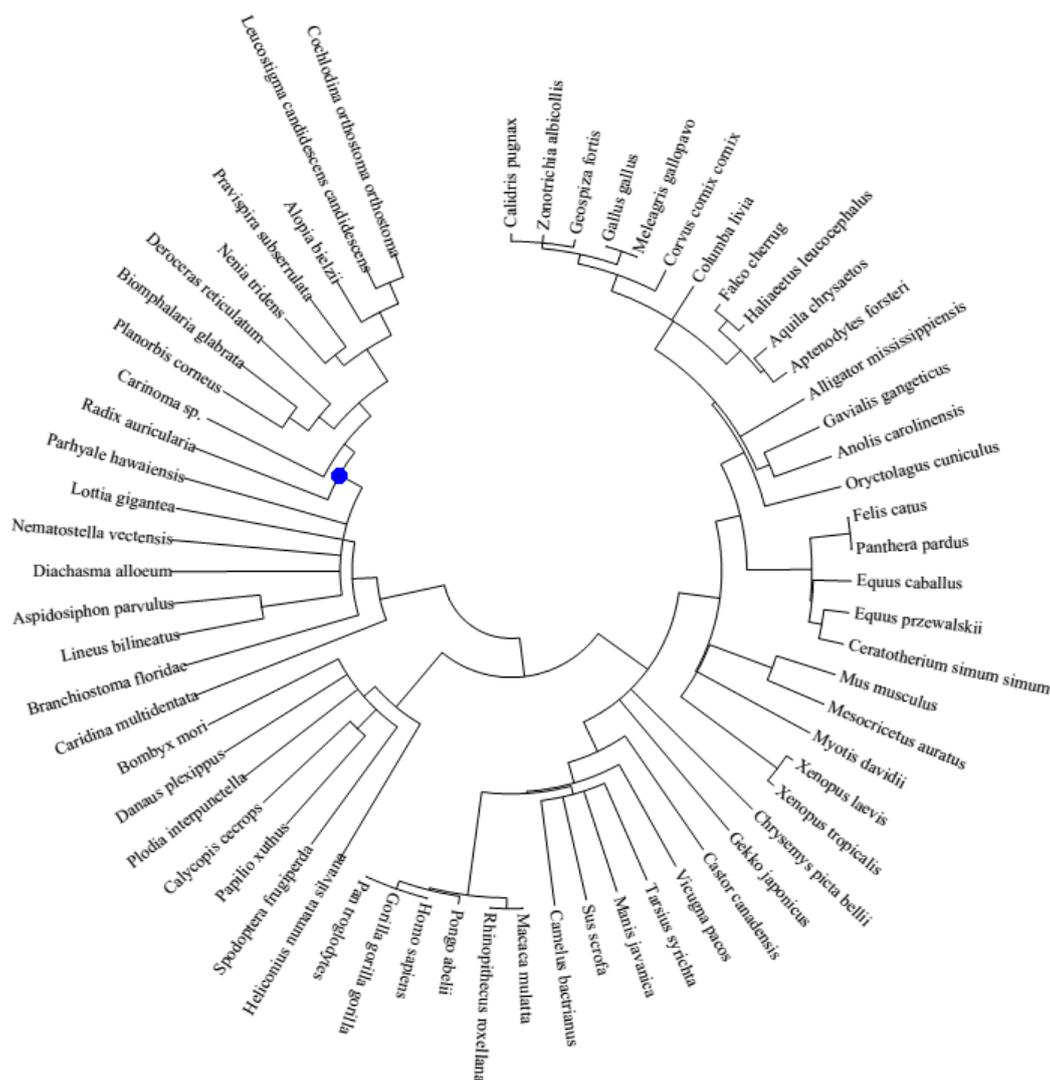


Рис. Дендрограмма для различных таксономических групп организмов, основанная на времени дивергенции между прудовиком обыкновенным и катушкой роговой, построенная при использовании нуклеотидных последовательностей гистона H4.

**Заключение.** В результате «тоарского климатического события», которое случилось около 183 млн лет назад, прудовики отделились от катушек (182 млн лет назад). Этот вывод базируется на комплексе биоинформатических исследований. Исходя из этого, можно предположить, что после «тоарского климатического события» гемоцианин возник не только у моллюсков, но и у членистоногих.

Следовательно, при уменьшении биодоступного кислорода произошла дивергенция легочных моллюсков с образованием гемоцианина из медьсодержащих тирозиназ, относящихся к оксидоредуктазам, в частности к феноксидазам, требующим для катализируемых реакций относительно низкие уровни энергии активации. Это был, вероятно, способ сохранения популяции при длительно существующих неблагоприятных условиях среды обитания.

Автор статьи выражает глубокую благодарность заведующему кафедрой общей химии Белорусского государственного медицинского университета, кандидату биологических наук, доценту Владиславу Викторовичу Хрусталеву за консультации и помощь в освоении работы с использованием компьютерного инструментария современной биоинформатики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алякринская, И.О. Гемоглобины и гемоцианины беспозвоночных (Биохимические адаптации к условиям среды) / И.О. Алякринская. – М.: Наука, 1979. – 153 с.
2. Льюин, Б. Гены / Б. Льюин. – М.: Мир, 1987. – 544 с.

3. Бутвиловский, А.В. Основные методы молекулярной эволюции: монография / А.В. Бутвиловский, Е.В. Барковский, В.Э. Бутвиловский, В.В. Давыдов, Е.А. Черноус, В.В. Хрусталеv; под общ. ред. проф. Е.В. Барковского. – Минск: Белпринт, 2009. – 216 с.
4. Биологический энциклопедический словарь / гл. ред. М.С. Гиляров. – М.: Сов. энциклопедия, 1986. – 831 с.
5. Разин, С.В. Хроматин: упакованный геном / С.В. Разин, А.А. Быстрицкий. – М.: Биноm: Лаборатория знаний, 2009. – 176 с.
6. Xu, W. Carbon sequestration in an expanded lake system during the Toarcian oceanic anoxic event / W. Xu, Micha Ruhl, Hugh C. Jenkyns, Stephen P. Hesselbo, James B. Riding, David Selby, B. David A. Naafs, Johan W.H. Weijers, Richard D. Pancost, Erik W. Tegelaar & Erdem F. Idiz // Nature Geoscience. – 2017. – Vol. 10. – P. 129–134.

REFERENCES

1. Aliakrinskaya I.O. *Gemoglobini i gemotsianini bespozvonochnikh (Biokhemieskiye adaptatsii k usloviyam sredi [Hemoglobines and Hemocianines of Invertebrates (Biochemical Adaptations to Environment)]*, M., Nauka, 1979, 153 p.
2. Lewin B. *Geni [Genes]*, M., Mir, 1987, 544 p.
3. Butvilovski A.V., Barkovski E.V., Butvilovski V.E., Davydov V.V., Chernous E.A., Khrustalev V.V. *Osnovniye metody molekuliarnoi evoliutsii: monografiya [Basic Methods of Molecular Evolution: Monograph]*, Mn., Belprint, 2009, 216 p.
4. Giliarov M.S. *Biologicheskii entsiklopedicheski slovar [Biological Encyclopedic Dictionary]*, M., Sov. entsiklopediya, 1986, 831 p.
5. Razin S.V., Bystritski A.A. *Khromatin: upakovannii genom [Chromatin: Packed Genome]*, M., Binom: Laboratoriya znaniy, 2009, 176 p.
6. Weimu Xu, Micha Ruhl, Hugh C. Jenkyns, Stephen P. Hesselbo, James B. Riding, David Selby, B. David A. Naafs, Johan W.H. Weijers, Richard D. Pancost, Erik W. Tegelaar & Erdem F. Idiz. Carbon sequestration in an expanded lake system during the Toarcian oceanic anoxic event. Nature Geoscience. – 2017. – Vol. 10. – P. 129–134.

Поступила в редакцию 02.06.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: vika.dolmatova19@yandex.by – Долматова В.В.



# ПЕДАГОГІКА

УДК 373.3:159.95

## Изучение познавательного интереса учащихся (на примере начальной школы)

И.В. Шаурко

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

*В начальных классах особую значимость приобретает процесс развития познавательного интереса. Для определения направления работы по формированию интереса к учению необходимо сначала определить его уровень.*

*Цель статьи – проанализировать уровень сформированности познавательного интереса учащихся через диагностику его показателей.*

**Материал и методы.** Материалом послужили аналитические данные, полученные в результате комплексной диагностики, включающей в себя методики М.Р. Гинзбурга, Е.А. Кувалдиной, А.А. Горчинской. В исследовании приняли участие 218 учащихся четвертых классов пяти государственных учреждений образования г. Витебска. Основные методы: анкетирование, анализ, обобщение и сравнение, регистрация.

**Результаты и их обсуждение.** Экспериментально выявлен уровень сформированности познавательного интереса учащихся четвертых классов школ г. Витебска через диагностику следующих показателей: направленность интересов, познавательная мотивация, познавательная активность и самостоятельность, углубленность и устойчивость. Обобщение и систематизация полученных данных помогли определить критерии для каждого из трех традиционных выделяемых уровней развития познавательного интереса. Подводя итог, можно говорить, что большинство учащихся 4-х классов школ г. Витебска (61%) обладают средним уровнем развития познавательного интереса. 28% участников исследования имеют низкий уровень сформированности познавательного интереса. И лишь у 11% детей познавательный интерес характеризуется высоким уровнем.

**Заключение.** Через обобщение и систематизацию полученных данных установлено, что степень сформированности интереса к учению у детей младшего школьного возраста недостаточна и необходимо проведение специальной работы по его развитию.

**Ключевые слова:** познавательный интерес, начальная школа, направленность интересов, познавательная активность и самостоятельность, познавательная мотивация.

## Study of Pupils' Cognitive Interest (Primary School)

I.V. Shaurko

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

*Process of the development of cognitive interest is of special significance at primary school. To identify the direction of work on shaping interest in learning it is necessary first of all to determine its level.*

*The purpose of the article is to analyze the level of shaping pupils' cognitive interest through diagnostics of its parameters.*

**Material and methods.** The material of the study was analytical data, which were obtained as a result of complex diagnostics including methods by M.R. Ginsburg, E.A. Kuvaldina, A.A. Gorchinskaya. 218 fourth year pupils of five state schools of the City of Vitebsk participated in the research. The basic methods are questionnaire, analysis, generalization and comparison, registering.

**Findings and their discussion.** The level of shaping cognitive interest of fourth year pupils of Vitebsk schools was experimentally established through the diagnostics of the following parameters: direction of interests, cognitive motivation, cognitive active and independent character, advance and stability. Generalization and systematization of the obtained data helped us to identify criteria for each of the three traditionally identified levels of the development of cognitive interest. In conclusion we can say that most fourth year pupils of Vitebsk schools (61%) have an average level of cognitive interest development. 28% of the research participants have a low level of shaped cognitive interest. Only 11% of pupils demonstrate cognitive interest of high level.

**Conclusion.** Generalization and systematization of the obtained data helped us to identify, that the degree of shaped interest in learning on the part of primary schoolchildren is insufficient and special work on its development is necessary.

**Key words:** cognitive interest, primary school, direction of interests, cognitive active and independent character, cognitive motivation.

Одна из приоритетных задач образования, наравне с формированием целостной системы универсальных знаний, умений и навыков, – развитие познавательного интереса, который проявляется в желании и способности приобретать знания. Особую значимость приобретает этот процесс в начальных классах, когда только закладываются основы личности и выявляются задатки и способности ребенка к определенному виду деятельности.

Актуальность проблемы формирования познавательного интереса стимулирует поиск новых средств и способов для ее решения.

Однако для определения направления работы по развитию интереса к учению необходимо сначала определить его уровень. Уровень развития познавательного интереса – его количественный и качественный состав, а также характер взаимодействия основных показателей, достаточно устойчивых и типичных для познавательного процесса младших школьников [1].

Цель статьи – проанализировать уровень сформированности познавательного интереса учащихся через диагностику его показателей.

**Материал и методы.** Материалом послужили аналитические данные, полученные в результате комплексной диагностики, включающей в себя методики М.Р. Гинзбурга (исследование учебной мотивации школьников), Е.А. Кувалдиной (исследование устойчивости и углубленности познавательного интереса), А.А. Горчинской (изучение активности и самостоятельности младших школьников), теоретической базой стали научные труды педагогов Г.И. Щукиной, С.В. Дудчик, Е.А. Кувалдиной, М.В. Матюхиной, С.Ю. Роот, Х.И. Эрендей, И.А. Федоровой, И.А. Лисовой, Е.Н. Комоловой, С.Н. Ивановой.

В исследовании приняли участие 218 учащихся четвертых классов пяти государственных учреждений образования г. Витебска (ГУО «СШ № 3 г. Витебска», ГУО «СШ № 40 г. Витебска», ГУО «СШ № 45 г. Витебска», ГУО «СШ № 46 г. Витебска», ГУО «Гимназия № 5 г. Витебска»).

Основные методы: эмпирические (анкетирование для выявления уровня развития основных показателей познавательного интереса), теоретические (анализ, обобщение и сравнение полученных данных) и математические (регистрация).

**Результаты и их обсуждение.** В основу нашего исследования положена система показателей, определенных Е.А. Кувалдиной [2, с. 128]:

- избирательное отношение, которое определяется через *направленность интересов и познавательную мотивацию*;
- личная значимость, которая проявляется в *активности и самостоятельности*;
- критерии *углубленность* и *устойчивость* как показатели, характеризующие процесс развития познавательных интересов.

На наш взгляд, вышеназванные параметры являются основополагающими для определения уровня развития познавательного интереса учащихся начальной школы.

Выявление *направленности* интереса учащихся 4-х классов мы начали с анализа приоритетов в изучении отдельных школьных предметов. С этой целью детям предлагалось выбрать наиболее интересную, по их мнению, дисциплину из курса начальной школы. Мы не ограничивали испытуемых в выборе, т.е. каждый ученик мог отдать предпочтение одному или нескольким предметам одновременно. Полученные данные представлены на рис. 1.

Следовательно, в число наиболее популярных дисциплин попали физическая культура – 90,8% (198 чел.), изобразительное искусство – 88% (192 чел.) и трудовое обучение – 80,7% (176 чел.). Вероятно, это обусловлено тем, что данные предметы требуют от ребенка минимального количества предварительной подготовки и, согласно ранговой шкале трудности учебных предметов [3], меньше всего утомляют.

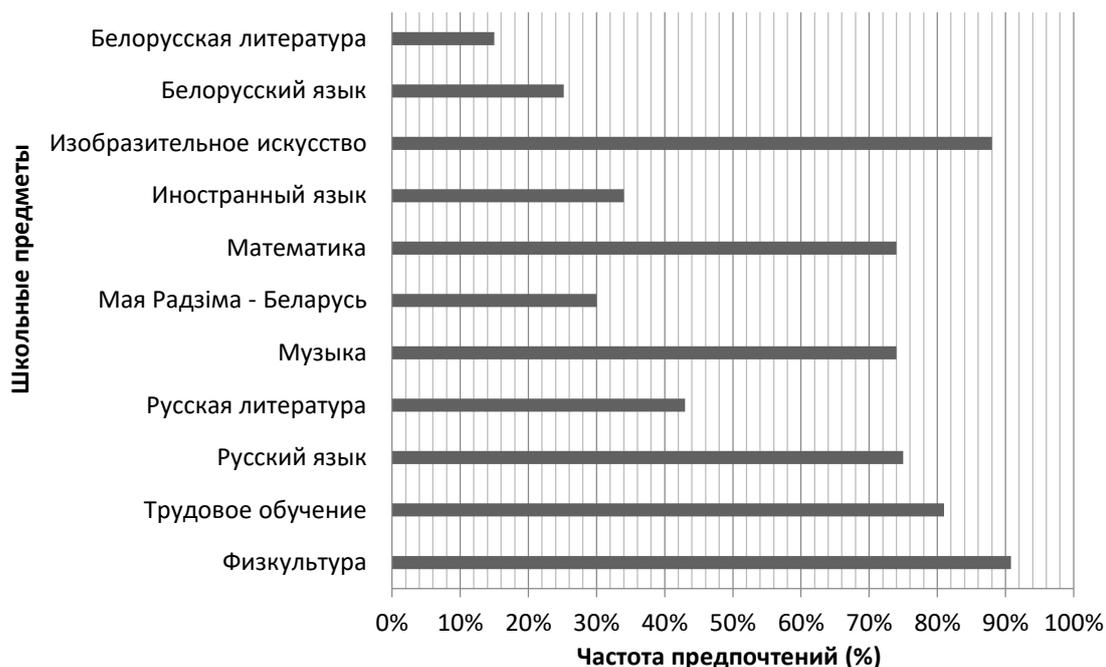


Рис. 1. Диаграмма частоты предпочтений самых интересных учебных предметов начальной школы.

