



ISSN 2074-8566

# ВЕСНІК

ВІЦЕБСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА  
ЎНІВЕРСІТЭТА

2019 3 (104)

# **ВЕСНІК**

## **ВІЦЕБСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА ЎНІВЕРСІТЭТА**

**НАВУКОВА-ПРАКТЫЧНЫ ЧАСОПІС**

Выдаецца з верасня 1996 года  
Выходзіць чатыры разы ў год

**2019**  
№ 3(104)

**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, І.У. Волкава, А.М. Фенчанка**

*Часопіс «Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта» ўключаны ў Пералік  
навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў  
дысертацыйных даследаванняў па біялагічных, педагогічных,  
фізіка-матэматычных навуках, а таксама цытуецца і рэфэрыруецца  
ў рэфэратыўных 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 12.09.2019. Фармат 60×84 1/8. Папера друкарская.  
Ум. друк. арк. 18,86. Ул.-выд. арк. 15,06. Тыраж 180 экз. Заказ 97.

# ЗМЕСТ

## МАТЭМАТЫКА

<b>Ломовцев Ф.Е., Лысенко В.В.</b> Нехарактеристическая смешанная задача для одномерного волнового уравнения в первой четверти плоскости при нестационарных граничных вторых производных .....	5
<b>Ситник С.М., Скоромник О.В., Шлапаков С.А.</b> Многомерное общее интегральное преобразование со специальными функциями в ядре .....	18
<b>Ермоченко С.А.</b> Концепция применения MapReduce в иерархической агломеративной кластеризации .....	28
<b>Воробьев Н.Т., Войткевич А.С.</b> О произведении множества Фишера конечной группы и класса Фишера .....	38
<b>Ермоченко С.А., Новый В.В.</b> Компьютерное моделирование реконструированного среднего уха с помощью распределенных вычислений .....	42

## БІЯЛОГІЯ

<b>Голубев Д.С., Карелин Д.Ф., Степанова Л.Л.</b> Применение современных инновационных технологий в процессе изучения дисциплины «Гистология с основами эмбриологии» в учреждении образования «Витебская ордена “Знак Почета” государственная академия ветеринарной медицины» .....	54
<b>Жоров Д.Г., Буга С.В.</b> Изменчивость большой цикориевой тли ( <i>Uroleucon cichorii</i> (Koch, 1855); Sternorrhyncha: Aphidoidea) в условиях разных агроклиматических зон Беларуси .....	60
<b>Кацнельсон Е.И., Цапко Г.В., Полозова Н.Ю., Шамулина Т.В., Балаева-Тихомирова О.М.</b> Комплексная характеристика состава природных водоемов и почв прибрежных районов как среды обитания пресноводных легочных моллюсков .....	71
<b>Колмаков П.Ю., Антонова Е.В.</b> Консортивные связи в фитоценоотическом круговороте веществ .....	79
<b>Морозова И.М., Морозов И.М., Степуленок В.В.</b> Эколого-биологические особенности Первоцвета высокого при интродукции и реинтродукции .....	87
<b>Парамонов Н.М.</b> К познанию фауны типулоидных двукрылых (Diptera, Tipuloidea) Березинского биосферного заповедника (Республика Беларусь) .....	93

## ПЕДАГОГІКА

<b>Ракова Н.А., Турковский В.И.</b> Ценностные ориентации студенческой молодежи в условиях культурного многообразия Республики Беларусь .....	99
<b>Турковская Е.В.</b> Возможности личностно-ориентированного подхода в формировании иноязычной коммуникативной компетенции учащихся .....	106
<b>Чубаро С.В., Строчко О.Д., Галкин А.Н., Красовская И.А.</b> Роль и место геологических коллекций в организации факультативных занятий по учебному предмету «Химия» в учреждениях общего среднего образования Республики Беларусь .....	112
<b>Щепеткова Н.В.</b> Вероятные сценарии развития системы непрерывного педагогического образования «колледж–университет» в Республике Беларусь в среднесрочной перспективе .....	120
<b>Грынько С.Д.</b> Падрыхтоўка педагогаў-лагапедаў у адзінай адукацыйнай прасторы ўніверсітэта і музея .....	127
<b>Орлова А.П., Тетерина В.В.</b> Трудовое воспитание школьников в контексте теоретических разработок проблемы 70–80-х гг. XX в. ....	138
<b>Любченко О.А.</b> Информационная компетентность студентов технического университета как объект научного исследования .....	147
<b>Каныгина А.В., Новицкий П.И.</b> Физкультурно-оздоровительные занятия фитнес-джампингом с женщинами среднего возраста .....	154

# CONTENTS

## MATHEMATICS

<b>Lomovtsev F.E., Lysenko V.V.</b> Non-Characteristic Mixed Problem for a One-Dimensional Wave Equation in the First Quarter of the Plane with Non-Stationary Boundary Second Derivatives .....	5
<b>Sitnik S.M., Skoromnik O.V., Shlapakov C.A.</b> Multidimensional General Integral Transformation with Special Functions in the Kernel .....	18
<b>Yermochenko S.A.</b> Concept of Using MapReduce in Hierarchical Agglomerative Clustering ...	28
<b>Vorobyev N.T., Voitkevich A.S.</b> About the Product of Fisher Set of the Finite Group and Fisher Class .....	38
<b>Yermochenko S.A., Novyi V.V.</b> Computer Modeling of Reconstructed Middle Ear Using Distributed Computing .....	42

## BIOLOGY

<b>Holubev D.S., Karelin D.F., Stepanova L.L.</b> Application of Modern Innovative Technologies in Teaching the Discipline of Histology with the Bases of Embryology at the Educational Establishment «Vitebsk State Order of Badge of Honor Academy of Veterinary Medicine»	54
<b>Zhorov D.G., Buga S.V.</b> Variability of Large Chicory Aphid ( <i>Uroleucon Cichorii</i> (Koch, 1855); Sternorrhyncha: Aphidoidea) in the Conditions of Different Agro-Climatic Zones of Belarus .....	60
<b>Katsnelson E.I., Tsapko G.V., Polozova N.Yu., Shamulina T.V., Balaeva-Tikhomiova O.M.</b> Complex Characteristics of the Composition of Natural Water Bodies and Soils of Coastal Areas as the Habitat of Freshwater Lung Mollusks .....	71
<b>Kolmakov P.Yu., Antonova E.V.</b> Consort Links in Phytocenosis Circle of Substances .....	79
<b>Morozova I.M., Morozov I.M., Stepulenok V.V.</b> Ecological and Biological Features of <i>Primula elatior</i> during the Introduction and Reintroduction .....	87
<b>Paramonov N.M.</b> To the Understanding of the Fauna of the Crane Flies (Diptera, Tipuloidea) of Berezinsky Biosphere Reserve (Republic of Belarus) .....	93

## PEDAGOGY

<b>Rakova N.A., Turkovski V.I.</b> Students' Value Landmarks in the Conditions of Cultural Diversity in the Republic of Belarus .....	99
<b>Turkovskaya E.V.</b> Possibilities of the Personality Oriented Approach in Shaping Foreign Language Communicative Competence of Students .....	106
<b>Chubarov S.V., Strochko O.D., Galkin A.N., Krasovskaya I.A.</b> Role and Place of Geological Collections in the Organization of Elective Chemistry Classes at the Institutions of General Secondary Education of the Republic of Belarus .....	112
<b>Shchepetkova N.V.</b> Probable Scenarios of the Development of Continuous Pedagogical Education System «College–University» in the Republic of Belarus in Mid-Term Perspective .....	120
<b>Grynko S.D.</b> Training Teachers-Speech Therapists in Common Educational Space of the University and the Museum .....	127
<b>Orlova A.P., Teterina V.V.</b> Schoolchildren Labor Education in the Context of the 70–80-ies of the 20 <sup>th</sup> Century Theoretical Works on the Issue .....	138
<b>Lubchenko O.A.</b> Information Competence of Technical University Students as a Research Object .....	147
<b>Kanygina A.V., Novitsky P.I.</b> Fitness Jumping with Women of Middle Age .....	154



# МАТЭМАТЫКА

УДК 517.956.32

## НЕХАРАКТЕРИСТИЧЕСКАЯ СМЕШАННАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ ОДНОМЕРНОГО ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ В ПЕРВОЙ ЧЕТВЕРТИ ПЛОСКОСТИ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ГРАНИЧНЫХ ВТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

Ф.Е. Ломовцев, В.В. Лысенко

Белорусский государственный университет

*Модификацией метода характеристик выведена явная формула единственного и устойчивого классического решения линейной смешанной задачи для общего неоднородного уравнения колебаний полуограниченной струны с нехарактеристическими и нестационарными вторыми частными производными в граничном режиме. Введено понятие характеристических вторых производных на границе. Нехарактеристичность вторых производных означает, что они направлены не вдоль критической характеристики уравнения. Их нестационарность означает, что их коэффициенты зависят от времени. Предложен новый метод погружения в решения с фиксированными значениями, упрощающий решение систем дифференциальных уравнений.*

*Цель работы – явное решение и исследование корректности смешанной задачи по Адамару во множестве классических решений.*

**Материал и методы.** *Материалом служит линейная смешанная задача для общего неоднородного уравнения колебаний полуограниченной струны при нехарактеристических вторых производных и зависящих от времени коэффициентах в граничном режиме. Нахождение классического решения и исследование корректности по Адамару (существования, единственности и устойчивости) во множестве классических решений смешанной задачи проводится модификацией известного метода характеристик (распространяющихся волн) и предложенным в настоящей работе методом погружения в решения с фиксированными значениями.*

**Результаты и их обсуждение.** *Выведена явная формула единственного и устойчивого классического решения смешанной задачи для общего неоднородного уравнения колебаний полуограниченной струны при нестационарных и нехарактеристических вторых производных в граничном режиме. Единственность решения обеспечивается алгоритмом его поиска. Устойчивость (непрерывная зависимость) классического решения от исходных данных (правой части уравнения, начальных данных и граничного данного) следует из теоремы Банаха о замкнутом графике. Установлен критерий корректности во множестве классических решений искомого смешанной задачи. Этот критерий состоит из необходимых и достаточных требований гладкости на правую часть уравнения, начальные данные и граничное данное и условия согласования между ними для однозначной и устойчивой везде разрешимости во множестве классических решений. Дано понятие характеристических вторых производных в граничном режиме. Предложен метод погружения в решения с фиксированными значениями. Приведен пример задачи, подтверждающий утверждение доказанной теоремы. Полученные результаты дают полное и окончательное решение и исследование смешанной задачи.*

**Заключение.** *Доказана теорема с явной формулой классического решения и критерием корректности по Адамару смешанной задачи при нехарактеристических вторых производных и зависящих от времени коэффициентах в граничном режиме. Эта теорема имеет характер глобальной теоремы, потому что в ней исходные данные задачи не продолжаются вне множеств их задания, и ее результаты являются полными и окончательными.*

**Ключевые слова:** *смешанная задача, нестационарный граничный режим, характеристические вторые производные, метод погружения в решения с фиксированными значениями, критерий корректности.*

# NON-CHARACTERISTIC MIXED PROBLEM FOR A ONE-DIMENSIONAL WAVE EQUATION IN THE FIRST QUARTER OF THE PLANE WITH NON-STATIONARY BOUNDARY SECOND DERIVATIVES

F.E. Lomovtsev, V.V. Lysenko  
Belarusian State University

*A modification of the characteristic method yields an explicit formula for a unique and stable classical solution of a linear mixed problem for a general inhomogeneous oscillation equation of a semi-bounded string with non-characteristic and non-stationary second partial derivatives in the boundary mode. The concept of characteristic second derivatives on the boundary is introduced. The non-characteristic nature of the second derivatives means that they are not directed along the critical characteristic of the equation. Their non-stationary nature means that their coefficients depend on time. An immersion method in solutions with fixed values, simplifying the solution of systems of differential equations is proposed.*

*The goal of the work is an explicit solution and the study of its Hadamard correctness according to the set of classical solutions.*

**Material and methods.** *The material of the work is a linear mixed problem for a general inhomogeneous oscillation equation of a semi-bounded string with non-characteristic second derivatives and time-dependent coefficients in the boundary mode. Finding a classical solution and studying Hadamard correctness (existence, uniqueness and stability) in the set of classical solutions of mixed problem is carried out by modifying the well-known characteristic method (propagating waves) and the method of immersion in solutions with fixed values proposed in this paper.*

**Findings and their discussion.** *An explicit formula for a unique and stable classical solution of a mixed problem for a general inhomogeneous oscillation equation of a semi-bounded string with non-stationary and non-characteristic second derivatives in the boundary mode is derived. The uniqueness of the solution is provided by the algorithm of its search. The stability (continuous dependence) of the classical solution on the original data (the right-hand side of the equation, the initial data and the boundary data) follows the Banach theorem on a closed graph. The correctness criterion is established in the set of classical solutions of the desired mixed problem. This correctness criterion consists of the necessary and sufficient smoothness requirements for the right-hand side of the equation, the initial data and the boundary data, and the matching condition between them for the unique and stable everywhere solvability in the set of classical solutions. The concept of characteristic second derivatives in the boundary mode is given. An immersion method in solutions with fixed values is proposed. An example of a problem confirming the statement of the proved theorem is given. The obtained findings give a complete and final resolution and investigation of the mixed problem.*

**Conclusion.** *A theorem is proved with an explicit formula for a classical solution and a Hadamard correctness criterion for a mixed problem with non-characteristic second derivatives and time-dependent coefficients in the boundary mode. This theorem has the character of a global theorem, because in it the original data of the problem does not continue outside the sets of their tasks and its results are complete and final.*

**Key words:** *mixed problem, non-stationary boundary regime, characteristic second derivatives, immersion method in solutions with fixed values, correctness criterion.*

Настоящая работа посвящена выводу явной формулы классического решения и критерия корректности (существования, единственности и устойчивости решения) смешанной (начально-краевой) задачи для общего уравнения вынужденных колебаний струны при нестационарном дифференциальном граничном режиме со всеми частными производными до второго порядка включительно. В граничном режиме направления вторых частных производных не являются характеристическими для любого момента времени. Этой смешанной задачей моделируются колебания упругой полуограниченной струны, которые порождены суперпозицией прямой и обратной волн, распространяющихся с разными скоростями в движущейся в упругой среде за счет вынуждающей силы, начального смещения, начальной скорости и нестационарного граничного режима. Граничный режим и дифференциальное уравнение последовательно содержат слагаемые, указывающие на сопротивление или содействие среды пропорционально ускорению, касательному напряжению, кривизне, скорости, натяжению и смещению струны соответственно. Формула единственного классического решения получена модификацией известного метода характеристик (распространяющихся волн) [1], но без продолжений исходных данных (правой части, начальных данных и граничного данного) вне множеств их задания. Во множестве классических решений этим же методом выводится критерий ее корректности, т.е. необходимые и достаточные требования гладкости и условие согласования исходных данных задачи. Дважды непрерывная дифференцируемость частного решения неоднородного общего уравнения колебаний струны и необходимые (минимальные) требования гладкости на правую часть уравнения установлены с

помощью задачи Гурса для канонического вида уравнения методом корректировки, предложенным Ф.Е. Ломовцевым [2]. Устойчивость классического решения по исходным данным выводится из его существования и единственности по теореме Банаха о замкнутом графике [3, с. 116]. Формула единственного и устойчивого классического решения и критерий корректности смешанной задачи для простейшего уравнения колебаний струны в четверти плоскости с первыми частными и второй частной производными по пространственной переменной в граничном режиме указаны в [4].

Смешанная задача для простейшего уравнения колебаний струны в четверти плоскости с не- характеристической первой косою производной в граничном режиме решалась и исследовалась в случае однородного уравнения в [5], где получены достаточные требования гладкости и условия согласования на начальные данные и граничное данное, а в случае неоднородного уравнения в [6], где найден критерий корректности на правую часть уравнения, – начальные данные и граничное данное. В последней работе дважды непрерывная дифференцируемость частного решения неоднородного простейшего уравнения колебаний струны и необходимые требования гладкости на правую часть уравнения установлены без корректировки с помощью явных формул и энергетического неравенства классических решений второй смешанной задачи [7]. Такой способ обоснования не проходит и не приводит к минимальным требованиям гладкости правой части в случае рассматриваемого нами общего уравнения колебаний струны.

**Материал и методы.** В линейной первой четверти плоскости  $\dot{G}_\infty = ]0, \infty[ \times ]0, \infty[$  ставится смешанная задача для общего факторизованного волнового уравнения

$$(\partial_t - a_2 \partial_x + b_2)(\partial_t + a_1 \partial_x + b_1)u(x, t) = f(x, t), \{x, t\} \in \dot{G}_\infty, \quad (1)$$

при начальных условиях

$$u|_{t=0} = \varphi(x), \partial_t u|_{t=0} = \psi(x), x \in ]0, \infty[, \quad (2)$$

и зависящем от времени  $t \in ]0, \infty[$  граничном режиме

$$[\Gamma(t)u]|_{x=0} \equiv [\zeta(t)\partial_{tt}u + \xi(t)\partial_{tx}u + \theta(t)\partial_{xx}u + \alpha(t)\partial_tu + \beta(t)\partial_xu + \gamma(t)u]|_{x=0} = \mu(t), \quad (3)$$

где частные производные  $\partial_t = \partial / \partial t, \partial_x = \partial / \partial x, \partial_{tt} = \partial^2 / \partial t^2, \partial_{tx} = \partial^2 / \partial x \partial t, \partial_{xx} = \partial^2 / \partial x^2; f, \varphi, \psi, \mu, \zeta, \xi, \theta, \alpha, \beta, \gamma$  – заданные ограниченные функции указанных выше независимых переменных  $x$  и  $t; a_1 > 0, a_2 > 0, b_1, b_2$  – вещественные постоянные.

Известно, что уравнение (1) имеет два различных семейства характеристик:  $x - a_1 t = C_1, x + a_2 t = C_2 \forall C_1, C_2 \in \mathbf{R} = ]-\infty, +\infty[$ . Предполагается, что в граничном условии (3) вторые производные не являются характеристическими, т.е. направления вторых производных не совпадают с направлением характеристики  $x = a_1 t$  для всех  $t > 0$ .

**Определение 1.** Характеристика  $x = a_1 t$ , где  $a_1 > 0$ , называется критической для уравнения (1) в первой четверти плоскости.

Чтобы математически выразить характеристичность вторых частных производных в граничном режиме (3), сначала вычисляем вторую производную по направлению  $\vec{v} = \{1, a_1\}$  вдоль критической характеристики  $x = a_1 t$  в плоскости  $Otx$  от функции  $u$ :

$$\begin{aligned} (a_1^2 + 1) \frac{\partial^2 u}{\partial v^2} &= \sqrt{a_1^2 + 1} \frac{\partial}{\partial v} (\partial_t u + a_1 \partial_x u) = (\overline{grad}(\partial_t u + a_1 \partial_x u), \vec{v}) = \\ &= (\{\partial_{tt} u + a_1 \partial_{tx} u, \partial_{tx} u + a_1 \partial_{xx} u\}, \{1, a_1\}) = \partial_{tt} u + a_1 \partial_{tx} u + a_1 \partial_{tx} u + a_1^2 \partial_{xx} u. \end{aligned} \quad (4)$$

Затем приравняем к нулю значения характеристического определителя:

$$\Delta_x(t) \equiv \begin{vmatrix} \zeta(t) & \xi(t) & \theta(t) \\ 1 & a_1 & 0 \\ 0 & a_1 & a_1^2 \end{vmatrix} = a_1 (a_1^2 \zeta(t) - a_1 \xi(t) + \theta(t)) = 0, t \in ]0, \infty[, \quad (5)$$

первой строкой которого служат коэффициенты при вторых производных в граничном режиме (3) и двух следующих строк – коэффициенты при соответствующих вторых производных во второй производной по направлению вектора  $\vec{V} = \{1, a_1\}$  из (4).

**Определение 2.** *Определитель  $\Delta_\chi$  в левой части равенств (5) назовем характеристическим для граничного режима (3) и уравнения (1), граничный режим (3), для которого определитель  $\Delta_\chi(t)$  обращается в ноль при всех  $t > 0$ , – характеристическим и вторые частные производные в граничном режиме (3) – характеристическими.*

Пусть  $C^k(\Omega)$  – множество  $k$  раз непрерывно дифференцируемых функций на подмножестве  $\Omega$ ,  $C(\Omega)$  – множество всех непрерывных функций на  $\Omega \subset \mathbb{R}^2$ ,  $\mathbb{R} = ]-\infty, \infty[$ .

**Определение 3.** *Классическим решением задачи (1)–(3) называется функция  $u \in C^2(G_\infty)$ ,  $G_\infty = [0, \infty[ \times ]0, \infty[$ , удовлетворяющая уравнению (1) в обычном смысле, а начальным условиям (2) и граничному режиму (3) в смысле соответствующих пределов ее значений во внутренних точках для указанных в них граничных точек множества  $G_\infty$ .*

Модификацией метода характеристик найдем классическое решение смешанной задачи (1)–(3), установим критерий корректности (необходимые и достаточные условия) на правую часть  $f$ , начальные  $\varphi, \psi$  и граничные  $\mu$  данные без их продолжений вне множеств задания для ее корректности по Адамару (однозначной и устойчивой везде разрешимости). Этот критерий корректности будет состоять из необходимых и достаточных требований гладкости на правую часть  $f$ , начальные  $\varphi, \psi$ , граничные  $\mu$  данные и условия согласования между ними. Предложим новый метод погружения в решения с фиксированными значениями для решения систем уравнений.

**Результаты и их обсуждение.** Критическая характеристика  $x = a_1 t, a_1 > 0$ , делит множество  $G_\infty = [0, \infty[ \times ]0, \infty[$  на два множества  $G_- = \{\{x, t\} \in G_\infty : x > a_1 t, t > 0\}$  и  $G_+ = \{\{x, t\} \in G_\infty : x \leq a_1 t, x \geq 0\}$ . Для классических решений  $u \in C^2(G_\infty)$  из уравнения (1), условий (2) и режима (3) вытекают очевидные необходимые требования гладкости

$$f \in C(G_\infty), \varphi \in C^2[0, \infty[, \psi \in C^1[0, \infty[, \mu \in C[0, \infty[. \quad (6)$$

Ниже нами будут выведены дополнительные не столь очевидные необходимые требования гладкости на правую часть  $f$ . Полагая  $t = 0$  в граничном режиме (3) и вычисляя значения следов слагаемых с помощью начальных условий (2) при  $x = 0$  и уравнения (1) при  $x = 0, t = 0$ , находим необходимое условие согласования

$$\begin{aligned} Y \equiv \zeta(0)[f(0, 0) + (a_2 - a_1)\psi'(0) + a_1 a_2 \varphi''(0) - (b_2 + b_1)\psi(0) - (a_1 b_2 - a_2 b_1)\varphi'(0) - \\ - b_2 b_1 \varphi(0)] + \xi(0)\psi'(0) + \theta(0)\varphi''(0) + \alpha(0)\psi(0) + \beta(0)\varphi'(0) + \gamma(0)\varphi(0) = \mu(0), \end{aligned} \quad (7)$$

где одним и двумя штрихами сверху обозначены первая и вторая производные функций.

Справедлива следующая теорема, в доказательстве которой используются

$$\begin{aligned} \Phi(x, t) &= \frac{1}{a_1 + a_2} \{a_1 \varphi(x + a_2 t) + a_2 e^{B(x+a_2 t)} \varphi(0) + \int_0^{x+a_2 t} e^{B(x+a_2 t-s)} [A\varphi(s) + \psi(s)] ds\}, \\ F_i(x, t) &= \frac{e^{Bx - At}}{a_1 + a_2} \left[ \int_0^{t_1(x)} \int_{x_i(t, \tau)}^{x+a_2(t-\tau)} e^{A\tau - Bs} f(s, \tau) ds d\tau + \int_{t_1(x)}^t \int_{x-a_1(t-\tau)}^{x+a_2(t-\tau)} e^{A\tau - Bs} f(s, \tau) ds d\tau \right], \end{aligned} \quad (8)$$

$$A = \frac{a_1 b_2 + a_2 b_1}{a_1 + a_2}, \quad B = \frac{b_2 - b_1}{a_1 + a_2}, \quad t_1(x) = \frac{x}{a_1} - t \quad \forall \{x, t\} \in G_-, \quad t_2(x) = t - \frac{x}{a_1} \quad \forall \{x, t\} \in G_+,$$

$$x_i(t, \tau) = \left[ \frac{a_2}{a_1} + 1 - (-1)^i \right] (-1)^i (a_1 t - x) - a_2 \tau, \quad P(t) = \mu(t) - [\Gamma(t)(e^{-b_2 t} \Phi(x, t) + F_2(x, t))] |_{x=0},$$

$$\chi(a, b) = \exp \left\{ -a_1 \int_a^b \sigma(s) ds \right\}, \quad \sigma(t) = \frac{2a_1 b_1 \zeta(t) - b_1 \xi(t) - a_1 \alpha(t) + \beta(t)}{a_1^2 \zeta(t) - a_1 \xi(t) + \theta(t)}.$$

**Теорема 1.** Пусть непрерывны коэффициенты:  $\zeta, \xi, \theta, \alpha, \beta, \gamma \in C[0, \infty[$ , граничный режим (3) не является характеристическим:  $a_1^2 \zeta(t) - a_1 \xi(t) + \theta(t) \neq 0, t \in [0, \infty[$ , и существует некоторое решение  $v \in C^2[0, \infty[, v(\rho) \neq 0, v'(\rho) \neq 0, \rho \in [0, \infty[$ , уравнения

$$[a_1^2 \zeta(\rho/a_1) - a_1 \xi(\rho/a_1) + \theta(\rho/a_1)]v''(\rho) - [2a_1 b_1 \zeta(\rho/a_1) - b_1 \xi(\rho/a_1) - a_1 \alpha(\rho/a_1) + \beta(\rho/a_1)]v'(\rho) + [b_1^2 \zeta(\rho/a_1) - b_1 \alpha(\rho/a_1) + \gamma(\rho/a_1)]v(\rho) = 0. \quad (9)$$

Задача (1)–(3) в  $\dot{G}_\infty$  имеет единственное и устойчивое по  $f, \varphi, \psi, \mu$  классическое решение  $u \in C^2(G_\infty)$  тогда и только тогда, когда выполняются условия (6), (7),

$$J_1(x, t) \equiv \int_0^t f(x + a_2(t - \tau), \tau) d\tau \in C^1(G_\infty),$$

$$J_2(x, t) \equiv \left( \frac{a_2}{a_1} + 2 \right) \int_0^{t_1(x)} f(x_1(t, \tau), \tau) d\tau + \int_{t_1(x)}^t f(x - a_1(t - \tau), \tau) d\tau \in C^1(G_-), \quad (10)$$

$$J_3(x, t) \equiv -\frac{a_2}{a_1} \int_0^{t_2(x)} f(x_2(t, \tau), \tau) d\tau + \int_{t_2(x)}^t f(x - a_1(t - \tau), \tau) d\tau \in C^1(G_+)$$

и первые частные производные от функций  $J_2$  и  $J_3$  непрерывны на  $x = a_1 t$ . Этим классическим решением смешанной задачи (1)–(3) является функция

$$u_-(x, t) = \frac{1}{a_1 + a_2} \left\{ a_1 e^{-b_2 t} \varphi(x + a_2 t) + a_2 e^{-b_1 t} \varphi(x - a_1 t) + \int_{x-a_1 t}^{x+a_2 t} e^{B(x-s)-At} [A\varphi(s) + \psi(s)] ds \right\} + F(x, t), \quad \{x, t\} \in G_-, \quad (11)$$

$$u_+(x, t) = e^{-b_2 t} \Phi(x, t) + e^{-b_1 t} v(a_1 t - x) \left\{ \int_0^{t_2(x)} \frac{a_1^2}{v^2(a_1 s)} \int_0^s \frac{e^{b_1 \tau} v(a_1 \tau) \chi(s, \tau) P(\tau)}{a_1^2 \zeta(\tau) - a_1 \xi(\tau) + \theta(\tau)} d\tau ds + \frac{a_1 v(0)[b_2 \varphi(0) + \psi(0) - a_2 \varphi'(0)]}{a_1 + a_2} \int_0^{t_2(x)} \frac{\chi(s, 0)}{v^2(a_1 s)} ds \right\} + F_2(x, t), \quad \{x, t\} \in G_+, \quad (12)$$

где известное решение уравнения (1) на  $G_-$  задается ниже формулой (14).

**Д о к а з а т е л ь с т в о.** Частные классические решения (8) позволяют свести нахождение всех классических решений неоднородного уравнения (1) в  $G_\infty$  к поиску всех классических решений однородного уравнения (1) в  $G_\infty$ . Поэтому методом характеристик легко находится общий интеграл уравнения (1) в  $G_\infty$ , как множество классических решений

$$\tilde{u}(x, t) = e^{-b_1 t} g(x - a_1 t) + e^{-b_2 t} h(x + a_2 t) + \mathbf{F}(x, t), \quad (13)$$

где  $g = g(\xi)$ ,  $h = h(\eta)$  – любые дважды непрерывно дифференцируемые функции своих переменных  $\xi \in \mathbb{R}$ ,  $\eta \in \mathbb{R}$ , а функция  $\bar{F}$  равна функции  $F_1$  на  $G_-$ , функции  $F_2$  на  $G_+$  и дважды непрерывно дифференцируема на  $x = a_1 t$  по предположениям нашей теоремы 1. Эти  $F_1$  на  $G_-$  и  $F_2$  на  $G_+$  вида (8) при  $i=1$  и  $i=2$  мы взяли соответственно из формул (34) при  $k = (a_2 / a_1) + 2$  и (2) теорем 3 и 1 работы [2]. В доказываемой теореме 1 необходимые требования гладкости (10) на функции  $J_1 - J_3$  получаются как производные вдоль характеристик уравнения (1) от решений (8).