Наименьший интерес у детей вызывают белорусская литература – 15,1% (33 чел.), белорусский язык – 25,2% (55 чел.) и Мая Радзіма – Беларусь – 30,2% (66 чел.). Подобные показатели, на наш взгляд, связаны с трудностью восприятия белорусского языка учениками русскоязычной школы.

Еще одним критерием избирательного отношения к познавательному интересу является *мотивация*. Для ее определения мы обратились к методике М.Р. Гинзбурга [4], разработанной непосредственно для диагностики детей младшего школьного возраста. Результаты исследования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Уровни развития мотивации школьников		Количество школьников	
		в абсолютных числах	в процентах
I	Очень высокий	3	1%
II	Высокий	44	20%
III	Нормальный (средний)	152	70%
IV	Сниженный	19	9%
V	Низкий	0	0

Большая часть испытуемых обладает нормальным, или средним, уровнем мотивации учения (70%), который проявляется в преобладании позиционных мотивов (стремлении самоутвердиться, желании занять место лидера, оказывать влияние на других учеников, доминировать в коллективе и т.д.). Данный мотив – важная основа самовоспитания, самосовершенствования личности.

Высокий уровень мотивации, который характеризуется преобладанием социальных мотивов (стремлением получать знания, чтобы быть полезным обществу, желанием выполнить свой долг, пониманием необходимости учиться, чувством ответственности), оказался преобладающим у 20% учащихся.

Сниженный уровень был выявлен у 9% детей. Этот показатель свидетельствует о преобладании оценочных мотивов в учении (т.е. стремлении получить высокую оценку и одобрение взрослого). Самую малочисленную группу (1%) составляют дети, имеющие очень высокий уровень мотивации, который характеризуется преобладанием учебных (внутренних) мотивов (интерес к процессу и результату деятельности, стремление к саморазвитию).

С целью изучения *познавательной активности* младших школьников мы обратились к стандартизированной анкете, разработанной А.А. Горчинской [5].

Учащимся было предложено выбрать один из предъявленных вариантов ответов на вопросы (рис. 2).



Рис. 2. Диаграмма уровня сформированности познавательной активности младших школьников.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что 52% (113 чел.) обладают средним уровнем активности, при котором дети склонны к выявлению смысла изучаемого содержания, познанию связи между явлениями и процессами и овладению способами применения знаний в измененных условиях. Также дети данной категории отличаются стремлением довести начатое дело до конца и при затруднении не отказываются от выполнения задания, а стараются найти пути решения.

Высоким уровнем познавательной активности, который характеризуется готовностью ребенка включиться в нестандартную учебную ситуацию и стремлением найти новые средства для решения предложенных задач, обладают 33% (72 чел.). Этим детям свойственны упорство и настойчивость в достижении цели.

15% (32 чел.) обладают низким уровнем познавательной активности, который отличается эмоциональным восприятием и проявляется в определенных учебных ситуациях (интересны лишь содержание урока, приемы обучения и т.п.).

Для выявления уровня развития *самостоятельности* школьников в познавательной деятельности мы использовали анкету А.А. Горчинской [5]. Результаты исследования представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели уровня развития познавательной самостоятельности школьников

Уровни развития познавательной самостоятельности	Количество учащихся	
	в абсолютных числах	в процентах
Высокий уровень	24	11%
Средний уровень	135	62%
Низкий уровень	59	27%

Исходя из полученных данных, мы можем говорить, что преобладающее большинство учащихся – 62% – обладают средним уровнем развития самостоятельности в познавательной деятельности. Согласно исследованиям Е.В. Голуб [6, с. 146], дети этой категории стремятся проявлять независимость, однако, сталкиваясь с трудностями, легко обращаются за помощью. Таким учащимся необходим постоянный контроль взрослого, без которого они не всегда могут организовать свою практическую деятельность. Вместе с тем детям среднего уровня свойственно проявление творческой инициативы при условии грамотного построения образовательного процесса.

27% респондентов обладают низким уровнем познавательной самостоятельности. Эти дети испытывают зависимость от внешнего руководства и помощи, а в случае столкновения с трудностями теряются или стремятся быстро переключиться на более легкие и интересные для себя задания.

Высокий уровень самостоятельности свойственен, согласно исследованию, 11%. Такие школьники отличаются стремлением обходиться собственными силами и обращаются за помощью лишь в случае объективной необходимости. Учащиеся высокого уровня без напоминаний и стимулирования извне способны контролировать результаты самостоятельных действий, вносить коррективы, исправлять ошибки.

*Углубленность* и *устойчивость* познавательного интереса мы изучали при помощи анкеты, разработанной Е.А. Кувалдиной.

*Углубленность* определяется как «степень глубины познания в процессе изучения предмета интереса» [2, с. 130]. Результаты ее исследования представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Показатели углубленности познавательного интереса учащихся**

Критерии углубленности познавательного интереса	Количество школьников	
	в абсолютных числах	в процентах
Привлекают новые факты, занимательные явления, о которых можно узнать от других	87	40%
Нравится разбираться в том, что и как происходит	83	38%
Интересно доходить до сути событий и явлений, выяснять, почему они происходят	37	17%
Интересно, используя свои знания, придумывать, конструировать что-либо новое	11	5%

Второй критерий – *устойчивость* – дает нам представление о том, каким образом школьники реализуют собственные интересы (табл. 4).

Таблица 4

**Показатели устойчивости познавательного интереса учащихся**

Показатели устойчивости познавательного интереса	Количество школьников	
	в абсолютных числах	в процентах
Занимаюсь выбранным предметом только на уроке	61	28%
Самостоятельно занимаюсь дома	81	37%
Углубляю свои знания на занятиях кружка в школе или вне школы	65	30%
Много занимаюсь дополнительно и надеюсь, что эти знания помогут мне в будущем	11	5%

Результаты проведенного исследования свидетельствуют, что 28% школьников занимаются любимыми предметами только на уроке. Этот показатель отражает ситуативный познавательный интерес, который характеризуется быстротечностью и спонтанностью. Если его не подкреплять, то он стремительно исчезнет и не оставит следа в структуре личности.

Относительно устойчивым познавательным интересом, который выходит за рамки урока, однако связан с определенным кругом предметов и заданий, обладают 67% опрошенных.

Достаточно устойчивый познавательный интерес свойственен 5% учащихся. У таких детей преобладает внутренняя мотивация, когда ребенок учится с охотой даже вопреки неблагоприятным внешним стимулам.

Для систематизации результатов комплексной диагностики нами были разработаны критерии для каждого из трех традиционно выделяемых уровней развития познавательного интереса (табл. 5).

Таблица 5

**Общая характеристика уровней развития познавательного интереса учащихся**

Критерии \ Уровни	Низкий	Средний	Высокий
<b>Познавательная мотивация</b>	Преобладание оценочных мотивов	Преобладание позиционных мотивов	Преобладание социальных мотивов
<b>Активность</b>	Проявляется только в определенных учебных ситуациях (интересны лишь содержание урока, приемы обучения и т.п.)	Склонность к выявлению смысла изучаемого содержания, познанию связи между явлениями и процессами; овладение способами применения знаний в измененных условиях	Готовность включиться в нестандартную учебную ситуацию; стремление найти новые средства для решения предложенных задач; упорство и настойчивость в достижении цели

Окончание табл. 5

<b>Самостоятельность</b>	Зависимость от внешнего руководства и помощи; возможна эпизодическая самостоятельная работа лишь над предметом интереса; полная бездеятельность при затруднении	Стремление к проявлению независимости; просьба о помощи; вероятность возникновения трудностей в организации практической деятельности; творческая инициатива при условии грамотного построения образовательного процесса	Стремление обходиться собственными силами; способность контролировать результаты самостоятельных действий, вносить коррективы; умение преобразовывать приобретенные знания для получения нового продукта деятельности
<b>Устойчивость интереса</b>	Ситуативный познавательный интерес	Стремление углубить свои знания через занятия в кружках или самостоятельные занятия дома	Стремление заниматься дополнительно; преобладание внутренней мотивации
<b>Углубленность интереса</b>	Привлекают новые факты, занимательные явления, о которых можно узнать от других	Стремятся разбираться в том, что и как происходит; интересно доходить до сути событий и явлений, выяснять, почему они происходят	Интересно, используя свои знания, придумывать, конструировать что-либо новое

Данные по уровням развития познавательного интереса мы представили на рис. 3.

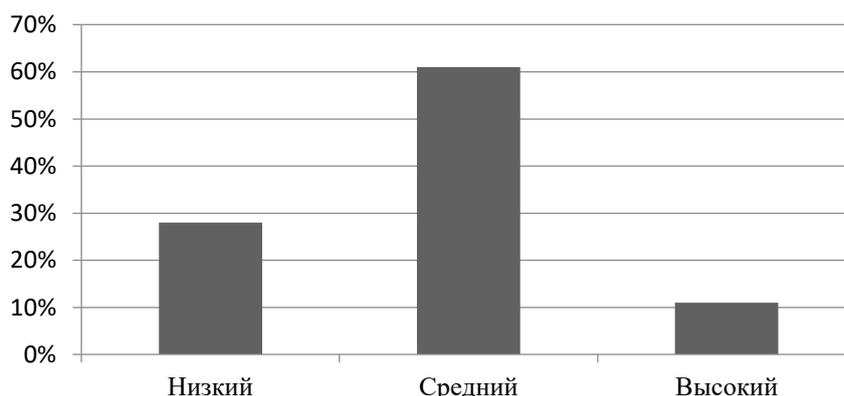


Рис. 3. Уровни развития познавательного интереса учащихся 4-х классов.

Таким образом, у преобладающего большинства учащихся 4-х классов школ г. Витебска развитие познавательного интереса находится на среднем уровне (61%), который характеризуется нестабильностью, неустойчивостью, кратковременностью, эпизодичностью его проявления к эффективным, занимательным сторонам деятельности интереса, а также неустойчивыми приоритетами в выборе предмета интереса, эпизодическим проявлением активности и самостоятельности, побуждаемым внешними стимулами (учителями, родителями, сверстниками, способами выполнения задания и т.п.). 28% участникам исследования свойственен низкий уровень сформированности познавательного интереса, характеризующийся преобладанием оценочных мотивов, ситуативностью проявления, зависимостью от внешнего руководства и помощи. У 11% детей познавательный интерес отличается характеристиками высокого уровня, т.е. эти учащиеся стремятся заниматься дополнительно, готовы включиться в любую нестандартную деятельность, способны контролировать результаты самостоятельной деятельности.

**Заключение.** Проведенный анализ позволил получить представления об уровне сформированности таких показателей познавательного интереса, как избирательное отношение, личная значимость, устойчивость и углубленность. Обобщение и систематизация полученных данных помогли определить: степень сформированности интереса к учению у детей младшего школьного возраста недостаточна, и необходимо проведение специальной работы по его развитию.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дудчик, С.В. Развитие познавательного интереса младших школьников средствами тьютерского сопровождения [Электронный ресурс] / С.В. Дудчик. – Режим доступа: <http://www.dslib.net/obw-pedagogika/razvitie-poznavatel'nogo-interesa-mladshih-shkolnikov-sredstvami-tutorskogo.html>. – Дата доступа: 02.10.2016.
2. Кувалдина, Е.А. Исследование познавательных интересов кировских школьников / Е.А. Кувалдина // Вестник ВятГУ. – 2007. – № 19. – С. 127–132.
3. Шкала трудности предметов для белорусской школы в баллах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kp.by/daily/24154.4/369286/>. – Дата доступа: 05.10.2016.
4. Брускова, Д.В. Исследование учебной мотивации школьников по методике М.Р. Гинзбурга [Электронный ресурс] / Д.В. Брускова. – Режим доступа: <http://iemcko.ru/4332.html>. – Дата доступа: 02.10.2016.
5. Комолова, Е.Н. Диагностика учебной мотивации и познавательной активности [Электронный ресурс] / Е.Н. Комолова. – Режим доступа: <http://nsportal.ru/nachalnaya-shkola/obshchepedagogicheskie-tehnologii/2015/09/27/diagnostiki-uchebnoy-motivatsii-i>. – Дата доступа: 07.10.2016.
6. Голуб, Е.В. Воспитание самостоятельности учащихся начальных классов школы-интерната для детей-сирот / Е.В. Голуб // Вестник Таганрогского института имени А.П. Чехова. – 2007. – № 2. – С. 144–147.

## REFERENCES

1. Dudchik S.V. *Razvitiye poznavatel'nogo interesa mladshikh shkolnikov sredstvami tyuterskogo soprovozhdeniya* [Development of Younger Schoolchildren's Cognitive Interest by Tutor Accompaniment], Available at: <http://www.dslib.net/obw-pedagogika/razvitie-poznavatel'nogo-interesa-mladshih-shkolnikov-sredstvami-tutorskogo.html>. Accessed: 02.10.2016.
2. Kuvaldina E.A. *Vestnik ViatGGU* [Journal of ViatSU], 2007, 19, pp. 127–132.
3. *Shkala trudnosyi predmetov dlia belorusskoi shkoli v ballakh* [Scale of Subject Difficulty for Belarusian School in Scores], Available at: <http://www.kp.by/daily/24154.4/369286/>. Accessed: 05.10.2016.
4. Bruszkova D.V. *Issledovaniye uchebnoi motivatsii shkolnikov po metodike M.R. Ginzburga* [Study of Pupils' Learning Motivation According to M.R. Ginzburg Method], Available at: <http://iemcko.ru/4332.html>. Accessed: 02.10.2016.
5. Komolova E.N. *Diagnostika uchebnoi motivatsii i poznavatel'noi aktivnosti* [Diagnostics of Study Motivation and Cognitive Activity], Available at: <http://nsportal.ru/nachalnaya-shkola/obshchepedagogicheskie-tehnologii/2015/09/27/diagnostiki-uchebnoy-motivatsii-i>. Accessed: 07.10.2016.
6. Golub E.V. *Vestnik Taganrogskogo instituta imeni A.P. Chekhova* [Journal of Taganrog A.P. Chekhov Institute], 2007, 2, pp. 144–147.

Поступила в редакцию 23.02.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: Ermolchik.2014@mail.ru – Шаурко И.В.

## Социально-педагогическая работа с инвалидами по зрению

Н.Ю. Андрущенко, А.В. Лискова

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

*Государственная политика Республики Беларусь ориентирована на предупреждение инвалидности, адаптацию и реабилитацию инвалидов, а также обеспечение равного и полноценного участия их в жизни общества. Данные направления реализуются в рамках социально-педагогической работы.*

*Цель статьи – выявление основных проблем инвалидов по зрению и определение содержания социально-педагогической работы с ними.*

**Материал и методы.** Исследование проводилось в Территориальном центре социального обслуживания населения Миорского района Витебской области. Респондентами были инвалиды по зрению и специалисты, которые с ними работают. Используются методы: сравнение, обобщение, систематизация, анкетный опрос.