1. В  $G_-$  обобщенная формула Даламбера–Эйлера (11) единственного классического решения смешанной задачи (1)–(3) и достаточность требований гладкости на  $\varphi, \psi, f$  в (6) и (10) не вызывают сомнений [6; 8]. Отличие интегральных требований гладкости (10) от аналогичных интегральных требований гладкости диссертации [6] и статьи [8] состоит в отсутствии у нас под интегралами соответствующих множителей  $\exp\{b_p \tau\}$ ,  $p=1,2$ , которые не влияют на гладкость интегралов в (10) и, значит, правой части  $f$  в малых окрестностях конечных точек  $\{x,t\} \in G_-$ . Необходимость требований гладкости на  $\varphi, \psi, f$  в (6) для классического решения (11) показана перед формулировкой теоремы 1. Благодаря существованию и единственности классического решения из теоремы Банаха о замкнутом графике  $\forall T > 0$  выводится непрерывная зависимость решения (11) в банаховом пространстве  $C^2(G_T^-)$ ,  $G_T^- = ([0, \infty[ \times ]0, T]) \cap G_-$ , с нормой

$$PuP_{C^2(G_T^-)} = \sup_{\{x,t\} \in G_T^-} \sum_{0 \leq m+l \leq 2} |\partial_x^m \partial_t^l u(x,t)|$$

от исходных данных  $f, \varphi$  и  $\psi$  в произведении банаховых пространств  $\hat{C}(G_T^-)$ ,  $C^2[0, \infty[$ ,  $C^1[0, \infty[$  соответственно с нормами

$$PfP_{\hat{C}(G_T^-)} = \sup_{\{x,t\} \in G_T^-} \left[ |f(x,t)| + \sum_{p=1}^2 \sum_{m+l=1}^2 |\partial_x^m \partial_t^l J_p(x,t)| \right], \quad \partial_x^m \partial_t^l = \partial_x^{m+l} / \partial_x^m \partial_t^l,$$

$$P\varphi P_{C^2[0, \infty[} = \sup_{0 \leq x < \infty} [|\varphi(x)| + |\varphi'(x)| + |\varphi''(x)|], \quad P\psi P_{C^1[0, \infty[} = \sup_{0 \leq x < \infty} [|\psi(x)| + |\psi'(x)|].$$

Эта устойчивость на языке « $\forall \varepsilon > 0 \exists \delta(\varepsilon, T) > 0 \dots$ » выведена из (11) при  $a_1 = a_2$  в [6].

2. В  $G_+$  решения задачи (1)–(3) находим, как классические решения задачи Пикара для уравнения (1) при граничном режиме (3) и требованиях совпадения значений этих решений и их первых частных производных соответственно с предельными значениями функции  $u_-$  и ее первых частных производных на критической характеристике.

В работе [2] предложенным методом корректировки из пробного решения

$$F(x,t) = \frac{e^{Bx-At}}{a_1 + a_2} \int_0^t \int_{x-a_1(t-\tau)}^{x+a_2(t-\tau)} e^{A\tau-Bs} f(|s|, \tau) ds d\tau \quad (14)$$

с завышенной (не минимальной) дополнительной гладкостью правой части  $f$  уравнения (1) на  $G_+$  для  $a_2 \geq a_1$  выводится его частное классическое решение (8) при  $i=2$  с минимальной дополнительной к  $f \in C(G_\infty)$  гладкостью  $f$  из (10) на  $G_+$  и для  $a_1 \geq a_2$  другое классическое решение (см. теоремы 1 и 2 в [2]). В [2] функция (14) называется пробным решением уравнения (1), так как она  $F \in C^2(G_+)$  для всех более гладких правых частей  $f \in C^1(G_\infty)$  и служит его обобщенным

решением  $F \in C^1(G_\infty)$  для всех менее гладких  $f \in C(G_\infty)$ . В этой работе коррекция пробных решений проводится посредством корректирующей задачи Гурса в три этапа:

а) постановка и решение корректирующей задачи Гурса для канонического вида неоднородного уравнения (1) в соответствующем образе  $\tilde{G}_\infty$  четверти плоскости  $G_\infty$ ;

б) анализ гладкости слагаемых решения данной задачи Гурса и его корректировка до классического решения этого неоднородного уравнения канонического вида в  $\tilde{G}_\infty$ ;

в) вычисление классического решения неоднородного уравнения (1) в  $G_\infty$  обратной невырожденной заменой переменных в полученном скорректированном решении.

В итоге для  $f \in C(G_\infty)$  из неклассического решения  $F \in C^1(G_+)$  вида (14) неоднородного уравнения (1) в  $G_+$  вычитается соответствующее неклассическое решение  $F_0 \in C^1(G_+)$  однородного уравнения (1) в  $G_+$  и получается классическое решение  $F_2 = F - F_0 \in C^2(G_+)$  вида (8) при  $i=2$  в  $G_+$ . Существует бесконечное число частных классических решений уравнения (1) с минимальной гладкостью правой части  $f$ . Отметим также, что и для  $a_1 \geq a_2$  можно использовать частное классическое решение  $F_2$  для  $a_2 \geq a_1$  с минимальной дополнительной гладкостью  $f$  из (10). В работе [2] также доказано, что если функция  $f$  не зависит от  $x$  или  $t$ , то для всех  $a_1 > 0, a_2 > 0$  непрерывности  $f \in C[0, \infty[$  по этой переменной необходимо и достаточно для классического решения  $F_2$  неоднородного уравнения (1) в  $G_+$  (см. следствие 2).

Решения (13) на  $G_+$  должны совпадать с непрерывным продолжением решения (11) из  $G_-$  на критическую характеристику  $x = a_1 t$  и должны удовлетворять граничному условию (3). В результате приходим к системе уравнений

$$\begin{aligned}
 & e^{-b_1 t} g(0) + e^{-b_2 t} h((a_1 + a_2)t) = \\
 & = \frac{1}{a_1 + a_2} \left\{ a_1 e^{-b_2 t} \varphi((a_1 + a_2)t) + a_2 e^{-b_1 t} \varphi(0) + e^{-b_1 t} \int_0^{(a_1 + a_2)t} e^{-Bs} [A\varphi(s) + \psi(s)] ds \right\}, \\
 & [\Gamma(t)(e^{-b_1 t} g(x - a_1 t))] |_{x=0} = \mu(t) - [\Gamma(t)(e^{-b_2 t} h(x + a_2 t) + F_1(x, t))] |_{x=0}. \tag{15}
 \end{aligned}$$

Ради упрощения вычислений мы будем решать эту систему не только известным методом подстановки, как, например, в [4], а еще и способом, который назовем «методом погружения в решения с фиксированными значениями» для общего интеграла (13). Для всех непрерывных функций  $g = g(y)$ ,  $h = h(z)$  справедливы преобразования

$$\begin{aligned}
 & e^{-b_1 t} g(x - a_1 t) + e^{-b_2 t} h(x + a_2 t) = \\
 & = e^{-b_1 t} g(x - a_1 t) - e^{Bx - At} g(0) + e^{-b_2 t} h(x + a_2 t) + e^{Bx - At} g(0) = \\
 & = e^{-b_1 t} [g(x - a_1 t) - e^{B(x - a_1 t)} g(0)] + e^{-b_2 t} [h(x + a_2 t) + e^{B(x + a_2 t)} g(0)].
 \end{aligned}$$

Следовательно, множество всех классических решений (13) на  $G_+$  не шире множества

$$u(x, t) = e^{-b_1 t} \tilde{g}(x - a_1 t) + e^{-b_2 t} \tilde{h}(x + a_2 t) + F_2(x, t) \tag{16}$$

для любых дважды непрерывно дифференцируемых функций  $\tilde{g}$  и  $\tilde{h}$  вида

$$\tilde{g}(z) = g(z) - e^{Bz} g(0), \quad \tilde{h}(y) = h(y) + e^{By} g(0) \in C^2(\mathbb{R}). \tag{17}$$

Поэтому для решения указанной выше задачи Пикара можно использовать общий интеграл (16) вместо общего интеграла (13). В первом уравнении системы (15) меняем функции  $g$  и  $h$  соответственно на функции  $\tilde{g}$  и  $\tilde{h}$ , делаем замену  $y = (a_1 + a_2)t \geq 0$  и благодаря равенству  $\tilde{g}(0) = 0$ , которое вытекает из значений (17), находим функцию

$$\tilde{h}(y) = \frac{1}{a_1 + a_2} \left\{ a_1 \varphi(y) + a_2 e^{By} \varphi(0) + \int_0^y e^{B(y-s)} [A\varphi(s) + \psi(s)] ds \right\}. \quad (18)$$

Если во втором уравнении системы (15) поменять функции  $g$  и  $h$  соответственно на функции  $\tilde{g}$  и  $\tilde{h}$ , подставить в них функцию (18) при  $y = x + a_2 t$ , то приходим к обыкновенному дифференциальному уравнению второго порядка

$$[a_1^2 \zeta(t) - a_1 \xi(t) + \theta(t)] \tilde{g}''(-a_1 t) + [2a_1 b_1 \zeta(t) - b_1 \xi(t) - a_1 \alpha(t) + \beta(t)] \tilde{g}'(-a_1 t) + [b_1^2 \zeta(t) - b_1 \alpha(t) + \gamma(t)] \tilde{g}(-a_1 t) = e^{b_1 t} P(t). \quad (19)$$

Решения этого уравнения ищем в форме произведения

$$\tilde{g}(-a_1 t) = v(a_1 t) w(a_1 t). \quad (20)$$

В силу представления (20) уравнение (19) приводится перегруппировкой к виду

$$[a_1^2 \zeta(t) - a_1 \xi(t) + \theta(t)] v(a_1 t) w''(a_1 t) + \{2[a_1^2 \zeta(t) - a_1 \xi(t) + \theta(t)] v'(a_1 t) - [2a_1 b_1 \zeta(t) - b_1 \xi(t) - a_1 \alpha(t) + \beta(t)] v(a_1 t)\} w'(a_1 t) + \{[a_1^2 \zeta(t) - a_1 \xi(t) + \theta(t)] v''(a_1 t) - [2a_1 b_1 \zeta(t) - b_1 \xi(t) - a_1 \alpha(t) + \beta(t)] v'(a_1 t) + [b_1^2 \zeta(t) - b_1 \alpha(t) + \gamma(t)] v(a_1 t)\} w(a_1 t) = e^{b_1 t} P(t).$$

Если  $v(\rho) \neq 0$  – частное классическое решение обыкновенного дифференциального уравнения (9), то это уравнение становится уравнением

$$[a_1^2 \zeta(t) - a_1 \xi(t) + \theta(t)] v(a_1 t) w''(a_1 t) + \{2[a_1^2 \zeta(t) - a_1 \xi(t) + \theta(t)] v'(a_1 t) - [2a_1 b_1 \zeta(t) - b_1 \xi(t) - a_1 \alpha(t) + \beta(t)] v(a_1 t)\} w'(a_1 t) = e^{b_1 t} P(t). \quad (21)$$

В нем делаем замену  $y = a_1 t$ , умножаем на интегрирующий множитель

$$\eta(y) = \exp\left\{\int_0^y M(s) ds\right\}, M(s) = 2[v'(s) / v(s)] - \sigma(s),$$

и получаем дифференциальное уравнение

$$[a_1^2 \zeta(y / a_1) - a_1 \xi(y / a_1) + \theta(y / a_1)] v(y) (\eta(y) w'(y))'_y = e^{b_1 y / a_1} \eta(y) P(y / a_1).$$

Проинтегрировав дважды по  $y$  это уравнение, мы имеем решения уравнения (21)

$$w(y) = \iint_0^y \frac{e^{b_1 v / a_1} \eta(v) P(v / a_1)}{[a_1^2 \zeta(v / a_1) - a_1 \xi(v / a_1) + \theta(v / a_1)] v(v) \eta(v)} dv d\mathbf{c} + C_1 \int_0^y \frac{d\mathbf{c}}{\eta(\mathbf{c})} + C_2, \quad (22)$$

где  $C_1, C_2 \in \mathbb{R}$ . В этих решениях и их первых производных по  $y$  полагаем  $y = 0$  и вычисляем значения постоянных  $C_2 = w(0)$ ,  $C_1 = w'(0)$ , которые в силу представления (20) равны

$C_1 = -(\tilde{g}'(0)/v(0)) - (v'(0)\tilde{g}(0)/v^2(0))$ ,  $C_2 = \tilde{g}(0)/v(0)$ . В решения (22) подставляем эти значения постоянных, учитываем  $\tilde{g}(0) = 0$  и приходим к решениям

$$w(y) = \int_0^y \int_0^\varrho \frac{e^{b_1 v/a_1} \eta(v) P(v/a_1)}{[a_1^2 \zeta(v/a_1) - a_1 \xi(v/a_1) + \theta(v/a_1)] v(v) \eta(\varrho)} dv d\varrho - \frac{\tilde{g}'(0)}{v(0)} \int_0^y \frac{d\varrho}{\eta(\varrho)} d\varrho.$$

Используя известную формулу [4]:  $\exp\{2 \int_0^t [v'(s)/v(s)] ds\} = v^2(t)/v^2(0)$  и замены переменных:  $v = a_1 \tau$ ,  $c = a_1 \zeta$ ,  $s = a_1 \delta$ , отсюда получаем выражение

$$w(y) = a_1^2 \int_0^{y/a_1} \int_0^\zeta \frac{e^{b_1 \tau} v(a_1 \tau) \chi(\zeta, \tau) P(\tau)}{[a_1^2 \zeta(\tau) - a_1 \xi(\tau) + \theta(\tau)] v^2(a_1 \zeta)} d\tau d\zeta - a_1 v(0) \tilde{g}'(0) \int_0^{y/a_1} \frac{\chi(\zeta, 0)}{v^2(a_1 \zeta)} d\zeta. \quad (23)$$

Для уравнения (19) из выражений (20) и (23) при  $z = -a_1 t \leq 0$  находим решения

$$\tilde{g}(z) = v(-z) \left\{ a_1^2 \int_0^{-z/a_1} \int_0^\zeta \frac{e^{b_1 \tau} v(a_1 \tau) \chi(\zeta, \tau) P(\tau)}{[a_1^2 \zeta(\tau) - a_1 \xi(\tau) + \theta(\tau)] v^2(a_1 \zeta)} d\tau d\zeta - a_1 v(0) \tilde{g}'(0) \int_0^{-z/a_1} \frac{\chi(\zeta, 0)}{v^2(a_1 \zeta)} d\zeta \right\} \quad (24)$$

Подставив функции  $\tilde{h}$  вида (18) и  $\tilde{g}$  вида (24) в общий интеграл (16), имеем решения

$$u_+(x, t) = e^{-b_2 t} \Phi(x, t) + e^{-b_1 t} v(a_1 t - x) \left\{ \int_0^{t_2(x)} \frac{a_1^2}{v^2(a_1 \zeta)} \int_0^\zeta \frac{e^{b_1 \tau} v(a_1 \tau) \chi(\zeta, \tau) P(\tau)}{a_1^2 \zeta(\tau) - a_1 \xi(\tau) + \theta(\tau)} d\tau d\zeta - a_1 v(0) \tilde{g}'(0) \int_0^{t_2(x)} \frac{\chi(\zeta, 0)}{v^2(a_1 \zeta)} d\zeta \right\} + F_2(x, t).$$

Мы склеиваем функции  $u_-$  и  $u_+$  на  $x = a_1 t$ , используя значения  $f, \varphi, \psi, \mu$  и их некоторых производных в начале координат  $\{0, 0\}$  и в том числе условие согласования (7). По определению 3 эти значения понимаются как соответствующие пределы значений дважды непрерывно дифференцируемых функций  $u(\dot{x}, t)$  для внутренних точек  $\{\dot{x}, t\} \in \dot{G}_\infty$ , в которых как  $\dot{x} \leq a_1 t$ , так и  $\dot{x} > a_1 t$ . Поэтому полученные выше решения  $u_+$  должны быть дважды непрерывно дифференцируемыми не только на  $G_+$ , но еще и в некоторой бесконечно малой окрестности характеристики  $x = a_1 t$ .

В задаче Пикара из требования совпадения значений частных производных первого порядка от решений  $u_+$  из множества  $G_+$  и предельных значений частных производных первого порядка от решения  $u_-$  из множества  $G_-$  на характеристике  $x = a_1 t$ :

$$\frac{\partial u_+}{\partial t} \Big|_{x=a_1 t} - \frac{\partial u_-}{\partial t} \Big|_{x=a_1 t} = -a_1 e^{-b_1 t} \frac{b_2 \varphi(0) + \psi(0) + (a_1 + a_2) \tilde{g}'(0) - a_2 \varphi'(0)}{a_1 + a_2},$$

$$\frac{\partial u_+}{\partial x} \Big|_{x=a_1 t} - \frac{\partial u_-}{\partial x} \Big|_{x=a_1 t} = e^{-b_1 t} \frac{b_2 \varphi(0) + \psi(0) + (a_1 + a_2) \tilde{g}'(0) - a_2 \varphi'(0)}{a_1 + a_2}$$

однозначно находится значение постоянных  $\tilde{g}'(0) = [a_2 \varphi'(0) - b_2 \varphi(0) - \psi(0)] / (a_1 + a_2)$ . Отсюда видим, что на множестве  $G_+$  исходная задача (1)–(3) имеет решение (12). Для его дважды непрерывной дифференцируемости на  $G_+$  достаточно требований (6), (10).

Единственность решения (12) в  $G_+$  обеспечивается алгоритмом его поиска: из сужений на  $G_+$  всех классических решений (13) в  $G_\infty$  только решение (12) определено на  $G_+$  и удовлетворяет всем

граничным условиям поставленной выше задачи Пикара. Доказательство независимости единственности решения (12) от решений  $v(c)$  уравнения (9) аналогично доказательству независимости соответствующего решения в [4].

Для любого  $T > 0$  обозначим ограниченные трапеции  $G^T = \{(x, t) \in G_\infty : 0 \leq x + a_2 t \leq (a_1 + a_2)T, 0 \leq t \leq T\}$  и ограниченные треугольники  $G_T^+ = G^T \cap G_+$ . По теореме Банаха о замкнутом графике имеет место устойчивость классического решения (12) в пространстве  $C^2(G_T^+)$  по данным  $f, \varphi, \psi, \mu$  из произведения банаховых пространств  $\hat{C}(G^T), C^2[0, (a_1 + a_2)T], C^1[0, (a_1 + a_2)T], C[0, T]$  соответственно с нормами

$$\begin{aligned} P u P_{C^2(G_T^+)} &= \max_{\{x,t\} \in G_T^+} \sum_{0 \leq m+l \leq 2} \left| \partial_x^m \partial_t^l u(x, t) \right|, \\ P f P_{\hat{C}(G^T)} &= \max_{\{x,t\} \in G^T} \left\{ |f(x, t)| + \sum_{p=1}^2 \sum_{m+l=1}^2 \left| \partial_x^m \partial_t^l J_p(x, t) \right| \right\}, \\ P \varphi P_{C^2[0, (a_1+a_2)T]} &= \max_{0 \leq x \leq (a_1+a_2)T} [|\varphi(x)| + |\varphi'(x)| + |\varphi''(x)|], \\ P \psi P_{C^1[0, (a_1+a_2)T]} &= \max_{0 \leq x \leq (a_1+a_2)T} [|\psi(x)| + |\psi'(x)|], \quad P \mu P_{C[0, T]} = \max_{0 \leq t \leq T} |\mu(t)|. \end{aligned}$$

Эту устойчивость на языке « $\forall \varepsilon > 0 \exists \delta(\varepsilon, T) > 0 \dots$ » можно вывести и из формулы (12).

Для существования единственного классического решения на  $G_\infty$  остается убедиться в совпадении значений частных производных второго порядка от единственного решения  $u_+$  из множества  $G_+$  и предельных значений частных производных второго порядка от единственного решения  $u_-$  из множества  $G_-$  на характеристике  $x = a_1 t$ :

$$\begin{aligned} \left. \frac{\partial^2 u_+}{\partial t^2} \right|_{x=a_1 t} - \left. \frac{\partial^2 u_-}{\partial t^2} \right|_{x=a_1 t} &= a_1^2 e^{-b_1 t} \frac{\mu(0) - Y}{a_1^2 \zeta(0) - a_1 \xi(0) + \theta(0)}, \\ \left. \frac{\partial^2 u_+}{\partial x^2} \right|_{x=a_1 t} - \left. \frac{\partial^2 u_-}{\partial x^2} \right|_{x=a_1 t} &= e^{-b_1 t} \frac{\mu(0) - Y}{a_1^2 \zeta(0) - a_1 \xi(0) + \theta(0)}, \\ \left. \frac{\partial^2 u_+}{\partial x \partial t} \right|_{x=a_1 t} - \left. \frac{\partial^2 u_-}{\partial x \partial t} \right|_{x=a_1 t} &= a_1 e^{-b_1 t} \frac{Y - \mu(0)}{a_1^2 \zeta(0) - a_1 \xi(0) + \theta(0)}. \end{aligned}$$

Если условие согласования (7) выполняется, то эти разности равны нулю. Теорема 1 доказана.

**Следствие 1.** Когда  $f$  зависит только от  $x$  или  $t$  и непрерывна, тогда теорема 1 верна без требований гладкости (10) (см. следствия 2 и 3 в [2]).

**Замечание 1.** Когда коэффициенты граничного режима (3) не зависят от  $t$ , тогда обыкновенное дифференциальное уравнение второго порядка (9) с постоянными коэффициентами всегда имеет в виде экспоненты  $v(\rho) = e^{\lambda \rho} \in C^2[0, \infty[$  частное решение, удовлетворяющее свойствам:  $v(\rho) \neq 0, v'(\rho) \neq 0, \rho \in [0, \infty[$ , из теоремы 1, и не только в случае простых вещественных характеристических корней  $\lambda \neq 0$  уравнения (9). Когда коэффициенты граничного режима (3) зависят от  $t$ , тогда примерами частных решений, удовлетворяющих этим свойствам, некоторых обыкновенных дифференциальных уравнений (9) служат известные функции Чебышева–Эрмита и Чебышева–Лагерра [1].

**Замечание 2.** В частном случае факторизованных нехарактеристических вторых производных в граничном режиме задача (1)–(3) изучена в [6]. В ее теореме 3.1 для правой части  $f \in C(G_\infty)$  вместо

наших функций  $F_1, F_2$  вида (8) с гладкостью (10) использована функция  $F$  вида (14) с достаточными условиями

$$\int_0^t f(|x + (-1)^p a_p(t - \tau)|, \tau) d\tau \in C^1(G_\infty), \quad p = 1, 2. \quad (25)$$

В этой же теореме 3.1 говорится, что в случае  $a_1 = a_2 > 0$  условия (25) являются и необходимыми для дважды непрерывной дифференцируемости функции  $F$  в  $G_\infty$ . Доказательство теоремы 1 работы [2] тоже подтверждает, что эти достаточные условия (25) при  $a_1 = a_2$  являются и необходимыми для того, чтобы функция  $F$  вида (14) была классическим решением уравнения (1) в  $G_+$ . Поэтому в задаче (1)–(3) при  $a_1 \neq a_2$  вместо одного частного классического решения  $F$  уравнения (1) на  $G_\infty$  надо использовать классические решения  $F_1$  на  $G_-$  и  $F_2$  на  $G_+$  из [2], которые очевидно дважды непрерывно дифференцируемы на  $x = a_1 t$  для всех гладких правых частей  $f \in C^1(G_\infty)$ . Затем дважды непрерывная дифференцируемость этих функций  $F_1$  и  $F_2$  на  $x = a_1 t$  предельным переходом по  $f$  распространяется на все указанные в теореме 1 правые части  $f$  уравнения (1). Для обобщенных непрерывно дифференцируемых решений  $F$  и  $F_1, F_2$  этого уравнения в  $G_\infty$  не нужны требования (25) и (10) соответственно, так как, очевидно, необходимо и достаточно одной непрерывности правой части  $f \in C(G_\infty)$ .

**Пример.** Пусть в задаче (1)–(3) коэффициенты  $b_1 = b_2 = 0$ ,  $\zeta(t) \equiv 1$ ,  $\xi(t) \equiv \theta(t) \equiv \alpha(t) \equiv \beta(t) \equiv \gamma(t) \equiv 0$  и исходные данные  $\varphi(x) \equiv \psi(x) \equiv 0$ ,  $\mu(t) \equiv 0$ ,  $f(x, t) = a_1 t - x$  для  $a_1 t \geq x$  и  $f(x, t) = 0$  для  $x > a_1 t$ . Покажем, что при этих коэффициентах и исходных данных для всех  $t > 0$  разрывны на  $x = a_1 t$  первые частные производные от функций  $J_2$  и  $J_3$  из (10). С этой целью в  $J_3$  подставляем данную функцию  $f$ . Сначала выясняем, где в  $J_3$  подинтегральная функция не тождественна нулю. Ответ на подобный вопрос для первого интеграла из  $J_3$  дает решение  $\tau > a_2(t - x/a_1)/(a_1 + a_2)$ ,  $\{x, t\} \in G_+$ , неравенства  $a_2(t - \tau - x/a_1) < a_1 \tau$ . Потом вычисляем первый интеграл

$$Z_1(x, t) = \frac{-a_2}{a_1} \int_0^{t_2(x)} f(a_2(t_2(x) - \tau), \tau) d\tau = \frac{a_2}{a_1} \int_{\frac{a_2(a_1 t - x)}{a_1(a_1 + a_2)}}^{t - x/a_1} [a_2 t_2(x) - (a_1 + a_2)\tau] d\tau = -\frac{a_2(a_1 t - x)^2}{2a_1(a_1 + a_2)}.$$

С помощью неравенства  $x - a_1(t - \tau) < a_1 \tau$ , которое эквивалентно неравенству  $x < a_1 t$  для всех  $\{x, t\} \in G_+$ , в  $J_3$  находим значение второго интеграла

$$Z_2(x, t) = \int_{t_2(x)}^t f(x - a_1(t - \tau), \tau) d\tau = \int_{t - x/a_1}^t [a_1 \tau - x + a_1(t - \tau)] d\tau = \frac{(a_1 t - x)x}{a_1}.$$

Функции  $J_2(x, t) \equiv 0$  и  $J_3(x, t) = Z_1(x, t) + Z_2(x, t)$  очевидно непрерывны на  $x = a_1 t$ , но их первая частная производная по  $t$ , которая в  $G_+$  равна

$$\left. \frac{\partial J_3(x, t)}{\partial t} \right|_{x=a_1 t} = \left[ \frac{\partial Z_1(x, t)}{\partial t} + \frac{\partial Z_2(x, t)}{\partial t} \right] \Big|_{x=a_1 t} = \left[ \frac{a_2(x - a_1 t)}{a_1 + a_2} + x \right] \Big|_{x=a_1 t} = a_1 t \neq 0,$$

разрывна на  $x = a_1 t$  для всех  $t > 0$ . Более того, не трудно убедиться еще в разрыве на  $x = a_1 t$  для всех  $t > 0$  их первых частных производных по  $x$ , равной в  $G_+$  функции

$$\left. \frac{\partial J_3(x, t)}{\partial x} \right|_{x=a_1 t} = \left[ \frac{\partial Z_1(x, t)}{\partial x} + \frac{\partial Z_2(x, t)}{\partial x} \right] \Big|_{x=a_1 t} = \left[ \frac{a_2(a_1 t - x)}{a_1(a_1 + a_2)} + \frac{a_1 t - 2x}{a_1} \right] \Big|_{x=a_1 t} = -t \neq 0.$$

Поэтому не все вторые частные производные от решения смешанной задачи (1)–(3) при указанных выше данных должны быть непрерывными на характеристике  $x = a_1 t$ . Найдем решение  $u_-$  вида (11) и  $u_+$  вида (12) этой смешанной задачи. Для подстановки правой части  $f(x, t) = a_1 t - x$  на  $G_+$  и  $f(x, t) = 0$  на  $G_-$  в функцию  $F_2$  из (8) при  $i=2$  определяем координаты точки  $Q_2\left(\frac{a_2(a_1 t - x)}{a_1 + a_2}, \frac{a_2(a_1 t - x)}{a_1(a_1 + a_2)}\right)$  пересечения характеристик  $s + a_2 \tau = a_2(t - x/a_1)$  и  $s = a_1 \tau$ , а также точки  $Q_3\left(\frac{a_1(x + a_2 t)}{a_1 + a_2}, \frac{x + a_2 t}{a_1 + a_2}\right)$  пересечения характеристик  $s + a_2 \tau = x + a_2 t$  и  $s = a_1 \tau$ . После подстановки указанной выше правой части имеем

$$F_2(x, t) = \frac{1}{a_1 + a_2} \int_{MQQ_1Q'} f(x, t) dx dt = \frac{1}{a_1 + a_2} \int_{MQ_2Q_3Q'} f(x, t) dx dt = (H_1 + H_2 + H_3)(x, t),$$

где координаты точек  $M(x, t)$ ,  $Q(x + a_2 t, 0)$ ,  $Q_1(a_2(t - x/a_1), 0)$ ,  $Q'(0, t - x/a_1)$  (см. трапецию  $MQQ_1Q'$  на рис. 2, б в [2]). Здесь двойные интегралы сводим к повторным:

$$H_1(x, t) = \frac{1}{a_1 + a_2} \int_{\frac{a_2(a_1 t - x)}{a_1(a_1 + a_2)}}^{t - x/a_1} \int_{\frac{a_2(t - x/a_1 - \tau)}{a_1}}^{a_1 \tau} [a_1 \tau - s] ds d\tau = \frac{(a_1 t - x)^3}{6(a_1 + a_2)^2},$$

$$H_2(x, t) = \frac{1}{a_1 + a_2} \int_{t - x/a_1}^{\frac{x + a_2 t}{a_1 + a_2}} \int_{x - a_1(t - \tau)}^{a_1 \tau} [a_1 \tau - s] ds d\tau = \frac{(x - a_1 t)^2}{2(a_1 + a_2)} \left[ \frac{x + a_2 t}{a_1 + a_2} - t + \frac{x}{a_1} \right],$$

$$H_3(x, t) = \frac{1}{a_1 + a_2} \int_{\frac{x + a_2 t}{a_1 + a_2}}^t \int_{x - a_1(t - \tau)}^{x + a_2(t - \tau)} [a_1 \tau - s] ds d\tau = \frac{(x - a_1 t)^3}{6(a_1 + a_2)^2} + \frac{(x - a_1 t)^2}{2(a_1 + a_2)} \left[ t - \frac{x + a_2 t}{a_1 + a_2} \right].$$

В нашем примере решением задачи (1)–(3) служит функция  $u_-(x, t) = F(x, t) \equiv 0$  в  $G_-$  и  $u_+(x, t) = F_2(x, t) = \frac{(x - a_1 t)^2 x}{2a_1(a_1 + a_2)}$  в  $G_+$ . Это решение непрерывно дифференцируемо на  $x = a_1 t$  для всех  $t \geq 0$ . В  $G_+$  вычисляем вторые частные производные

$$\frac{\partial^2 u_+(x, t)}{\partial t^2} = \frac{a_1 x}{a_1 + a_2}, \quad \frac{\partial^2 u_+(x, t)}{\partial t \partial x} = \frac{a_1 t - 2x}{a_1 + a_2}, \quad \frac{\partial^2 u_+(x, t)}{\partial x^2} = \frac{3x - 2a_1 t}{a_1(a_1 + a_2)},$$

которые для всех  $t > 0$  отличаются от нуля на  $x = a_1 t$ . Таким образом, в приведенном примере решение  $u$  задачи (1)–(3) лишь непрерывно дифференцируемо на  $x = a_1 t$ , потому что функции  $J_2$  и  $J_3$  не являются непрерывно дифференцируемыми на критической характеристике  $x = a_1 t$ .