**Результаты и их обсуждение.** Анкетирование показало, что для инвалидов по зрению актуальны проблемы бытового и личностного характера, они нуждаются в социальной реабилитации, психолого-педагогической помощи и поддержке. По результатам исследования разработана программа, содержание которой включает темы по пространственному ориентированию, обучению домоводству, самообслуживанию. Базируется программа на принципах сочетания различных видов деятельности; поэтапного усложнения задач и условий упражнений; развития индивидуальных возможностей инвалидов по зрению; гибкости в изменении количества часов, отведенных на ту или иную тему; дифференцированности в формировании учебно-тематического плана; целостности и комплексности.

**Заключение.** Стержнем социальной политики государства является укрепление социального и психофизиологического потенциала инвалидов по зрению. Ведущая роль в реализации данных мероприятий отводится социальным педагогам.

**Ключевые слова:** инвалиды по зрению, социально-педагогическая работа, реабилитация, адаптация.

## Social and Pedagogical Work with Eyesight Disabled People

N.Yu. Andrushchenko, A.V. Liskova

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

*State policy of the Republic of Belarus is aimed at prevention of disabilities, adaptation and rehabilitation of the disabled as well as at provision of their equal and full participation in public life. These directions are implemented within social and pedagogical work.*

*The purpose of the article is finding out basic problems of the eyesight disabled and identification of the content of social and pedagogical work with them.*

**Material and methods.** The study was conducted at the Local Center of Public Social Services of Miory District of Vitebsk Region. The respondents were eyesight disabled people and specialists who work with them. The following methods are used comparison, generalization, systematization, and questionnaire.

**Findings and their discussion.** The questionnaire showed that issues of everyday and personal character are current for eyesight disabled people; they need social rehabilitation, psychological and pedagogical aid and support. As a result of the study a program is elaborated, the content of which includes topics of space orientation, household chores training, and self-service. The program relies on the principles of combination of different types of activities; stage by stage complication of tasks and conditions of exercises; development of individual abilities of the eyesight disabled; flexibility in changing the number of hours for various topics; differentiation in shaping the study topic plan; wholesomeness and complexity.

**Conclusion.** The core of state social policy is strengthening social and psychophysiological potential of eyesight disabled people. The leading role in the implementation of these events is played by social teachers.

**Key words:** the eyesight disabled, social and pedagogical work, rehabilitation, adaptation.

По данным ЮНЕСКО, 10% населения земного шара является инвалидами. В Республике Беларусь в настоящее время насчитывается 554423 инвалида, что является весьма внушительной цифрой. Высока и детская инвалидность. По данным ВОЗ (Всемирной организации здравоохранения), примерно 3% детей рождается с недостатками интеллекта, 10% – с другими психофизическими нарушениями. Всего в мире около 200 млн детей с ограниченными возможностями. В Республике Беларусь 29503 ребенка-инвалида в возрасте до 18 лет,

которые входят в общую численность инвалидов, имеющих различные нарушения физического и психического развития и соматического здоровья, что ограничивает их жизнедеятельность, приводя к социальной недостаточности. Если говорить о численности детей с особенностями психофизического развития (в число которых входят и дети-инвалиды), нуждающихся в коррекционных и реабилитационных мероприятиях, медико-социальной и психолого-педагогической помощи, то их численность, по данным Министерства статистики и анализа в Республике Беларусь, составляет около 120 тысяч человек [1].

Лица с ограниченными возможностями и их семьи – одна из наиболее уязвимых категорий населения. Помимо общих проблем, они с большими трудностями адаптируются к негативным социальным изменениям, обладают пониженной способностью к самозащите. В последние годы предприняты определенные шаги по разработке и реализации достойной социальной политики в отношении инвалидов. Происходят изменения в идеологическом обосновании отношения общества к своим особым членам. Принципы полноценной жизни и равных возможностей для инвалидов медленно, постепенно, но неуклонно начинают утверждаться в сознании людей. Повышенное внимание к каждому инвалиду, совершенствование системы социальной помощи и поддержки, содержания социально-педагогической работы являются актуальными проблемами современного белорусского общества. Основные положения государственной политики отражены в нормативно-правовых документах: Законе Республики Беларусь «О предупреждении инвалидности и реабилитации инвалидов», Законе Республики Беларусь «О социальной защите инвалидов в Республике Беларусь», Законе Республики Беларусь «О социальном обслуживании» [2–5].

Решение проблем, связанных с инвалидностью, возможно лишь при совместных действиях государственных структур и общественности. В настоящее время комплексную, дифференцированную социальную помощь инвалидам, направленную на максимально возможную реабилитацию и интеграцию их в общество, оказывают Белорусское общество инвалидов (БелОИ) и Белорусское товарищество инвалидов по зрению (БелТИЗ). В структуре вышеперечисленных общественных организаций имеются учебные центры, предприятия, реабилитационные и культурные центры.

Цель статьи – выявление основных проблем инвалидов по зрению и определение содержания социально-педагогической работы с ними.

**Материал и методы.** Исследование проводилось в Территориальном центре социального обслуживания населения Миорского района Витебской области. В качестве респондентов выступили 50 инвалидов по зрению, а также 50 специалистов, которые с ними работают (врачи, медсестры, фельдшера УЗ «Миорская центральная районная больница»; специалисты по социальной работе, психолог, социальные работники ТЦСОН Миорского района; библиотекари районной библиотеки), в возрасте от 23 до 62 лет.

Методологическая основа исследования представлена общенаучным и конкретно-научным уровнями. Общенаучный уровень составили принципы единства теории и практики, объективности. Конкретно-научный уровень включает в себя совокупность методов: сравнение, обобщение, систематизация, анкетный опрос.

**Результаты и их обсуждение.** Нами было проведено исследование с целью выявления проблем инвалидов по зрению. В анкетном опросе приняли участие 50 инвалидов по зрению в возрасте от 19 до 78 лет, из них 21 мужчина и 29 женщин, проживающих в Миорском районе Витебской области. Результаты анкетирования показали, что от общего числа опрошенных инвалиды I группы составляют 27%, II группы – 42%, III группы – 31%. Из числа респондентов в посторонней помощи при передвижении постоянно нуждаются 64% респондентов, 36% – не нуждаются. 16% инвалидов желают освоить систему Брайля. Следует отметить, что для изучения данной системы необходима высокая чувствительность пальцев, которую хорошо развивает интеллектуальная работа и производственная деятельность. Однако не всегда у инвалидов есть возможность трудоустроиться.

60% опрошенных нуждаются в помощи по приобретению тифлотехнических средств реабилитации, выделяемых государством бесплатно или на льготных условиях. 17% респондентов пользуются тростью при передвижении в пространстве. Небольшой процент инвалидов, пользующихся тростью, связан с их психологическим барьером и незнанием способов самостоятельного ориентирования в пространстве. 28% опрошенных умеют работать на компьютере с применением вышеназванной программы, 20% – желают научиться. Навыками домоводства и самообслуживания владеют 49% инвалидов по зрению, 51% – не владеют.

Одна из основных психологических проблем инвалидов по зрению – это свое позиционирование в обществе здоровых людей, в связи с чем 32% опрошенных хотели бы получить помощь психолога. 54% респондентов считают, что средства массовой коммуникации (радио, телевидение) дают возможность получать им значимую информацию, не покидая собственного дома, этого вполне достаточно для них. Только 8% опрошенных желают приобрести больше друзей. Однако общеизвестно, что для полноценного общения необходимо постоянное расширение круга собеседников.

Таким образом, для инвалидов по зрению актуальны проблемы бытового и личностного характера, они нуждаются в социальной реабилитации, психолого-педагогической помощи и поддержке.

В анкетировании приняли участие специалисты (врачи, медсестры, фельдшера УЗ «Миорская центральная районная больница»; специалисты по социальной работе, психолог, социальные работники ТЦСОН Миорского района; библиотекари районной библиотеки), работающие с инвалидами по зрению. 98% специалистов признают особую актуальность проблемы данной категории лиц. 76% респондентов высказали мнение о том, что государственные службы оказывают достаточную помощь инвалидам. 84% опрошенных считают межведомственное взаимодействие при работе с инвалидами эффективным. 88% специалистов отмечают, что общество не готово к интеграции инвалидов, и решать их проблемы должно государство, в т.ч. органы социальной защиты и специализированные учреждения. 70% респондентов работают с инвалидами больше пяти лет. Однако 50% специалистов испытывают трудности организационного порядка, 20% – недостаточно владеют технологиями работы с инвалидами, 40% – нуждаются в информационной поддержке.

С целью всестороннего изучения проблемы мы провели общественный опрос, в котором приняло участие 50 человек в возрасте от 18 до 70 лет. 89% респондентов испытывают сочувствие к инвалидам и готовы помогать им в обыденной жизни. 84% опрошенных положительно относятся к тому, что инвалиды участвуют в спортивной и культурной жизни. 53% людей готовы работать рядом с инвалидом и относиться к этому спокойно или с уважением. Для решения проблем инвалидов 59% респондентов считают государственную материальную и техническую поддержку эффективной. 24% опрошенных высказались за то, чтобы формировать в обществе толерантное отношение к инвалидам и совершенствовать формы социального обслуживания. Большинство участников опроса (63%) считают необходимым интегрировать инвалидов в общество путем создания безбарьерной среды во всех сферах жизнедеятельности. Вместе с тем результаты опроса показали, что 54% респондентов полагают, что наше общество не готово к подобной интеграции. 58% считают, что проблеме инвалидности уделяется недостаточно внимания. На вопрос «Кто должен координировать межведомственное взаимодействие для решения проблем инвалидов?» 54% респондентов назвали органы исполнительной власти, 37% – территориальные центры социального обслуживания населения, 9% – учреждения здравоохранения.

Таким образом, в целом в обществе положительное отношение к инвалидам. Однако необходимо совершенствовать работу по интеграции инвалидов в общество.

По результатам исследования нами была разработана программа, цель которой социальная реабилитация, психолого-педагогическая помощь и поддержка инвалидов по зрению. Программа включает в себя взаимосвязанные направления: пространственное ориентирование, обучение домоводству и самообслуживанию. Основные задачи программы:

- формирование знаний и умений, способствующих социальной адаптации и интеграции в различных социальных условиях;
- развитие познавательной деятельности на полисенсорной основе;
- повышение мобильности, т.е. умение самостоятельно действовать в окружающей обстановке;
- овладение приемами ориентирования с использованием тифлотехнических средств;
- формирование умений и навыков выполнения хозяйственно-бытовых работ;
- оказание консультативной помощи психолого-педагогического характера родственникам инвалидов по зрению.

В основе программы лежат следующие принципы:

- сочетание различных видов деятельности, постепенный переход от простых к более сложным заданиям и формам деятельности;
- поэтапное, дозированное, дифференцированное усложнение задач и условий упражнений;
- развитие творческого потенциала и индивидуальных возможностей участников занятий;
- гибкость в изменении количества часов, отведенных на ту или иную тему, по мере необходимости исключения или замещение одних тем другими, изменение последовательности изучения тем;
- дифференцированность в формировании учебно-тематического плана, отвечающего индивидуальным или групповым занятиям;
- целостность данной программы заключается в том, что она является частью программы медико-психолого-педагогической работы с инвалидами по зрению;
- комплексность предполагает осуществление медико-психолого-педагогической работы при обучении инвалидов по зрению;
- психологическое сопровождение.

Ожидаемые результаты программы: социальная реабилитация инвалидов по зрению, их интеграция в социум, приобщение к общественной жизни и труду с учетом психофизических возможностей.

Программа курса включает следующие разделы:

- ориентирование в пространстве: изучение уровня готовности к процессу обучения пространственному ориентированию, формирование положительной мотивации к обучению;

- формирование пространственных представлений и способов ориентирования в микропространстве и замкнутом пространстве;
- формирование умений и навыков использования сохранных анализаторов в пространственном ориентировании;
- формирование приемов ориентирования с тростью;
- формирование умений и навыков ориентирования на основе топографических представлений и словесных описаний;
- формирование умений и навыков ориентирования в большом пространстве;
- формирование умений и навыков использования городского транспорта;
- формирование способов общения незрячего с окружающими людьми в различных ситуациях;
- общие вопросы ведения домашнего хозяйства: ознакомление с бытовыми приборами, инструкциями по технике безопасности при эксплуатации бытовых приборов;
- личная гигиена: ознакомление с гигиеническими средствами, предназначенными для ухода за волосами и телом, домашней аптечкой, приемами распознавания лекарственных средств и препаратов, хранящихся в домашних аптечках в семьях незрячих;
- уход за квартирой и современный интерьер: ознакомление с современным интерьером, основными принципами его организации в семьях незрячих;
- одежда и уход за ней: ознакомление с правилами индивидуального подбора, хранения и ухода за одеждой; распознавание ткани на ощупь, самостоятельное вкладывание нитки в разные виды игл (для слабо-видящих и незрячих);
- уход за обувью: ознакомление с принадлежностями для ухода за обувью;
- приготовление пищи и сервировка стола: ознакомление с кухонным оборудованием, выбор, приобретение, хранение и первичная обработка продуктов, приготовление различных блюд, сервировка обеденного и праздничного стола, культура поведения за столом.

**Заключение.** В соответствии со Стандартными правилами обеспечения равных возможностей для инвалидов (Генеральная Ассамблея ООН, 1993) наиболее перспективным направлением работы является их интеграция в общество. Это предполагает систему психолого-педагогических, социально-педагогических и иных мер, направленных на деятельное участие человека с ограниченной трудоспособностью в общественном производстве, сфере услуг или интеллектуального труда, а также в ведении домашнего хозяйства, самообслуживании, финансовых отношениях. Знание социальной жизни и адаптированность к ней, наличие необходимого уровня образования являются важным условием для жизнедеятельности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Численность инвалидов, состоящих на учете в органах по труду и социальной защите: Официальный интернет-сайт М-ва труда и социальной защиты Респ. Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mintrud.gov.by/ru/gsp/chislinv>. – Дата доступа: 03.05.2017.
2. Закон Респ. Беларусь «О предупреждении инвалидности и реабилитации инвалидов» от 23 июля 2008 г. № 422-3 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2015. – № 173. – 2/1600.
3. Закон Респ. Беларусь «О социальной защите инвалидов в Республике Беларусь» от 11 нояб. 1991 г. № 1224-XII (в ред. от 16 нояб. 2015 г.) // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2015. – № 287. – 2/1744.
4. Закон Респ. Беларусь «О социальном обслуживании» от 22 мая 2000 г. № 395-3 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2012. – № 107. – 2/1235.
5. Кузнецова, Л.П. Основные технологии социальной работы: учеб. пособие / Л.П. Кузнецова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2010. – 92 с.