**Заключение.** Нами введено понятие характеристических вторых частных производных в граничном режиме. Мы предложили «метод погружения в решения с фиксированными значениями», который значительно упрощает вычисление решений систем дифференциальных уравнений. Теорема 1 содержит явное классическое решение и критерий корректности (по Адамару) задачи (1)–(3) с нехарактеристическими вторыми производными в нестационарном граничном режиме. Она имеет характер *глобальной теоремы* из [9], потому что в ней входные данные  $f, \varphi, \psi, \mu$  не продолжаются вне множеств их задания. Теорема, полученная продолжениями этих данных, может не давать необходимые условия корректности, является частным случаем теоремы 1 и поэтому названа *локальной теоремой* в [9]. Необходимость условий корректности такой теоремы

требует более тщательного обоснования. Промежуточным результатам настоящей работы посвящены доклады [10; 11]. Глобальная теорема с классическим решением и критерием корректности первой смешанной задачи для простейшего уравнения колебаний ограниченной струны дана в замечании 2.6 диссертации [6]. Все три теоремы и три следствия из [2] о методе корректировки пробных решений без доказательств приведены в [12].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонов, А.Н. Уравнения математической физики / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. – М.: Наука, 2004. – 798 с.
2. Ломовцев, Ф.Е. Метод корректировки пробных решений общего волнового уравнения в первой четверти плоскости для минимальной гладкости его правой части / Ф.Е. Ломовцев // Журн. Белорус. гос. ун-та. Математика. Информатика. – 2017. – № 3. – С. 38–52.
3. Иосида, К. Функциональный анализ / К. Иосида. – М.: Мир, 1967. – 624 с.
4. Ломовцев, Ф.Е. Смешанная задача для неоднородного уравнения колебаний полуограниченной струны при нестационарных первой косо и второй производной по  $X$  в граничном условии / Ф.Е. Ломовцев, В.В. Шоломицкая // Вестник БГУ. – 2016. – Сер. 1, № 2. – С. 95–102.
5. Барановская, С.Н. Смешанная задача для уравнения колебания струны с зависящей от времени косо производной в краевом условии / С.Н. Барановская, Н.И. Юрчук // Дифференц. уравнения. – 2009. – Т. 45, № 8. – С. 1188–1191.
6. Новиков, Е.Н. Смешанные задачи для уравнения вынужденных колебаний ограниченной струны при нестационарных граничных условиях с первой и второй косо производными: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.01.02 / Е.Н. Новиков; Институт математики НАН Беларуси. – Минск, 2017. – 25 с.
7. Юрчук, Н.И. Необходимые условия для существования классических решений уравнения колебаний полуограниченной струны / Н.И. Юрчук, Е.Н. Новиков // Весті НАН Беларусі. Сер. фіз.-мат. навук. – 2016. – № 4. – С. 116–120.
8. Моисеев, Е.И. Неоднородное факторизованное гиперболическое уравнение второго порядка в четверти плоскости при полунестационарной факторизованной второй косо производной в граничном условии / Е.И. Моисеев, Ф.Е. Ломовцев, Е.Н. Новиков // Доклады Академии наук. – 2014. – Т. 459, № 5. – С. 544–549.
9. Ломовцев, Ф.Е. О глобальных теоремах с явными решениями и условиями корректности начально-краевых задач для уравнения колебаний ограниченной струны / Ф.Е. Ломовцев // Материалы междунар. конф. «ВЗМШ С.Г. Крейна-2016», Воронеж, 25–31 янв. 2016 г. – Воронеж, 2016. – С. 276–279.
10. Лысенко, В.В. Решение краевой задачи для уравнения колебаний в четверти плоскости с нехарактеристическими вторыми производными в граничном условии / В.В. Лысенко, Ф.Е. Ломовцев // Сборник материалов междунар. конф., посвященной 100-летию С.Г. Крейна, Воронеж, 13–19 нояб. 2017 г. – Воронеж, 2017. – С. 136–137.
11. Лысенко, В.В. Решение и критерий корректности смешанной задачи для общего уравнения колебаний полуограниченной струны при нехарактеристических и нестационарных вторых производных на границе / В.В. Лысенко, Ф.Е. Ломовцев // Еругинские чтения–2019: материалы междунар. науч. конф., Могилев, 14–17 мая 2019 г.: в 2 ч. / Институт математики НАН Беларуси. – Минск, 2019. – Ч. 2. – С. 30–32.
12. Ломовцев, Ф.Е. Метод корректировки решений общего одномерного волнового уравнения в первой четверти плоскости для минимальной гладкости правой части / Ф.Е. Ломовцев // Сборник материалов междунар. конф., посвященной 100-летию С.Г. Крейна, Воронеж, 13–19 нояб. 2017 г. – Воронеж, 2017. – С. 131–134.

## REFERENCES

1. Tikhonov A.N., Samarskiy A.A. *Upravneniia matematicheskoi fiziki* [The Equations of Mathematical Physics] // Moscow: Nauka, 2004, 798 p.
2. Lomautsau F.E. *Zhurnal Belorusskogo gos. universiteta. Matematika. Informatika* [Journal of Belarusian State University. Mathematics. Information Science], 2017, 3, pp. 38–52.
3. Yoshida K. *Funktionalniy analiz* [Functional Analysis] // Moscow: Mir, 1967, 624 p.
4. Lomovtsev F.E., Sholomitskaya V.V. *Vestnik BGU* [Bulletin of BSU], 2016. Ser. 1, 2, pp. 95–102.
5. Baranovskaya S.N., Yurchuk N.I. *Differentsialniye uravneniya* [Differential Equations], 2009, 45(8), pp. 1188–1191. Doi:10.1134/S0012266109080126.
6. Novikov E.N. *Smeshanniye zadachi dlia uravneniya vynuzhdennykh kolebaniy ograniichennoi struny pri nestatsionarnykh granichnykh usloviyakh s pervoi i vtoroi kosoi proizvodnymi: Avtoref. dis. ... kan-ta fiz.-mat. nauk* [Mixed problems for the Forced Oscillation Equation of a Bounded String in the Unsteady Boundary Conditions with the First and Second Oblique Derivatives. Abstract of PhD (Physics and mathematics) Thesis]. Minsk, Institute of Mathematic of National Academy of Sciences of Belarus, 2017, 25 p.
7. Yurchuk N.I., Novikov E.N. *Vesti NAN Belarusi. Ser. fiz.-mat. nauk*. [Journal of NAS of Belarus. Physical and Mathematical Sciences], 2016, 4, pp. 116–120.
8. Moiseyev E.N., Lomovtsev F.E., Novikov E.N. *Doklady Akademii Nauk* [Academy of Sciences Reports], 2014, 5(459), pp. 544–549.
9. Lomovtsev F.E. *Materiali mezhdunar. konf. «VZMSh S.G. Kreina-2016»* [Proceedings of Intern. Conf. «VZMSh S.G. Krein-2016» (Voronezh, January 25 – January 31, 2016)], Voronezh, 2016, pp. 276–279.
10. Lysenko V.V., Lomovtsev F.E. *Sbornik materialov mezhdunar. konf., posviashchennoi 100-letiyu S.G. Kreina (Voronezh 13 noyabria – 19 noyabria 2017 g.)* [Collected Materials of Intern. Conf., Dedicated to the 100th Anniversary of S.G. Crane (Voronezh, November 13 – November 19, 2017)], Voronezh, 2017, pp. 136–137.
11. Lysenko V.V., Lomovtsev F.E. *Materiali Mezhdunar. nauch. konf. (Yeruginskiye chteniya – 2019) Mogilev 14 maya – 17 maya 2019 g.* [Proceedings of Intern. Scientific Conf. (Yerugin Readings–2019) Mogilyov, May 14 – May 17, 2019], Mn.: Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Belarus, 2019, pp. 30–32.
12. Lomovtsev F.E. *Sbornik materialov mezhdunar. konf. posviashchennoi 100-letiyu S.G. Kreina (Voronezh 13 noyabria – 19 noyabria 2017 g.)* [Collected Materials of Intern. Conf., Dedicated to the 100th Anniversary of S.G. Crane (Voronezh, November 13 – November 19, 2017)], Voronezh, 2017, pp. 131–134.

Поступила в редакцию 23.05.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: lomovtsev@bsu.by – Ломовцев Ф.Е.

## МНОГОМЕРНОЕ ОБЩЕЕ ИНТЕГРАЛЬНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ ФУНКЦИЯМИ В ЯДРЕ

С.М. Ситник\*, О.В. Скоромник\*\*, С.А. Шлапаков\*\*\*

\*Белгородский государственный национальный исследовательский университет (Россия)

\*\*Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»

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

*Настоящая работа посвящена изучению свойств многомерного общего интегрального преобразования в весовых пространствах измеримых комплекснозначных функций.*

*Цель – построение теории рассматриваемого интегрального преобразования в весовых пространствах суммируемых функций.*

**Материал и методы.** Исследуется многомерное общее интегральное преобразование в весовых пространствах суммируемых функций в области  $R_+^n = R_+^1 \times R_+^1 \times \dots \times R_+^1$ . При этом используются методы функционального анализа и интегральных уравнений.

**Результаты и их обсуждение.** В работе исследовано многомерное общее интегральное преобразование и построена его  $L_{\bar{\nu}, \bar{2}}$ -теория. Приведены условия ограниченности и взаимной однозначности оператора такого преобразования из одних весовых пространств  $L_{\bar{\nu}, \bar{2}}$  в другие, доказан аналог формулы интегрирования по частям, получены различные интегральные представления для рассматриваемого преобразования.

**Заключение.** Результаты исследований обобщают полученные ранее для соответствующего одномерного преобразования.

**Ключевые слова:** многомерное общее интегральное преобразование со специальными функциями в ядрах, многомерное преобразование Меллина, пространство интегрируемых функций, дробные интегралы и производные.

## MULTIDIMENSIONAL GENERAL INTEGRAL TRANSFORMATION WITH SPECIAL FUNCTIONS IN THE KERNEL

S.M. Sitnik\*, O.V. Skoromnik\*\*, C.A. Shlapakov\*\*\*

\*Belgorod State National Research University (Russia)

\*\*Educational Establishment «Polotsk State University»

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

*The paper dwells upon the study of the properties of the multidimensional general integral transformation in weight spaces of summable functions.*

*The research purpose is building up a theory of the considered integral transformation in weight spaces of summable functions.*

**Material and methods.** A multidimensional general integral transform on the space of summable functions on a domain  $R_{+, \dots, +}^n = R_+^1 \times R_+^1 \times \dots \times R_+^1$  is considered. In the research the methods of functional analysis and integral equations are used.

**Findings and their discussion.**  $L_{\bar{\nu}, \bar{2}}$ -theory of a multidimensional general integral transformation was studied and constructed.

Conditions for the boundedness and one-to-one operator of such a transformation from one  $L_{\bar{\nu}, \bar{2}}$ -space to another were given, an analogue of the integration formula in parts was proved, various integral representations for the transformation under consideration were established.

**Conclusion.** The research findings generalize the well know findings for corresponding one-dimensional integral transformation.

**Key words:** multidimensional general integral transformation with special functions in the kernel, multidimensional Mellin transforms, the space of integrable functions, fractional integrals and derivatives.

**В** настоящей работе исследовано многомерное общее интегральное преобразование. Схема изучения аналогична процессу построения теории  $H$ -преобразования, центральное место в которой отведено вопросам ограниченного и взаимно однозначного действия соответствующего интегрального оператора в пространствах интегрируемых функций с весом, сосредоточенным в нуле и на бесконечности.

Цель – построение теории рассматриваемого интегрального преобразования в весовых пространствах суммируемых функций.

**Материал и методы.** В статье рассматривается многомерное общее интегральное преобразование. Исследуются функциональные и композиционные свойства интегрального преобразования в пространствах суммируемых функций. При решении поставленных задач используются в основном методы функционального анализа. Важная роль отводится также теории интегральных преобразований и специальных функций, включающей теорию дробных интегралов и производных.

**Результаты и их обсуждение.** Построена  $L_{\bar{v}, \bar{2}}$ -теория многомерного общего интегрального преобразования, даны условия ограниченности и взаимной однозначности оператора такого преобразования из одних пространств  $L_{\bar{v}, \bar{2}}$  в другие, доказан аналог формулы интегрирования по частям, установлены различные интегральные представления для рассматриваемого преобразования.

**1. Введение.** Используется многомерное интегральное преобразование:

$$(Kf)(x) = \bar{h} x^{1-(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}} \frac{d}{dx} x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}} \int_0^\infty k(xt) f(t) dt \quad (x > 0), \quad (1.1)$$

где  $x = (x_1, \dots, x_n) \in R^n$ ;  $t = (t_1, \dots, t_n) \in R^n$  – векторы;  $R^n$  – Евклидово  $n$ -мерное пространство;

$x \cdot t = \sum_{k=1}^n x_k t_k$  – их скалярное произведение, в частности  $x \cdot 1 = \sum_{k=1}^n x_k$  для  $1 = (1, \dots, 1)$ ;  $x > t$  означает

$x_1 > t_1, \dots, x_n > t_n$  и аналогично для знаков  $\geq, <, \leq$  [1, §28.4]; ядро  $k(xt) = k(x_1 t_1) \cdot k(x_2 t_2) \cdots k(x_n t_n)$  есть произведение некоторых специальных функций;  $\bar{\lambda} = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n) \in C^n$ ;  $\bar{h} = (h_1, h_2, \dots, h_n)$ ,

$h_1 \in R \setminus \{0\}, h_2 \in R \setminus \{0\}, \dots, h_n \in R \setminus \{0\}$ ;  $\frac{d}{dx} = \frac{d}{dx_1 dx_2 \cdots dx_n}$ ;  $\int := \int_0^\infty \int_0^\infty \cdots \int_0^\infty$ ;  $N = \{1, 2, \dots\}$  – множество

натуральных чисел,  $N_0 = N \cup \{0\}$ ,  $N_0^n = N_0 \times N_0 \times \dots \times N_0$ ,  $R_+^n = \{x \in R^n, x > 0\}$ ;

$k = (k_1, \dots, k_n) \in N_0^n = N_0 \times \dots \times N_0$ , где  $k_i \in N_0$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) – мультииндекс с  $k! = k_1! \dots k_n!$  и  $|k| = k_1 + k_2 + \dots + k_n$ ;

$$D^k = \frac{\partial^{|k|}}{(\partial x_1)^{k_1} (\partial x_2)^{k_2} \dots (\partial x_n)^{k_n}}; \quad dt = dt_1 \cdot dt_2 \dots dt_n; \quad f(t) = f(t_1, t_2, \dots, t_n).$$

Настоящая работа посвящена изучению преобразования (1.1) в весовых пространствах  $L_{\bar{v}, \bar{2}}$ ,  $\bar{v} = (v_1, \dots, v_n) \in R^n$  ( $v_1 = v_2 = \dots = v_n$ ),  $\bar{2} = (2, \dots, 2)$ , интегрируемых функций  $f(x) = f(x_1, \dots, x_n)$  на  $R_{+,\dots,+}^n$ , для которых  $\|f\|_{\bar{v}, \bar{2}} < \infty$ , где

$$\|f\|_{\bar{v}, \bar{2}} = \left\{ \int_{R_+^1} x_n^{v_n \cdot 2 - 1} \left\{ \dots \left\{ \int_{R_+^1} x_2^{v_2 \cdot 2 - 1} \left\{ \int_{R_+^1} x_1^{v_1 \cdot 2 - 1} |f(x_1, \dots, x_n)|^2 dx_1 \right\} dx_2 \right\} \dots \right\} dx_n \right\}^{1/2} < \infty. \quad (1.2)$$

В исследованиях преобразований типа (1.1) используется технология многомерного преобразования Меллина

$$(Mf)(s) = f^*(s) = \int_{R_{+,\dots,+}^n} f(t) t^{s-1} dt.$$

Для преобразований (1.1) имеет место аналог многомерного равенства Парсеваля в виде

$$\int_0^{\infty} k(xt)f(t)dt = \frac{1}{(2\pi i)^n} \int_{c_1-i\infty}^{c_1+i\infty} \int_{c_2-i\infty}^{c_2+i\infty} \dots \int_{c_n-i\infty}^{c_n+i\infty} (Mk)(s)(Mf)(1-s)x^{-s} ds, \quad (1.3)$$

где бесконечные контуры интегрирования  $(c_k - i\infty, c_k + i\infty)$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) начинаются в точках  $c_k - i\infty$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) и заканчиваются в точках  $c_k + i\infty$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ), где  $c_k \in R$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) – некоторые вещественные постоянные. Преобразование Меллина ядер гипергеометрического типа представляет собой отношение произведений гамма-функций Эйлера  $\Gamma(z)$ , асимптотика которых в соответствии с формулой Стирлинга имеет степенно-экспоненциальный характер. Это в свою очередь позволяет изучать в совокупности данный класс интегральных преобразований в весовых пространствах суммируемых функций и получать формулы обращения непосредственно, исходя из равенства (1.3) и сверточной структуры класса преобразований (1.1) [2; 3].

Результаты исследований обобщают полученные ранее для соответствующего одномерного преобразования [4, гл. 3].

**2. Предварительные сведения.** Обозначим через  $[X, Y]$  множество ограниченных линейных операторов, действующих из банахова пространства  $X$  в банахово пространство  $Y$ .

Через  $L_{\bar{v}, \bar{r}}$ ,  $\bar{v} = (v_1, \dots, v_n) \in R^n$ ,  $\bar{r} = (r_1, r_2, \dots, r_n) \in R^n$ ,  $1 < \bar{r} < \infty$ , обозначим весовое пространство интегрируемых функций  $f(x) = f(x_1, \dots, x_n)$  на множестве  $R_{+...+}^n$ , для которых  $\|f\|_{\bar{v}, \bar{r}} < \infty$ , где

$$\|f\|_{\bar{v}, \bar{r}} = \left\{ \int_{R_+^1} x_1^{v_1 r_1 - 1} \dots \left\{ \int_{R_+^1} x_2^{v_2 r_2 - 1} \left\{ \int_{R_+^1} x_1^{v_1 r_1 - 1} |f(x_1, \dots, x_n)|^{r_1} dx_1 \right\}^{r_2/r_1} dx_2 \right\}^{r_3/r_2} \dots dx_n \right\}^{1/r_n} < \infty. \quad (2.1)$$

Для функции  $f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \in L_{\bar{v}, \bar{r}}$  ( $\bar{v} = (v_1, \dots, v_n) \in R^n, v_1 = v_2 = \dots = v_n, 1 \leq \bar{r} \leq 2$ ) многомерное преобразование Меллина  $(Mf)(s)$  определяется равенством

$$(Mf)(s) = f^*(s) = \int_{R^n} f(e^{\tau}) e^{s\tau} d\tau, \quad (2.2)$$

$s = v + it; v = (v_1, v_2, \dots, v_n), t = (t_1, t_2, \dots, t_n) \in R^n$ .

Если  $f \in L_{\bar{v}, \bar{r}} \cap L_{\bar{v}, 1}$ , то (2.1) совпадает с классическим многомерным преобразованием Меллина функции  $f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  ( $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R_{+...+}^n$ ), определяемым формулой [5, формула 1.4.42]:

$$(Mf)(s) = f^*(s) = \int_{R_{+...+}^n} f(t) t^{s-1} dt, \quad \text{Re}(s) = v, \quad (2.3)$$

$R_{+...+}^n = \{t = (t_1, t_2, \dots, t_n) \in R^n : t_j > 0 (j = 1, 2, \dots, n)\}$ ,  $s = (s_1, s_2, \dots, s_n), s_j \in C (j = 1, 2, \dots, n)$ .

Обратное преобразование Меллина для  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R_{+...+}^n$  дается формулой [5, формула (1.4.43)]; 6]:

$$(M^{-1}g)(x) = M^{-1}[g(s)](x) = \frac{1}{(2\pi i)^n} \int_{\gamma_1-i\infty}^{\gamma_1+i\infty} \dots \int_{\gamma_n-i\infty}^{\gamma_n+i\infty} x^{-s} g(s) ds, \quad \gamma_j = \text{Re}(s_j) (j = 1, 2, \dots, n). \quad (2.4)$$

Нам понадобятся следующие пространства.

Через  $L_{\bar{p}}(R^n)$ , как обычно, обозначим пространство функций  $f(x) = f(x_1, \dots, x_n)$ , для которых

$$\|f\|_{\bar{p}} = \left\{ \int_{R^n} |f(x)|^{\bar{p}} dx \right\}^{1/\bar{p}} < \infty, \quad \bar{p} = (p_1, p_2, \dots, p_n), 1 \leq \bar{p} < \infty. \quad (2.5)$$

При  $\bar{p} = \infty$  пространство  $L_\infty(R^n)$  вводится как совокупность всех измеримых функций с конечной нормой

$$\|f\|_{L_\infty(R^n)} = \text{ess sup} |f(x)|, \quad (2.6)$$

где  $\text{ess sup} |f(x)|$  – это так называемый существенный супремум функции  $|f(x)|$  [7].

На основании утверждения 3.1 [4] непосредственно проверяется справедливость следующих свойств преобразования Меллина (2.2).

**Лемма 2.1.** *Справедливы следующие свойства преобразования Меллина (2.2):*

(a) преобразование (2.2) есть унитарное отображение пространства  $L_{\bar{v}, \bar{2}}$ ,  $\bar{v} = (v_1, \dots, v_n) \in R^n$  ( $v_1 = v_2 = \dots = v_n$ ), на пространство  $L_2(R^2)$ ;

(b) для  $f \in L_{\bar{v}, \bar{2}}$ ,  $\bar{v} = (v_1, \dots, v_n) \in R^n$  ( $v_1 = v_2 = \dots = v_n$ ),

$$f(x) = \frac{1}{(2\pi i)^n} \lim_{\substack{R_1 \rightarrow \infty \\ R_2 \rightarrow \infty \\ \dots \\ R_n \rightarrow \infty}} \int_{v_1 - iR_1}^{v_1 + iR_1} \int_{v_2 - iR_2}^{v_2 + iR_2} \dots \int_{v_n - iR_n}^{v_n + iR_n} (Mf)(s) x^{-s} ds, \quad (2.7)$$

где предел берется в топологии пространства  $L_{\bar{v}, \bar{2}}$  ( $\bar{v} = (v_1, \dots, v_n) \in R^n$ ), и если

$F(\bar{v} + it) = F_1(v_1 + it_1)F_2(v_2 + it_2) \dots F_n(v_n + it_n)$ ,  $F_k(v_k + it_k) \in L_1(-R, R)$ ,  $k=1, 2, \dots, n$ , то

$$\int_{v_1 - iR_1}^{v_1 + iR_1} \int_{v_2 - iR_2}^{v_2 + iR_2} \dots \int_{v_n - iR_n}^{v_n + iR_n} F(s) ds = i^n \int_{-R_1 - R_2}^{R_1} \int_{-R_2}^{R_2} \dots \int_{-R_n}^{R_n} F(\bar{v} + it) dt. \quad (2.8)$$

(c) Для функции  $f \in L_{\bar{v}, \bar{2}}$  и функции  $g \in L_{1-\bar{v}, \bar{2}}$  справедливо равенство

$$\int_0^\infty f(x)g(x)dx = \frac{1}{(2\pi i)^n} \int_{\bar{v}-i\infty}^{\bar{v}+i\infty} (Mf)(s)(Mg)(1-s)ds. \quad (2.9)$$

Для функции  $f$  определим почти всюду в  $R_{+...+}^n$  элементарные операторы  $M_\xi$ ,  $W_\delta$ ,  $R$  [5, формулы (1.4.52), (1.4.53), (1.3.6)] и оператор  $C_v$  [4, формула (3.2.4)]:

$$(M_\xi f)(x) = x^\xi f(x) \quad (x \in R^n, \xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n) \in C^n), \quad (2.10)$$

$$(Rf)(x) = \frac{1}{x} f\left(\frac{1}{x}\right) \quad (x \in R^2), \quad (2.11)$$

$$(W_\delta f)(x) = f\left(\frac{x}{\delta}\right) \quad (x \in R^n, \delta = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n) \in R_{+...+}^n), \quad (2.12)$$

$$(C_v f)(x) = e^{v \cdot x} f(e^x) = e^{v_1 x_1} \cdot e^{v_2 x_2} \dots e^{v_n x_n} f(e^{x_1}, e^{x_2}, \dots, e^{x_n}). \quad (2.13)$$

Известно, что преобразование Меллина (2.2) от преобразований  $M_\xi f$  и  $Rf$  равно соответственно [5, формулы (1.4.44), (1.4.46)]:

$$(M M_\xi f)(s) = (M f)(s + \xi) \quad ((\text{Re}(s) = \bar{v} - \text{Re}(\xi)) : \text{Re}(s_1) = v_1 - \text{Re}(\xi_1), \text{Re}(s_2) = v_2 - \text{Re}(\xi_2)), \quad (2.14)$$

$$(M Rf)(s) = (M f)(1-s) \quad (\text{Re}(s) = v : \text{Re}(s_1) = v_1, \text{Re}(s_2) = v_2). \quad (2.15)$$

С учетом леммы 3.1 [4], равенства (2.14), (2.15) [5, глава 1], а также леммы 2.1 [8–10] непосредственно проверяется, что операторы  $M_\xi$ ,  $R$ ,  $W_\delta$ ,  $C_v$  обладают следующими свойствами.

**Лемма 2.2.** *Для  $\bar{v} = (v_1, v_2, \dots, v_n) \in R_{+...+}^n$ ,  $v_1 = v_2 = \dots = v_n$ , и  $1 \leq \bar{r} < \infty$  верны следующие утверждения:*

(a)  $M_\xi$  является изометрическим изоморфизмом  $L_{\bar{v}, \bar{r}}$  на  $L_{\bar{v}-\text{Re}(\xi), \bar{r}}$ ; если  $f \in L_{\bar{v}, \bar{r}}$  ( $1 \leq \bar{r} \leq 2$ ), то

$$(M M_\xi f)(s) = (M f)(s + \xi) \quad (\text{Re}(s) = \bar{v} - \text{Re}(\xi)); \quad (2.16)$$

(b)  $\mathbf{R}$  является изометрическим изоморфизмом  $L_{\bar{v},\bar{r}}$  на  $L_{1-\bar{v},\bar{r}}$ ; если  $f \in L_{\bar{v},\bar{r}}$  ( $1 \leq \bar{r} \leq 2$ ), то

$$(M \mathbf{R}f)(s) = (M f)(1-s) \quad (\operatorname{Re}(s) = \bar{v}); \quad (2.17)$$

(c)  $\mathbf{W}_\delta$  является ограниченным изоморфизмом  $L_{\bar{v},\bar{r}}$  на себя и если  $f \in L_{\bar{v},\bar{r}}$  ( $1 \leq \bar{r} \leq 2$ ), то

$$(M \mathbf{W}_\delta f)(s) = \delta^s (M f)(s) \quad (\operatorname{Re}(s) = \bar{v}); \quad (2.18)$$

(d)  $C_v$  является изометрическим изоморфизмом  $L_{\bar{v},\bar{r}}$  на  $L_{\bar{r}}(R^n)$ .