## REFERENCES

1. *Chislennost invalidov, sostoyashchikh na uchete v organakh po trudu i sotsialnoi zashchite: Ofitsialnii Internet sait Ministerstva truda i sotsialnoi zashchiti Respubliki Belarus* [Number of the Disabled Registered in Labor and Social Protection Bodies: Ministry of Labor and Social Protection of the Republic of Belarus], Available at [www.mintrud.gov.by](http://www.mintrud.gov.by), <http://www.mintrud.gov.by/ru/gsp/chislinv>.
2. *Zakon Respubliki Belarus «O preduprezhdenii invalidnosti i reabilitatsii invalidov» ot 23 iyulia 2008 g., Natsionalni reestr pravovikh aktov Respubliki Belarus* [Republic of Belarus Law «On Prevention of Disabilities and Rehabilitation of the Disabled», National Register of Legal Acts of the Republic of Belarus], 2015, № 173, 2/1600.
3. *Zakon Respubliki Belarus «O sotsialnoi zashchite invalidov v Respublike Belarus» ot 11 noyabria 1991 g. № 1224-XII (v redaktsii ot 16 noyabria 2015 g.), Natsionalni reestr pravovikh aktov Respubliki Belarus* [Republic of Belarus Law «On Social Protection of the Disabled in the Republic of Belarus», National Register of Legal Acts of the Republic of Belarus], 2015, № 287, 2/1744.
4. *Zakon Respubliki Belarus «O sotsialnom obsluzhivanii» ot 22 maya 2000 g. № 395-3, Natsionalni reestr pravovikh aktov Respubliki Belarus* [Republic of Belarus Law «On Social Services» National Register of Legal Acts of the Republic of Belarus], 2012, № 107, 2/1235.
5. Kuznetsova L.P. *Osnovniye tekhnologii sotsialnoi raboti: Ucheb. posobiye* [Basic Technologies of Social Work: Manual], Vladivostok, Izdatelstvo DVG-TU, 2010, 92 p.

Поступила в редакцию 02.05.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: andru-natalya@yandex.ru – Андрущенко Н.Ю.

## Отношение младших школьников к нормам и правилам нравственного поведения

**О.А. Макрицкая**

*Отдел образования, спорта и туризма  
администрации Октябрьского района г. Витебска*

*Актуальность нравственного воспитания учащихся начальных классов отражена в нормативных правовых документах, регламентирующих образовательный процесс в Республике Беларусь.*

*Одним из показателей нравственного развития личности является сформированность у нее ценностного отношения к нормам и правилам нравственного поведения.*

*Цель статьи – выявление отношения младших школьников к нормам и правилам нравственного поведения.*

**Материал и методы.** *Экспериментальная работа проводилась в четырех третьих классах гимназий № 2, 3 г. Витебска. В ходе исследования использовались такие методы, как анкетирование, анализ, сравнение, обобщение.*

**Результаты и их обсуждение.** *Для выявления отношения младших школьников к нормам и правилам нравственного поведения применялась методика «Выбор», в соответствии с которой учащимся необходимо было выбрать один из четырех предложенных вариантов ответов на 4 проблемные ситуации. В зависимости от выбранных ответов учащиеся были отнесены к одному из 4-х типов отношения к нормам и правилам нравственного поведения – активному, устойчиво положительному; активному, недостаточно устойчивому; пассивному, недостаточно устойчивому или отрицательному, неустойчивому.*

**Заключение.** *Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что в среднем по классам лишь 20% учащихся характерно активное, устойчиво положительное отношение, 40% – активное, недостаточно устойчивое, 40% – пассивное, недостаточно устойчивое либо отрицательное, неустойчивое отношение к нормам и правилам нравственного поведения, что говорит о необходимости развития у младших школьников ценностного отношения к ним.*

**Ключевые слова:** *младшие школьники, нравственно-этические нормы, нравственное поведение.*

## Attitude of Primary Schoolchildren to Norms and Rules of Moral Behavior

**O.A. Makritskaya**

*Department of Education, Sport and Tourism  
of October District Administration of the City of Vitebsk*

*Urgency of moral training of primary schoolchildren is reflected in normative legal documents, which regulate the educational process in the Republic of Belarus.*

*One of the indexes of moral development of the personality is the shaped value attitude to norms and rules of moral behavior. The purpose of this article is to educe the attitude of primary schoolchildren to norms and rules of moral behavior.*

**Material and methods.** *Experimental work was conducted in four third year classes of Vitebsk Gymnasiums № 2, 3. During the research we used such methods, as questionnaire, analysis, comparison, generalization.*

**Findings and their discussion.** *To expose the attitude of primary schoolchildren to the norms and rules of moral behavior we applied methodology «The Choice», according to which schoolchildren were offered to choose one (correct) of four offered variants of answers for 4 problem situations. Depending on the chosen answers primary schoolchildren were attributed to one of 4th types of the attitude to norms and rules of moral behavior – active, steadily positive; active, insufficiently steady; passive, insufficiently steady; or negative, unsteady.*

**Conclusion.** *The obtained experimental results testify to the fact that on average only 20% primary schoolchildren are characterized by active, steadily positive attitude, 40% – active, insufficiently steady, 40% – passive, insufficiently or negative, unsteady attitude to norms and rules of moral behavior, that testifies to the necessity of development of primary schoolchildren's value attitude toward them.*

**Key words:** *primary schoolchildren, moral ethic norms, moral behavior.*

**А**ктуальность проблемы нравственного воспитания подрастающего поколения отражена в нормативных правовых документах, регламентирующих образовательный процесс в Республике Беларусь, – Кодексе Республики Беларусь об образовании, Концепции непрерывного воспитания детей и учащейся молодежи, Программе непрерывного воспитания детей и учащейся молодежи. Важным аспектом нравственного воспитания на современном этапе, по Б.С. Лихачеву, является формирование цельной нравственно устойчивой личности.

Теоретический анализ работ позволил выделить четыре подхода к определению понятия «нравственная устойчивость». Согласно первому, системообразующим компонентом в понятии является направленность личности (Л.Н. Божович, В.К. Вилюнас, И.С. Кон, Я.Л. Коломинский, А.В. Петровский). Второй состоит в том, что нравственная устойчивость рассматривается как высший уровень развития: нравственного поведения, качеств личности, овладения индивидом своей общественной сущностью (В.Э. Чудновский). Согласно третьему, основу нравственной устойчивости составляет совокупность нравственных качеств (сознательность, гуманность, чувство собственного достоинства, стойкость к отрицательным влияниям среды, самостоятельность, инициативность, верность выбранному идеалу) (Т.П. Гаврилова, Я.А. Коменский, Т.В. Фролова). Четвертый состоит в том, что основу понятия нравственной устойчивости определяют активность, автономность субъекта (О.А. Конопкин, Н.П. Кострубин).

На основе синтеза вышеуказанных подходов мы понимаем нравственную устойчивость учащихся начальных классов как высший уровень нравственного поведения личности, при котором во всех жизненных ситуациях ею осуществляется моральный выбор в соответствии с развитым чувством долга и ответственности. По своему общечеловеческому содержанию понятие долга включает в себя выполнение ряда исторически установленных простейших правил человеческого общежития [1, с. 199]; ответственность – способность личности понимать соответствие результатов собственных действий поставленным целям, принятым в обществе или в коллективе нормам, в результате чего возникает чувство сопричастности общему делу, а при несоответствии – чувство невыполненного долга [1, с. 550].

Готовность руководствоваться в своем поведении нравственно-этической нормой обуславливается не столько знанием, сколько отношением личности к ней. Подтверждение вышесказанному мы находим в «Современном словаре по педагогике» Е.С. Рапацевича, в котором понятие «отношение» определено как «фиксированное по какому-либо признаку взаиморасположение субъектов, объектов и их свойств». Данной категории, по мнению автора, присущи такие признаки, как заданная субъектом векторизованность психического акта, избирательность, установка на оценку (позитивную, негативную, выражающую безразличие), предрасположенность и готовность к определенному образу действия [1, с. 551].

Цель статьи – выявление отношения младших школьников к нормам и правилам нравственного поведения.

**Материал и методы.** В исследовании приняли участие 80 учащихся третьих классов гимназий № 2, 3 г. Витебска. При этом использовались следующие методы: анкетирование, анализ, сравнение и обобщение.

**Результаты и их обсуждение.** Для выявления полноты и осознанности нравственно-этических понятий, проявляющихся в умении давать им характеристику, применять нравственно-этические знания в процессе оценивания, рефлексии и саморегуляции, нами проведено анкетирование младших школьников. Анкета для учащихся включала 10 вопросов и 4 проблемные ситуации.

На первый вопрос «Какими качествами, на ваш взгляд, должен обладать хороший человек?» ответы были разнообразными: смелый, честный, добрый, воспитанный, ласковый, нежный, нежадный и т.д. Следовательно, понятия третьеклассников о добре и зле неискаженные.

Ответы на вопрос «На какого сказочного героя (героя фильма) ты бы хотел быть похож?» были следующие: на Пятачка (он хороший), Белоснежку (добрая), Карлсона (веселый), Красную Шапочку (заботливая), Золушку (трудолюбивая), Дюймовочку (добрая), Алексис (находчивая), Емелю (смешной), голубого щенка (верный), Джеки Чана (помогает другим) и др. Т.е. младшие школьники в качестве нравственного ориентира выбирают положительных героев, что характерно для всех классов, принявших участие в анкетировании.

На вопрос «Если бы у тебя была волшебная палочка, какие бы три желания ты загадал?» ответы учащихся можно разделить на три категории:

1) ориентированные на собственное благополучие (велосипед, ролики, коньки, окончить школу с золотой медалью, фонарь, ниппель, компьютер, съесть 100 мороженных, кукла Красная Шапочка, Барби, учиться лучше всех, 1 000 000 долларов, чтобы сейчас было лето, чтобы мама и папа были очень добрыми, хорошие отметки, конфеты, быть красивой, здоровой, счастливой, пятисотый мерседес, поехать на юг, на море, полететь в Таиланд, кавказская овчарка, домик для Барби, иметь много друзей, чтобы у моей собаки были щенки);

2) часть желаний отражала заботливое отношение к окружающим (чтобы все было хорошо в семье, чтобы люди не ссорились, чтобы никто не умирал, полное бабушкино выздоровление, автомобиль для семьи, чтобы все ученики были хорошими, чтобы у моего папы была машина, чтобы бабушка и дедушка выздоровели, хочу быть всегда маленькой, чтобы мама всегда была молодой, чтобы я и мои подруги окончили школу на «10», чтобы мама никогда не болела, чтобы у нас был новый телевизор);

3) ребенок больше заботится о всеобщем счастье, нежели о своем (чтобы все были счастливы, здоровы, чтобы у всех были компьютеры, мир на Земле, чтобы не было войн и зла, чтобы все люди любили друг друга и были отзывчивыми, чтобы существовала справедливость, радость для всех, чтобы все бедные люди были богатыми, чтобы не было бедных и нищих людей, чтобы на Земле не было злых людей, чтобы все были умными, хорошими, чтобы никто не болел, чтобы у всех было то, что они хотят, чтобы в мире царили чудеса, чтобы все были добрыми, красивыми).

В целом в каждом классе есть учащиеся, которые думают прежде всего о других, а уже потом о себе, проявляя нравственную направленность. Их процент колеблется от 15 до 45:

*гимназия № 2:* 3 «А» класс – 15%; 3 «Б» класс – 40%;

*гимназия № 3:* 3 «А» класс – 45%; 3 «Б» класс – 25%.

Это позволяет выявить интересы, стремления, ценности младших школьников.

На вопрос «Что для тебя означает слово “счастье”?» ответы также можно разделить на 3 категории:

1. Счастье как личная конкретная радость (каникулы, праздники, хорошие оценки, когда радостно, весело, никто не болеет, хорошее настроение, день рождения, когда все сбывается, подарки, когда у тебя есть родители и у вас все хорошо, сюрприз, ласки, комплименты, семья, подруги, быть рядом с мамой, когда русское чтение, когда я танцую, когда мне дают деньги, когда меня хвалят учителя).

Так ответили в *гимназии № 2* учащиеся 3 «А» класса – 95%; 3 «Б» класса – 60%;

в *гимназии № 3:* 3 «А» – 60%; 3 «Б» – 90% младших школьников.

2. Счастье как благополучие близких (когда счастлива семья, счастлива и я; когда все дома счастливы; когда я с мамой, папой, сестрой гуляем по городу; никто не умирает; когда мама дома; нет ссор и есть здоровье; когда папа приезжает).

Данные по *гимназии № 2:* 3 «А» класс – 0%; 3 «Б» класс – 5%;

по *гимназии № 3:* 3 «А» – 20%, 3 «Б» – 0%.

3. Счастье как радость для всех (когда все хорошо в мире, на Земле, чтобы не было войны, смертей, болезней, когда все дружат, все веселье, когда все мирно в семье и мире и т.д.):

*гимназия № 2:* 3 «А» класс – 5%; 3 «Б» класс – 35%;

*гимназия № 3:* 3 «А» класс – 20%; 3 «Б» класс – 10%.

Превалирует у учащихся ответ категории 1, т.е. на первом месте у большинства учащихся (60–95%) собственное благополучие.

На вопрос «Что такое совесть?» большинство младших школьников ответили, что совесть – это «внутренний голос», «то, что заставляет поступать хорошо, быть честным», «честность и справедливость», «стыд внутри человека», «когда стыдно», «когда сделал что-то плохое и потом мучает мысль об этом», «внутреннее явление, которое сжимает голову», «жизнь человека внутри», «это стыд». Наиболее частый ответ: совесть – это честность. Следовательно, младшие школьники понимают смысл слова, но затрудняются сформулировать определение.

Ответы на вопрос «Всегда ли ты поступаешь по совести?» таковы: большинство учащихся начальных классов были откровенными – «нет» (70–100%); процент утвердительных ответов варьируется от 0 до 30.

На шестой вопрос «Было ли тебе когда-нибудь стыдно за свои поступки и если да, то за какие?» процент утвердительных ответов колеблется от 75 до 100. В качестве отрицательных поступков дети называют обман, воровство, непослушание, грубость, лень, хвастовство, вранье, жадность, плохие отметки, плохое поведение. Подобные ответы свидетельствуют о способности младших школьников анализировать собственное поведение, действовать осознанно, рефлексировать свою деятельность.

Ответы на седьмой и восьмой вопросы говорят о развитии у учащихся начальных классов эмоционально-ценностной сферы, о способности к сочувствию, сопереживанию, а на девятый и десятый – о наличии знаний о нормах и правилах поведения в природе и обществе. Так, на вопрос «Как ты поступишь, если, идя со школы домой, ты видишь, что плачет мальчик?» ответы были такими:

*гимназия № 2:*

3 «А» класс – 5% пройдут мимо; 95% – спросят, почему ребенок плачет, постараются помочь ему;

3 «Б» класс – 100% учащихся постараются помочь мальчику;

*гимназия № 3:*

3 «А» класс – 100% младших школьников постараются оказать помощь;

3 «Б» класс – 5% учащихся пройдут мимо, 95% – постараются помочь.

Варианты ответов на вопрос «Возле магазина стоит женщина с ребенком на руках и просит денег на хлеб. Что ты сделаешь?» предлагались следующие:

а) пройду мимо, чужие люди – не моя забота; б) я не могу дать женщине денег, потому что не спросил разрешения у родителей, хотя мне очень жаль женщину и ее ребенка; в) попрошу родителей помочь женщине.

Ответы учащихся были такими:

*гимназия № 2:* 3 «А» класс – 25% заявили, что им жаль женщину и ребенка, но помочь им они не могут, 75% – попросят родителей помочь женщине;

3 «Б» класс – 5% ответили «пройду мимо, чужие люди – не моя забота»; 25% – им жаль женщину и ребенка, но помочь им они не могут; 70% – «попрошу родителей помочь женщине»;

*гимназия № 3:* 3 «А» класс – 30% ответили «я не могу дать женщине денег, потому что не спросил разрешения у родителей, хотя мне очень жаль женщину и ее ребенка» и 70% попросят родителей помочь женщине;

3 «Б» класс – 30% ответили «я не могу дать женщине денег, потому что не спросил разрешения у родителей, хотя мне очень жаль женщину и ее ребенка» и 70% попросят родителей помочь женщине.

На вопрос «В столовой дети начали бросаться хлебом. Каковы твои действия?» ответы следующие:

*гимназия № 2:*

3 «А» класс – 10% учащихся не обратят внимания на это явление; 90% – сделают замечание;

3 «Б» класс – 100% сделают замечание;

*гимназия № 3:*

3 «А» класс – 10% не обратят внимания на это явление, 90% – сделают замечание;

3 «Б» класс – 100% сделают замечание.

Вопрос «Ты нашел поляну ландышей. Что ты сделаешь?» предполагал 3 варианта ответов: а) нарву маме пышный букет; б) позову друзей, вместе нарвем больше; в) пройду мимо. Ответы учащихся были такими:

*гимназия № 2:*

3 «А» класс – 35% выбрали ответ «нарву маме пышный букет»; 65% – «пройду мимо»;

3 «Б» класс – 100% ответ «пройду мимо»;

*гимназия № 3:*

3 «А» класс – 55% учащихся нарвут маме пышный букет; 45% – пройдут мимо;

3 «Б» класс – 35% выбрали ответ «нарву маме пышный букет»; 65% – «пройду мимо».

На основании результатов анкетирования, бесед с педагогами и учащимися нами были сделаны следующие выводы: по классам высокий уровень знаний нравственно-этических норм характерен 60% учащихся, средний уровень – 30%, низкий уровень – 10%.

Кроме того, анализ материалов анкетирования позволил констатировать:

- в качестве нравственного идеала дети выбирают положительных героев, следовательно, представления о добре и зле у них неискаженные;

- чужие страдания вызывают сострадание, сочувствие, желание помочь у большинства учащихся (примерно у 90%), что свидетельствует о наличии адекватных эмоций и чувств у младших школьников;

- преобладающее количество учащихся (60–85%) имеют эгоистическую направленность, думая в первую очередь о личном благополучии, а уже потом о других;

- учащиеся способны анализировать как деятельность других, так и собственную, рефлексировать свою деятельность;

- несогласованность знаний школьников и поступков (об этом свидетельствуют ответы на ситуации, связанные с правилами поведения в природе, примеры аморальных поступков, приведенных учащимися из их прошлого личного опыта).

Для выявления отношения младших школьников к нормам и правилам нравственного поведения мы использовали методику Л.В. Рахматуллиной «Выбор» [2], в соответствии с которой респондентам было рекомендовано решить 4 проблемные ситуации, выбрав один из четырех предложенных ответов. Экспериментальные данные представлены в табл.

Таблица

**Результаты диагностики отношения младших школьников к нормам и правилам нравственного поведения**

Ситуация	Варианты ответов	Гимназия №	Класс	Кол-во учащихся	
				в абс. величинах	в %
1. Во время каникул, когда ты собирался поехать отдохнуть, учительница неожиданно попросила тебя помочь привести в порядок классную комнату.	а) скажешь, что согласен помочь, и отложишь отъезд;	2	3 «А»	5	25
		2	3 «Б»	4	20
		3	3 «А»	3	15
		3	3 «Б»	4	20
	б) соберешь ребят и вместе с ними сделаешь работу быстро;	2	3 «А»	8	40
		2	3 «Б»	9	45
		3	3 «А»	9	45
		3	3 «Б»	7	35

Продолжение табл.

	в) пообещаешь выполнить работу после возвращения;	2	3 «А»	7	35
		2	3 «Б»	7	35
		3	3 «А»	8	40
		3	3 «Б»	9	45
	г) посоветуешь привлечь на помощь того, кто остается в городе;	2	3 «А»	–	–
		2	3 «Б»	–	–
		3	3 «А»	1	5
		3	3 «Б»	1	5
	д) или... .	2	3 «А»	–	–
		2	3 «Б»	–	–
		3	3 «А»	–	–
		3	3 «Б»	–	–
2. Тебя попросили сделать то, что тебе не нравится, но выполнение поручения необходимо одноклассникам.	а) добросовестно выполнишь поручение;	2	3 «А»	6	25
		2	3 «Б»	5	20
		3	3 «А»	3	15
		3	3 «Б»	4	20
	б) попросишь помочь товарищей, чтобы не делать работу самому;	2	3 «А»	8	40
		2	3 «Б»	9	45
		3	3 «А»	9	45
		3	3 «Б»	7	35
	в) попросишь дать тебе другое, более интересное для тебя поручение;	2	3 «А»	7	35
		2	3 «Б»	7	35
		3	3 «А»	8	40
		3	3 «Б»	9	45
	г) откажешься по какой-либо причине;	2	3 «А»	–	–
		2	3 «Б»	–	–
		3	3 «А»	1	5
		3	3 «Б»	1	5
	д) или ... .	2	3 «А»	–	–
		2	3 «Б»	–	–
		3	3 «А»	–	–
		3	3 «Б»	–	–
3. Ты стал свидетелем того, как одноклассник незаслуженно обидел на твоих глазах девочку.	а) потребуешь от обидчика извинений;	2	3 «А»	4	20
		2	3 «Б»	3	15
		3	3 «А»	3	15
		3	3 «Б»	4	20
	б) заступишься за девочку;	2	3 «А»	8	40
		2	3 «Б»	9	45
		3	3 «А»	9	45
		3	3 «Б»	7	35
	в) посочувствуешь ей;	2	3 «А»	7	35
		2	3 «Б»	7	35
		3	3 «А»	8	40
		3	3 «Б»	9	45
	г) сделаешь вид, что тебя это не касается;	2	3 «А»	–	–
		2	3 «Б»	–	–
		3	3 «А»	1	5
		3	3 «Б»	1	5
	д) или ... .	2	3 «А»	–	–
		2	3 «Б»	–	–
		3	3 «А»	–	–
		3	3 «Б»	–	–

Окончание табл.

4. Ты случайно нагрубил однокласснику.	а) сделаешь все возможно чтобы одноклассник не обиделся;	2	3 «А»	5	25
		2	3 «Б»	4	20
		3	3 «А»	3	15
		3	3 «Б»	4	20
	б) извинишься и объяснишь ему, что не хотел этого;	2	3 «А»	7	35
		2	3 «Б»	9	45
		3	3 «А»	8	40
		3	3 «Б»	6	30
	в) постарайся, чтобы никто не заметил нанесенного тобой оскорбления, сделаешь вид, что не виноват;	2	3 «А»	8	40
		2	3 «Б»	7	35
		3	3 «А»	10	50
		3	3 «Б»	11	55
	г) свалишь вину на того, кто пострадал: пусть не лезет, сам виноват;	2	3 «А»	–	–
		2	3 «Б»	–	–
		3	3 «А»	–	–
		3	3 «Б»	–	–
д) или ...	2	3 «А»	–	–	
	2	3 «Б»	–	–	
	3	3 «А»	–	–	
	3	3 «Б»	–	–	

Об активном, положительном отношении свидетельствовал выбор ответа «а» в четырех ситуациях; об активном, недостаточно устойчивом – выбор ответа «б» в трех-четырех ситуациях; о пассивном, недостаточно устойчивом – выбор ответа «в» в трех-четырех случаях; о негативном, неустойчивом отношении к нормам и правилам нравственного поведения – выбор ответа «г» в трех-четырех случаях.

Полученные данные позволяют констатировать, что в *гимназии № 2* в 3 «А» классе 25% учащихся характерно активное, устойчиво положительное отношение к нормам и правилам нравственного поведения; 40% – активное, недостаточно устойчивое и 35% – пассивное, недостаточно устойчивое. С негативным, неустойчивым отношением к нормам и правилам нравственного поведения младшие школьники не выявлены. Подобная ситуация наблюдается и в 3 «Б» классе, где процент учащихся с активным, устойчиво положительным отношением равен 20%; с активным, недостаточно устойчивым – 45%; пассивным, недостаточно устойчивым отношением – 35.

Данные по *гимназии № 3* свидетельствуют о том, что у 15% учащихся 3 «А» класса отношение к нормам и правилам нравственного поведения характеризуется как активное, устойчиво положительное; у 45% – как активное, недостаточно устойчивое; у 40% – как пассивное, недостаточно устойчивое. Выявлен 1 младший школьник с негативным, неустойчивым отношением к нормам и правилам нравственного поведения. В 3 «Б» классе находится 20% учащихся с активным, устойчиво положительным отношением; 35% – с активным, недостаточно устойчивым; 45% – с пассивным, недостаточно устойчивым и 5% – с негативным, неустойчивым отношением к нормам и правилам нравственного поведения.

**Заключение.** Полученные данные говорят о том, что в среднем по классам лишь 20% учащихся характерно активное, устойчиво положительное отношение, 40% – активное, недостаточно устойчивое, 40% – пассивное, недостаточно устойчивое либо отрицательное, неустойчивое отношение к нормам и правилам нравственного поведения, что свидетельствует о необходимости развития у младших школьников ценностного отношения к ним.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рапацевич, Е.С. Современный словарь по педагогике / Е.С. Рапацевич. – Минск: «Современное слово», 2001. – 928 с.
2. Рахматуллина, Л.В. Воспитание нравственной устойчивости у младших школьников в ситуациях морального выбора: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01 / Л.В. Рахматуллина. – Казань, 2002. – 158 с.

#### REFERENCES

1. Rapatsevich E.S. Sovremennii slovar po pedagogike [Modern Pedagogical Dictionary], Mn., «Sovremennoye slovo», 2001, 928 p.
2. Rakhmatullina L.V. Vospitaniye npravstvennoi ustoychivosti u mladshikh shkolknikov v situatsiyakh moralnogo vybora: dis. ... kand. ped. nauk [Shaping of Primary Schoolchildren's Moral Stability in Situations of Moral Choice: PhD (Education) Dissertation], Kazan, 2002, 158 p.

Поступила в редакцию 26.04.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: gaspirovich@list.ru – Макрицкая О.А.

## Закономерности и условия этнопедагогической подготовки в вузе

А.П. Орлова

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

*Ставшая аксиомой приоритетность этнопедагогизации образования проецирует внимание государственных органов, общественности и ученых на этнопедагогической подготовке специалистов социальной сферы.*

*Цель статьи – путем этнопедагогического анализа теории и практики этнопедагогической подготовки раскрыть закономерности и условия реализации данного процесса.*

**Материал и методы.** *Материалом послужили этнопедагогические исследования, опыт этнопедагогической подготовки специалистов социальной сферы. В основу работы положен метод научного этнопедагогического исследования, в том числе сравнительно-сопоставительный анализ и синтез, сравнение и обобщение.*

**Результаты и их обсуждение.** *Этнопедагогический анализ диссертаций конца XX – начала XXI века подтверждает приоритетность проблемы этнопедагогической подготовки специалистов социальной сферы. Выявлены разные точки зрения ученых на закономерности и условия данной подготовки в вузе. Важнейшей закономерностью является преемственность народной и научной педагогики. Среди условий следует выделить преемственность довузовской и вузовской этнопедагогической подготовки; включение народной педагогики в содержательно-организационное обеспечение соответствующих дисциплин; создание учебно-методического обеспечения, формирующего интерес к народной педагогике и этнопедагогике; разработку технологического обеспечения, позволяющего реализовать этнопедагогические знания в практической деятельности.*

**Заключение.** *Результаты проведенного исследования позволили выделить наиболее значимые закономерности и условия этнопедагогической подготовки в вузе, обеспечивающие успешность данного процесса.*

**Ключевые слова:** *этнопедагогизация, этнопедагогическая подготовка, народная педагогика, закономерности и условия этнопедагогической подготовки.*

## Regularities and Conditions of Ethnopedagogical University Training

A.P. Orlova

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

*The axiom of the priority of ethnopedagogical character of education focuses attention on the part of state bodies, public and scholars on ethnopedagogical training of social sphere specialists.*

*The purpose of the work is to reveal the regularities and conditions of ethnopedagogical training by means of ethnopedagogical analysis of this process.*

**Material and methods.** *The material was ethnopedagogical studies, experience of ethnopedagogical training of social sphere specialists. The main research method was the method of scientific ethnopedagogical study, including comparative analysis and synthesis, comparison and generalization.*

**Findings and their discussion.** *On the basis of ethnopedagogical analysis of the late XX – early XXI centuries dissertations the priority of the issue of ethnopedagogical training of social sphere specialists is confirmed. Different points of view of scholars on regularities and conditions of university ethnopedagogical training are found out. The most important regularity is continuity of folk and scientific education. Among conditions we should single out continuity of preuniversity and university ethnopedagogical training; inclusion of folk education into the content and organization provision of these disciplines; creation of the academic and methodological provision, which shapes interest in folk education and ethnic education; development of technological provision, which makes it possible to implement ethnopedagogical knowledge in practice.*

**Conclusion.** *The research findings make it possible to identify most considerable regularities and conditions of university ethnopedagogical training, which provide success of the process.*

**Key words:** *ethnopedagogical character, ethnopedagogical training, folk education, regularities and conditions of ethnopedagogical training.*

Анализ диссертаций конца XX – начала XXI века [1] подтверждает актуальность и значимость исследования проблемы этнопедагогизации современного общества и приоритетность этнопедагогической подготовки специалистов социальной сферы. При этом выделяются работы, касающиеся совершенствования этнопедагогической подготовки студентов вуза (М.С. Нурмакова, 1997), формирования поликультурной компетентности студентов средствами народной педагогики (Ю.В. Ломакина, 2012); подготовки студентов вуза к изучению этнопедагогической среды (Г.В. Давлекамова, 1998); рассматривающие теорию и практику этнопедагогической подготовки работников системы дошкольного образования (Б.И. Беляева, 2000; Л.С. Берсенева, 2002; О.И. Давыдова, 2000; М.Б. Кожанова, 1999; Р.М. Мубаракшина, 2006; Р.М. Рамазанова, 2001) и школы (Т.В. Анисенкова, 2000; Л.С. Берсенева, 2002; А.В. Кайсарова, 2008; Л.И. Магомедова, 2008; А.П. Орлова, 1998; И.М. Хамитов, 2000; М.Г. Харитонов, 1999; В.Ю. Штыкарева, 2005; Е.В. Юдина, 2008). Отдельно отметим исследования, посвященные формированию этнопедагогической культуры учителя (Г.П. Вайгулт, 2004; Ю.М. Махмутов, 2009; Г.Ю. Нагорная, 1998; В.А. Николаев, 1998; О.И. Пономарева, 1999; С.Г. Тишулина, 2006). Имеются исследования, касающиеся этнопедагогической подготовки социальных работников (Д.Е. Иванов, 2000; Н.Л. Максимова, 2006) и социальных педагогов (Р.В. Комраков, 2005; Л.И. Магомедова, 2008). Большинство вышеназванных авторов считает, что этнопедагогическая подготовка специалистов социогуманитарной сферы будет успешнее при соблюдении определенных условий.

Цель статьи – путем этнопедагогического анализа теории и практики этнопедагогической подготовки раскрыть закономерности и условия реализации данного процесса.

**Материал и методы.** Материалом послужили этнопедагогические исследования, опыт этнопедагогической подготовки специалистов социальной сферы. В основу работы положен метод научного этнопедагогического исследования, в том числе сравнительно-сопоставительный анализ и синтез, сравнение и обобщение.

**Результаты и их обсуждение.** В конце XX века появился ряд диссертаций, касающихся этнопедагогической подготовки в вузе (Г.В. Давлекамова, 1998; М.С. Нурмакова, 1997; А.П. Орлова, 1998; М.Г. Харитонов, 1999). Исследования прямо или опосредованно рассматривали закономерности и условия, способствующие эффективности этноподготовки представителей социальной сферы (в том числе учителей, социальных работников). Так, например, диссертация М.С. Нурмаковой (1997) была посвящена совершенствованию этнопедагогической подготовки студентов творческого вуза. Проведенное исследование позволило автору обосновать и реализовать организационно-методические условия, способствующие функционированию модели этнопедагогической подготовки специалистов: осуществление «сквозного» подхода к решению проблемы, то есть направленность всех звеньев учебно-воспитательного процесса в вузе на достижение главной цели исследуемой проблемы; реализация программы поэтапной подготовки студентов в процессе изучения дисциплин специального и педагогического циклов, педагогической практики, научно-исследовательской работы, организации этнопедагогического кружка; более полное использование потенциальных возможностей всех социально-гуманитарных дисциплин, ориентированное на повышение уровня этнопедагогической подготовки студентов; выработка у студентов прочной установки на профессиональное самообразование, самовоспитание, самореализацию; дифференцированный подход к обучению студентов в соответствии с разным уровнем их подготовленности по исследуемой проблеме.