**3.  $L_{\bar{v},\bar{2}}$  - теория многомерного  $Kf$  - преобразования.** Рассмотрим преобразование (1.1):

$$(Kf)(x) = \bar{h} x^{1-(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}} \frac{d}{dx} x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}} \int_0^\infty k(xt) f(t) dt \quad (x > 0),$$

где ядро  $k \in L_{1-\bar{v},\bar{2}}$ ;  $\bar{\lambda} = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n) \in C^n$ ;  $\bar{h} = (h_1, h_2, \dots, h_n) \in C^n$  и  $h_1 \in R \setminus \{0\}$ ,  $h_2 \in R \setminus \{0\}$ , ...,  $h_n \in R \setminus \{0\}$ .

**Теорема (а)** Пусть оператор преобразования (1.1) удовлетворяет условию  $K \in [L_{\bar{v},\bar{2}}, L_{1-\bar{v},\bar{2}}]$ , тогда ядро  $k \in L_{1-\bar{v},\bar{2}}$  в правой части (1.1). Если для  $v_1 \neq 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_1) + 1) / h_1$ ,  $v_2 \neq 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_2) + 1) / h_2, \dots$ ,  $v_n \neq 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_n) + 1) / h_n$  ( $v_1 = v_2 = \dots = v_n$ ) выполняется

$$(M k)(1 - \bar{v} + it) = \frac{\omega(t)}{\bar{\lambda} + 1 - (1 - \bar{v} + it)\bar{h}}, \quad (3.1)$$

тогда  $\omega \in L_\infty(R^n)$ , и для функции  $f \in L_{\bar{v},\bar{2}}$  имеет место формула

$$(M Kf)(1 - \bar{v} + it) = \omega(t)(M f)(\bar{v} - it). \quad (3.2)$$

(б) Обратно, для функции  $\omega \in L_\infty(R^n)$ ,  $\bar{v} = (v_1, v_2, \dots, v_n) \in R^n$  ( $v_1 = v_2 = \dots = v_n$ ) и  $\bar{h} = (h_1, h_2, \dots, h_n) \in R_{+\dots}^n$  существует преобразование  $K \in [L_{\bar{v},\bar{2}}, L_{1-\bar{v},\bar{2}}]$  такое, что (3.2) выполняется для  $f \in L_{\bar{v},\bar{2}}$ . Более того, если  $v_1 \neq 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_1) + 1) / h_1$ ,  $v_2 \neq 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_2) + 1) / h_2, \dots$ ,  $v_n \neq 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_n) + 1) / h_n$  ( $v_1 = v_2 = \dots = v_n$ ), то преобразование  $Kf$  дается (1.1) с ядром  $k$ , определяемым соотношением (3.1).

(в) При выполнении условий (а) или (б) с  $\omega \neq 0$  преобразование  $K$  взаимно однозначно действует из пространства  $L_{\bar{v},\bar{2}}$  в пространство  $L_{1-\bar{v},\bar{2}}$ , если к тому же  $1/\omega \in L_\infty(R^n)$ , то  $K$  отображает  $L_{\bar{v},\bar{2}}$  на  $L_{1-\bar{v},\bar{2}}$  и для функций  $f \in L_{\bar{v},\bar{2}}$  и  $g \in L_{\bar{v},\bar{2}}$  выполняется равенство:

$$\int_0^\infty f(x)(Kg)(x) dx = \int_0^\infty (Kf)(x)g(x) dx. \quad (3.3)$$

**Д о к а з а т е л ь с т в о.** (а) Пусть  $K \in [L_{\bar{v},\bar{2}}, L_{1-\bar{v},\bar{2}}]$ , где  $v_1 \neq 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_1) + 1) / h_1$ ,  $v_2 \neq 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_2) + 1) / h_2, \dots$ ,  $v_n \neq 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_n) + 1) / h_n$  ( $v_1 = v_2 = \dots = v_n$ ). Рассмотрим случай  $v_1 > 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_1) + 1) / h_1$ ,  $v_2 > 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_2) + 1) / h_2, \dots$ ,  $v_n > 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_n) + 1) / h_n$ . Для действительных чисел  $a_1 > 0$ ,  $a_2 > 0, \dots$ ,  $a_n > 0$  определим функцию

$$g_a(t) = \begin{cases} t^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}-1}, & 0 < t < a; \\ 0, & t > a; \end{cases} \quad (3.4)$$

$$= \begin{cases} t_1^{(\lambda_1+1)/h_1-1} t_2^{(\lambda_2+1)/h_2-1} \dots t_n^{(\lambda_n+1)/h_n-1}, & 0 < t_1 < a_1, 0 < t_2 < a_2, \dots, 0 < t_n < a_n; \\ 0, & t_1 > a_1, t_2 > a_2, \dots, t_n > a_n. \end{cases}$$

Тогда

$$\|g_a\|_{\bar{v},\bar{2}} = \left\{ \int_0^{a_n} t_n^{v_n-2-1} \dots \left[ \int_0^{a_2} t_2^{v_2-2-1} \left[ \int_0^{a_1} t_1^{v_1-2-1} \left| t_1^{(\lambda_1+1)/h_1-1} t_2^{(\lambda_2+1)/h_2-1} \dots t_n^{(\lambda_n+1)/h_n-1} \right|^2 dt_1 \right] dt_2 \right] \dots dt_n \right\}^{1/2} =$$

$$= \left\{ \int_0^{a_n} t_n^{2((\lambda_2+1)/h_2+\nu_2-1)-1} dt_n \dots \int_0^{a_1} t_1^{2((\lambda_1+1)/h_1+\nu_1-1)-1} dt_1 \right\}^{1/2} = \left\{ \int_0^a t^{2((\bar{\lambda}+1)/\bar{h}+\bar{\nu}-1)-1} dt \right\}^{1/2} < \infty,$$

что означает  $g_a(t) \in L_{\bar{\nu}, \bar{2}}$ . Следовательно,

$$\begin{aligned} (K g_1)(x) &= \bar{h} x^{1-(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}} \frac{d}{dx} x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}} \int_0^\infty \dots \int_0^\infty k(xt) t^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}-1} dt = \\ &= \bar{h} x^{1-(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}} \frac{d}{dx} x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}} \int_0^1 \dots \int_0^1 k(xt) t^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}-1} dt = \\ &= h_1 h_2 \dots h_n x_1^{1-(\lambda_1+1)/h_1} x_2^{1-(\lambda_2+1)/h_2} \dots x_n^{1-(\lambda_n+1)/h_n} \frac{d}{dx} x_1^{(\lambda_1+1)/h_1} x_2^{(\lambda_2+1)/h_2} \dots x_n^{(\lambda_n+1)/h_n} \times \\ &\times \int_0^1 \dots \int_0^1 k(x_1 t_1) \cdot k(x_2 t_2) \dots k(x_n t_n) t_1^{(\lambda_1+1)/h_1-1} t_2^{(\lambda_2+1)/h_2-1} \dots t_n^{(\lambda_n+1)/h_n-1} dt_1 dt_2 \dots dt_n = \\ &= [x_i t_i = \tau_i, i = 1, 2, \dots, n] = \\ &= h_1 h_2 \dots h_n x_1^{1-(\lambda_1+1)/h_1} x_2^{1-(\lambda_2+1)/h_2} \dots x_n^{1-(\lambda_n+1)/h_n} \frac{d}{dx} \int_0^{x_n} \int_0^{x_{n-1}} \dots \int_0^{x_1} k(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n) \tau^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}-1} d\tau = \bar{h} k(x). \end{aligned}$$

Таким образом,  $K g_1 = \bar{h} k$ . Отсюда, так как  $K \in [L_{\bar{\nu}, \bar{2}}, L_{1-\bar{\nu}, \bar{2}}]$ , то  $k \in L_{1-\bar{\nu}, \bar{2}}$ .

Учитывая, что  $f \in L_{\bar{\nu}, \bar{2}}$  и  $k \in L_{1-\bar{\nu}, \bar{2}}$ , с использованием неравенства Коши–Буняковского [11]:

$$\left| \int_a^b f(x)g(x)dx \right| \leq \left( \int_a^b |f(x)|^2 dx \right)^{1/2} \left( \int_a^b |g(x)|^2 dx \right)^{1/2} \quad (-\infty \leq a < b \leq \infty), \quad (3.5)$$

будем иметь

$$\begin{aligned} \left| x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}} \int_0^\infty k(xt) f(t) dt \right| &= \left| x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}} \int_0^\infty \{t^{1/2-\bar{\nu}} k(xt)\} \{t^{-1/2+\bar{\nu}} f(t)\} dt \right| \leq \\ &\leq x^{(\text{Re}(\bar{\lambda})+1)/\bar{h}} \left\{ \int_0^\infty |t^{1-\bar{\nu}} k(xt)|^2 \frac{dt}{t} \right\}^{1/2} \|f\|_{\bar{\nu}, \bar{2}} = x^{\bar{\nu}-1+(\text{Re}(\bar{\lambda})+1)/\bar{h}} \|k\|_{1-\bar{\nu}, \bar{2}} \|f\|_{\bar{\nu}, \bar{2}} = o(1) \end{aligned}$$

при  $x_1 \rightarrow +0, x_2 \rightarrow +0, \dots, x_n \rightarrow +0$ . Интегрируя обе части соотношения (1.1), получаем:

$$\int_0^x t^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}-1} (K f)(t) dt = \bar{h} x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}} \int_0^\infty k(xt) f(t) dt \quad (x > 0). \quad (3.6)$$

Для действительного  $x > 0$  и  $\text{Re}(s) + [\text{Re}(\bar{\lambda}) + 1] / \bar{h} > 1$  получаем формулу преобразования Меллина (2.3) функции  $g_x(t)$ :

$$(M g_x)(s) = \frac{\bar{h} x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}+s-1}}{\bar{\lambda} + 1 - \bar{h}(1-s)}. \quad (3.7)$$

Поскольку  $f \in L_{\bar{\nu}, \bar{2}}$  и  $g_x \in L_{\bar{\nu}, \bar{2}}$ , учитывая (2.9), получаем

$$\begin{aligned} \int_0^x t^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}-1} (K f)(t) dt &= \int_0^\infty g_x(t) (K f)(t) dt = \frac{1}{(2\pi i)^n} \int_{\bar{\nu}-i\infty}^{\bar{\nu}+i\infty} (M g_x)(s) (M K f)(1-s) ds = \\ &= \frac{\bar{h} x^{\bar{\nu}-1+(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}}}{(2\pi)^n} \int_{-\infty}^{+\infty} x^{-it} \frac{(M K f)(1-\bar{\nu}+it)}{\bar{\lambda} + 1 - (1-\bar{\nu}+it)\bar{h}} dt. \end{aligned} \quad (3.8)$$

Аналогично из (2.9) и (2.18) находим

$$\begin{aligned} \bar{h} x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}} \int_0^{\infty} k(xt) f(t) dt &= \bar{h} x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}} \int_0^{\infty} (W_{1/x} k)(t) f(t) dt = \\ &= \frac{\bar{h} x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}}}{(2\pi i)^n} \int_{1-\bar{\nu}-i\infty}^{1-\bar{\nu}+i\infty} x^{-s} (M k)(s) (M f)(1-s) ds = \\ &= \frac{\bar{h} x^{\nu-1+(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}}}{(2\pi)^n} \int_{-\infty}^{+\infty} x^{-it} (M k)(1-\bar{\nu}+it) (M f)(\bar{\nu}-it) dt. \end{aligned} \quad (3.9)$$

Подставляем (3.8) и (3.9) в (3.6), вводим обозначение:

$$F(t) = \frac{(M K f)(1-\bar{\nu}+it)}{\bar{\lambda}+1-(1-\bar{\nu}+it)\bar{h}} - (M k)(1-\bar{\nu}+it) (M f)(\bar{\nu}-it), \quad (3.10)$$

полагаем  $x = e^{-y}$ , получаем

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-iyt} F(t) dt = 0, \quad y \in R^n. \quad (3.11)$$

Согласно свойству (а) леммы 2.1 преобразования Меллина (2.3)  $M \in [f \in L_{\sigma, \bar{2}}, L_{\bar{2}}(R^n)]$  для любого  $\sigma \in R^n$ . Таким образом,

$$(M K f)(1-\bar{\nu}+it), (M g_1)(\bar{\nu}-it) = \frac{\bar{h}}{\bar{\lambda}+1-(1-\bar{\nu}+it)\bar{h}}, (M k)(1-\bar{\nu}+it), (M f)(\bar{\nu}-it)$$

принадлежат пространству  $L_{\bar{2}}(R^n)$ . Значит, выражение в левой части (3.10) также принадлежит пространству  $L_{\bar{2}}(R^n)$ . Далее равенство (3.11) означает, что  $F(t) = 0$ . Определяя  $\omega$  через (3.1), с учетом (3.10), получаем (3.2).

Осталось показать, что  $\omega \in L_{\infty}(R^n)$ . Из (3.2) следует, что если  $f \in L_{\bar{\nu}, \bar{2}}$ , тогда  $\omega(t) (M f)(\bar{\nu}-it) \in L_{\bar{2}}(R^n)$ . Согласно свойству (а) леммы 2.1 преобразование Меллина (2.2) отображает пространство  $L_{\bar{\nu}, \bar{2}}$  ( $\nu_1 = \nu_2 = \dots = \nu_n$ ) на пространство  $L_{\bar{2}}(R^n)$  и, таким образом,  $\omega(t) \phi(t) \in L_{\bar{2}}(R^n)$  для любой функции  $\phi(t) \in L_{\bar{2}}(R^n)$ .

Таким образом,  $\omega \in L_{\infty}(R^n)$ . Это завершает доказательство (а) для случая  $\nu_1 > 1 - (\text{Re}(\lambda_1) + 1) / h_1, \nu_2 > 1 - (\text{Re}(\lambda_2) + 1) / h_2, \dots, \nu_n > 1 - (\text{Re}(\lambda_n) + 1) / h_n$ .

Случай  $\nu_1 < 1 - (\text{Re}(\lambda_1) + 1) / h_1, \nu_2 < 1 - (\text{Re}(\lambda_2) + 1) / h_2, \dots, \nu_n < 1 - (\text{Re}(\lambda_n) + 1) / h_n$  доказывается аналогично после замены функции  $g_a(t)$  в (3.4) функцией  $h_a(t)$ , определяемой для  $a > 0$ , формулой

$$h_a(t) = \begin{cases} 0, & 0 < t < a; \\ t^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}-1}, & t > a. \end{cases} \quad (3.12)$$

Докажем случай (b). Полагаем, что  $\omega \in L_\infty(R^n)$  и  $f \in L_{\bar{v},2}$ . Из леммы 2.1 преобразование Меллина унитарно отображает пространство  $L_{1-\bar{v},2}$  на пространство  $L_2(R^n)$ , поэтому существует единственная функция  $g \in L_{1-\bar{v},2}$ , такая, что

$$(Mg)(1-\bar{v}+it) = \omega(t)(Mf)(\bar{v}-it).$$

Мы определяем  $K$  как  $Kf = g$ . Тогда (3.2) выполняется.  $K$  является также линейным оператором, а именно, если  $f_1 \in L_{\bar{v},2}$ ,  $f_2 \in L_{\bar{v},2}$  ( $v_1 = v_2 = \dots = v_n$ ) и  $c_1 \in R^n$ ,  $c_2 \in R^n$ , тогда

$$\begin{aligned} & (M K(c_1 f_1 + c_2 f_2))(1-\bar{v}+it) = \omega(t)(M(c_1 f_1 + c_2 f_2))(\bar{v}-it) = \\ & = c_1 \omega(t) (M f_1)(\bar{v}-it) + c_2 \omega(t) (M f_2)(\bar{v}-it) = c_1 (M f_1)(1-\bar{v}+it) + c_2 (M f_2)(1-\bar{v}+it) = \\ & = (M(c_1 K f_1 + c_2 K f_2))(1-\bar{v}+it), \end{aligned}$$

что означает выполнение равенства:  $K(c_1 f_1 + c_2 f_2) = c_1 K f_1 + c_2 K f_2$ .

Далее из леммы 2.1 следует, что взяв в качестве  $\omega^* = \omega(-t)$ , получаем

$$\|Kf\|_{1-\bar{v},2} = \|M K f\|_2 = \|\omega^* M f\|_2 \leq \|\omega^*\|_\infty \|M f\|_2 = \|\omega^*\|_\infty \|f\|_{\bar{v},2},$$

где  $\|\omega\|_\infty$  есть норма  $\omega$  в пространстве  $L_\infty(R^n)$  (2.6). Это означает, что  $K \in [L_{\bar{v},2}, L_{1-\bar{v},2}]$ .

Пусть  $v_1 \neq 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_1) + 1) / h_1$ ,  $v_2 \neq 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_2) + 1) / h_2$ , ...,  $v_n \neq 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_n) + 1) / h_n$  ( $v_1 = v_2 = \dots = v_n$ ); пусть  $k(t)$  определена в (3.1). Тогда  $k \in L_{1-\bar{v},2}$  на основании (c) леммы 2.1, поскольку  $\frac{1}{(p+it)} \in L_2(R^n)$  для постоянного вектора  $p = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ ,  $p_1 \neq 0, p_2 \neq 0, \dots, p_n \neq 0$ . Если  $v_1 < 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_1) + 1) / h_1$ ,  $v_2 < 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_2) + 1) / h_2$ , ...,  $v_n < 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_n) + 1) / h_n$  ( $v_1 = v_2 = \dots = v_n$ ) и функция  $h_x(t)$  дается (3.12), тогда

$$(M h_x)(s) = \frac{-\bar{h} x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}+s-1}}{\bar{\lambda}+1-\bar{h}(1-s)}. \tag{3.13}$$

Из (3.12), (2.9), (3.13), (3.2), (3.1) и (2.12), если  $x > 0$ , аналогично (3.8), получаем

$$\begin{aligned} & \int_x^\infty t^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}-1} (Kf)(t) dt = \int_0^\infty h_x(t) (Kf)(t) dt = \frac{1}{(2\pi i)^n} \int_{\bar{v}-i\infty}^{\bar{v}+i\infty} (M h_x)(s) (M K f)(1-s) ds = \\ & = \frac{1}{(2\pi)^n} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{-\bar{h} x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}+\bar{v}+it-1}}{\bar{\lambda}+1-\bar{h}(1-\bar{v}-it)} (M K f)(1-\bar{v}-it) dt = \\ & = \frac{-\bar{h}}{(2\pi)^n} x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}+\bar{v}-1} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{x^{it}}{\bar{\lambda}+1-\bar{h}(1-\bar{v}-it)} \omega^*(t) (M f)(\bar{v}+it) dt = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{-\bar{h}}{(2\pi)^n} x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}+\bar{\nu}-1} \int_{-\infty}^{+\infty} x^{it} (M k)(1-\bar{\nu}-it)(M f)(\bar{\nu}+it) dt = \\
 &= \frac{-\bar{h}}{(2\pi i)^n} x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}+\bar{\nu}-1} \int_{1-\bar{\nu}-i\infty}^{1-\bar{\nu}+i\infty} x^{1-\bar{\nu}-s} (M k)(s)(M f)(1-s) ds = \\
 &= \frac{-\bar{h}}{(2\pi i)^n} x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}} \int_{1-\bar{\nu}-i\infty}^{1-\bar{\nu}+i\infty} (M W_{1/x} k)(s)(M f)(1-s) ds = \\
 &= \frac{-\bar{h}}{(2\pi i)^n} x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}} \int_{1-\bar{\nu}-i\infty}^{1-\bar{\nu}+i\infty} (M k(xt))(s)(M f)(1-s) ds = -\bar{h} x^{(\bar{\lambda}+1)/\bar{h}} \int_0^{\infty} k(xt) f(t) dt .
 \end{aligned}$$

Дифференцируя левую и правую части последнего равенства, получаем (1.1). Аналогично для случая  $\nu_1 > 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_1) + 1) / h_1$ ,  $\nu_2 > 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_2) + 1) / h_2$ , ...,  $\nu_n > 1 - (\operatorname{Re}(\lambda_n) + 1) / h_n$  ( $\nu_1 = \nu_2 = \dots = \nu_n$ ) используется формула (3.7) для функции  $g_a(t)$ , определяемой в (3.4). Точные расчеты мы опускаем.

Докажем (с). Полагаем  $\omega \neq 0$ . Тогда из (3.2) при  $f \in L_{\bar{\nu}, \bar{2}}$  и  $Kf=0$  следует равенство  $\omega(t)(M f)(\bar{\nu} - it) = 0$ , отсюда  $(M f)(\bar{\nu} - it) = 0$ .

Это означает, что  $f=0$ , и преобразование  $Kf$  взаимно однозначно. Мы полагаем, что  $1/\omega \in L_{\infty}(R^n)$ . На основании пункта (b) теоремы существует преобразование  $T \in [L_{1-\bar{\nu}, \bar{2}}, L_{\bar{\nu}, \bar{2}}]$ , такое, что если  $g \in L_{1-\bar{\nu}, \bar{2}}$ , то

$$(M T g)(\bar{\nu} + it) = \frac{1}{\omega(-t)} (M g)(1 - \bar{\nu} - it).$$

На основании (3.2) мы имеем

$$(M K T g)(1 - \bar{\nu} + it) = \omega(t)(M T g)(\bar{\nu} - it) = (M g)(1 - \bar{\nu} + it).$$

Таким образом, для всякой функции  $g \in L_{1-\bar{\nu}, \bar{2}}$  выполняется тождество  $K T g = g$ , и значит,  $K$  отображает пространство  $L_{\bar{\nu}, \bar{2}}$  на  $L_{1-\bar{\nu}, \bar{2}}$ .

Далее, если функции  $f \in L_{\bar{\nu}, \bar{2}}$  и  $g \in L_{\bar{\nu}, \bar{2}}$ , то из (2.9) и (3.2) мы окончательно получаем

$$\begin{aligned}
 \int_0^{\infty} f(x)(K g)(x) dx &= \frac{1}{(2\pi i)^n} \int_{\bar{\nu}-i\infty}^{\bar{\nu}+i\infty} (M f)(s)(M K g)(1-s) ds = \\
 &= \frac{1}{(2\pi)^n} \int_{-\infty}^{+\infty} (M f)(\bar{\nu} + it)(M K g)(1 - \bar{\nu} - it) dt = \frac{1}{(2\pi)^n} \int_{-\infty}^{+\infty} (M f)(\bar{\nu} + it)\omega(-t)(M g)(\bar{\nu} + it) dt = \\
 &= \frac{1}{(2\pi)^n} \int_{-\infty}^{+\infty} \omega(t)(M f)(\bar{\nu} - it)(M g)(\bar{\nu} - it) dt = \\
 &= \frac{1}{(2\pi)^n} \int_{-\infty}^{+\infty} (M K f)(1 - \bar{\nu} + it)(M g)(1 - (1 - \bar{\nu} + it)) dt = \\
 &= \frac{1}{(2\pi i)^n} \int_{1-\bar{\nu}-i\infty}^{1-\bar{\nu}+i\infty} (M K f)(s)(M g)(1-s) ds = \int_0^{\infty} (K f)(x) g(x) dx .
 \end{aligned}$$

Теорема доказана.

**Заключение.** Итогом проделанных исследований являются результаты, обобщающие полученные ранее для соответствующего одномерного преобразования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Самко, С.Г. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения / С.Г. Самко, А.А. Килбас, О.И. Маричев. – Минск: Наука и техника, 1987. – 688 с.
2. Ву Ким Туан. Композиционная структура интегральных преобразований / Ву Ким Туан, О.И. Маричев, С.Б. Якубович // Докл. АН СССР. – 1986. – Т. 286, № 4. – С. 786–790.
3. Маричев, О.И. Метод вычисления интегралов от специальных функций (теория и таблицы формул) / О.И. Маричев. – Минск: Наука и техника, 1978. – 310 с.
4. Kilbas, A.A. H-Transforms. Theory and Applications / A.A. Kilbas, M.H. Saigo. – London: Chapman and Hall. CRC Press, 2004. – 401 p.
5. Kilbas, A.A. Theory and applications of fractional differential equations / A.A. Kilbas, H.M. Srivastava, J.J. Trujillo. – Amsterdam: Elsevier, 2006. – 523 p.
6. Yu. A. Brychkov. Multidimensional Integral Transformations / H.-Y. Glaeske, A.P. Prudnikov, Vu Kim Tuan. – Gordon And Breach, Philadelphia, 1992.
7. Никольский, С.М. Приближение функций многих переменных и теоремы вложения / С.М. Никольский. – М.: Наука, 1975. – 455 с.
8. Rooney, P.G. On integral transformations with G- function kernels / P.G. Rooney // Proc. Royal Soc. Edinburgh. – Sect. A. – 1982/83. – Vol. 93. – P. 265–297.
9. Rooney, P.G. On the range of the integral transformation / P.G. Rooney // Canad. Math. Bul. – 1994. – Vol. 37, № 4. – P. 545–548.
10. Rooney, P.G. On the representation of functions by the Hankel and some related transformations / P.G. Rooney // Proc. Royal Soc. Edinburgh. – Sect. A. – 1995. – Vol. 125, № 3. – P. 449–463.
11. Ситник, С.М. Уточнения и обобщения классических неравенств / С.М. Ситник // Исследования по математическому анализу. Сер., Математический форум / редкол.: Ю.В. Коробейник, А.Г. Кусраев. – Владикавказ: Южный математический институт Владикавказского научного центра РАН и Правительства Республики Северная Осетия-Алания, 2009. – Т. 3. – С. 221–266.

## REFERENCES

1. Samko S.G., Kilbas A.A., Marichev O.I. *Integrals and Derivatives of Fractional Order and Some of Their Appendices*, Mn.: Nauka i tekhnika, 1987, 688 p.
2. Voo Kim Tuan, Marichev O.I., Yakubovich S.B. *Dokl. AN SSSR* [Reports of the USSR Academy of Sciences], 1986, 4(286), pp. 786–790.
3. Marichev O.I. *Metod vychisleniya integralov ot spetsialnykh funktsii (teoriya i tablitsi formul)* [Method of Special Function Integral Calculation (Theory and Formula Tables)], Mn.: Nauka i tekhnika, 1978, 310 p.
4. Kilbas, A.A. H-Transforms. Theory and Applications / A.A. Kilbas, M.H. Saigo. – London: Chapman and Hall. CRC Press, 2004. – 401 p.
5. Kilbas, A.A. Theory and applications of fractional differential equations / A.A. Kilbas, H.M. Srivastava, J.J. Trujillo. – Amsterdam: Elsevier, 2006. – 523 p.
6. Yu. A. Brychkov. Multidimensional Integral Transformations / H.-Y. Glaeske, A. P. Prudnikov, Vu Kim Tuan. – Gordon And Breach, Philadelphia, 1992.
7. Nikolski S.M. *Problizheniye funktsii peremennykh i teoremy vlozheniya* [Nearing the Functions of Many Variables and Theorems of Inclusion], M.: Nauka, 1975, 455 p.
8. Rooney, P.G. On integral transformations with G- function kernels / P.G. Rooney // Proc. Royal Soc. Edinburgh. – Sect. A. – 1982/83. – Vol. 93. – P. 265–297.
9. Rooney, P.G. On the range of the integral transformation / P.G. Rooney // Canad. Math. Bul. – 1994. – Vol. 37, № 4. – P. 545–548.
10. Rooney, P.G. On the representation of functions by the Hankel and some related transformations / P.G. Rooney // Proc. Royal Soc. Edinburgh. – Sect. A. – 1995. – Vol. 125, № 3. – P. 449–463.
11. Sitnik S.M. *Issledovaniya po matematicheskomu analizu. Seriya: Matematicheski Forum*. [Mathematical Analysis Studies. Series: Mathematical Forum], Vladikavkaz: Yuzhni matematicheski institute Vladikavkazskogo nauchnogo tsentra RAN i Pravitelstva Respubliki Severnaya Osetiya-Alaniya, 2009, 3, pp. 221–266.

Поступила в редакцию 11.05.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: skoromnik@gmail.com – Скоромник О.В.

# КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ MAPREDUCE В ИЕРАРХИЧЕСКОЙ АГЛОМЕРАТИВНОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

**С.А. Ермоченко**

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

*В статье рассматриваются особенности иерархической агломеративной кластеризации и проблемы, связанные с необходимостью распараллелить этот процесс при использовании разных мер близости объектов.*

*Цель работы – выработка концепции применения модели MapReduce для иерархического агломеративного кластерного анализа большого объема данных.*

**Материал и методы.** *Материалом являются объекты произвольной природы, имеющие набор числовых характеристик и требующие выполнения их иерархической кластеризации. Особенность набора объектов – большое их количество (более 10 000). Используются описательно-аналитический метод и метод проектирования распределенных вычислительных систем.*

**Результаты и их обсуждение.** *Для применения модели MapReduce в рассматриваемой задаче выделены операции, выполнение которых предлагается осуществлять на стадии предварительной обработки (Map), и операции для стадии свертки (Reduce). Достоинством предложенной концепции является возможность обработки большого числа объектов, информация о которых хранится в распределенных хранилищах данных. Результаты могут применяться на практике при проектировании вычислительных систем, ориентированных на конкретные предметные области.*

**Заключение.** *Предложена концепция использования модели MapReduce для выполнения иерархической агломеративной кластеризации в распределенной вычислительной системе, позволяющей гибкое горизонтальное масштабирование.*

**Ключевые слова:** *иерархическая агломеративная кластеризация, распределенные вычисления, модель MapReduce, обработка большого объема данных, мера близости объектов.*

# CONCEPT OF USING MAPREDUCE IN HIERARCHICAL AGGLOMERATIVE CLUSTERING

**S.A. Yermochenko**

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

*Features of hierarchical agglomerative clustering and problems connected with the necessity to parallel this process while using different measures of object proximity are considered in the article.*

*The purpose is to elaborate the concept of using MapReduce model for hierarchical agglomerative clustering analysis of a large amount of data.*

**Material and methods.** *The material is objects of arbitrary nature which have a set of numerical characteristics and require their hierarchical clustering. The peculiarity of the set of objects is their large amount (over 10 000). The descriptive and analytical method and the method of designing distributed computing systems were used.*

**Findings and their discussion.** *To apply MapReduce model in the considered problem operations are singled out which are suggested to be executed at the stage of preliminary processing (Map) as well as operations for the closing stage (Reduce). The advantage of the offered concept is the possibility to process a large amount of objects, information about which is stored in the distributed data bases. The results can be used in practice in computer system design, which aim at definite object areas.*

**Conclusion.** *A concept of using MapReduce model for performing hierarchical agglomerative clustering in the distributed computer system, which allows flexible horizontal scaling, is offered.*

**Key words:** *hierarchical agglomerative clustering, distributed computing, MapReduce model, a large amount of data processing, measure of object proximation.*

Модель распределенных вычислений MapReduce была представлена компанией Google Inc. в 2004 году [1]. Она может использоваться для организации параллельных вычислений на кластерах из обычных персональных компьютеров или серверных компьютеров. При этом предложенная модель позволяет обрабатывать большие объемы данных (вплоть до нескольких петабайт), а за счет распределенных вычислений помогает добиться достаточно быстрой обработки даже таких значительных объемов данных, так как эффективно и практически неограниченно горизонтально масштабирует вычислительный кластер. Предоставляемые гибкие возможности по обработке больших объемов информации сделали модель MapReduce одной из основ такого феномена в информационных технологиях, как большие данные (Big Data) [2].

Вычисления по модели MapReduce проводятся в два этапа: выполнение некоторой обработки каждого набора параметров из некоторого набора (стадия Map) и объединение результатов обработки нескольких наборов параметров в некий общий результат (стадия Reduce). Подобные вычисления удобно проводить в задачах анализа некоторого объема данных. Например, обработка текста с целью поиска ключевых слов в этом тексте. Эта задача кажется не столь сложной при обработке одного текста. Но когда речь идет об обработке огромного количества текстов и о составлении семантического ядра каждого из них для поискового робота, то в этом случае модель MapReduce позволяет на порядок увеличить скорость обработки за счет распараллеливания простейших операций.

Тем не менее даже распределенные вычисления не всегда помогают быстро получить результат. В этом случае зачастую массив данных кластеризуют (разбивают на определенные группы), а затем к каждой группе применяют свои методы анализа. Например, при анализе рынка потребления товаров данные о продажах могут кластеризоваться по группам товаров, по стоимости или по временным интервалам. Как правило, подобная кластеризация осуществляется классическим способом, а ее результат уже передается на обработку распределенной вычислительной системе, построенной по модели MapReduce.

Сам по себе кластерный анализ – достаточно хорошо и давно изученная область математики. Существуют самые различные методы кластерного анализа, описанные еще в 70–80-х годах XX века [3]. Под классическим способом здесь понимаются методы, не требующие параллельных вычислений. Для уменьшения объема обрабатываемых данных применяются методы кластеризации, ориентированные на фиксированное число кластеров, и задача кластеризации сводится к тому, что каждый анализируемый объект относится к тому или иному известному кластеру. Существуют также методы кластеризации, в которых количество кластеров заранее не известно и определяется в ходе процедуры кластеризации. К таким методам и относится иерархическая агломеративная кластеризация [4]. Этот вид кластеризации удобно использовать на данных, структура которых еще не известна. Имеется в виду структура взаимосвязей между объектами – какие из них более близки между собой и по каким характеристикам. По сути, такая кластеризация является подвидом анализа данных на предмет скрытых закономерностей. Иерархическая кластеризация, ввиду особенностей алгоритмов, эффективно работает на небольших объемах данных. Существуют готовые инструменты, позволяющие проводить подобную кластеризацию (например, пакет прикладных программ «Statistica»), или библиотеки для специализированных языков программирования (например, Python или R). Но библиотеки языков программирования не имеют встроенной поддержки MapReduce или других механизмов распараллеливания задачи кластеризации. Часто такие библиотеки способны обрабатывать лишь данные, находящиеся в оперативной памяти, что вообще делает невозможным обработку большого объема информации, хранящейся, например, в базе данных. Пакет прикладных программ «Statistica» имеет отдельную корпоративную версию, позволяющую производить анализ больших данных, но стоимость названного пакета очень высока.

Цель статьи – выработка концепции применения модели MapReduce для иерархического агломеративного кластерного анализа большого объема данных.

Для этого поставим следующие задачи:

- проанализировать метод иерархической агломеративной кластеризации на предмет возможности его распараллеливания;
- выработать концепцию реализации метода иерархической агломеративной кластеризации в рамках модели MapReduce;

– оценить потенциал горизонтального масштабирования вычислительной распределенной системы и временную сложность работы системы.

**Материал и методы.** Основные методы исследования – описательно-аналитический и проектирования, в частности, проектирования распределенных вычислительных систем.

Для проектирования распределенных систем необходимо выделить состав узлов системы (количество и назначение узлов) и способ связи между этими узлами.

Поскольку целью работы является выработка концепции применения модели MapReduce, то предметная область обрабатываемых данных не имеет существенного значения. Будем рассматривать данные об  $n$  объектах произвольной природы, где  $n$  – достаточно большое число, для определенности будем считать  $n > 10\,000$ .

Будем считать также, что каждый объект характеризуется  $k$  числовыми параметрами  $p_{ij}$ , где  $i \in [1, n], j \in [1, k]$ . Эти параметры составляют данные о рассматриваемых объектах. Будем считать эти параметры нормализованными:  $p_{ij} \in [0, 1]$ . Нормализация параметров может осуществляться различными методами, в том числе с учетом веса того или иного параметра с точки зрения особенностей предметной области. Для дальнейшего рассмотрения способ нормализации будет несущественным.

**Результаты и их обсуждение.** Для анализа метода иерархической агломеративной кластеризации на предмет возможности его распараллеливания опишем сначала кратко, в чем состоит этот метод [4].

Иерархические методы в целом базируются на построении иерархии вложенных кластеров. В этой иерархии кластеры образуют дерево, в корне которого один кластер, содержащий в себе все рассматриваемые объекты. Этот кластер состоит из меньших кластеров, те могут дробиться дальше. Самые мелкие кластеры, листья дерева, содержат по одному объекту каждый. Агломеративные методы основаны на объединении кластеров в более крупные кластеры до тех пор, пока все они не будут объединены в один суперкластер. При этом процесс построения иерархической кластерной структуры начинается с того, что создаются  $n$  кластеров, каждый из которых содержит по одному исходному объекту. Затем наиболее близкие между собой кластеры объединяются в более крупные кластеры. Этим агломеративные методы отличаются от дивизивных методов, которые начинают обработку данных с того, что сначала объединяют все объекты в один кластер, а затем постепенно дробят кластеры на более мелкие до тех пор, пока каждый объект не окажется единственным в своем отдельном кластере.

Основным положением метода иерархической агломеративной кластеризации является выбор из текущего множества кластеров верхнего уровня некоего подмножества кластеров, наиболее близких между собой.

Рассмотрим способы определения меры близости кластеров между собой. Для этого сначала необходимо установить меру близости отдельных объектов между собой [3].

Один из самых простых способов определения меры близости между объектами – классическое Евклидово расстояние:

$$d(s, t) = \sqrt{\sum_{j=1}^k (p_{sj} - p_{tj})^2}. \quad (1)$$

Или расстояние Чебышева:

$$d(s, t) = \max_{j \in [1, k]} |p_{sj} - p_{tj}|. \quad (2)$$

Иногда используется и простое линейное расстояние (или Манхеттонское расстояние, также называемое расстоянием городских кварталов):

$$d(s, t) = \sum_{j=1}^k |p_{sj} - p_{tj}|. \quad (3)$$

Можно рассматривать и обобщенное степенное расстояние Минковского:

$$d(s, t) = \sqrt[\nu]{\sum_{j=1}^k (p_{sj} - p_{tj})^\nu}. \quad (4)$$

Во всех указанных формулах индексы  $s$  и  $t$  являются индексами соответствующих объектов:  $s \in [1, n], t \in [1, n]$ . В формуле (4) параметр  $\nu \geq 1$  и выбирается исследователями произвольно, исходя из особенностей предметной области. Легко видеть, что формула (4) является обобщением остальных

трех формул. Так, при  $v = 1$  получаем формулу (3), при  $v = 2$  – формулу (1), а при  $v \rightarrow \infty$  – формулу (2). Также важно отметить, что любой способ определения меры близости должен отвечать определенным требованиям, в частности,  $d(s, t) = 0$ , если  $s = t$ .

Расстояние (1) – самое универсальное, как с точки зрения точности полученного значения, так и с точки зрения простоты его вычисления. Расстояния (2) и (4) могут использоваться в некоторых специальных случаях, в которых оно позволяет улучшить точность анализа, но эти метрики вычисляются несколько сложнее. Самое простое для вычисления, но наименее точное – это расстояние (3). С точки зрения вычислительной сложности данные метрики кардинально друг от друга не отличаются. Однако при обработке большого количества объектов вычисление расстояния между парами объектов необходимо будет производить многократно. В таком случае способы вычисления расстояния уже могут оказывать заметное влияние на скорость кластеризации столь значительного количества объектов.

Теперь рассмотрим способы определения меры близости кластеров между собой. Таких способов несколько больше, чем способов определения расстояния между самими объектами. Но для понимания сути метода иерархической агломеративной кластеризации различия в этих способах несущественны. Хотя они и оказывают решающую роль на качественную структуру кластеризации, это имеет смысл лишь применительно к конкретной предметной области [4]. Поэтому здесь проанализируем лишь некоторые способы определения меры близости кластеров между собой, которые отличаются вычислительной сложностью.

Метод одиночной связи, также известный как метод ближайшего соседа:

$$d(x, y) = \min_{s \in X, t \in Y} d(s, t). \quad (5)$$

Он определяет расстояние между двумя кластерами как расстояние между двумя самыми близкими объектами (или подкластерами) данных кластеров. Здесь множества  $X$  и  $Y$  – это множества индексов объектов (или подкластеров) соответственно первого кластера ( $x$ ) и второго кластера ( $y$ ).

Метод полной связи (или метод дальнего соседа):

$$d(x, y) = \max_{s \in X, t \in Y} d(s, t). \quad (6)$$

Устанавливает расстояние между двумя кластерами как расстояние между двумя самыми дальними объектами (или подкластерами) данных кластеров.

Метод средней связи:

$$d(x, y) = \frac{1}{|X| \cdot |Y|} \sum_{s \in X} \sum_{t \in Y} d(s, t). \quad (7)$$

Определяет расстояние между двумя кластерами как усредненное расстояние между всеми парами объектов (или подкластеров) данных кластеров. Здесь  $|X|$  и  $|Y|$  – мощности соответствующих кластеров (количество объектов в них, включая объекты, входящие в подкластеры, или, по-другому, сумма мощностей всех подкластеров).

Центроидный метод:

$$d(x, y) = d(s_c, t_c). \quad (8)$$

Он устанавливает расстояние между двумя кластерами как расстояние между центрами масс (центроидами) данных кластеров. Здесь  $s_c$  и  $t_c$  – индексы объектов (или подкластеров), имеющие усредненные характеристики в пределах всего своего кластера. При этом подобные объекты могут не совпадать с реальными объектами соответствующих кластеров.

Оценку сложности определения таких метрик будем производить вместе с анализом самого алгоритма метода иерархической агломеративной кластеризации.

Рассмотрим теперь сам алгоритм метода и проанализируем возможности и трудности его распараллеливания. При описании метода удобнее использовать матричный подход. Если у нас есть  $n$  некоторых объектов, то, определяя с помощью некоторой функции расстояния между всевозможными парами таких объектов, составим матрицу  $D$ , элементы которой вычисляются по формуле:

$$d_{ij} = d(i, j), \forall i \in [1, n], j \in [1, n]. \quad (9)$$

Количество элементов в матрице будет равно  $n^2$ , что делает вычисление элементов матрицы процессом достаточно трудоемким, но хорошо распараллеливаемым, так как каждый элемент вычисляется независимо. При этом стоит отметить, что данная матрица является симметричной, а также элементы главной диагонали этой матрицы должны быть нулевыми (ввиду свойства функции расстояния). Таким

образом, необходимо вычислить  $n(n-1)/2$  элементов. Однако асимптотическая сложность данного шага алгоритма все еще остается равной  $O(n^2)$ .

После вычисления данной матрицы начинается процесс объединения кластеров, состоящих на первом этапе из одного объекта, в более крупные кластеры. Для этого в матрице находят минимальное расстояние (не считая нулей на главной диагонали). Далее в кластер попадают такие объекты, расстояние между которыми равно найденному минимальному расстоянию. При этом возможны ситуации, когда минимальное расстояние встречается в матрице несколько раз. Проиллюстрируем это примером. В роли объектов рассмотрим набор точек на плоскости. В качестве их характеристик рассмотрим их декартовы координаты. Таким образом, в нашем примере  $n = 7$ ,  $k = 2$ . Расположение объектов приведено на рис. 1:

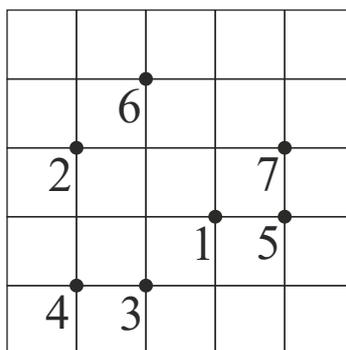


Рис. 1. Начальный набор объектов

Характеристики (координаты) объектов приведем в следующей табл. 1 (числа подобраны условно, лишь с демонстративной целью):

Таблица 1

Характеристики объектов		
Номер объекта	Координата x	Координата y
1	3	2
2	1	3
3	2	1
4	1	1
5	4	2
6	2	4
7	4	3

Вычислим элементы матрицы расстояний, применяя Евклидову метрику (1), с точностью до 2 знаков после запятой и получим следующую матрицу расстояний (табл. 2):

Таблица 2

Матрица расстояний							
	1	2	3	4	5	6	7
1	0	2,24	1,41	2,24	1,00	2,24	1,41
2	2,24	0	2,24	2,00	3,16	1,41	3,00
3	1,41	2,24	0	1,00	2,24	3,00	2,83
4	2,24	2,00	1,00	0	3,16	3,16	3,61
5	1,00	3,16	2,24	3,16	0	2,83	1,00
6	2,24	1,41	3,00	3,16	2,83	0	2,24
7	1,41	3,00	2,83	3,61	1,00	2,24	0

Минимальное расстояние в матрице из табл. 2 равно 1,00. Но так как это расстояние встречается не единожды (этому расстоянию равны расстояния между парами объектов  $\{1, 5\}$ ,  $\{3, 4\}$  и  $\{5, 7\}$ ), то встает вопрос о правилах формирования кластера (кластеров) из этих объектов. В данном случае образуется два кластера:  $\{1, 5, 7\}$  и  $\{3, 4\}$  (рис. 2).

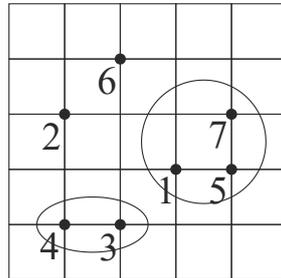


Рис. 2. Результат первого этапа кластеризации

При распараллеливании поиска минимального значения в матрице расстояний особых трудностей не возникает. Для каждого вычислительного узла будет выделена часть матрицы расстояний, в которой будет производиться минимум. Затем результат работы каждого узла будет обрабатываться централизованно (то есть из всех найденных минимумов необходимо будет найти общий минимум). Однако здесь встает вопрос синхронизации операций.

Во-первых, узел, выполняющий поиск минимума в назначенной ему части матрицы расстояний, должен начать свою работу, когда эта часть матрицы уже заполнена. Конечно, это можно делать и одновременно, с помощью одного из подходов в решении задачи «читателей и писателей» из области параллельного программирования.

Во-вторых, нахождение общего минимума также должно синхронизироваться (начинаться после операций поиска промежуточных минимумов).

Но поиск объектов, которые можно объединить в один кластер, уже будет плохо распараллеливаться, так как искать эти соответствующие расстояния необходимо по всей матрице, потому что их расположение не локализовано. Однако поиск расстояния по сложности не сравним со сложностью вычисления данного расстояния, поэтому эта проблема не сказывается существенным образом на распараллеливании всего алгоритма.

После выделения кластеров следует из матрицы расстояния исключить те объекты, которые попали во вновь созданные кластеры, а вместо этих объектов ввести в матрицу расстояния эти кластеры. Для этого необходимо пересчитать расстояние от этих кластеров до каждого из объектов (кластеров), которые остались в матрице расстояний без изменений.

Возможность и способ распараллеливания данного этапа работы алгоритма зависят от способа вычисления расстояния между кластерами. При вычислении расстояния методом одиночной (5) или полной (6) связи можно воспользоваться уже подсчитанными расстояниями. Здесь возникает вопрос: нужно ли постоянно хранить матрицу расстояний или требуемые расстояния можно при необходимости пересчитывать? Ответ на него зависит от количества анализируемых объектов и доступных вычислительных ресурсов.

При организации распределенной вычислительной системы для решения задачи кластерного анализа мы имеем достаточно большой объем обрабатываемых данных. Передавать полную копию этих данных каждому вычислительному узлу будет не только не рационально, но и невозможно, потому что даже для хранения информации обо всех имеющихся объектах, как правило, используют распределенные хранилища. Поэтому такая распределенная система должна относиться к классу систем с общей памятью. И прежде всего при проектировании подобных систем необходимо определиться с тем, сколько узлов будет задействовано под хранение информации (будет формировать общую память), а также сколько будет выделено вычислительных узлов для обработки этой информации. Кроме того, эти узлы могут иметь различные технические характеристики, позволяющие говорить об общем

объеме доступной памяти в распределенной вычислительной системе, о скорости доступа к этой памяти для операций чтения и записи, а также о вычислительной мощности данной системы. Но в целом, учитывая тенденцию, что стоимость хранения данных ниже стоимости вычислительных ресурсов, чаще промежуточные данные хранятся для обеспечения большей производительности.

Проиллюстрируем теперь пересчет расстояний между кластерами на примере одиночной связи. Обозначим новый кластер {1, 5, 7} индексом 8, а кластер {3, 4} индексом 9. Тогда расстояние от кластера 8 до кластера 2 определяется расстоянием между объектом 2 и объектом 1, так как оно минимально из расстояний 2–1, 2–5, 2–7. Остальные расстояния пересчитываются аналогичным образом. Тогда получим новую матрицу расстояний, приведенную в табл. 3.

Таблица 3

**Пересчитанная матрица расстояний**

	2	6	8	9
2	0	1,41	2,24	2,00
6	1,41	0	2,24	3,00
8	2,24	2,24	0	1,41
9	2,00	3,00	1,41	0

Если же рассмотреть другие способы вычисления расстояния между кластерами, то для процесса распараллеливания кардинальных изменений они не внесут. Так, например, метод средней связи (7) основан на вычислении среднего арифметического между всеми возможными расстояниями пар объектов двух кластеров. Данная задача достаточно сложна вычислительно, особенно при большом количестве анализируемых объектов. В свою очередь, центроидный метод (8) дает схожие результаты, но имеет меньшую вычислительную сложность. К тому же этот метод позволяет хранить меньшее количество промежуточных данных. При формировании нового кластера создается некий искусственный объект, имеющий усредненные характеристики кластера. Далее для расчета расстояний от этого кластера до других объектов достаточно использовать только характеристики обозначенного искусственного объекта. А за счет того, что на каждом шаге количество кластеров уменьшается, то и объем промежуточных данных с течением времени сокращается.

Для рассмотренного выше примера применение метода средней связи на первом шаге указано в табл. 4.

Таблица 4

**Матрица расстояний для метода средней связи**

	2	6	8	9
2	0	1,41	2,80	2,12
6	1,41	0	2,44	3,08
8	2,80	2,44	0	2,58
9	2,12	3,08	2,58	0

Центроидный метод дает результат на первом шаге рассматриваемого алгоритма, показанный в табл. 5.

Таблица 5

**Матрица расстояний для центроидного метода**

	2	6	8	9
2	0	1,41	2,75	2,06
6	1,41	0	2,36	3,04
8	2,75	2,36	0	2,55
9	2,06	3,04	2,55	0

Вне зависимости от метода нахождения расстояния между двумя кластерами данный процесс продолжается до тех пор, пока не останется один кластер, содержащий в себе все объекты. Для нашего примера получим следующие способы разбиения на кластеры (рис. 3).

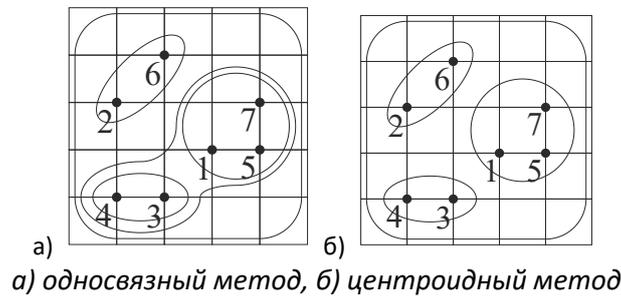


Рис. 3. Результат кластеризации

Стоит отметить, что приведенный на рис. 3 результат кластеризации применим только к этому конкретному примеру. При работе с большим количеством характеристик ( $k > 2$ ) такие построения уже невозможны. Поэтому для представления результата кластеризации используют, как правило, диаграммы специального вида – дендрограммы. Дендрограммы для рассмотренного примера приведены на рис. 4.

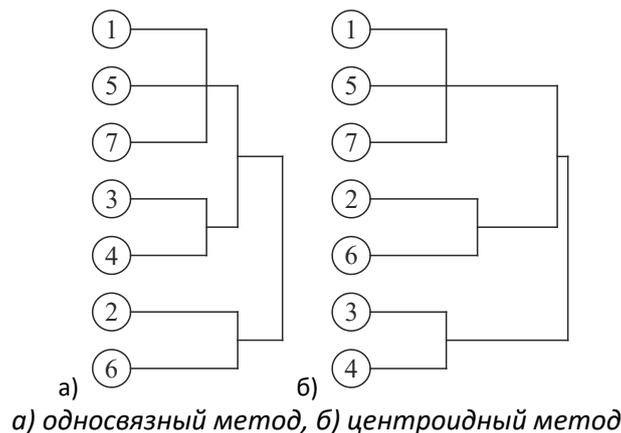


Рис. 4. Дендрограммы

Таким образом, мы познакомились с алгоритмом построения иерархической структуры кластеров агломеративным методом. Эту иерархию удобно представить в постоянном хранилище, так как строить графическую дендрограмму для большого объема данных бессмысленно – подобная дендрограмма будет слишком перегруженной и не информативной. Но тем не менее построить иерархическую структуру кластеров для большого числа объектов в постоянном хранилище с помощью распределенной вычислительной системы допустимо. Большинство операций алгоритма кластеризации могут быть распараллелены. Проблема, которая может возникнуть при организации данной системы, – это управление вычислительными узлами с целью синхронизации их работы. Такую работу как раз и следует поручить инструментам, реализующим вычислительные системы по модели MapReduce.

Основная идея MapReduce модели заключается в том, что все операции, которые выполняются в распределенной вычислительной системе, делятся на два вида: операции Map и операции Reduce [1]. Эти операции определенным образом распределяются между вычислительными узлами системы. Как правило, способ распределения и функции, которые должен выполнять каждый узел, настраиваются в конфигурационных файлах и с помощью разрабатываемых модулей расширения. Операция Map – простая функция, которой передается один набор данных. Эта операция позволяет сопоставить некоторому входному набору значений одно выходное значение. Для агломеративной иерархической

кластеризации операция Map поможет вычислять расстояния между простыми объектами. Операция Reduce – это функция, которой передается не один, а несколько наборов значений, которые объединяются в некоторое простое значение или некоторый простой набор. Это операция уменьшения размерности. Для рассматриваемого алгоритма кластеризации подобная операция позволит вычислять расстояния между кластерами в системе. Данная операция объединяет кластеры в более крупные кластеры, уменьшая размерность обрабатываемых данных.

Оценим теперь сложность отдельных шагов алгоритма при реализации их на распределенной вычислительной сети. Будем ориентироваться на систему, в которой предусматривается хранение промежуточных данных, таких как вычисленные расстояния между объектами и кластерами, характеристики искусственно созданных объектов.

В худшем случае (при объединении кластеров) на каждой итерации количество кластеров будет уменьшаться на 1. Таким образом, для  $n$  объектов, для которых заданы  $k$  характеристик, имеем следующее. Количество расстояний, вычисляемых между всевозможными парами объектов, составляет  $n(n-1)/2$ . Количество итераций, на которых происходит объединение одного кластера:  $n-1$ . На  $m$ -ной итерации размерность матрицы расстояний будет составлять  $n-m+1$ , где  $m \in [1, n-1]$ . Для поиска минимума необходимо на  $m$ -ой итерации выполнить  $(n-m)(n-m+1)/2$  операций сравнения. Также на каждой итерации следует как минимум вычислить  $n-m-1$  расстояний от вновь образованного кластера до каждого из оставшихся кластеров.

В общем итоге получаем:

1. Количество самых трудоемких операций (сверток) по вычислению расстояний между кластерами и объединению кластеров имеет асимптотический порядок  $O(n \ln n)$ .

2. Количество операций по вычислению расстояний между первичными объектами со средней трудоемкостью имеет асимптотический порядок  $O(n^2)$ .

3. Количество операций по поиску минимума, что по трудоемкости является самой простой операцией, но имеет сложности в синхронизации этого шага с другими шагами алгоритма, имеет асимптотический порядок  $O(n^2)$ .

Полученная оценка временной сложности является приемлемой, особенно учитывая, что две из трех операций распараллеливаются очень эффективно, и лишь одна операция требует дополнительной синхронизации, но при этом позволяет распараллеливание. Это за счет простоты реализации и низкой трудоемкости операций сравнения может быть реализовано на сравнительно небольшом числе вычислительных узлов. При наличии же в вычислительной системе узла с мощным многоядерным процессором подобную задачу вполне может решить один вычислительный узел.

Оценим необходимую емкость памяти для хранения входных, промежуточных и выходных данных. Для хранения входных данных понадобится  $n \cdot k$  вещественных чисел. Выходными данными будут данные о номерах кластеров ( $2n-1$  целых числа), о том, к какому кластеру относится каждый из рассматриваемых объектов ( $n$  целых чисел) и для каждого кластера номер его родительского кластера и максимальное расстояние, на котором располагаются объекты внутри данного кластера ( $2n-1$  целых числа и столько же вещественных чисел). Стоит также обратить внимание, что для хранения расстояния нет смысла хранить вещественное число с двойной точностью, так как эти числа лишь показывают меру близости объектов, но не характеризуют сами объекты. Поэтому можно считать, что расстояние – это тоже целое число (с точки зрения выделяемой ему памяти). Таким образом, получаем для выходных данных  $7n-3$  целых числа. Учитывая, что характеристики объекта – вещественные числа (обычно двойной точности), а их количество, как правило, от 5 до 20, то объем выходных данных может быть в 2–3 раза меньше объема входных данных. Что же касается промежуточных данных, то для хранения матрицы расстояний необходимо  $n(n-1)/2$  вещественных чисел одиночной точности. Также для хранения расстояний между кластерами требуется еще порядка  $n(n-1)/2$  вещественных чисел одиночной точности. Хотя на самом деле при добавлении в систему информации о расстоянии между кластерами информация о расстоянии между простыми объектами уже не нужна, и ее можно не хранить (в большинстве методов иерархической кластеризации), здесь мы этого учитывать не будем. В худшем случае, при использовании центроидных методов вычисления меры сходства между кластерами,

для промежуточных данных понадобится еще  $n \cdot k$  вещественных чисел для хранения данных об искусственно вводимых объектах.

Как видно, при обработке большого объема данных основной проблемой может стать не скорость их обработки, а проблема хранения промежуточных данных, поэтому выбор метода оценивания близости кластеров лучше подбирать с учетом начального объема данных.

В ряде случаев применение иерархических методов вообще может оказаться невозможным, при этом можно использовать методы кластеризации на фиксированное, заранее заданное число кластеров.

**Заключение.** В предложенной работе была рассмотрена концепция организации иерархической агломеративной кластеризации больших объемов данных. В качестве метода кластеризации выбрана именно иерархическая кластеризация как дающая больше всего информации для анализа данных, структура и особенности которых еще не известны. В исследовании рекомендовано организовать процесс кластеризации в распределенной вычислительной системе, архитектура которой строится в соответствии с моделью MapReduce. Также были предложены те шаги алгоритма иерархической кластеризации, которые могут быть выполнены на этапе предварительной обработки данных (стадия Map) и на этапе уменьшения размерности данных (стадия Reduce).

Выработанная концепция проанализирована на предмет возможности и эффективности распараллеливания. Также приведены оценки сложности различных этапов вычислений и оценки объема хранимых данных в зависимости от объема обрабатываемых данных.

К основным результатам допустимо отнести полученную концепцию применения распределенных вычислений к иерархической агломеративной кластеризации, а также описанное влияние особенностей методов расчета меры близости объектов и кластеров между собой на возможность и потенциальные сложности для распараллеливания.

В целом исследование носит более теоретический характер. Интересным может быть применение данной концепции к обработке некоторого большого массива реальных данных. Однако на практике такая обработка будет иметь исследовательский интерес, если обрабатывать одни и те же данные разными методами и сравнивать результаты по скорости и используемому объему памяти. Но для анализа особенностей распараллеливания метода иерархической кластеризации необходимо нивелировать аппаратные характеристики вычислительной системы. Для этого одни и те же данные нужно обрабатывать на нескольких различных системах, что требует значительных временных и финансовых затрат.