В связи с избранной нами темой исследования следует обратить внимание на исследование Г.В. Давлекамовой (1998), касающееся подготовки студентов вуза к изучению этнопедагогической среды в полинациональном регионе. Ученый пришел к выводу, что процесс подготовки студентов к изучению этнопедагогической среды протекает успешно при соблюдении ряда педагогических условий: диагностических (анализ и учет состояния компонентов готовности студентов к изучению этнопедагогической среды, индивидуальных особенностей этнопедагогической среды студента); содержательных (приобщение студентов педвуза к изучению этнических особенностей процесса воспитания у различных народов); процессуальных (создание системы индивидуально-творческих заданий, задач с использованием элементов народной педагогики и с учетом специфики региона, моделирующих процесс изучения этнопедагогической среды).

Анализ диссертационных работ по проблеме этнопедагогической подготовки позволяет выделить исследования, выполненные на уровне докторских диссертаций (Д.Е. Иванов, 2000; А.П. Орлова, 1998; М.Г. Харитонов, 1999). В диссертационном исследовании А.П. Орловой, посвященном взаимосвязи и взаимодействию народной и научной педагогики в системе профессиональной подготовки учителя, было подчеркнuto, что профессионализм учителя зависит от умения увидеть внутреннюю закономерность противоречивого единства народной и научной педагогики как единой педагогической системы. Определив в качестве объекта исследования преемственность народной и научной педагогики, предмета исследования – реализацию идей народной педагогики в профессиональной подготовке учителя, автор поставил цель исследования – с точки зрения педагогического профессионализма учителя оценить роль преемственности народной и научной педагогики в период 1917–1991 гг. В работе на основе концепции преемственности народной и научной педагогики были рассмотрены условия, которые служили факторами, активизирующими преемственность народной и научной педагогики.

Диссертация М.Г. Харитонова касалась теории и практики этнопедагогической подготовки учителя начальных классов национальной школы. К условиям, обеспечивающим эффективность этнопедагогической подготовки, ученый отнес: включение идей, традиций и опыта народной педагогики в содержание, формы и методы первичной профессиональной подготовки старших школьников, вузовской прикладной этнопедагогической подготовки студентов в процессе получения ими специальности и послевузовской переподготовки учителей; обеспечение этнопедагогической направленности преподавания учебных дисциплин с учетом эпистемического аспекта и аксиологически-ценностного подхода; формирование у будущих учителей устойчивой профессиональной направленности, установок к возрождению традиционной культуры воспитания, восстановлению этнических традиций, воспитание чувства долга, высокой ответственности за сохранение и творческое развитие народного опыта воспитания, традиционной педагогической культуры, понимание собственной роли, гордость за свою миссию; адекватность отражения в теории и практике этнопедагогической подготовки изменений в социально-экономической сфере общества, основных тенденций развития системы педагогического образования, цели содержания, характера педагогического процесса; обусловленность цели, методов и принципов этнопедагогической подготовки функционированием и развитием непрерывного педагогического образования, включающим систему подготовки и повышения квалификации учителей. Автор представил закономерности этнопедагогической подготовки: развитие этнопедагогической готовности учителя при реализации контекстного обучения; целенаправленное взаимодействие учителя и старшего школьника, преподавателя и студента, педагога и слушателя этнопедагогического курса; взаимосвязь и взаимообусловленность развития этнопедагогической компетентности, этнопедагогического мышления, этнопедагогической культуры; организованная самостоятельная этнопедагогическая деятельность будущего учителя; полнота овладения частными этнопедагогическими умениями при изучении всех дисциплин учебного плана в условиях этнопедагогической деятельности учащихся этнопедагогических классов, студентов педвузов и учителей (М.Г. Харитонов, 1999).

Защита докторской диссертации Д.Е. Иванова (2000) подтвердила значимость и актуальность осуществления этнопедагогической подготовки специалистов социальной сферы, а также важность выявления закономерностей и условий, определяющих данную профессиональную подготовку. Особый интерес вызывает тот факт, что ученый посвящает свое исследование теории и практике этнопедагогической подготовки социальных работников и ставит специальную задачу – экспериментально обосновать тенденции и условия эффективности разработанной системы этнопедагогической подготовки социальных работников. Он выделил ряд психолого-педагогических условий, способствующих повышению эффективности профессиональной подготовки на основе народной педагогики: формирование этнопедагогической культуры социального работника в контексте общекультурной и общепрофессиональной подготовки на основе личностно ориентированных педагогических технологий; построение процесса этнопедагогической подготовки на принципах дифференциации, индивидуализации и диалогичности взаимодействия преподавателей и студентов, учета субъект-субъектных отношений между ними; придание педагогическому процессу этнического, практико-ориентированного характера и творческой направленности, предусматривающих гибкость и вариативность этнопедагогических профессионально-образовательных программ, вооружение студентов первоначальным опытом профессиональной деятельности; единство реализации общекультурного, психолого-педагогического, специализированного и этнопедагогического компонентов в содержании профессиональной подготовки и развивающейся социально-педагогической деятельности. Процесс этнопедагогической подготовки социального работника, согласно проведенному исследованию ученого, подчинен определенным законам и закономерностям: развитие готовности к этнопедагогической деятельности происходит более интенсивно при реализации комплексного обучения; качество усвоения опыта этнопедагогической деятельности зависит от целенаправленного взаимодействия преподавателя и студента; в основе этнопедагогической подготовки лежит организованная самостоятельная учебно-этнопедагогическая деятельность; происходит взаимосвязь и взаимообусловленность развития этнопедагогической способности, этнопедагогической рефлексии, этнопедагогического мышления, этнопедагогической компетентности, этнопедагогического опыта и профессионализма; уровень обобщенных этнопедагогических умений зависит от полноты овладения частными этнопедагогическими умениями при изучении всех дисциплин учебного плана в условиях непрерывной этнопедагогической деятельности (Д.Е. Иванов, 2000).

В меняющемся поликультурном социуме возрастает интерес к профессиональной деятельности социальных работников, что актуализирует вопрос их этнопедагогической подготовки (см., напр., диссертацию Н.Л. Максимовой, 2006). Полученные результаты исследования позволили ученому констатировать, что развитие интереса к традиционной культуре воспитания у будущих социальных работников может быть успешным при соблюдении ряда условий: при насыщении гуманистическим содержанием жизнедеятельности студентов; ориентированности всех субъектов воспитания на интериоризацию студентами ценностей общества, общечеловеческой культуры и этнической общности; использовании в образовательной деятельности воспитательного потенциала этнопедагогической среды; учете специфики личностного развития студента; поощрении и стимулировании процесса нравственного самосовершенствования студентов; вовлечении их в активную общественную дея-

тельность; высоком уровне нравственной и профессиональной культуры педагога; усилении воспитательного потенциала внеаудиторной работы со студентами по формированию у них нравственной культуры.

Несомненный интерес в плане выявления закономерностей и условий этнопедагогической подготовки представляют собой диссертационные исследования Р.В. Комракова (2005) и Л.И. Магомедовой (2008), рассматривающие этнопедагогическую подготовку как условие успешной профессиональной деятельности социальных педагогов. Р.В. Комраков к основным условиям этнопедагогической подготовки социального педагога в вузе относит опору на личностный, деятельностный, культурологический и компетентностный подходы в процессе этнопедагогической подготовки; прикладную социально-педагогическую направленность изучения студентами этнопедагогике; использование в процессе профессионального обучения студентов модели этнопедагогической подготовки, включающей в себя целевой, содержательный, методический, технологический, результативный компоненты; опору на субъектный и семейный этнопедагогический, этнокультурный опыт студентов или актуализацию данного опыта; осознание студентами необходимости изучения этнопедагогике и использование ее в практической социально-педагогической деятельности; создание в процессе этнопедагогического обучения профессионально-учебных ситуаций, предполагающих применение этнопедагогических знаний и умений; стимулирование творческой, познавательной активности студентов, изучающих этнопедагогике; усвоение студентами этнопедагогических знаний и овладение ими способами получения и оперирования этими знаниями при решении конкретных задач; постановка в основу учебного процесса цели, основных идей и принципов этнопедагогике и системность изложения этнопедагогического материала; отбор этнопедагогического материала с учетом его воспитательных, развивающих и обучающих возможностей, цели и принципов этнопедагогике. Л.И. Магомедова, избрав целью исследования обоснование педагогических условий этнопедагогической подготовки социальных педагогов в педагогическом вузе, среди условий данной подготовки назвала обеспечение этнопедагогической направленности преподавания дисциплин в системе профессиональной подготовки социальных педагогов; включение в содержание профессиональной подготовки студентов учебных занятий, внеаудиторной работы, социально-педагогической и научно-исследовательской практики, конструированных на этнопедагогических ценностях; обеспечение творческого осмысления и практического применения этнокультурного опыта народного воспитания в профессиональной деятельности будущих социальных педагогов.

Диссертационные работы, проецирующие внимание на дидактических аспектах этнопедагогической подготовки, в обязательном порядке касаются условий реализации данного процесса. Например, В.Ю. Штыкарева (2005) посвящает свое исследование дидактическим основам этнопедагогической подготовки будущего учителя в образовательном пространстве вуза, раскрывает педагогические условия реализации дидактических основ этнопедагогической подготовки учителя начальных классов с учетом принципа «единства в многообразии». К ним она относит реализацию в целостном образовательном процессе педагогического вуза преемственности и единства федерального, национально-регионального (вузовского) этнопедагогического компонентов; построение образовательной среды в вузе на основе отбора и структурирования содержания этнопедагогических дисциплин всех циклов учебного плана по принципу «единства в многообразии»; создание в логике применения междисциплинарного подхода учебно-методического комплекса по этнопедагогике; использование в педагогическом процессе вуза активных методов и интерактивных форм обучения как средства предъявления, обработки информации и усвоения знаний по этнопедагогике; определение этнопедагогической компетентности, ценностного отношения к педагогическим знаниям по этнопедагогике, рефлексивной позиции будущего учителя в качестве критерия успешности подготовки будущего учителя начальных классов.

Исследование формирования этнопедагогической культуры будущих учителей в процессе профессиональной подготовки в вузе (Ю.М. Махмутов, 2009) подтверждает особое внимание ученых к определению условий и закономерностей этнопедагогической подготовки учителя. Как всегда, это четко просматривается в самой постановке гипотезы исследования. На этапе планирования исследования ученый исходит из того, что эффективность формирования этнопедагогической культуры будущего учителя будет обеспечена в рамках разработанной модели формирования этнопедагогической культуры будущего учителя при условии реализации комплекса педагогических условий: при разработке и реализации спецкурса «Этнопедагогическая культура учителя»; целостном погружении студентов в этнопедагогическую деятельность на основе взаимосвязи теории и практики при использовании активных методов и этноориентированных форм; формировании у студентов установки на саморазвитие этнопедагогической культуры путем стимулирования выхода в рефлексивную позицию и актуализации личностных достижений. Исследователь теоретически обосновывает и экспериментально проверяет данный комплекс педагогических условий, отличительными особенностями которого являются его направленность на расширение информационного поля этнопедагогических знаний студентов и актуализацию их потребности содержательно и творчески решать этнопедагогические задачи, что обеспечивает эффективную реализацию разработанной структурно-содержательной модели. Автор доказывает, что разработанная им модель формирования этнопедагогической культуры учителя будет успешно функционировать только при нали-

ции вышеназванных педагогических условий, являющихся, с одной стороны, относительно самостоятельными, с другой стороны, взаимосвязанными и взаимодополняющими. В работе представлены обоснованный комплекс педагогических условий эффективного формирования этнопедагогической культуры будущих учителей и методика их реализации.

Особо следует сказать о том, что авторы защищенных диссертационных работ по проблеме этнопедагогической подготовки в вузе постоянно находятся в научном поиске путей повышения успешности решения данной проблемы (см., напр., проектную деятельность А.П. Орловой). Последовательная работа по совершенствованию этнопедагогической подготовки помогла определить организационно-педагогические условия, способствующие этнопедагогической подготовке в поликультурной среде вуза: построение содержательно-информационного обеспечения профессиональной подготовки на основе потребностей регионального и международного рынка труда, с учетом поликультурности современного мира, социального заказа и требований стандарта, особенностей развития образовательной среды региона; учет конкретно-исторической педагогической ситуации общественного развития и возможностей социальной среды, национальных, региональных и исторических особенностей осуществления социально-культурной деятельности; разработка концепции формирования культурно-толерантной личности средствами народной педагогики; привлечение студентов к разнообразной этнопедагогической деятельности с применением инновационных технологий социально-культурной деятельности (культурнотворческая, проектная, этнокультурная, информационно-просветительная, коммуникативная), ориентированных на формирование коммуникативных навыков в поликультурной среде; проблемно-тематическое структурирование содержания учебно-воспитательного процесса современного вуза с акцентом на этнопедагогические ценности; включение в учебный план подготовки специалистов социальной и образовательной сфер соответствующих элективных курсов («Этнопедагогика», «Валеология: этнопедагогический аспект» и др.), а также обеспечение междисциплинарных связей данных курсов с предметами общекультурной и специальной подготовки специалистов; формирование этнопедагогической компетентности будущего специалиста в процессе социально-культурной деятельности в учебной и производственной практиках, подготовки курсовых и дипломных работ; оптимизация формирования этнопедагогической культуры будущего специалиста в поликультурной среде вуза путем разработки и реализации концепций, региональных и международных программ и проектов [2–4].

Следовательно, в поиске путей решения проблемы этнопедагогической подготовки ученые неоднозначны в выявлении закономерностей и условий, способствующих успешности решения данной проблемы. Тем не менее мы сочли возможным выделить ряд наиболее приоритетных, с нашей точки зрения, закономерностей и условий данного процесса. Детальное изучение диссертационных работ конца XX – начала XXI века, касающихся этнопедагогической подготовки, и авторский практический опыт в данном направлении позволяют выделить ряд закономерностей этнопедагогической подготовки в вузе: преемственность народной и научной педагогики; активизация этнопедагогической подготовки в результате осуществления целенаправленной научно-исследовательской работы в региональном вузе (предпочтительно в рамках проектной деятельности, имеющей государственную поддержку); опора на прогрессивные идеи и опыт народной педагогики в решении профессионально значимых целей и задач; наличие этнопедагогической школы (центра) как стимулирующего ядра (фактора) реализации данного процесса в вузе; фокусирование этнопедагогической деятельности вокруг конкретной личности ученого-этнопедагога или практика, заинтересованного в возрождении народной педагогики, обладающего этнопедагогическими знаниями и личностными качествами, согласуемыми с народной моралью; целенаправленная мотивированная совместная деятельность профессорско-преподавательского состава и студентов по овладению этнопедагогическими знаниями, умениями и навыками, ориентированными на будущую профессиональную деятельность; выстраивание индивидуальной траектории профессиональной подготовки будущего специалиста с учетом этнопедагогических традиций, разработанной региональной модели этнопедагогической подготовки, включающей социально-психологический, индивидуально-личностный, этнопедагогический блоки; авторское учебно-методическое обеспечение этнопедагогической подготовки, как правило, обеспечивающее многовариантную картину реализации народной педагогики в соответствии со спецификой будущей профессиональной деятельности; формирование этнопедагогической готовности на основе взаимосвязи и взаимодействия развития этнопедагогической компетентности, мышления, культуры; взаимосвязь и взаимообусловленность развития этнопедагогических способностей, этнопедагогической рефлексии, этнопедагогического мышления, этнопедагогической компетентности, этнопедагогического опыта и профессионализма.