Данная работа может иметь практическое применение при изучении методов обработки данных в учебном процессе. Существует несколько различных инструментов, реализующих модель MapReduce, а также языков программирования, позволяющих реализовать методы кластеризации. Такой подход поможет усилить межпредметные связи и продемонстрировать студентам различные способы анализа данных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Dean, J. MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters [Electronic resource] / J. Dean, S. Ghemawat. – Google Inc., 2004. – Mode of access: <https://storage.googleapis.com/pub-tools-public-publication-data/pdf/16cb30b4b92fd4989b8619a61752a2387c6dd474.pdf>. – Date of access: 20.08.2019.
2. Chen, M. Big Data. Related Technologies, Challenges, and Future Prospects / M. Chen, Sh. Mao, Y. Zhang, V.C.M. Leung. – Springer, 2014. – 100 p.
3. Мандель, И.Д. Кластерный анализ / И.Д. Мандель. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
4. Жамбю, М. Иерархический кластер-анализ и соответствия / М. Жамбю. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 345 с.

#### REFERENCES

1. Dean, J. MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters [Electronic resource] / J. Dean, S. Ghemawat. – Google Inc., 2004. – Mode of access: <https://storage.googleapis.com/pub-tools-public-publication-data/pdf/16cb30b4b92fd4989b8619a61752a2387c6dd474.pdf>. – Date of access: 20.08.2019.
2. Chen, M. Big Data. Related Technologies, Challenges, and Future Prospects / M. Chen, Sh. Mao, Y. Zhang, V.C. M. Leung. – Springer, 2014. – 100 p.
3. Mandel I.D. *Klasternyi analiz* [Cluster Analysis], Moscow: Finansy i statistika, 1988, 176 p.
4. Jambue M. *Iyerarkhicheski klaster-analiz i sootvetstviya* [Hierarchical Cluster Analysis and Correspondences], Moscow: Finansy i statistika, 1988, 345 p.

Поступила в редакцию 26.08.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: yermochenko@gmail.com – Ермоченко С.А.

## О ПРОИЗВЕДЕНИИ МНОЖЕСТВА ФИШЕРА КОНЕЧНОЙ ГРУППЫ И КЛАССА ФИШЕРА

Н.Т. Воробьев, А.С. Войткевич

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

*Класс групп  $\mathfrak{F}$  называется классом Фиттинга, если он замкнут относительно нормальных подгрупп и произведения нормальных  $\mathfrak{F}$ -подгрупп.*

*Цель исследования – доказательство аналога теоремы Локетта о произведениях классов Фишера для множеств Фишера.*

*Множеством Фишера группы  $G$  называется множество Фиттинга  $\mathcal{F}$  группы  $G$ , которое удовлетворяет следующему свойству: если  $K \trianglelefteq L$ ,  $L \leq G$  и  $L \in \mathcal{F}$  и если  $H/K$  является  $p$ -подгруппой  $L/K$  для некоторого простого числа  $p$ , то  $H \in \mathcal{F}$ .*

*Классом Фишера называется класс Фиттинга  $\mathfrak{F}$  конечных групп  $G$ , который удовлетворяет условию: если  $G \in \mathfrak{F}$  и  $H$  – подгруппа группы  $G$ , которая содержит нормальную подгруппу  $K$  группы  $G$  такую, что  $H/K$  является  $p$ -группой для некоторого простого числа  $p$ , то  $H \in \mathfrak{F}$ .*

*Произведением классов Фиттинга  $\mathfrak{F}$  и  $\mathfrak{H}$  называется класс групп  $\mathfrak{F} \circ \mathfrak{H} = (G: G/G_{\mathfrak{F}} \in \mathfrak{H})$ , который является классом Фиттинга. Доказано, если  $\mathcal{F}$  – множество Фишера и  $\mathfrak{X}$  – класс Фишера, то произведение  $\mathcal{F} \circ \mathfrak{X}$  является классом Фишера.*

**Ключевые слова:** класс Фиттинга, множество Фиттинга группы  $G$ , класс Фишера, множество Фишера группы  $G$ , произведение множества Фишера группы  $G$  на класс Фишера.

## ABOUT THE PRODUCT OF FISHER SET OF THE FINITE GROUP AND FISHER CLASS

N.T. Vorobyev, A.S. Voitkevich

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

*A class groups  $\mathfrak{F}$  is a Fitting class, if it is closed with respect to normal subgroups and the product of normal  $\mathfrak{F}$ -subgroup.*

*The purpose of the research is the proof of the analogue of the Lockett theorem about the products of Fischer classes for Fischer sets.*

*A Fischer set of group  $G$  is a Fitting set  $\mathcal{F}$  of  $G$ , satisfying the property: if  $K$  is a subgroup of  $L \leq G$ ,  $L \in \mathcal{F}$  and if  $H/K$  is a  $p$ -subgroup of  $L/K$  for some prime  $p$ , then  $H \in \mathcal{F}$ .*

*A Fischer class is a Fitting class  $\mathfrak{F}$  of finite groups  $G$  that satisfies the condition: if  $G \in \mathfrak{F}$  and  $H$  is a subgroup of  $G$  that contains a normal subgroup  $K$  of group  $G$  such that  $H/K$  is  $p$ -group for some prime  $p$ , then  $H \in \mathfrak{F}$ .*

*The product of Fitting classes  $\mathfrak{F}$  and  $\mathfrak{H}$  is a class of groups  $\mathfrak{F} \circ \mathfrak{H} = (G: G/G_{\mathfrak{F}} \in \mathfrak{H})$ , which is a Fitting class. It is proved that if  $\mathcal{F}$  – Fischer set, and  $\mathfrak{X}$  – Fischer class, then the product  $\mathcal{F} \circ \mathfrak{X}$  is a Fischer class.*

**Key words:** Fitting class, Fitting set of group  $G$ , Fischer class, Fischer set of group  $G$ , the product of Fischer set group  $G$  and Fischer class.

**К**ласс групп  $\mathfrak{F}$  называется классом Фиттинга [1], если выполняются следующие два условия:

(1) если  $G \in \mathfrak{F}$  и  $N \trianglelefteq G$ , то  $N \in \mathfrak{F}$ ;

(2) если  $N_1, N_2 \trianglelefteq G$  и  $N_1, N_2 \in \mathfrak{F}$ , то  $N_1 N_2 \in \mathfrak{F}$ ;

Из (2) следует, что для любой группы  $G$  существует единственная максимальная нормальная подгруппа, принадлежащая  $\mathfrak{F}$ . Ее называют  $\mathfrak{F}$ -радикалом  $G$  и обозначают  $G_{\mathfrak{F}}$ .

Во многих случаях описание структуры классов Фиттинга и канонических подгрупп связано с применением понятия произведения классов Фиттинга (см., например, главы IX и X [1]). Произведением классов  $\mathfrak{F}$  и  $\mathfrak{H}$  называется класс групп:  $\mathfrak{F} \circ \mathfrak{H} = (G: G/G_{\mathfrak{F}} \in \mathfrak{H})$ . Если  $\mathfrak{F}$  и  $\mathfrak{H}$  – классы Фиттинга, то их произведение  $\mathfrak{F} \circ \mathfrak{H}$  является классом Фиттинга [1].

Класс групп  $\mathfrak{F}$  называется *классом Фишера* [2], если выполняются следующие условия:

- (1)  $\mathfrak{F}$  – класс Фиттинга;
- (2) если  $G \in \mathfrak{F}$  и  $K \trianglelefteq G, K \leq H \leq G$  и  $H/K$  –  $p$ -группа для некоторого простого числа  $p$ , то  $H \in \mathfrak{F}$ .

В теории классов Фиттинга конечных разрешимых групп известен результат Локетта [3] о том, что произведение классов Фишера является классом Фишера.

Используя понятие множество Фиттинга группы  $G$ , Дёрк и Хоукс [1] определили понятие множества Фишера  $G$ . Напомним, что непустое множество  $\mathcal{F}$  подгрупп группы  $G$  называется *множеством Фиттинга группы  $G$*  [1], если выполняются следующие три условия:

- (1) если  $T \trianglelefteq S \in \mathcal{F}$ , то  $T \in \mathcal{F}$ ;
- (2) если  $S, T \in \mathcal{F}$  и  $S, T \trianglelefteq ST$ , то  $ST \in \mathcal{F}$ ;
- (3) если  $S \in \mathcal{F}$  и  $x \in G$ , то  $S^x \in \mathcal{F}$ .

В [1] установлено, что каждому классу Фишера  $\mathfrak{F}$  соответствует множество Фишера  $\mathcal{F}$  группы  $G$  – его след в группе  $G$ , т.е. множество  $\mathcal{F} = \{H \leq G: H \in \mathfrak{F}\}$ , хотя обратное в общем случае неверно.

**Определение 0.1** [1]. *Множеством Фишера группы  $G$  называется множество Фиттинга  $\mathcal{F}$  группы  $G$ , которое удовлетворяет следующему свойству: если  $L \leq G, K \trianglelefteq L \in \mathcal{F}$  и  $H/K$  является  $p$ -подгруппой  $L/K$  для некоторого простого числа  $p$ , то  $H \in \mathcal{F}$ .*

Мы будем использовать следующее понятие, которое было определено Н.Т. Воробьевым, Го Вэньбином и Яном Наньбином в работе [4].

**Определение 0.2** [4]. *Пусть  $\mathcal{F}$  – множество Фиттинга группы  $G$  и  $\mathfrak{X}$  – класс Фиттинга. Множество  $\mathcal{F} \circ \mathfrak{X} = (H \leq G: H/N_H \in \mathfrak{X})$  подгрупп группы  $G$  называется *произведением множества Фиттинга группы  $G$  и класса Фиттинга*.*

В [4] доказано, что множество  $\mathcal{F} \circ \mathfrak{X}$  является множеством Фиттинга группы  $G$ .

В связи с этим возникает задача нахождения аналога указанного выше результата Локетта [3] для множеств Фишера группы  $G$ . Решение ее – основная цель настоящей работы.

Доказана

**Теорема 0.3.** *Если  $\mathcal{F}$  – множество Фишера группы  $G$  и  $\mathfrak{X}$  – класс Фишера, то произведение  $\mathcal{F} \circ \mathfrak{X}$  является множеством Фишера группы  $G$ .*

**1. Предварительные сведения.** Для доказательства основного результата мы будем использовать следующие известные утверждения, которые приведем в качестве лемм.

**Лемма 1.1** [1]. *Справедливы утверждения:*

- 1) если  $H$  и  $K$  подгруппы группы  $G$  и  $N$  нормализует  $K$ , то имеет место изоморфизм:  $NK/K \cong N/N \cap K$ ;
- 2) если  $H$  и  $K$  нормальные подгруппы группы  $G$  и  $K \leq H$ , то имеет место изоморфизм:  $(G/K)(H/K) \cong G/H$ .

**Лемма 1.2** [1]. *Пусть  $H, K, N$  – подгруппы группы  $G$ , причем  $K \leq H$ . Тогда справедливо следующее равенство:  $H \cap KN = K(H \cap N)$ .*

**Лемма 1.3** [1]. *Пусть  $\mathcal{F}$  – множество Фиттинга группы  $G$  и  $N$  – нормальная подгруппа  $G$ . Тогда  $N_{\mathcal{F}} = N \cap G_{\mathcal{F}}$ .*

**Лемма 1.4** (квази  $R_0$ -лемма) [1]. *Пусть  $N_1, N_2$  – нормальные подгруппы группы  $G$  такие, что  $N_1 \cap N_2 = 1$  и факторгруппа  $G/N_1N_2$  – нильпотентная группа. Если  $\mathfrak{F}$  – класс Фиттинга и  $G/N_1 \in \mathfrak{F}$ , то  $G \in \mathfrak{F}$  тогда и только тогда, когда  $G/N_2 \in \mathfrak{F}$ .*

**Лемма 1.5** [4]. *Пусть  $\mathcal{F}$  – множество Фиттинга группы  $G$  и  $\mathfrak{X}$  – класс Фиттинга. Тогда произведение  $\mathcal{F} \circ \mathfrak{X}$  является множеством Фиттинга группы  $G$ .*

**Лемма 1.6.** *Пусть  $\mathfrak{F}$  – класс Фишера. Тогда для любого простого делителя  $p$  любой группы из  $\mathfrak{F}$  справедливо включение  $\mathfrak{N}_p \subseteq \mathfrak{F}$ , где  $\mathfrak{N}_p$  – класс Фиттинга всех  $p$ -групп.*

Доказательство леммы осуществляется непосредственной проверкой.

**2. Доказательство теоремы 0.3.** Доказательство. Пусть  $\mathcal{F}$  – множество Фишера группы  $G$  и  $\mathfrak{X}$  – класс Фишера. Тогда по лемме 1.5 их произведение  $\mathcal{F} \circ \mathfrak{X}$  является множеством Фиттинга  $G$ . Для доказательства теоремы достаточно выяснить, что если  $H$  подгруппа группы  $G$  их  $\mathcal{F} \circ \mathfrak{X}$  и  $K$  – ее нормальная подгруппа,  $L \leq K \leq H$  и  $L/K$  является  $p$ -группой для некоторого простого  $p$ , то  $L \in \mathcal{F} \circ \mathfrak{X}$ .

Доказательство разобьем на несколько шагов.

(1) Из  $L/K \in \mathfrak{N}_p$  следует, что  $LH_{\mathcal{F}}/KH_{\mathcal{F}} \in \mathfrak{N}_p$  и  $H \cap G_{\mathcal{F}}/K \cap G_{\mathcal{F}} \in \mathfrak{N}_p$ .

Так как  $K \trianglelefteq H$ , то  $K \trianglelefteq L$ . Следовательно,  $LH_{\mathcal{F}} = LKH_{\mathcal{F}}$ . По утверждению 1 леммы 1.1 имеем изоморфизм:

$$LH_{\mathcal{F}}/KH_{\mathcal{F}} = LKH_{\mathcal{F}}/KH_{\mathcal{F}} \cong L/L \cap KH_{\mathcal{F}}.$$

Следовательно, по утверждению 2 леммы 1.1 справедлив изоморфизм:

$$(L/K)/((L \cap KH_{\mathcal{F}})/K) \cong L/L \cap KH_{\mathcal{F}}.$$

Так как по условию  $L/K \in \mathfrak{N}_p$  и класс всех  $p$ -групп является формацией, то группа  $(L/K)/((L \cap KH_{\mathcal{F}})/K)$  является  $p$ -группой. Следовательно, по определению класса групп фактор  $L/L \cap KH_{\mathcal{F}}$  –  $p$ -группа. Отсюда ввиду изоморфизма  $L/L \cap KH_{\mathcal{F}} \cong LH_{\mathcal{F}}/KH_{\mathcal{F}}$  следует, что  $LH_{\mathcal{F}}/KH_{\mathcal{F}}$  является  $p$ -группой.

(2)  $L \cap H_{\mathcal{F}}/K \cap H_{\mathcal{F}} \in \mathfrak{N}_p$ .

Так как  $K \trianglelefteq L$ , то

$$L \cap H_{\mathcal{F}}/K \cap H_{\mathcal{F}} = (L \cap H_{\mathcal{F}})/((L \cap H_{\mathcal{F}}) \cap K).$$

Используя утверждение 1 леммы 1.1, имеем изоморфизм:

$$L \cap H_{\mathcal{F}}/K \cap H_{\mathcal{F}} \cong (L \cap H_{\mathcal{F}})K/K.$$

Так как  $(L \cap H_{\mathcal{F}})K/K$  – нормальная подгруппа  $p$ -группы,  $L/K$  –  $p$ -группа и класс всех  $p$ -групп – класс Фиттинга, то фактор  $(L \cap H_{\mathcal{F}})K/K$  –  $p$ -группа. Следовательно, и фактор  $L \cap H_{\mathcal{F}}/K \cap H_{\mathcal{F}}$  является  $p$ -группой.

(3)  $L/L \cap H_{\mathcal{F}}$  –  $p$ -группа.

Введем обозначения  $\tilde{H} = H/H_{\mathcal{F}}$ ,  $\tilde{K} = KH_{\mathcal{F}}/H_{\mathcal{F}}$  и  $\tilde{L} = LH_{\mathcal{F}}/H_{\mathcal{F}}$ . Так как  $H \in \mathcal{F} \circ \mathfrak{X}$ , то  $\tilde{H} \in \mathfrak{X}$ . Кроме того,  $\tilde{K} \trianglelefteq \tilde{H}$ , и по утверждению 2 леммы 1.1 имеем изоморфизм:  $\tilde{H}/\tilde{K} \cong LH_{\mathcal{F}}/KH_{\mathcal{F}}$ . Таким образом, ввиду (1)  $\tilde{H} \in \mathfrak{X}$ ,  $\tilde{K} \trianglelefteq \tilde{H}$ ,  $\tilde{K} \leq \tilde{L} \leq \tilde{H}$  и  $\tilde{L}/\tilde{K}$  является  $p$ -группой. Поскольку по условию  $\mathfrak{X}$  – класс Фишера,  $\tilde{L} = LH_{\mathcal{F}}/H_{\mathcal{F}} \in \mathfrak{X}$ . Следовательно, по утверждению 1 леммы 1.1, ввиду изоморфизма:  $LH_{\mathcal{F}}/H_{\mathcal{F}} \cong L/L \cap H_{\mathcal{F}}$ , группа  $L/L \cap H_{\mathcal{F}} \in \mathfrak{X}$ . Утверждение (3) доказано.

(4)  $L_{\mathcal{F}} \cap (L \cap H_{\mathcal{F}})K = L \cap H_{\mathcal{F}}$ .

Так как  $H_{\mathcal{F}} \in \mathcal{F}$ ,  $K \cap H_{\mathcal{F}} \trianglelefteq H_{\mathcal{F}}$ ,  $K \cap H_{\mathcal{F}} \leq L \cap H_{\mathcal{F}} \leq H_{\mathcal{F}}$ , то ввиду (1) следует, что:  $L \cap H_{\mathcal{F}}/K \cap H_{\mathcal{F}}$  –  $p$ -группа. Поскольку  $\mathcal{F}$  – множество Фишера группы  $G$ , подгруппа  $L \cap H_{\mathcal{F}}$  является  $\mathcal{F}$ -группой. Так как  $L \cap H_{\mathcal{F}} \trianglelefteq L$  по определению  $\mathcal{F}$ -радикала группы  $L$ , получаем  $L \cap H_{\mathcal{F}} \leq L_{\mathcal{F}}$ . Следовательно, по лемме 1.2 справедливо равенство:

$$L_{\mathcal{F}} \cap (L \cap H_{\mathcal{F}})K = (L \cap H_{\mathcal{F}})(L_{\mathcal{F}} \cap K).$$

Поскольку  $K \trianglelefteq L$ , по лемме 1.3  $L_{\mathcal{F}} \cap K = K_{\mathcal{F}}$  и поэтому  $L_{\mathcal{F}} \cap (L \cap H_{\mathcal{F}})K = (L \cap H_{\mathcal{F}})K_{\mathcal{F}}$ . Кроме того,  $K_{\mathcal{F}} \leq L \cap H_{\mathcal{F}}$ . Следовательно,  $L_{\mathcal{F}} \cap (L \cap H_{\mathcal{F}})K = L \cap H_{\mathcal{F}}$  и равенство (4) доказано.

(5)  $L/(L \cap H_{\mathcal{F}})K$  является  $p$ -группой.

Так как фактор  $H/K$  является  $p$ -группой и класс всех  $p$ -групп – формация, то по утверждению 2 леммы 1.1 справедлив изоморфизм:

$$(L/K)/((L \cap H_{\mathcal{F}})K/K) \cong L/(L \cap H_{\mathcal{F}})K \text{ и } L/(L \cap H_{\mathcal{F}})K \text{ – } p\text{-группа.}$$

Кроме того, для порядков факторов справедливо равенство:

$$|L/(L \cap H_{\mathcal{F}})| = |(L/(L \cap H_{\mathcal{F}}))/((L \cap H_{\mathcal{F}})K/L \cap H_{\mathcal{F}})| \cdot |(L \cap H_{\mathcal{F}})K/L \cap H_{\mathcal{F}}|.$$

Отсюда следует, что множество всех простых делителей группы  $L/(L \cap H_{\mathcal{F}})K$  является подмножеством множества всех простых делителей порядка группы  $L/(L \cap H_{\mathcal{F}})$ . Ввиду (3) фактор  $L/(L \cap H_{\mathcal{F}})$  является  $p$ -группой. Так как по лемме 1.5  $\mathfrak{N}_p \subseteq \mathfrak{X}$ ,  $L/(L \cap H_{\mathcal{F}})K \in \mathfrak{X}$ .

(6) *Заключительный шаг.*

Пусть  $\tilde{H} = L/L \cap H_{\mathcal{F}}$ ,  $\tilde{K}_1 = (L \cap H_{\mathcal{F}})K/L \cap H_{\mathcal{F}}$ ,  $\tilde{K}_2 = L_{\mathcal{F}}/L \cap H_{\mathcal{F}}$ .

Необходимо заметить, что  $\tilde{K}_1 \trianglelefteq \tilde{H}$ ,  $\tilde{K}_2 \trianglelefteq \tilde{H}$  и  $\tilde{K}_1 \cap \tilde{K}_2 = ((L \cap H_{\mathcal{F}})K/L \cap H_{\mathcal{F}}) \cap (L_{\mathcal{F}}/L \cap H_{\mathcal{F}})$ .

Следовательно, по утверждению (4)

$$\tilde{K}_1 \cap \tilde{K}_2 = (L_{\mathcal{F}} \cap (L \cap H_{\mathcal{F}})K)/(L \cap H_{\mathcal{F}}) = (L \cap H_{\mathcal{F}})/(L \cap H_{\mathcal{F}}) = 1.$$

Покажем, что фактор  $\tilde{H}/\tilde{K}_1 \tilde{K}_2$  – нильпотентная группа. Используя обозначения, получаем равенство:

$$\begin{aligned} \tilde{H}/\tilde{K}_1 \tilde{K}_2 &= (L/L \cap H_{\mathcal{F}})/((L \cap H_{\mathcal{F}})K/(L \cap H_{\mathcal{F}})(L_{\mathcal{F}}/L \cap H_{\mathcal{F}})) = \\ &= (L_{\mathcal{F}}/L \cap H_{\mathcal{F}})/((L \cap H_{\mathcal{F}})KL_{\mathcal{F}})/(L \cap H_{\mathcal{F}}). \end{aligned}$$

Так как по утверждению (4)  $L \cap H_{\mathcal{F}} \leq L_{\mathcal{F}}$ , то по утверждению 2 леммы 1.1 справедлив изоморфизм:

$$\tilde{H}/\tilde{K}_1 \tilde{K}_2 = (L/L \cap H_{\mathcal{F}})/(L_{\mathcal{F}}K/L \cap H_{\mathcal{F}}) \cong L/L_{\mathcal{F}}K$$

и  $\tilde{H}/\tilde{K}_1 \tilde{K}_2$  –  $p$ -группа и группа  $\tilde{H}/\tilde{K}_1 \tilde{K}_2$  нильпотентна.

Докажем, что  $\tilde{H}/\tilde{K}_1$  является  $p$ -группой. По утверждению 2 леммы 1.1 справедлив изоморфизм:

$$\tilde{H}/\tilde{K}_1 = (L/L \cap H_{\mathcal{F}})/((L \cap H_{\mathcal{F}})K/L \cap H_{\mathcal{F}}) \cong L/(L \cap H_{\mathcal{F}})K.$$

Тогда ввиду (5)  $L/(L \cap H_{\mathcal{F}})K$  –  $\mathfrak{X}$ -группа и, следовательно,  $\tilde{H}/\tilde{K}_1$  –  $\mathfrak{X}$ -группа. Итак, мы установили, что для групп  $\tilde{H}$ ,  $\tilde{K}_1$  и  $\tilde{K}_2$  выполняются все условия квази- $R_0$ -леммы, т.е. леммы 1.4. Так как ввиду (3)  $\tilde{H} \in \mathfrak{X}$ , то по лемме 1.4 это эквивалентно тому, что фактор  $\tilde{H}/\tilde{K}_2 \in \mathfrak{X}$ . Поскольку по утверждению 2 леммы 1.1 справедлив изоморфизм:

$$(L/L \cap H_{\mathcal{F}})/(L_{\mathcal{F}}/L \cap H_{\mathcal{F}}) \cong L/L_{\mathcal{F}}, \quad L/L_{\mathcal{F}} - \mathfrak{X}\text{-группа и } L \in \mathcal{F} \circ \mathfrak{X}.$$

Это означает, что произведение  $\mathcal{F} \circ \mathfrak{X}$  – класс Фишера.

Теорема доказана.

**Заключение.** В работе описывается новый метод построения множеств Фишера конечной группы посредством произведения множества Фишера и класса Фишера.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Doerk, K. *Finite soluble groups* / K. Doerk, T. Hawkes // Berlin–New York: Walter de Gruyter, 1992.
2. Hartley, B. *On Fischer’s dualization of formation theory* / B. Hartley // Proc. London Math. Soc. – 1969. – Vol. 3, № 2. – P. 193–207.
3. Lockett, F.P. *On the theory of Fitting classes of finite soluble groups* / F.P. Lockett // Ph.D. Thesis. – University of Warwick, 1971.
4. Vorob’ev, N.T. *On F-injectors of Fitting set of a finite group* / N.T. Vorob’ev, Nanying Yang, W. Guo // Com. in Algebra. – 2018. – Vol. 46, № 1. – P. 217–229.

#### REFERENCES

1. Doerk, K. *Finite soluble groups* / K. Doerk, T. Hawkes // Berlin–New York: Walter de Gruyter, 1992.
2. Hartley, B. *On Fischer’s dualization of formation theory* / B. Hartley // Proc. London Math. Soc. – 1969. – Vol. 3, № 2. – P. 193–207.
3. Lockett, F.P. *On the theory of Fitting classes of finite soluble groups* / F.P. Lockett // Ph.D. Thesis. – University of Warwick, 1971.
4. Vorob’ev N.T. *On F-injectors of Fitting set of a finite group* / N.T. Vorob’ev, Nanying Yang, W. Guo. – Com. in Algebra. – 2018. – Vol. 46, № 1. – P. 217–229.

Поступила в редакцию 11.05.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: voytkевич.a0406@gmail.com – Войткевич А.С.

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕКОНСТРУИРОВАННОГО СРЕДНЕГО УША С ПОМОЩЬЮ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

С.А. Ермоченко, В.В. Новый

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

*В статье рассматривается математическая модель колебательной системы реконструированного среднего уха, которая построена для расчета ее напряженно-деформированного состояния. Проблемой компьютерного расчета является большой объем необходимых вычислений.*

*Цель работы – построение на основе математической модели компьютерной модели и ее расчет с применением технологии распределенных вычислений.*

**Материал и методы.** *В статье рассматривается математическая модель реконструированного среднего уха, построенная для расчета напряженно-деформированного состояния его колебательной системы. Основными методами исследования являются описательно-аналитический, математического моделирования деформируемых твердых тел, компьютерного моделирования и проектирования распределенных вычислительных систем.*

**Результаты и их обсуждение.** *Для расчета напряженно-деформированного состояния колебательной системы среднего уха построена упрощенная математическая модель. Затем математическая модель переведена в компьютерную модель с оптимизацией ее расчета на распределенной вычислительной сети. Рассмотрены вопросы проектирования, разработки и тестирования вычислительной системы. Отдельное внимание уделено управлению системой и подсистеме хранения данных.*

**Заключение.** *Построенная компьютерная модель может быть рассчитана на кластере из обычных маломощных персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть. Использование построенной системы дало существенный прирост производительности по сравнению с применением одного персонального компьютера.*

**Ключевые слова:** *реконструированное среднее ухо, напряженно-деформированное состояние, компьютерная модель, распределенные вычисления, подсистема хранения данных.*

## COMPUTER MODELING OF RECONSTRUCTED MIDDLE EAR USING DISTRIBUTED COMPUTING

S.A. Yermochenko, V.V. Novyi

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

*The mathematical model of the vibratory system of the reconstructed middle ear, which is built to calculate its strain-stress state, is considered in the article. The problem of computing is a large amount of the required calculations.*

*The purpose is to build a computer model on the basis of the mathematical model and to calculate it applying the technology of distributed computing.*

**Material and methods.** *The material is a mathematical model of the reconstructed middle ear, which is built to calculate the strain-stress state of its vibratory system. The basic research methods are the descriptive and analytical, the method of mathematical modeling of strain solid, the method of computer modeling and the method of designing distributed computing systems.*

**Findings and their discussion.** *To calculate the strain-stress state of the vibration system of the middle ear a simplified mathematical model was built. Then the mathematical model was converted into the computer model with the optimization of its calculation on the distributed computer network. Issues of designing, development and testing of the computing system were considered. Special attention was paid to the system management and to data warehouse subsystem.*

**Conclusion.** *The built computer model can be calculated on the cluster of usual low power PCs joined into a local network. The use of the elaborated system resulted in a considerable performance gain compared to using one PC.*

**Key words:** *reconstructed middle ear, strain-stress state, computer model, distributed computing, data warehouse subsystem.*

Среднее ухо (СУ) человека представляет собой сложнейшую колебательную систему, передающую энергию звуковой волны, воспринимаемой внешним ухом, во внутреннее ухо, где она преобразуется в нервные импульсы. Компоненты среднего уха могут подвергаться деструктивным изменениям и патологиям, вызванным различными травмами или заболеваниями. В результате этого порог восприимчивости слухового анализатора к звуковым колебаниям может существенно снижаться, что приводит к частичной или полной потере слуха. В ряде случаев с целью улучшения или восстановления слуха в оториноларингологии прибегают к хирургической реконструкции СУ, заключающейся во введении имплантатов и протезов, заменяющих поврежденные естественные компоненты СУ [1].

Замену компонент СУ (барабанной перепонки, слуховых косточек), подвергнувшихся различным патологиям, на искусственные имплантаты важно изучить с точки зрения механических свойств реконструированной колебательной системы (их близости к характеристикам среднего уха в норме) [2; 3].

Основным направлением исследований в большинстве известных работ являлось изучение динамических характеристик реконструированного среднего уха (PCY), позволяющих оценить успешность проведенной операции. Однако в подавляющем числе научных публикаций авторы пренебрегают начальными напряжениями, возникающими в тимпанальной мембране (ТМ) и связках после ввода протеза. Вместе с тем излишние начальные напряжения в ТМ и связке овального окна могут приводить к заметному искажению спектра собственных частот колебательной системы PCY [4], а также быть причиной ограниченной подвижности стремени или даже его люкации (вывиха).

С учетом сказанного являются актуальными исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) реконструированного среднего уха в зависимости от различных входных параметров, характеризующих физические свойства, геометрические размеры и положение используемых искусственных имплантатов. В данной работе для расчета напряженно-деформированного состояния PCY строится математическая модель, основанная на уравнениях статического равновесия всех компонент PCY. Из этих уравнений выводится система нелинейных трансцендентных уравнений относительно неизвестных параметров, характеризующих НДС PCY.

Но при этом сложностью данной задачи является достаточно большой объем вычислений, необходимых для подробного анализа всех возможных вариантов значений входных параметров, поскольку запись соотношений между входными и выходными параметрами в виде аналитически заданных функций представляется практически невозможной. Между тем исследование зависимости между этими параметрами – важная практическая задача для специалистов в области оториноларингологии, так как позволяет экспертам подбирать оптимальные значения входных параметров с учетом индивидуальных особенностей среднего уха пациента. Таким образом, для анализа зависимости между входными и выходными параметрами модели необходимо рассчитывать НДС PCY для большого количества вариантов значений входных параметров, а затем уже анализировать их изменения и влияние на выходные параметры. Для ускорения вычисления можно воспользоваться технологиями распределенных вычислений.

Цель работы – построение математической модели PCY, позволяющей рассчитать напряженно-деформированное состояние колебательной системы, а также перевод модели в компьютерную, расчет последней с применением технологии распределенных вычислений.

Для уменьшения времени вычислений было принято решение построить кластер из нескольких персональных компьютеров, объединенных в одну локальную компьютерную сеть и представляющих собой в итоге специализированную распределенную вычислительную систему.

**Материал и методы.** Нами рассматривается математическая модель реконструированного среднего уха, построенная для расчета напряженно-деформированного состояния его колебательной системы.

Основными методами исследования являются описательно-аналитический, математического моделирования деформируемых твердых тел, компьютерного моделирования и проектирования распределенных вычислительных систем.

**Результаты и их обсуждение.** Функциональное назначение колебательной системы среднего уха заключается в преобразовании звуковых колебаний, улавливаемых наружным ухом, в механические колебания цепи косточек «молоточек–наковальня–стремя» [5]. Далее эти колебания передаются внутриулитковой жидкости и преобразуются внутренним ухом в нервные импульсы. Роль СУ, таким

образом, состоит в передаче звукового давления и защите внутреннего уха от различных механических повреждений.

Здесь и далее приводится упрощенная математическая модель РСУ из [6].

Для определения различных величин, характеризующих свойства компонент РСУ, вводится глобальная система координат  $Oxuz$ , связанная с реконструированной ТМ. При реконструкции ТМ в полость СУ вводится искусственный протез.

Обозначим длину стержня протеза  $l_p$ , минимальное значение длины стержня протеза  $l_{min}$ .

Разница длин  $\Delta l = l_p - l_{min}$  обуславливает деформацию реконструированной ТМ и связок овального окна, и, как следствие, возникновение усилия в соединении «протез–стремля» (точка  $K$ ).

Рассмотрим силы и моменты, действующие на протез и стремля.

$F_{TM}, M_{TM}$  – сила и момент, действующие на основание протеза и обусловленные деформацией реконструированной ТМ.  $F_{AL}, M_{AL}$  – сила и момент, действующая на основание стремени со стороны деформированных связок овального окна.  $F_{CL}$  – сила, действующая на основание стремени со стороны внутриулитковой жидкости.  $F_{TR}, M_{TR}$  – распределенные по всему внешнему контуру силы и моменты, действующие со стороны тимпанального кольца на ТМ.  $P_s$  – разница атмосферного давления и давления, возникающего в полости среднего уха в послеоперационный период.

К входным параметрам, описывающим РСУ, относятся  $D = Eh^3/[12(1 - \nu^2)]$ ,  $K = Eh/(1 - \nu^2)$  – жесткости пластины,  $E$  – модуль упругости Юнга,  $\nu$  – коэффициент Пуассона,  $h$  – толщина пластины.

Внутренний контур представляет собой линию сопряжения пластины и круглого основания протеза радиуса  $b$ . Соотношения упругости для пластины, моделирующей ТМ, записываются в цилиндрической системе координат  $Cr\phi z$ , связанной с центром основания протеза. Так как основание протеза прогибает пластину, совершая перемещения  $u_p, \phi_p, w_p$  и повороты  $\theta_x, \theta_z$ , то точки внутреннего контура получают некоторое приращение.

Внешний контур представляет собой окружность радиуса  $a$ , а центры ТМ и основания протеза совпадают. На внешнем контуре предполагается упругая заделка. Коэффициенты  $k_l$  и  $k_t$  – коэффициенты жесткости распределенных линейных и торсионных пружин, моделирующих тимпанальное кольцо. Данные коэффициенты были вычислены экспериментально в [3]. Там же показано, что эти жесткости не являются постоянными по всему контуру. В данной работе приняты усредненные значения этих величин:  $k_l = 0,075 \text{ Н / мм}^2$ ,  $k_t = 6,5 \times 10^{-5} \text{ Н}$ .

Условием равновесия протеза и стремени является равенство нулю главных векторов, действующих на них сил и моментов.

На конец ствола протеза со стороны стремени действует сила  $F_{Sp}$ , под влиянием которой центр основания протеза перемещается в точку  $G$ . Координаты этой точки в системе координат  $Cr\phi z$  обозначим  $G(u_p; \phi_p; w_p)$ . Здесь  $u_p$  – тангенциальное смещение,  $w_p$  – нормальное смещение,  $\phi_p$  – направление смещения центра основания протеза.

Протез совершает повороты вокруг некоторой оси, лежащей в плоскости пластины (ТМ), а также вокруг оси, перпендикулярной плоскости пластины. Угол  $\psi$  между осью  $Ox$  и осью  $Cx'$  выберем таким образом, чтобы ось поворота протеза, лежащая в плоскости основания пластины, совпадала с осью  $Cx'$ . Тогда угол поворота протеза вокруг данной оси обозначим  $\theta_x$ , а неизвестный угол  $\psi$  будет определять положение этой оси поворота. Ось поворота протеза, перпендикулярная плоскости пластины, совпадает с осью  $Cz$ , а угол поворота протеза вокруг этой оси обозначим  $\theta_z$ . Определим силу, действующую на конец ствола протеза, в системе координат  $Cx'y'z$  как  $F_{SP}(f_{SP}^{x'}; f_{SP}^{y'}; f_{SP}^{z'})$ , а момент этой силы обозначим  $M_{SP} = r_K \times F_{SP}$ , где  $r_K$  – радиус-вектор точки  $K$  в системе координат  $Cx'y'z$ :

$$\begin{aligned} r_K (u_p \cos \phi_p + w_p \sin \theta_x \sin \theta_z + u_p \cos(\psi - \phi_p) \cos \theta_z + \\ + u_p \sin(\psi - \phi_p) \cos \theta_x \sin \theta_z; \\ u_p \sin \phi_p - w_p \sin \theta_x \cos \theta_z + u_p \cos(\psi - \phi_p) \sin \theta_z - \\ - u_p \sin(\psi - \phi_p) \cos \theta_x \cos \theta_z; \\ w_p (1 + \cos \theta_x) - u_p \sin(\psi - \phi_p) \sin \theta_x). \end{aligned} \quad (1)$$

Таким образом, уравнения равновесия протеза относительно шести неизвестных параметров  $u_p, \varphi_p, w_p, \psi, \theta_x, \theta_z$  запишем в виде:

$$f_{TM}^{x'} + f_{SP}^{x'} = 0; \quad f_{TM}^{y'} + f_{SP}^{y'} = 0; \quad f_{TM}^z + f_{SP}^z = 0; \quad (2)$$

$$m_{TM}^{x'} + f_{SP}^z (u_p \sin \varphi_p - w_p \sin \theta_x \cos \theta_z) - f_{SP}^{y'} w_p (1 + \cos \theta_x) + f_{SP}^z u_p \sin \theta_z \cos(\psi - \varphi_p) + \quad (3)$$

$$+ u_p (f_{SP}^{y'} \sin \theta_x - f_{SP}^z \cos \theta_x \cos \theta_z) \sin(\psi - \varphi_p) = 0;$$

$$m_{TM}^{y'} + f_{SP}^{x'} w_p (1 + \cos \theta_x) - f_{SP}^z (u_p \cos \varphi_p + w_p \sin \theta_x \sin \theta_z) - f_{SP}^z u_p \cos \theta_z \cos(\psi - \varphi_p) - \quad (4)$$

$$- u_p (f_{SP}^{x'} \sin \theta_x + f_{SP}^z \cos \theta_x \sin \theta_z) \sin(\psi - \varphi_p) = 0;$$

$$m_{TM}^z + f_{SP}^{y'} (u_p \cos \varphi_p + w_p \sin \theta_x \sin \theta_z) - f_{SP}^{x'} (u_p \sin \varphi_p - w_p \sin \theta_x \cos \theta_z) + \quad (5)$$

$$+ u_p (f_{SP}^{y'} \cos \theta_z - f_{SP}^{x'} \sin \theta_z) \cos(\psi - \varphi_p) +$$

$$+ u_p (f_{SP}^{y'} \cos \theta_x \sin \theta_z + f_{SP}^{x'} \cos \theta_x \cos \theta_z) \sin(\psi - \varphi_p) = 0.$$

Рассмотрим здесь условие равновесия стремени с учетом всех сил, действующих со стороны протеза и связки овального окна.

Для определения силы  $\mathbf{F}_{AL}$  и момента  $\mathbf{M}_{AL}$ , действующих на основание стремени со стороны связок овального окна, рассмотрим модель, предложенную в работе [5], в соответствии с которой данная связка рассматривается как упругая лента переменной ширины.

Жесткостные свойства связки при этом описываются симметричной матрицей  $6 \times 6$ :

$$C_{RB} = c_{ref} \begin{pmatrix} 51,4 & -0,24 & -1,37 & 0,04 & 9,66 & 0,35 \\ -0,24 & 49,2 & -0,6 & -7,87 & -1,01 & -8,4 \\ -1,37 & -0,6 & 27,8 & 0,37 & 17,1 & 0,96 \\ 0,04 & -7,87 & 0,37 & 8,29 & 0,58 & 2,6 \\ 9,66 & -1,01 & 17,1 & 0,58 & 29,7 & 1,6 \\ 0,35 & -8,4 & 0,96 & 2,6 & 1,6 & 12,9 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

где коэффициент  $0,035 \leq c_{ref} \leq 0,05$  определяет общую жесткость связки овального окна и имеет размерность  $[Н \text{ мм}^{-1}]$ .

Тогда сила  $\mathbf{F}_{AL}$  и момент  $\mathbf{M}_{AL}$  выражаются следующим образом [5]:

$$\left( f_{AL}^{\xi}; f_{AL}^{\eta}; f_{AL}^{\zeta}; m_{AL}^{\xi}; m_{AL}^{\eta}; m_{AL}^{\zeta} \right)^T = C_{RB} \left( \xi_r; \eta_r; \zeta_r; \alpha_{\xi}; \alpha_{\eta}; \alpha_{\zeta} \right)^T, \quad (7)$$

где символ  $T$  обозначает транспонирование строки.

Теперь аналогично уравнениям равновесия протеза запишем уравнения равновесия стремени:

$$\mathbf{F}_{AL} + \mathbf{F}_{CL} + \mathbf{F}_{PS} = 0, \quad (8)$$

$$\mathbf{M}_{AL} + \mathbf{r}_K \times \mathbf{F}_{PS} = 0, \quad (9)$$

где  $\mathbf{r}_K(\xi_k; \eta_k; \zeta_k)$  – радиус-вектор точки  $K$  в локальной системе координат  $S\xi\eta\zeta$ .

Уравнения (2–5, 8, 9) задают двенадцать уравнений относительно пятнадцати неизвестных. Еще одно уравнение можно выписать из условия недеформируемости стремени. Так, расстояния между центром основания стремени и головкой стремени до введения протеза (точки  $S$  и  $H$ ) и после (точки  $R$  и  $K$ ) принимаются одинаковыми. Отсюда

$$\sqrt{(\xi_s - \xi_h)^2 + (\eta_s - \eta_h)^2 + (\zeta_s - \zeta_h)^2} = \sqrt{(\xi_r - \xi_k)^2 + (\eta_r - \eta_k)^2 + (\zeta_r - \zeta_k)^2}. \quad (10)$$

Еще два уравнения связывают координаты точек до введения протеза ( $S, H$ ) и после ( $R, K$ ) с углами поворота  $\alpha_{\xi}, \alpha_{\eta}$  стремени вокруг соответствующих осей координат  $S\xi$  и  $S\eta$ :

$$\sin \alpha_{\xi} = \frac{(\eta_s - \eta_h)(\zeta_r - \zeta_k) - (\eta_r - \eta_k)(\zeta_s - \zeta_h)}{(\eta_s - \eta_h)^2 + (\zeta_s - \zeta_h)^2}, \quad (11)$$

$$\sin \alpha_{\eta} = \frac{(\zeta_s - \zeta_h)(\xi_r - \xi_k) - (\zeta_r - \zeta_k)(\xi_s - \xi_h)}{(\zeta_s - \zeta_h)^2 + (\xi_s - \xi_h)^2}. \quad (12)$$

Уравнения (2–5, 8–12) являются алгебраическими уравнениями относительно 15 неизвестных параметров, характеризующих напряженно-деформированное состояние реконструированного среднего уха. Данная система представляет математическую модель реконструированного среднего уха, позволяющую рассчитать его напряженно-деформированное состояние.

К известным входным параметрам данной модели необходимо отнести следующие характеристики:

- геометрические параметры протеза  $b$ ,  $l_p$  и  $\psi_p$ ;
- место установки протеза  $x_p$ ,  $y_p$ ;
- геометрические параметры хрящевого имплантата ( $a$  – радиус пластины,  $h$  – толщина пластины);
- физические параметры хрящевой ткани ( $\nu$  – коэффициент Пуассона,  $E$  – модуль упругости Юнга,  $k_l$  и  $k_t$  – коэффициенты жесткости линейных и торсионных пружин, распределенных по внешнему контуру хрящевого имплантата и моделирующих тимпанальное кольцо, фиксирующее имплантат);
- геометрические параметры стремени (координаты центра основания стремени и головки стремени, определяющие его размеры и ориентацию в пространстве);
- физические параметры связки овального окна (матрица жесткости связки  $C_{RB}$ );
- геометрические и физические параметры мембраны круглого окна.

При расчете построенной модели важным является характер зависимости выходных параметров модели от изменения входных параметров, заданных на определенном промежутке. При этом численные расчеты могут осуществляться при изменении таких основных параметров, как геометрические размеры протеза, хрящевого имплантата (в первую очередь толщины) и физических характеристик хряща (в первую очередь модуль упругости Юнга).

И хотя изменяемыми параметрами являются лишь некоторые из входных величин, но их изменение может изучаться с достаточно мелким шагом. Для каждой из этих величин могут потребоваться порядка  $10^2$ – $10^3$  значений, что в целом может давать до  $10^8$  вариантов конфигурации математической модели. При этом расчет математической модели для одного набора входных данных на персональном компьютере с маломощной конфигурацией (двухъядерный процессор AMD E1-1200 и 2 Gb оперативной памяти) с помощью математического пакета Maple занимает порядка 0,05 секунды. Таким образом, для расчета математической модели для всех возможных конфигураций входных параметров на данном компьютере может потребоваться около 50 суток непрерывной работы.

Построенная модель имеет несколько особенностей:

- во-первых, это нелинейность уравнений, входящих в систему уравнений, что делает затруднительным распараллеливание расчетов модели для одного набора входных данных на несколько вычислительных платформ;
- во-вторых, большое количество различных вариантов входных данных этой модели;
- в-третьих, относительно несложный расчет модели для одного набора входных данных.

Последние две особенности позволяют организовать вычисления на нескольких компьютерах, выполняя расчет одного набора данных на одном компьютере в кластере, а распределение вычислений производить за счет распределения самих таких наборов входных данных между узлами кластера. При этом несложность расчета модели для одного набора данных помогает повысить эффективность работы одного узла за счет передачи ему не единичного набора входных данных, а блока таких входных данных.

Для организации взаимодействия управляющего кластером программного обеспечения и вычислительных модулей, работающих на узлах кластера, можно использовать событийную модель управления, что позволит не только динамически добавлять и удалять узлы в кластере, но и распределять задания между узлами, исходя из вычислительных возможностей каждого узла.

Заметим, что в системе уравнений (2–5, 8–12) можно выразить силу  $F_k$ , возникающую в шарнирном соединении, и момент этой силы  $r_k \times F_k$ . Это позволит разбить решение системы уравнений на два этапа. Однако эти этапы не допускают независимого решения, что не позволит вычислять их параллельно на разных узлах кластера. Но такое разбиение на этапы сможет уменьшить количество

элементарных операций сложения и умножения вещественных чисел, что в целом даст некоторый прирост производительности каждого узла кластера.

Заметим также, что вычисление силы  $F_{AL}$  и момента  $M_{AL}$ , действующих на основании стремени со стороны связки овального окна, согласно выражениям (6, 7), сопряжено с перемножением матрицы на вектор. Малая размерность этой матрицы делает нецелесообразным распараллеливание данной операции на несколько узлов в компьютерной сети. Но может оказаться эффективным распараллеливание таких вычислений на многоядерных процессорах, что увеличит производительность узлов кластеров, имеющих подобные процессоры. Следует также учесть, что операция перемножения матрицы на вектор будет выполняться на каждой итерации численного метода решения системы нелинейных алгебраических уравнений.

Кроме использования операции перемножения матриц для вычисления компонентов векторов  $F_{AL}$  и  $M_{AL}$ , такая операция будет применяться и для вычисления компонентов векторов  $F_{TM}$  и  $M_{TM}$ . И хоть размерность матриц-операндов и смысл их элементов будут различными, но операции перемножения матриц будут одинаковыми. Это позволяет вынести в отдельный поток исполнение таких операций.

Реализацию компьютерной модели для расчета математической модели будем осуществлять с использованием языка программирования C. Применение этого языка позволяет напрямую работать с памятью, используя указатели. В будущем можно продолжить более тонкую оптимизацию программного кода, переписывая критичные блоки кода с применением ассемблерных вставок. Кроме того, язык C является высокоуровневым с достаточно удобным синтаксисом, кроссплатформенным на уровне исходного кода, что позволит компилировать вычислительный модуль под различные платформы.

В настоящей работе модуль разрабатывался только под операционные системы семейства Windows, однако все части кода, имеющие привязку к операционной системе, были локализованы. Так, например, язык C не имеет встроенной высокоуровневой библиотеки для работы с TCP-протоколом, а использование низкоуровневой библиотеки winsock под Windows стало бы достаточно трудоемкой задачей. Одновременно при портировании приложения на другие платформы мог бы встать вопрос о переписывании данной части программного кода. Поэтому вычислительный модуль, несущий основную вычислительную нагрузку, был вынесен в отдельную системную библиотеку dll, которая подключается к Java-приложению, а уже Java-приложение осуществляет взаимодействие по сети с управляющими узлами и организует запуск функций из dll-библиотеки в отдельных потоках.

Такой подход позволяет, не теряя эффективности вычислений, локализовать используемые особенности операционной системы только в части компиляции системной библиотеки, которая далее применяется в приложении, являющемся кроссплатформенным на уровне скомпилированного кода (Java-приложение).

Ранее было показано, что целесообразно решение системы уравнений (2–5, 8–12) для одного набора входных параметров находить на одном вычислительном узле. Распределенные вычисления будут основываться на так называемом параллелизме данных, то есть каждому вычислительному узлу нужно предоставить один набор данных из множества еще не обработанных наборов данных. Подобное множество наборов формируется исходя из тех входных параметров, значение которых может варьироваться на некотором отрезке с заданным шагом.

Для задания одного входного набора данных необходимо передать вычислительному узлу некий набор вещественных чисел и по окончании вычисления получить от него результирующий набор вещественных чисел. Так как требуемая точность должна быть достаточно высокой, каждое число будет представляться вещественным числом с двойной точностью (стандарт IEEE 754), для хранения которого понадобится 8 байт.

Тогда для вычисления системы уравнений (2–5, 8–12) для одного набора данных необходимо передать около 1 Кбайт и получить около 150 байт информации.

Но такой объем данных минимален, если протокол прикладного уровня взаимодействия управляющего сервера и вычислительных узлов в компьютерной сети будет являться бинарным. Подобные протоколы, как правило, имеют небольшой объем служебной информации по сравнению с полезной информацией. Также бинарный протокол выигрывает у текстовых протоколов в скорости извлечения полезных данных. Негативной стороной бинарных протоколов является затруднительный анализ данных для человека. Чаще всего такой анализ необходим при отладке и тестировании приложения, что

является важным этапом в процессе разработки, особенно распределенных систем. Еще один недостаток бинарных протоколов – сложность обеспечения кроссплатформенности. Последний фактор также является достаточно важным в организации распределенных вычислительных сетей, в которых вычислительные узлы различны по аппаратному и программному обеспечению.

Альтернативой бинарным протоколам выступают текстовые протоколы. В данной работе мы рассмотрим текстовый протокол на основе формата XML. К слабым сторонам текстовых протоколов относится чрезмерная избыточность информации. Рассмотрим запрос от управляющего сервера вычислительному узлу:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8">
<request>
  <param name="prosthesis-base-radius"
    value="1.45"/>
  <param name="prosthesis-length"
    value="5.12"/>
  <!-- и другие параметры -->
</request>
```

В данном примере выписаны только два параметра, но даже на примере этих параметров видно, что количество символов для каждого параметра может отличаться. В среднем на один параметр необходимо около 60 символов. При передаче запроса в формате XML в однобайтовой кодировке это соответствует 60 байтам на один параметр. На весь запрос, содержащий 50 параметров, понадобится около 3000 байт, что в 3 раза превышает размер запроса в байтовом формате.

Тем не менее даже при передаче данного запроса в локальной сети с достаточно низкой скоростью (10 Мбит/с) время передачи будет меньше 0,01 секунды.

Следует также учесть тот факт, что время, необходимое на вычисление решения системы для одного входного набора данных, даже на персональных компьютерах с низким быстродействием (компьютер на основе процессора Intel Pentium 4 с одним ядром и тактовой частотой 1,9 ГГц и оперативной памятью объемом 1 Гб) не превышает 4–5 секунд. По сравнению со временем решения системы скорость передачи входных параметров и результатов даже в текстовом формате с большой избыточностью информации не оказывает существенного влияния на скорость вычислений.

Таким образом, при решении системы уравнений (2–5, 8–12) объем передаваемых по сети данных является сравнительно небольшим, даже при значительной избыточности информации при использовании текстового протокола передачи, основанного на формате XML. Время передачи данного объема информации значительно меньше времени, необходимого для решения этой системы на маломощном персональном компьютере.

Но при увеличении быстродействия вычислительного узла время расчета задачи уменьшается. В подобном случае время передачи данных по сети может оказывать решающее влияние на скорость вычислений в целом. Кроме того, управляющий сервер, получающий ответ от вычислительного узла, должен будет сохранить результаты и найти из множества наборов входных данных еще не обработанный набор и отправить его вычислительному узлу. Все это потребует некоторого времени работы сервера, в течение которого вычислительный узел будет простаивать. И чем большей будет производительность вычислительного узла, тем большим будет процент времени простоя от общего времени работы узла.

Если рассмотреть вычислительную сеть, состоящую из вычислительных узлов с различным быстродействием (при этом различие будет достаточно значительным), то в данном случае рациональнее будет передавать узлам наборы данных не по одному, а пакетами. При этом в зависимости от быстродействия вычислительного узла управляющий сервер может варьировать размер пакета данных таким образом, чтобы поддерживать в оптимальном соотношении время передачи данных по сети и время полезной работы вычислительных узлов.

Для передачи вычислительному узлу пакета входных данных неэффективно будет передавать каждый набор по отдельности, пусть и объединенный в единый запрос. В таком случае экономии объема передаваемых данных не будет. Удастся лишь сократить количество передач, что при использовании постоянных подключений между управляющим сервером и вычислительным узлом не даст никакого прироста производительности.

Если учесть, что большое количество входных наборов формируется из-за варьирования большого количества входных параметров на различных отрезках значений с определенным шагом изменения, то по такому же принципу можно формировать и пакет данных для одного узла. Рассмотрим пример для XML-запроса, рассмотренного выше, но при варьировании второго параметра на отрезке [4,95; 5,25] с шагом 0,025:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8">
<request>
  <param name="prosthesis-base-radius"
    type="fixed"
    value="1.45"/>
  <param name="prosthesis-length"
    type="interval"
    start="4.95"
    end="5.25"
    step="0.025"/>
  <!-- и другие параметры -->
</request>
```

При таком подходе размер запроса практически остается неизменным (то есть меняется незначительно, в зависимости от соотношения количества варьируемых параметров к фиксированным и в зависимости от нужного количества знаков после десятичной запятой при указании значений параметров). Но при слабой изменчивости размера запроса количество наборов данных может быть произвольным. Фактически в таком формате можно одним запросом описать все интересующие нас наборы параметров, что позволит не только передавать запросы вычислительным узлам, но и конфигурировать через XML-файлы настройки управляющего сервера для организации всего процесса вычисления в целом.

Кроме функциональных особенностей вычислительных и логических узлов, необходимо рассмотреть также способ взаимодействия всех этих узлов в единой вычислительной системе. Поскольку в вычислительной системе будет присутствовать всего два типа узлов (вычислительные и управляющие), то между ними возможны три типа связей:

- вычислительный узел с вычислительным узлом,
- управляющий узел с вычислительным узлом,
- управляющий узел с управляющим узлом.

Так как вычислительные задачи каждого узла независимы друг от друга, то связи между вычислительными узлами в проектируемой вычислительной системе не имеют никакого смысла.

Связь вычислительного узла и управляющего узла была подробно рассмотрена выше при рассмотрении функциональных особенностей этих узлов.

Связи между управляющими узлами в этом случае представляют особый интерес. Прежде всего, встает вопрос: какое количество управляющих узлов должно быть в проектируемой вычислительной системе? При наличии всего одного управляющего узла третий тип связей становится невозможным. Кроме того, упрощается задача связи системы с внешними подсистемами.

Для ответа на поставленный вопрос нужно рассмотреть специфику решаемой задачи с точки зрения требований к распределенным вычислительным системам.

Для распределенной системы важным является возможность гибко добавлять и исключать узлы. При этом описанный выше способ подключения к управляющему узлу новых вычислительных узлов и их отключение обеспечивают гибкое масштабирование вычислительной сети. Но если использовать вычислительную систему с несколькими управляющими узлами, то операции добавления и исключения таких узлов уже не будут являться такими тривиальными.

Тем не менее можно предложить решение вопроса коммуникации управляющих узлов между собой. Управляющие узлы можно организовать в иерархическую структуру так, что каждый управляющий узел может одновременно принимать задания, состоящие из некоторого набора входных данных (фактически являясь при этом вычислительным узлом для другого управляющего узла), далее дробить

данное задание на более мелкие задания и распределять их между своими дочерними вычислительными узлами.

Следовательно, если интерфейс взаимодействия внешней системы (которая может, например, предоставлять графический интерфейс конечному пользователю) и управляющего узла будет таким же, что и управляющего узла с вычислительными узлами, то будет достигнута достаточная гибкость при масштабировании не только при изменении количества вычислительных узлов, но и при изменении количества управляющих узлов.

Иерархический способ организации управляющих узлов предоставляет простой интерфейс взаимодействия с распределенной вычислительной системой, а также позволяет гибко настраивать конфигурацию вычислительной сети.

Рассмотрим теперь структуру программного обеспечения для вычислительных узлов. Каждый вычислительный узел должен решать систему нелинейных алгебраических уравнений. Для этого ему необходимо передать несколько входных параметров, а результатом решения будут являться несколько выходных параметров. Для решения нелинейной системы алгебраических уравнений было решено реализовать метод Ньютона [7]. При реализации выбранного метода решения важно учесть ряд требований:

1) поскольку процесс решения системы численным методом требует значительных вычислительных ресурсов, то программа, реализующая метод Ньютона решения систем нелинейных алгебраических уравнений, должна компилироваться в машинный код процессора, на базе которого будет функционировать вычислительный узел;

2) поскольку аппаратное и программное обеспечение вычислительных узлов может быть различным по своему составу, то программа, реализующая метод Ньютона решения систем нелинейных алгебраических уравнений, должна компилироваться под различные программно-аппаратные платформы (быть кроссплатформенной на уровне исходного кода).