Важнейшими условиями, обеспечивающими успешность этнопедагогической подготовки, являются этнопедагогизация; разработка концепции этнопедагогической подготовки; участие преподавателей и студентов в региональных и международных программах и проектах в контексте этнопедагогики; акцент на поликультурность, диалог и взаимодействие культур; преемственность довузовской и вузовской этнопедагогической подготовки; взаимосвязь и взаимодействие принципов народной и научной педагогики; активное участие преподавателей и студентов в возрождении народной педагогики; единство общекультурного, психолого-

педагогического, специализированного и этнопедагогического компонентов в реализации социально-педагогической деятельности; проблемно-тематическое структурирование содержания учебно-воспитательного процесса современного вуза с акцентом на этнопедагогические ценности; наличие авторских этнопедагогических профессионально-образовательных программ; обеспечение междисциплинарных связей элективных этнопедагогических курсов с предметами общегуманитарной и специальной подготовки специалистов; привлечение студентов к разнообразной этнопедагогической деятельности с применением инновационных технологий, ориентированных на формирование коммуникативных навыков в поликультурной среде; формирование этнопедагогической компетентности будущего специалиста в процессе социально-культурной деятельности в учебной и производственной практиках, подготовки курсовых, дипломных, магистерских работ.

**Заключение.** Результаты проведенного исследования позволили выделить наиболее значимые закономерности и условия этнопедагогической подготовки в вузе, обеспечивающие успешность данного процесса. Важнейшей закономерностью является преемственность народной и научной педагогики. Следует отметить ряд условий: преемственность довузовской и вузовской этнопедагогической подготовки; включение народной педагогики в содержательно-организационное обеспечение соответствующих дисциплин; создание учебно-методического обеспечения, формирующего интерес к народной педагогике и этнопедагогике; разработка технологического обеспечения, позволяющего реализовать этнопедагогические знания в практической деятельности.

*Исследование проводится в рамках ГПНИ «Экономика и гуманитарное развитие белорусского общества», подпрограмма 6, «Образование», № задания 6.4.01: «Этнокультура как детерминанта, определяющая успешность профессиональной подготовки будущих специалистов социальной сферы в поликультурном социуме: этнопедагогический аспект».*

### ЛИТЕРАТУРА

1. Электронная библиотека диссертаций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dissercat.com/>. – Дата доступа: 01.07.2017.
2. Профессиональное становление будущего специалиста в поликультурной среде вуза: реализация индивидуальной траектории / под общ. ред. В.В. Гриценко, А.П. Орловой. – Смоленск: «Универсум», 2011. – 220 с.
3. Орлова, А.П. Проблема формирования этнической толерантности и этнопедагогическая подготовка специалистов социальной и образовательной сфер / А.П. Орлова // Российский научный журнал. – 2013. – № 1(32). – С. 115–125.
4. Русский и белорусский фольклор как средство формирования этнической идентичности младших школьников: монография / под ред. В.В. Гриценко, А.П. Орловой. – Смоленск: Смоленский гуманитарный университет, 2016. – 362 с.

### REFERENCES

1. *Elektronnaya biblioteka dissertatsii* [E-Library of Dissertations], <http://www.dissercat.com>.
2. Griitsenko V.V., Orlova A.P. *Professionalnoye stanovleniye budushchego spetsialista v polikulturnoi srede vuza: realizatsiya individualvoi trayektorii* [Professional Maturation of a Would-Be Specialist in Policultural University Environment: Implementation of Individual Trajectory], Smolensk, izd-vo «Universum», 2011, 220 p.
3. Orlova A.P. *Rossiyski nauchni zhurnal* [Russian Scientific Journal], 2013, 1(32), pp. 115–125.
4. Griitsenko V.V., Orlova A.P. *Russki i belorusski folklor kak sredstvo formirovaniya etnicheskoi identichnosti mladshikh shkolnikov: monografiya* [Russian and Belarusian Folklore as a Means of Shaping Ethnic Identity of Primary Schoolchildren: Monograph], Smolensk, Smolenski gumanitarni univesitet, 2016, 362 p.

*Поступила в редакцию 07.07.2017*

**Адрес для корреспонденции:** e-mail: [annaor39@jandex.ru](mailto:annaor39@jandex.ru) – Орлова А.П.

## Доктрина метаметодики в свете развития классической дидактики

Е.Я. Аршанский

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

*Сегодня в Республике Беларусь наблюдается значительный подъем в развитии предметных методик. Он обусловлен потребностями в создании нормативной базы и учебно-методического обеспечения по учебным предметам, переводом старшей ступени общего среднего образования на профильное обучение, постоянно возрастающими требованиями к уровню подготовки учителя. При этом существует необходимость в обобщенном изложении ведущих направлений развития предметных методик обучения, их понятийно-терминологического аппарата, а также в выявлении их взаимосвязей и возможностей интеграции.*

*Цель статьи – обоснование доктрины метаметодики в свете развития классической дидактики, а также определение сущности и перспектив использования метаметодического подхода, предполагающего продуктивный диалог предметных методик.*

**Материал и методы.** Концептуальной основой исследования явились теоретический базис классической дидактики, философская концепция интеграции научного знания и теория педагогической интеграции. При этом использованы методы сравнительно-сопоставительного и системно-комплексного анализа научной литературы, а также логические методы исследования.

**Результаты и их обсуждение.** Раскрывается сущность метаметодического подхода, предполагающего продуктивный диалог предметных методик, в свете развития классической дидактики.

Метаметодический подход обуславливает использование единых правил организации деятельности при изучении всего круга учебных предметов, четкое распределение задач и функций учителя и учащихся. Применяемые единые «правила игры» легко усваиваются учащимися, и у учителя отпадает необходимость постоянных затрат времени на разъяснение условий выполнения очередных тренировочных заданий. Это обеспечивает более четкую организацию учебной работы, быстрое включение учащихся в активную деятельность и, соответственно, экономит столь дорогого сегодня учебного времени, высвобождает его для творчества, углубления и расширения знаний.

**Заключение.** Таким образом, развитие частных методик предметного обучения по пути их дифференциации с учетом специфики базовых наук одновременно обуславливает потребности в их интеграции. Метаметодический подход предполагает создание в обучении целостной развивающей среды, базирующейся на четком распределении функций каждого учебного предмета. Метаметодика обосновывает и практически реализует построение единой организационно-деятельностной стратегии развития учащихся при обучении различным учебным предметам.

**Ключевые слова:** дидактика, методика предметного обучения, метаметодика, интегративный подход в образовании, метаметодический подход.

## Metamethods Doctrine in the Development of Classical Didactics

E.Ya. Arshanski

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

*A considerable rise in the development of teaching methods is observed in Belarus nowadays. It is due to the needs in the normative base and academic methodological provision of academic subjects, setting up high school with advanced teaching of subjects, constantly increasing requirements to teacher training. There is also a need in generalized presentation of leading development directions of some subject methods, their concept and terminology apparatus as well as revealing their interconnections and integration possibilities.*

*The purpose of the article is to substantiate the doctrine of metamethods in the development of classical didactics as well as to identify the essence and prospects of using the metamethodological approach which presupposes a proper dialogue of subject methods.*

**Material and methods.** The concept foundation of the research is theoretical bases of classical didactics, the philosophical concept of integration of the scientific knowledge and the theory of pedagogical integration. The methods of comparative and system and complex analysis of scientific literature are used as well as logical research methods.

**Findings and their discussion.** *The essence of the metamethodological approach, which means a proper dialogue of academic subject methods in the development of classical didactics, is revealed.*

*The metamethodological approach provides the use of unified rules of activity on learning the whole amount of academic subjects, a clear distribution of tasks and functions of the teacher and the students. The unified «game rules» are easily mastered by the students while the teacher does not have to constantly waste time to explain the further practice tasks. This provides clearer organization of academic work, fast involvement of students into activities and, correspondingly, saving precious academic time, which can be spent for creativity, for widening the knowledge.*

**Conclusion.** *Thus, development of individual subject methods, with their differentiating and considering the specificity of base sciences, simultaneously requires their integration. The metamethodological approach means creation of a unified development environment in teaching, which is based on clear distribution of functions of each academic subject. Metamethods explain and practically implement the building of a unified organization and activity strategy of student development in teaching different academic subjects.*

**Key words:** *didactics, methods of subject teaching, metamethods, integration approach in education, metamethodological approach.*

Современный этап развития образования предполагает наличие единства стратегических целей и преемственности всех его ступеней. В век компьютеризации и развития новых экономических отношений обращение к проблемам дидактики и методики предметного обучения может показаться мало актуальным. Однако именно качество образования по каждому учебному предмету создает базу для дальнейшей подготовки специалистов. Поэтому проблемы дидактики и предметных методик в настоящее время не только сохраняют свою актуальность, но и требуют дальнейшего развития.

Дидактика представляет собой важнейшую отрасль научно-педагогического знания, которая изучает общий круг проблем образования и обучения. Научно-теоретическая функция дидактики состоит в том, что она раскрывает существенные характеристики структурных и содержательных элементов процесса обучения. Нормативно-прикладная функция дидактики заключается в том, что она позволяет установить соответствие между содержанием образования и его целями, определяет принципы обучения, формы и методы его организации, создает новые образовательные технологии и др. Предметные методики используют достижения дидактики в процессе обучения конкретному учебному предмету с учетом специфики его содержания. Такова классическая схема соподчинения дидактики и методик предметного обучения.

Сегодня в Республике Беларусь наблюдается значительный подъем в развитии предметных методик. Он обусловлен потребностями в создании нормативной базы и учебно-методического обеспечения по учебным предметам, переводом старшей ступени общего среднего образования на профильное обучение, постоянно возрастающими требованиями к уровню подготовки учителя. Результаты новейших исследований по предметным методикам и материалы из опыта работы передовых учителей систематически публикуются в предметных научно-методических журналах. При этом существует необходимость в обобщенном изложении ведущих направлений развития предметных методик обучения, их понятийно-терминологического аппарата, а также в выявлении их взаимосвязей и возможностей интеграции. В настоящее время в рамках интегративного подхода выделился так называемый метаметодический подход. Использование этого подхода при разработке разделов частных методик позволит, сохраняя предметную специфику, раскрыть возможности их интеграции [1].

Цель статьи – обоснование доктрины метаметодики в свете развития классической дидактики, а также определение сущности и перспектив использования метаметодического подхода, предполагающего продуктивный диалог предметных методик.

**Материал и методы.** Концептуальной основой исследования явились теоретический базис классической дидактики (М.Н. Скаткин, И.Я. Лернер, Ю.К. Бабанский), философская концепция интеграции научного знания (Б.М. Кедров, М.Г. Чепиков) и теория педагогической интеграции (М.Н. Берулава, В.С. Безрукова, Н.К. Чапаев). При этом использованы методы сравнительно-сопоставительного и системно-комплексного анализа научной литературы, а также логические методы исследования.

**Результаты и их обсуждение.** Идея разработки оснований интеграции предметных методик обучения не является абсолютно новой. Еще в 1988 году В.А. Извозчиков писал о необходимости выделения «научно-методических инвариантных принципов, объединяемых в своего рода *метаметодику* – методическую науку, независимую от частных методик, а объединяющую их» [2, с. 25]. Согласно представлениям ученого, «интеграция метаметодики, частной методики и передового опыта учителей в систему, в которой соотносится общее (метаметодика) – особенное (частная методика или конкретно-предметная методика) – единичное (теория, преломленная в единичном опыте конкретного учителя), является объективным результатом рефлексии над методикой на базе методологического подхода. ... Метаметодика совместно с дидактикой и методологией формирует общенаучно-методические методологические принципы, общие для всех частных методик методы исследования и обучения, процедуры и формы» [2, с. 48].

С 2001 года разработкой теоретических основ метаметодического подхода занимается коллектив ученых РПГУ имени А.И. Герцена, созданный И.М. Титовой (М.П. Воюшина, Г.И. Ионин, Н.С. Подходова, Е.П. Суворова). Следует отметить, что этот коллектив обосновал несколько иную, по сравнению с предложенной В.А. Извоиловым, трактовку сущности метаметодики. В частности, *метаметодика не может быть независимой от частных методик*. Напротив, поскольку ее назначение состоит в выработке разносторонних оснований широкой межпредметной интеграции в общем образовании, главная ее задача – обеспечение *интеграции в условиях сохраняющейся дифференциации целей, содержания и организации процесса обучения*. Главный смысл метаметодического подхода состоит в полноценной *реализации развивающего потенциала каждого учебного предмета*. Метаметодический подход предполагает создание в обучении целостной развивающей среды, базирующейся на четком распределении функций каждого учебного предмета в процессе развития личности учащегося [3; 4].

В качестве исходной методологической основы построения метаметодики была выбрана концепция культуротворческой школы, разработанная А.П. Валицкой. Одной из главных идей этой концепции является понимание ребенка как носителя особого культурного мира, в соответствии с законами которого следует строить учебный диалог, создавая целостный культурный мир школы [5].

Идеи культуротворческой школы определили философию метаметодики. С одной стороны, метаметодический подход призван создать условия для ориентации ребенка в окружающем мире (на деятельностном уровне), а с другой стороны, способствовать развитию ребенка и его самопознанию. Такая бифункциональность процесса обучения обусловила два основных направления разработки метаметодики: *предметно-педагогическое и психологическое*. Предметно-педагогическое направление решает проблему формирования у учащихся целостной картины мира через изучение различных учебных предметов при условии согласования и интеграционного взаимодействия предметных методик. При этом на разных этапах развития ребенка происходит формирование соответствующих компетенций. Психологическое направление связано с осознанием ребенком своего места в этом мире средствами учебных предметов, самопознание, самоутверждение. Все это способствует развитию интеллекта, исследовательских умений, творческих способностей учащихся.

Одна из ведущих задач современного образования – создание условий для формирования у учащихся целостных знаний об окружающем мире и ценностно-ориентированного субъектного опыта приобретения знаний и постоянного их дальнейшего развития в процессе самообразования и самовоспитания.

Задача формирования целостных знаний об окружающем мире общепризнана, но очень трудно поддается решению на практике. Важным препятствием к ее разрешению является дезинтегрированность используемых в образовательном процессе предметных методик обучения. В результате в различных учебных предметах одни и те же понятия трактуются по-разному, причем необходимость и целесообразность разных подходов к трактовке понятий никак не обосновывается. Аналогичная картина наблюдается и в практике формирования ключевых компетенций, составляющих основу любой познавательной деятельности и личностного субъектного опыта учащегося. Даже рассмотрение вклада выдающихся ученых в становление той или иной науки происходит без какого-либо межпредметного согласования.

Таким образом, получается, что одного и того же учащегося нередко одним и тем же либо близким вещам каждый учитель-предметник учит по-разному, далеко не всегда учитывая, что уже знает и умеет ученик. В результате ученик оказывается в роли единственного и самостоятельного синтезатора множества формируемых у него знаний и умений.

Очевидно, этот подход требует серьезных перемен. Причем установление системных межпредметных связей, реализующих принцип интеграции содержания обучения, должно быть отдано не на откуп учителю, а изначально заложено в содержание обучения в каждой из предметных методик.

Метаметодический подход предполагает поиск условий и средств создания в обучении целостной развивающей среды, основывающейся на четком распределении функций и вклада каждого учебного предмета в целостный процесс развития личности учащегося.

Результатом реализации метаметодического подхода является обособление *метаметодики – относительно самостоятельной области педагогического знания, конкретизирующей основания и средства разноаспектной и разноуровневой межпредметной интеграции школьного обучения, осуществляемой с целью создания целостной развивающей образовательной среды* [3; 4]. Еще раз подчеркнем: *задача метаметодики – выявление оснований широкой межпредметной интеграции при сохранении в целостном образовательном процессе специфики вклада каждого учебного предмета в целостный процесс развития учащегося*.

Для выявления места метаметодики в системе педагогических наук целесообразно проанализировать сам термин «метаметодика».

Если буквально перевести слово «метаметодика», то оно означает «после методики». Аналогично «Метафизика» Аристотеля была названа александрийским библиотекарем Андроником Родосским, потому что трактат «о первых родах сущего» располагался «после» «Физики». Однако речь идет не только о порядковом соот-

ношении. Компонент «мета» (от греч. meta – за, после, через) означает выход за пределы чего-либо, например, за пределы физики (в античном ее понимании) и, соответственно, за пределы частной методики в данном случае. Таким образом, употребляемый термин, включающий в себя компонент «мета», предполагает преодоление межметодических перегородок, благодаря чему достигается некое превращение, перемена состояния. С другой стороны, компонент «мета» обозначает системную логическую взаимосвязь метаметодики с теми дисциплинами, «после» которых она располагается, т.е. «после» дидактики и частных методик.

До сих пор общепринятой является хорошо знакомая иерархия педагогических наук: педагогика (в части дидактики) – частные (предметные) методики. Опыт развития предметных методик и попытки построения интегративных курсов свидетельствуют о необходимости дополнения этой системы. В результате она приобретает следующий вид: *педагогика (в части дидактики) – частные (предметные) методики – метаметодика*. Предложенное триединство придает всей системе законченность и равновесие, учитывая при этом практические потребности образовательного процесса и перспективы педагогического поиска.

Исторически обособление частных методик предметного обучения как самостоятельных отраслей педагогической науки явилось результатом осознания педагогами необходимости полноценного использования содержательной специфики конкретного учебного предмета в образовательном процессе.

Поскольку истоки подобной *дифференциации предметных методик* находятся еще в трудах и практике Я.А. Коменского, то вполне очевидно, что за прошедшие столетия эти постоянно совершенствующиеся дисциплины успели превратиться в сложные, разветвленные системы знаний о целях, содержании и методах обучения, воспитания и развития учащегося посредством конкретных учебных предметов.

Предметная система обучения, как и разнообразные предметные методики, многие годы развивалась по пути дифференциации, с четкой ориентацией на специфику объектов, логику и методологию научного познания, понятийно-терминологический аппарат базовых наук.

В последние 20 лет предметные методики все основательнее стали обращаться к уровневой методологии, научному обоснованию своего теоретического и эмпирического опыта. Наиболее активно методологический аспект развивался в методиках естественнонаучного цикла дисциплин. С начала 80-х годов прошлого века в методике предметного обучения активно входит *системный подход* (Н.М. Верзилин, В.А. Извозчиков, Н.Е. Кузнецова, А.А. Макареня, Г.М. Чернобельская и др.). С позиций этого подхода усилилось внимание к разработке теоретических основ предметных методик и теоретическому обоснованию практических рекомендаций по обучению предмету. В предметную методику было введено понятие «методическая система».

Предметные методики в результате их дифференциации стали отражать специфику базовых наук, что придавало им сходство с наукой, и одновременно базироваться на положениях и принципах дидактики, на психологических закономерностях возрастного и индивидуального развития ребенка, на психологии обучения, что вносило существенные отличия учебного и научного познания. В процессе дифференцированного развития обогащался теоретический аппарат частных методик. В нем четко обозначились предмет, принципы и закономерности предметного обучения, проблемы и методы исследований, своеобразие их результатов, что позволило им стать самостоятельными педагогическими науками.

К настоящему времени методистами разных специальностей выполнены сотни исследований, позволяющих достигать существенного развивающего воздействия на личность учащегося в обучении конкретному учебному предмету. Однако проведенные исследования нередко основывались на различных психолого-педагогических теориях, лишь незначительная их часть опиралась на многоуровневую методологию, обеспечивавшую комплексное отражение реалий учебно-воспитательного процесса. Кроме того, исследование в области конкретной методики предметного обучения всегда направлено на получение позитивного результата в процессе обучения конкретному предмету. Конечно, во многих частно-методических исследованиях подчеркивается возможность распространения полученных результатов и на иные образовательные области, но реально этим практически никто не занимается.

Все это привело к очень слабому взаимодействию предметных методик и образованию большого разрыва между теорией и практикой предметного обучения. До сих пор эффективному внедрению результатов конкретных методических исследований в огромной степени препятствуют их разобщенность, отсутствие согласованности и достаточно глубокого взаимного учета специфики образовательного и развивающего воздействия на учащегося конкретных учебных предметов и их методик [4].

Вместе с тем педагогическая наука и практика, в том числе и предметные методики, накопили определенный опыт в области *интеграции образования*.

*Интеграция* предполагает объединение в целостное единство разных научных, а следовательно, и образовательных областей и их образовательных процессов. Это единство обеспечивается общими идеями, целями и принципами образования, а также определенными механизмами интеграции, одним из которых является установление межпредметных связей. Но интеграция еще не обеспечивает достижения запланированных результатов. Для этого важен *синтез знаний и действий как следующий этап интеграции*, который переводит

их на уровень нового качества, создавая основу для образования новых интегративных областей знаний, в том числе и метаметодики [6].

Н.Е. Кузнецова подчеркивает, что наиболее оптимальные способы интеграции для создания метаметодики и синтеза методических знаний должны осуществляться через: а) общие проблемы методик; б) общие компоненты процесса обучения; в) общие закономерности процесса обучения; г) общие понятия методик; г) общие виды учебной и научной деятельности. При этом автор предлагает значительно расширить определение самой метаметодики. По ее мнению, «метаметодика – это не только диалог предметных методик, но и синтез результатов их интеграции и оформления ее как общей теории предметных методик» [6, с. 36].

Метаметодические принципы содержательной интеграции учебных предметов обоснованы в работах Н.С. Подходовой [7] и И.М. Титовой [4]. К таким принципам относятся:

- *принцип целостности* – определяет видение всего образовательного процесса в единстве содержания учебных предметов, усвоение которых ведет к формированию целостной картины мира (через соотнесенность целей изучения и содержания учебных предметов; интеграцию способов усвоения и переработки информации при изучении разных предметов; целостный подход к формированию умственных действий, представлений и понятий);
- *принцип гуманистической направленности* – обуславливает стратегию отбора учебного содержания с учетом возрастных особенностей учащихся, приоритет субъектно-субъектных отношений, отношение к ученику не только как к участнику, но как к преобразователю процесса обучения;
- *принцип ценностной ориентированности знания* – регулирует отбор содержания и ценностную интерпретацию всего учебного материала по изучаемым предметам;
- *принцип открытости и саморазвития* – требует постоянного обновления информации, применения инновационных методик, в первую очередь реализующих организационно-деятельностные возможности межпредметной интеграции; постоянной связи школы с центрами науки и культуры; регулирует процесс развития образовательных и творческих потребностей учащихся.

Основными причинами трудностей реализации метаметодического подхода в содержании учебных предметов являются разобщенность понятийного аппарата и различия в подходах к формированию понятий в разных учебных предметах. Это связано с тем, что некоторые понятия, которые изучаются в разных учебных предметах, имеют один и тот же термин и являются для этих предметов ведущими. Такие понятия можно считать междисциплинарными (межпредметными).

Большой вклад в создание метаметодического тезауруса внесен Н.С. Подходовой и ее учениками [7]. В частности, предложено разделить все междисциплинарные понятия на два больших класса: общие понятия и понятия-омонимы. При этом для части омонимов можно найти общее, родовое, объединяющее их понятие. Например, понятие *функции* в естественнонаучных и гуманитарных учебных предметах. Общим для них будет понятие «зависимость». Следовательно, изучение этих понятий изначально можно свести к рассмотрению общего (родового) понятия и формированию хотя бы обобщенного представления о нем. В рамках метаметодического подхода эти общие понятия относят к *метапонятиям*. Однако часть понятий-омонимов не имеют общего (родового) понятия. Такие понятия обозначили как понятия, объединенные только «*метатермином*». Их формирование требует совершенно иного подхода. Итак, в рамках метаметодического подхода выделяются три группы понятий:

1. *Метапонятия* (их называют общими) обозначаются одним и тем же термином, имеют одно и то же значение в различных учебных предметах, но каждый конкретный учебный предмет вкладывает в эти понятия тот смысл, который «работает» непосредственно в этом предмете. В результате в разных учебных предметах без целостного рассмотрения изучаются только отдельные свойства или составляющие метапонятий (иногда их называют метаобъектами). К метапонятиям относятся природа, Земля, среда (окружающая), культура и др.

2. *Понятия, сводимые к метапонятиям*. Эти понятия обозначаются одним и тем же термином, обладают общим существенным свойством (общий род), но имеют разные видовые отличия, а значит, и разный смысл (например, формула в математике и формула в химии, композиция в литературе и композиция в живописи).

3. *Понятия, объединенные только «метатермином»*. Сюда относятся понятия, которые обозначены одним и тем же термином, но имеют разные смыслы и значения в разных учебных предметах (например, язык как орган, и язык как средство общения).

К средствам осуществления организационно-деятельностной интеграции по разным учебным предметам относятся мини-тренажеры, мини-игры, предметные диктанты, схемы-конспекты и др. Особенность таких средств заключается в том, что на разном предметном материале используется единая технология организации учебно-познавательной деятельности учащихся. Кроме этого создаются возможности для продуктивного диалога учителя и учащихся. Например, к типичным «творческим» заданиям по разным предметам относятся традиционные рефераты, подготовка которых нередко сводится к переписыванию готовых текстов учебников, энциклопедий, научно-популярной литературы. На смену подобной работе может прийти создание схем-конспектов, составляя

которые ученик перерабатывает и осмысливает прочитанную информацию, пытается обзорно и наглядно представить изученный материал. Такая работа выводит учащегося на *новый продуктивный уровень*.

Как правило, организация и управление активной познавательной деятельностью учащихся требует больших затрат времени на уроках. Нередко учитель отказывается от нее, поскольку проще и быстрее воспользоваться традиционными приемами. Именно нехватка учебного времени стала одной из важнейших причин слабой реализации на практике замечательных идей активизации деятельности учащихся. Однако практика убедительно доказывает: если учителя-предметники объединяются с целью согласованного и преемственного обучения учащихся единым приемам учебной работы, то экономия времени оказывается достаточной для существенного повышения активности учащихся на уроке. Одновременно создаются условия для усиления внутренней мотивации учения, для положительного роста самооценки учащихся, а также для создания эмоционально комфортной среды обучения.

**Заключение.** Метаметодический подход предполагает использование *единых правил организации деятельности при изучении всего круга учебных предметов*, четкое распределение задач и функций учителя и учащихся. Применяемые единые «правила игры» легко усваиваются учащимися, и у учителя отпадает необходимость постоянных затрат времени на разъяснение условий выполнения очередных тренировочных заданий. Это обеспечивает более четкую организацию учебной работы, быстрое включение учащихся в активную деятельность и, соответственно, экономию столь дорогого сегодня учебного времени, высвобождение его для творчества, углубления и расширения знаний.

Таким образом, развитие частных методик предметного обучения по пути их дифференциации с учетом специфики базовых наук одновременно обуславливает потребности в их интеграции. Метаметодический подход предполагает создание в обучении целостной развивающей среды, базирующейся на четком распределении функций каждого учебного предмета. Метаметодика обосновывает и практически реализует построение единой организационно-деятельностной стратегии развития учащихся при обучении различным учебным предметам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аршанский, Е.Я. Метаметодический подход: потребности, возможности и перспективы интеграции предметных методик / Е.Я. Аршанский // *Хімія: проблеми викладання*. – 2009. – № 11. – С. 14–23.
2. Извозчиков, В.А. Современные проблемы методики преподавания (Методика как теория конкретно-предметной педагогики) / В.А. Извозчиков. – Л.: ЛГПИ им. А.И. Герцена, 1988. – 88 с.
3. Титова, И.М. Метаметодический подход к модернизации обучения в общеобразовательной школе / И.М. Титова // *Академические чтения*. – СПб.: РГПУ имени А.И. Герцена, 2002. – Вып. 3: Теория и практика модернизации отечественного образования. – С. 89–94.
4. Титова, И.М. Разработка организационно-деятельностной составляющей метаметодической модели школы / И.М. Титова // *Гуманизация образовательной среды изменяющейся школы (средствами интеграции предметных методик обучения)*. – СПб.: РГПУ имени А.И. Герцена, 2005. – С. 8–24.
5. Валицкая, А.П. Стратегия развития образования в России / А.П. Валицкая. – СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 1998. – 127 с.
6. Кузнецова, Н.Е. Интегративный подход как методология построения метаметодики / Н.Е. Кузнецова // *Метаметодика: продуктивный диалог предметных методик обучения: сб. науч. трудов по непрерывному образованию*. – СПб.: РГПУ имени А.И. Герцена, 2004. – Вып. 4. – С. 28–40.
7. Подходова, Н.С. Формирование понятийного аппарата содержания общего образования на основе метаметодического подхода / Н.С. Подходова // *Гуманизация образовательной среды изменяющейся школы (средствами интеграции предметных методик обучения)*. – СПб.: РГПУ имени А.И. Герцена, 2005. – С. 25–40.

## REFERENCES

1. Arshanski E.Ya. *Khimiya: problemi vykladannia* [Chemistry: Issues of Teaching], 2009, 11, pp. 14–23.
2. Izvozchikov V.A. *Sovremennyye problemi metodiki prepodavaniya (Metodika kak teoriya konkretno-predmetnoi pedagogiki)* [Contemporary Issues of Teaching Methods (Methods as Theory of a Definite Subject Education Science)], L., LGPI im. A.I. Gertsena, 1988, 88 p.
3. Titova I.M. *Akademicheskiye chteniya, Vyp. 3, Teoriya i praktika modernizatsii otechestvennogo obrazovaniya* [Academic Readings, Iss. 3, Theory and Practice of National Education Modernization], SPb., RGPU imeni A.I. Gertsena, 2002, pp. 89–94.
4. Titova I.M. *Gumanizatsiya obrazovatelnoi sredi izmeniyushcheisia shkoli (sredstvami integratsii predmetnykh metodik obucheniya)* [Humanization of the Academic Environment of the Changing School (by Means of Integration of Subject Teaching Methods)], SPb., RGPU imeni A.I. Gertsena, 2005, pp. 8–24.
5. Valitskaya A.P. *Strategiya razvitiya obrazovaniya v Rossii* [Strategy of the Development of Education in Russia], SPb., RGPU imeni A.I. Gertsena, 1998, 127 p.
6. Kuznetsova N.E. *Metametodika: produktivni dialog predmetnykh metodik obucheniya: sb. nauch. trudov po nepreryvnomu obrazovaniyu* [Metamethods: Proper Dialogue of Subject Teaching Methods: Collection of Works on Continuous Education], 4, SPb., RGPU imeni A.I. Gertsena, 2004, pp. 28–40.
7. Podkhodova N.S. *Gumanizatsiya obrazovatelnoi sredi izmeniyushcheisia shkoli (sredstvami integratsii predmetnykh metodik obucheniya)* [Humanization of the Academic Environment of the Changing School (by Means of Integration of Subject Teaching Methods)], SPb., RGPU imeni A.I. Gertsena, 2005, pp. 25–40.

Поступила в редакцию 20.08.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: khim@vsu.by – Аршанский Е.Я.