Исходя из предъявленных требований в качестве языка программирования для реализации метода Ньютона решения систем нелинейных алгебраических уравнений выбран язык С. Данный язык является широко распространенным инструментом написания программного обеспечения. Он поддерживает возможность оптимизации программного кода при компиляции, увеличивая эффективность программы. При этом у программиста остается возможность самостоятельно управлять памятью, применяемой программой, а также использовать возможности операционной системы для распараллеливания вычислений.

Тестирование вычислительных узлов показало также большое накопление погрешности вычислений.

При анализе аналитических соотношений математической модели были выделены блоки исходного кода вычислительного узла, в которых происходит накопление погрешности. Так, вычисление координат радиус-вектора  $r_k$  шарнирного соединения стержня протеза и головки стременной косточки осуществляется по формулам (1). Здесь величины, входящие в формулу, представляют собой координаты в декартовых или полярных координатах различных точек (центры основания протеза и стремени). При этом для удобства моделирования каждого компонента реконструированного среднего уха (упругая пластина, искусственный протез, стремянная косточка, упругие связки овального окна) вводились локальные системы координат, связанные с центрами пластины и основаниями протеза и стремени. Для анализа формулы с целью оптимизации вычислений и минимизации накопления вычислительной погрешности смысл каждой переменной, входящей в формулу, не так важен.

Программное обеспечение вычислительного узла выполняет расчет данной формулы непосредственно в той последовательности, в какой действия записаны в математической форме записи. При этом, как видно из формул, после вычисления значения тригонометрических функций полученные значения перемножаются между собой, что и приводит к накоплению погрешности. Для минимизации погрешности в формуле (1) после раскрытия скобок произведения тригонометрических функций заменены на соответствующие суммы.

Нагрузочное тестирование вычислительной системы показало ряд недостатков разработанного программного обеспечения:

— программное обеспечение позволяет гибко расширять вычислительную систему, однако при удалении вычислительного или управляющего узла в момент, когда он осуществляет некоторые

вычисления, приводит к тому, что вышестоящий управляющий узел некорректно обрабатывает такую ситуацию и необработанные входные данные на обработку другим узлам подаются с задержкой, что приводит в некоторых ситуациях к простоям узлов;

— при проведении тестирования оказалось неудобным добавлять узлы только перед началом работы системы. И хотя все блоки входных данных передаются вычислительным узлам не сразу, а по мере выполнения расчетов каждым узлом, что позволяет балансировать нагрузку между узлами, добавить новый вычислительный узел после начала процесса вычисления уже нельзя;

— при большом количестве вычислительных узлов, в случае, когда использовалась простая двухуровневая организация вычислительной системы (только один управляющий узел и восемь вычислительных, непосредственно ему подчиняющихся), в которой каждый вычислительный узел выполнял расчет переданного ему блока входных данных в несколько потоков (по 15 потоков на каждом узле), общее количество подключений к централизованной базе данных составило 120 одновременных подключений, что привело к замедлению работы сервера баз данных, так как система управления базами данных MySQL также была запущена на обычном персональном компьютере. Таким образом, снизилась эффективность использования единого централизованного хранилища результатов вычислений при обработке большого входного набора данных большим количеством узлов.

Для решения возникшей проблемы естественным решением кажется применение распределенной подсистемы хранения, строящейся на базе нескольких серверов баз данных, объединенных в общий кластер, с настроенной репликацией данных между узлами кластера. Но такое решение требует времени на репликацию. Правда, необходимости в постоянном обмене данными между узлами кластера подсистемы хранения на самом деле нет. Можно развернуть несколько серверов баз данных, которые будут играть роль кэширующих серверов, каждый из которых будет писать данные в центральный сервер (это можно реализовать триггером в кэширующем сервере баз данных).

Основным недостатком центрального сервера баз данных является его медленная работа при обслуживании большого количества вычислительных узлов. Но при этом нельзя забывать, что визуализация результатов в виде различных графиков должна происходить на базе всех обработанных данных. Следовательно, децентрализация базы данных за счет использования так называемого механизма горизонтального шардинга [8] приносит ускорение при записи результатов расчетов математической модели вычислительными узлами в базу данных, но существенно осложняет работу с этими данными в последующем.

Как было объяснено выше, мы не ставим своей целью распределять данные на несколько серверов из-за ограниченности объема жестких дисков для хранения базы данных. В таком случае можно сделать вывод, что централизованная база данных в конечном итоге будет удобным вариантом для чтения данных приложением, визуализирующим результаты вычислений. Но для более гибкого масштабирования распределенной вычислительной системы необходимо обеспечить более быструю запись в эту централизованную базу данных. Сделать это можно, используя несколько кэширующих серверов, собирающих данные от вычислительных узлов. При этом количество кэширующих серверов может варьироваться в зависимости от количества вычислительных узлов. Такая схема представляет собой идею, обратную идее репликации данных по методу Master-Slave [8]. При репликации мы записываем данные на один Master-сервер, дублируем их на несколько Slave-серверов и читаем информацию с этих Slave-серверов. Но подобный подход эффективен для систем, в которых чтение данных занимает подавляющее время работы системы. В нашем случае как раз Slave-серверы будут сохранять информацию от вычислительных узлов, отдельным фоновым потоком копируя ее на Master-сервер, а приложение уже будет читать данные с этого централизованного Master-сервера. Но проблема в том, что такой механизм не реализуем стандартными возможностями MySQL-сервера реляционных баз данных.

Для реализации этого подхода необходимо разработать подобное решение неким альтернативным способом. При необходимости использования кэширующих серверов баз данных зачастую принято применять некие решения на основе NoSQL баз данных. Но такие решения отличаются, как правило, требованием быстрого поиска информации на кэширующем сервере, пока этот сервер сохраняет в фоновом режиме информацию в едином хранилище. Обозначенный подход ориентирован, в основном, на распределение нагрузки между сервером, обеспечивающим надежное и достаточно

объемное хранилище, и серверами, обеспечивающими быстрый доступ (и чтение, и запись) к информации. Для нашего случая такое решение будет не совсем оправданным, так как затраты на разворачивание и настройку отдельного кластера NoSQL-серверов без необходимости использования их основных преимуществ (хранения индексов, обеспечивающих быстрый поиск) будут превышать выигрыш от оптимизации подсистемы хранения (так как вычислительные узлы не читают результаты вычислений из базы данных, а только пишут их в базу).

В данной работе в качестве альтернативы применена своя собственная простая реализация сервера на языке программирования Java. Серверное приложение для хранения данных может использовать очередь с блокировками для добавления информации от каждого вычислительного узла в конец очереди. Отдельный же низкоприоритетный поток из начала очереди может извлекать данные и сохранять их в централизованную реляционную базу данных под управлением MySQL-сервера.

Использование кэширующих серверов позволило уменьшить количество обращений к серверу баз данных. И даже если количество обращений все равно будет достаточно большим (при очень большом количестве вычислительных узлов), это не скажется на работе вычислительного узла, так как он по-прежнему сможет быстро сохранять данные на кэширующий сервер, после чего скорость их копирования на основной сервер баз данных будет уже не так критична. Возникает лишь проблема с отказоустойчивостью такой вычислительной системы. Если один из кэширующих серверов отказывается, не успев сохранить данные в централизованное хранилище, то эти данные придется пересчитывать снова.

Количество кэширующих серверов можно гибко подбирать в зависимости от количества и производительности вычислительных узлов. Влияние количества вычислительных узлов на загрузку подсистемы хранения мы рассмотрели, но важным является и влияние производительности вычислительных узлов. Так как чем производительнее узел, тем чаще он будет производить сохранение результатов в базу данных.

Теоретически, если масштабировать распределенную вычислительную систему на все большее и большее количество узлов, то даже использование нескольких кэширующих серверов может не обеспечивать необходимую производительность и стать узким местом такой системы.

Для решения подобной проблемы можно построить иерархию кэширующих серверов. Однако для организации сохранения кэширующим сервером данных на другой кэширующий сервер последний должен иметь тот же интерфейс, что и сервер MySQL. Это можно реализовать в общем случае, реализовав некий стандартный интерфейс доступа к данным, такой как ODBC, JDBC, ADO или другой. Но, во-первых, обозначенный подход будет чрезмерно трудоемким; а во-вторых, необходимо помнить, что, в конечном счете, все данные будут сохраняться в единую базу данных под управлением сервера MySQL. В последнем случае узким местом системы, вероятнее всего, станет именно сервер MySQL, а не подсистема кэширующих серверов.

В данной работе мы остановили свой выбор на кэширующих серверах, использующих протокол взаимодействия с вычислительным узлом, основанный на формате XML и сохраняющий информацию в базу данных с помощью SQL-запросов.

Следовательно, мы рассмотрели все аспекты проектирования, разработки и тестирования вычислительной системы и решили задачу расчета построенной математической модели реконструированного среднего уха на вычислительном кластере.

**Заключение.** В результате проведенного исследования была уточнена и оптимизирована для компьютерного расчета математическая модель реконструированного среднего уха, предназначенная для анализа напряженно-деформированного состояния колебательной системы реконструированного среднего уха. На базе данной математической модели спроектировано, разработано и протестировано программное обеспечение, позволяющее организовать распределенную вычислительную систему для численных расчетов построенной модели.

Вычислительная система строится на базе кластера из обычных персональных компьютеров, объединенных в локальную компьютерную сеть. Такое решение позволяет гибко масштабировать вычислительную систему и экономить время на расчеты математической модели без значительных материальных затрат на аппаратное обеспечение.

Программное обеспечение строилось на базе ранее предложенной авторами концепции применения объектно-ориентированной парадигмы программирования [9].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ситников, В.П. Оссикулопластика: варианты и результаты / В.П. Ситников, И.И. Чернушевич, Б.А. Заварзин // Российская оториноларингология. – 2004. – № 4(11). – С. 148–150.
2. Eiber, A. On the coupling of prosthesis to the middle ear structure and its influence on sound transfer / A. Eiber [et al.] // The Function and Mechanics of Normal, Diseased and Reconstructed Middle Ear. Proceedings of the Second International Symposium on Middle-Ear Mechanics in Research and Otolaryngology, held in Boston, MA, USA, October 21<sup>st</sup>–24<sup>th</sup>, 1999 / edited by J.J. Rosowski, S.N. Merchant. – The Hague, The Netherlands: Kugler Publication, 2000. – P. 297–308.
3. Koike, T. Analysis of the finite-element method of transfer function of reconstructed middle ear and their postoperative changes / T. Koike, H. Wada, T. Kobayashi // The Function and Mechanics of Normal, Diseased and Reconstructed Middle Ear. Proceedings of the Second International Symposium on Middle-Ear Mechanics in Research and Otolaryngology, held in Boston, MA, USA, October 21<sup>st</sup>–24<sup>th</sup>, 1999 / edited by J.J. Rosowski, S.N. Merchant. – The Hague, The Netherlands: Kugler Publication, 2000. – P. 309–320.
4. Любина, Е.А. Влияние сил натяжения восстановленной барабанной перепонки, вызванных введением протеза, на собственные частоты колебательной системы реконструированного среднего уха / Е.А. Любина, Г.И. Михасев // Механика – 2007: сб. науч. тр. III Белорус. конгресса по теоретической и прикладной механике, Минск, 16–18 окт. 2007 г. / НАН Беларуси, Объединенный институт машиностроения; под общ. ред. М.С. Высоцкого. – Минск, 2007. – С. 399–405.
5. Beer, H.-J. Modeling of Components of the Human Middle Ear and Simulation of Their Dynamic Behavior / H.-J. Beer [et al.] // Audiology & Neuro-Otology. – 1999. – Vol. 4. – P. 156–162.
6. Ермоченко, С.А. Напряженно-деформированное состояние реконструированного среднего уха: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.02.04 / С.А. Ермоченко; Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2011. – 94 л.
7. Самарский, А.А. Численные методы / А.А. Самарский, А.В. Гулин. – М.: Наука, 1989. – 432 с.
8. Schwartz, B. High Performance MySQL. Optimization, Backups, and Replication Third Edition / B. Schwartz, P. Zaitsev, V. Tkachenko. – 3rd Edition. – O'Reilly Media, 2012. – 826 p.
9. Ермоченко, С.А. Применение объектно-ориентированного программирования для реализации операций над матрицами / С.А. Ермоченко, О.Г. Казанцева, В.В. Новый // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2013. – № 6(78). – С. 14–21.

## REFERENCES

1. Sitnikov V.P., Chernushevich I.I., Zavarzin B.A. *Rossiiskaya otorinolaringologiya* [Russian Otorhinolaryngology], 2004, 4(11), pp. 148–150.
2. Eiber, A. On the coupling of prosthesis to the middle ear structure and its influence on sound transfer / A. Eiber [et al.] // The Function and Mechanics of Normal, Diseased and Reconstructed Middle Ear. Proceedings of the Second International Symposium on Middle-Ear Mechanics in Research and Otolaryngology, held in Boston, MA, USA, October 21<sup>st</sup>–24<sup>th</sup>, 1999 / edited by J.J. Rosowski, S. N. Merchant. – The Hague, The Netherlands: Kugler Publication, 2000. – P. 297–308.
3. Koike, T. Analysis of the finite-element method of transfer function of reconstructed middle ear and their postoperative changes / T. Koike, H. Wada, T. Kobayashi // The Function and Mechanics of Normal, Diseased and Reconstructed Middle Ear. Proceedings of the Second International Symposium on Middle-Ear Mechanics in Research and Otolaryngology, held in Boston, MA, USA, October 21<sup>st</sup>–24<sup>th</sup>, 1999 / edited by J.J. Rosowski, S.N. Merchant. – The Hague, The Netherlands: Kugler Publication, 2000. – P. 309–320.
4. Liubina E.A., Mikhasev G.I. *Mekhanika – 2007: Sbornik nauchnykh trudov III belorusskogo kongressa po teoreticheskoi i prikladnoi mekhanike, Minsk, 16–18 oktiabria 2007 g., NAN Belarusi, obyedinennii indtitut mashinistroyeniya* [Mechanics – 2007: Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Belarusian Theoretical and Applied Mechanics Congress, Minsk, October 16–18, 2007, NASc of Belarus, Joint Institute of Machine Building], Minsk, 2007, pp. 399–405.
5. Beer, H.-J. Modeling of Components of the Human Middle Ear and Simulation of Their Dynamic Behavior / H.-J. Beer [et al.] // Audiology & Neuro-Otology. – 1999. – Vol. 4. – P. 156–162.
6. Yermochenko S.A. *Napriazhenno-deformirovannoye sostoyaniye rekonstruirovannogo srednego ukha: dissertatsiya kandidata fiziko-matematicheskikh nauk* [Strain-Stress State of the Reconstructed Middle Ear: PhD (Physics and Mathematics) Dissertation], Minsk, 2011, 94 p.
7. Samarski A.A., Gulin A.V. *Chislenniye metody* [Numerical Methods], Moscow: Nauka, 1989, 432 p.
8. Baron Schwartz, Peter Zaitsev, Vadim Tkachenko. High Performance MySQL, 3rd Edition. Optimization, Backups, and Replication Third Edition. – O'Reilly Media, 2012. – 826 p.
9. Yermochenko S.A., Kazantseva O.G., Novii V.V. *Vesnik Vitsebskaga dziazhaunaga universiteta* [Journal of Vitebsk State University], 2013, 6(78), pp. 14–21.

Поступила в редакцию 26.08.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: yermochenko@gmail.com – Ермоченко С.А.



# БІАЛОГІЯ

УДК 636:611.018

## ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИСТОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ЭМБРИОЛОГИИ» В УЧРЕЖДЕНИИ ОБРАЗОВАНИЯ «ВИТЕБСКАЯ ОРДЕНА “ЗНАК ПОЧЕТА” ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ»

**Д.С. Голубев, Д.Ф. Карелин, Л.Л. Степанова**

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

*Важной задачей при проведении занятий является расширение подхода к роли практических навыков и умений в изучении дисциплины через увеличение доли самостоятельной работы студентов по дисциплине, что связано с необходимостью развития интерактивных форм обучения и внедрения в учебный процесс инновационных технологий обучения, позволяющих формировать специалистов с новым мышлением.*

*Цель статьи – усовершенствование процесса изучения дисциплины с применением компьютерных технологий, основанных на оцифровке гистологических препаратов из гистологической коллекции, которая используется при обучении студентов.*

**Материал и методы.** *Материалом для работы послужили коллекционные гистологические препараты, которые используются на лабораторных занятиях согласно тематическому плану и методике проведения лабораторно-практических занятий. В качестве оборудования для оцифровки гистологических препаратов применен световой микроскоп OLYMPUS BX 51, оснащенный цифровой цветной камерой ALTRA 20 и программным обеспечением CELL (OLYMPUS).*

**Результаты и их обсуждение.** *Приведены результаты, показывающие, что использование оцифрованных гистологических препаратов студентами на практических занятиях существенно расширяет возможности по применению различных комплексов световой микроскопии, оснащенных цифровой цветной камерой и соответствующим программным обеспечением. Это существенно повышает заинтересованность студентов при изучении гистологических препаратов.*

**Заключение.** *Внедрение в учебный процесс данного инновационного метода предоставляет студенту новые возможности в практическом изучении дисциплины, повышении личностной самооценки, связанной с освоением современных технологий обучения.*

**Ключевые слова:** *инновации, гистология, учебный процесс, цифровые микрофотографии, гистологические препараты.*

# APPLICATION OF MODERN INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN TEACHING THE DISCIPLINE OF HISTOLOGY WITH THE BASES OF EMBRYOLOGY AT THE EDUCATIONAL ESTABLISHMENT «VITEBSK STATE ORDER OF BADGE OF HONOR ACADEMY OF VETERINARY MEDICINE»

**D.S. Holubev, D.F. Karelin, L.L. Stepanova**

*Educational Establishment «Vitebsk State Order of Badge of Honor Academy  
of Veterinary Medicine»*

*An important task in conducting classes is to expand the approach to the role of practical skills in studying the discipline, increasing the share of independent work of students on the discipline under study, with the need to develop interactive forms of learning and the need to introduce new innovative learning technologies into the academic process, which make it possible to train specialists with new thinking.*

*The purpose of the work is to improve the process of studying the discipline with the use of computer technologies based on the digitization of histological specimens from the histological collection, which is used in teaching students.*

**Material and methods.** *The material for the work was the collection of histological preparations that are used in laboratory classes, according to the thematic plan and methods of conducting laboratory and practical classes. As equipment for digitizing histological specimens, we used an OLYMPUS BX 51 light microscope equipped with an ALTRA 20 digital color camera and CELL software (OLYMPUS).*

**Findings and their discussion.** *The findings show that the aspect of the use of digitized histological preparations by students during practical classes significantly expands the possibilities of using various light microscopy complexes equipped with a digital color camera and appropriate software. It significantly increases the interest of students in the study of histological preparations.*

**Conclusion.** *The introduction of this innovative method into the educational process provides the student with new opportunities in the practical study of the discipline, increasing personal self-esteem associated with the availability of modern teaching technologies.*

**Key words:** *innovations, histology, academic process, digital micrographs, histological preparations.*

Одно из ведущих и значимых мест при подготовке врачей ветеринарной медицины в системе высшего образования занимает гистология. Гистология (*hystos* – ткань, *logos* – учение) – наука, трактующая возникновение и развитие тончайшей структурной организации клеток, тканей и органов человека и животного, является совместно с анатомией животных базовым фундаментом для дальнейшего изучения предметов клинического и терапевтического профиля на более старших курсах. Рассматривает строение протоплазмы, обмен веществ, функциональное строение и значение структур клеток тканей и органов, что определяет органическую связь гистологии с анатомией, патанатомией и многими клиническими дисциплинами. Предмет закладывает основы структурного и функционального подхода к сравнительному анализу жизнедеятельности в норме и при патологии [1]. Это обусловлено тем, что нынешние достижения науки углубили понимание основ строения и функций организма. Современное преподавание предмета гистологии, цитологии и эмбриологии должно быть направлено на овладение обучающимися совокупностью достижений науки, что необходимо не только для дальнейшего обучения клиническим дисциплинам, но и для формирования у студентов системных представлений о микроскопической функциональной морфологии тканей и органов организма, путях и характере развития его клеточных, тканевых и органых систем.

Актуальность данной работы связана с расширением подхода к роли практических навыков и умений в изучении дисциплины, увеличением доли самостоятельной работы студентов по дисциплине, с важностью развития интерактивных форм обучения. Повышенная необходимость внедрения в учебный процесс инновационных технологий обучения студентов, позволяющих формировать специалистов с новым мышлением [2].

Цель статьи – усовершенствование процесса изучения дисциплины с применением компьютерных технологий, основанных на оцифровке гистологических препаратов из гистологической коллекции, которая используется при обучении студентов.

**Матеріал і методи.** Дисципліна «Гістологія з основами ембріології» преподається в УО «ВГАВМ» для студентів, навчаючись на I і II курсах факультета ветеринарної медицини по спеціальності «Ветеринарна медицина», «Ветеринарна медицина» ССПВО (сокращенный срок получения высшего образования), «Ветеринарна медицина» заочної форми навчання і на I і II курсах біотехнологічного факультета по спеціальності «Ветеринарна санітарія і експертиза». Продовжителітьність навчання складає 1–2 семестри. В процесі вивчення дисципліни студенти проходять основи гістологічної техніки, які в подальшому можуть використовуватися ними на практиці, як при установленні остаточного патологоанатомічного діагнозу, так і в науковій діяльності.

Преподавання дисципліни «Гістологія з основами ембріології» в УО «ВГАВМ» складається з декількох етапів. Спочатку студенти вивчають цитологію – науку про клітинки, далі ембріологію – науку про розвиток зародка, потім загальну гістологію – науку про будову тканин і в завершенні навчання – часткову гістологію – науку про будову органів і систем організму.

При проведенні практичних занять зі студентами після перевірки засвоєння навчального матеріалу здійснюється знайомство з гістологічними препаратами з наступною їх зарисовкою. Вивчення гістологічних препаратів відбувається з допомогою світлових мікроскопів «БИОЛАМ ЛОМО С12». Однак при самостійному освоєнні гістологічних препаратів у студентів можуть виникати певні труднощі, пов'язані з ідентифікацією деяких структурних компонентів в будові тканин або органу. Данна ситуація може також спостерігатися при читанні лекцій з використанням художніх плакатів, які не дають повної документальної картини будови тканин або органу.

Виходячи з вищеперелічених особливостей преподавання дисципліни «Гістологія з основами ембріології» в УО «ВГАВМ», нами була позначена мета, яка заключалася в удосконаленні процесу вивчення дисципліни через використання комп'ютерних технологій, заснованих на оцифровці гістологічних препаратів з колекції, використовуваної при навчанні студентів.

Для її здійснення нами були взяті колекційні гістологічні препарати, які використовуються на лабораторних заняттях згідно тематичному плану і методикі проведення лабораторно-практичних занять. Як обладнання для оцифровки гістологічних препаратів був використаний світловий мікроскоп OLYMPUS BX 51, оснащений цифровою кольоровою камерою ALTRA 20 і програмним забезпеченням CELL (OLYMPUS). Даний комплекс відрізняється простотою в роботі, але при цьому дозволяє отримувати якісну оцифровку гістологічних препаратів з отриманням достатньо точних мікрофотографій [3; 4]. Мікрофотографування проводилося як на малому (x 10), так і на великому (x 40) збільшенні. Слід зазначити, що оцифровка гістопрепаратів на великому збільшенні була проведена з метою демонстрації мікроструктур, з якими у студентів виникають певні труднощі при розгляданні їх в світловому мікроскопі (рис.).



Рис. Мікроскоп OLYMPUS BX 51, оснащений цифровою кольоровою камерою ALTRA 20

Отримані оцифровані гістопрепарати були збережені в форматі jpeg як найбільш зручний для подальшої роботи [5].

**Результати і їх обговорення.** Робота по оцифровці гістологічних препаратів проводилася на кафедрі патологічної анатомії і гістології УО «ВГАВМ». З отриманих цифрових кольорових

микрофотографий были сформированы электронные папки, скомпонованные: 1) согласно тематическому плану проводимых лабораторно-практических занятий; 2) согласно порядку просмотра, указанному в методике проведения лабораторно-практических занятий (табл.).

Таблица

**Список оцифрованных гистологических препаратов**

Название раздела	Название гистологического препарата
Цитология	Комплекс Гольджи Жировые включения в печени Митоз
Эмбриология	Процесс оплодотворения Дробление зиготы лягушки
Общая гистология	Кровь Рыхлая соединительная ткань Плотная оформленная соединительная ткань (сухожилие, поперечный и продольный срез) Эластическая хрящевая ткань Хрящевая ткань Пластинчатая костная ткань Гладкая мышечная ткань Поперечно-полосатая мышечная ткань Сердечная мышечная ткань Клетки Пуркинье Тигроид в нервной клетке Нервное волокно в белом веществе Поперечный срез нерва Нейрофибриллы в нервных клетках Эпендимная глия
Частная гистология	Спинномозговой узел Кора больших полушарий Мозжечок Роговица Слои сетчатки Капилляры, артериолы, вены Артерия и вена Клетки красного костного мозга Лимфатический узел Селезенка Тимус Щитовидная железа Гипофиз Надпочечник Почка Мочеточник (поперечный срез) Паращитовидная железа Строение языка Нижнечелюстная железа Пищевод Дно желудка Толстый кишечник Печень Поджелудочная железа Трахея Легкое Кожа пальца Кожа с волосом Почка Мочеточник Семенник Придаток семенника Яичник Матка Молочная железа

Обучение студентов на практических занятиях по гистологии и их самостоятельная работа, как правило, осуществляются по традиционной схеме: студенты при помощи преподавателя перед началом изучения гистологических препаратов размещают микроскопы на своих столах в удобном для работы положении. Рассматриваемые гистологические препараты, расположенные на предметных столиках, исследуются вначале на малом (обзорном) увеличении. Затем студентам может быть предложено более углубленно изучить гистологические структуры определенного участка микропрепарата, для чего в гнездо револьверной системы необходимо ввести объектив сильного увеличения (с цифрой 40). Параллельно с этим включается демонстрационное устройство, и микрофотография рассматриваемого гистопрепарата выводится на экран монитора. Для демонстрации микрофотографий при проведении лабораторно-практических занятий в практикумах используются мониторы персональных компьютеров, которые установлены и закреплены на специальных металлических подставках на высоте около двух метров для лучшего обзора.

При чтении лекций демонстрация осуществляется посредством электронного визуального проецирования согласно текстовому содержанию конспекта лекции. Последовательность демонстрации оцифрованных микрофотографий и изучаемых гистопрепаратов задается непосредственно преподавателем, с учетом методики проведения лабораторно-практического занятия. Также преподаватель устанавливает указатель на конкретные структуры микрофотографии гистопрепарата, которые требуют более пристального рассмотрения и изучения. Таким образом, студенты совместно с преподавателем производят последовательное изучение гистологических препаратов во время знакомства с конкретной темой занятия [6; 7]. Преподаватель перед просмотром гистологического препарата демонстрирует его цифровое изображение на мониторе с акцентированием тех или иных структур.

Студент, приступая к изучению гистологического препарата с помощью микроскопа, уже нацелен на обнаружение этих структур. Таким образом, преподавателем формируется целевое изучение гистологического материала, что способствует более правильному восприятию информации, существенно повышает качество обучения и совершенствует у студентов более расширенный уровень восприятия визуального материала при работе со специальным оборудованием (в нашем случае с микроскопом).

Инновацией обучения в данном случае становится использование оцифрованной гистологической коллекции в качестве дополнения к традиционному процессу изучения гистологических препаратов. Несомненным плюсом подобного метода обучения является то, что цифровые цветные фотографии могут быть размещены на электронных ресурсах и активно использоваться студентами в режиме реального времени, что открывает новые возможности их изучения непосредственно при самостоятельной работе на кафедре, дома, в библиотеке, компьютерном классе, а также просматриваться на мобильных устройствах. Многие авторы подтверждают, что аспект применения оцифрованных гистологических препаратов студентами на практических занятиях существенно расширяет возможности по использованию различных комплексов световой микроскопии, оснащенных цифровой цветной камерой и соответствующим программным обеспечением [8]. Такие комплексы позволяют не только демонстрировать изучаемый препарат в режиме реального времени студентам через интерактивную доску, монитор или мобильный компьютерный класс, но и отбирать наиболее удачные участки препарата, создавать на их основе электронные файлы и в дальнейшем дополнительно обрабатывать их с целью создания электронных коллекций [9]. В дальнейшем на оцифрованных микрофотографиях гистологических препаратов могут быть обозначены основные структурные элементы, что значительно повысит их информативность и, соответственно, качество освоения материала. Эти фотографии как на бумажных, так и электронных носителях рекомендуется использовать при изучении дисциплины «Гистология с основами эмбриологии».

В результате проведенной работы (на кафедре патологической анатомии и гистологии УО «ВГАВМ») был сформирован сборник в электронном виде оцифрованных микрофотографий гистологических препаратов, которые качественно улучшили методику преподавания дисциплины «Гистология с основами эмбриологии». Прежде всего, это проявилось в повышении заинтересованности студентов при изучении гистологических препаратов. Данный метод сопровождения практической части занятия еще ценен и тем, что полученные микрофотографии могут быть интегрированы в презентацию, с более расширенным пояснением. Возможно транслирование на больших телевизионных мониторах с высоким разрешением, а также демонстрирование через видеопроекторы при сопровождении лекционного курса.

**Заключение.** Активное применение в учебном процессе оцифрованной коллекции гистологических препаратов существенно расширяет возможности преподавания дисциплины «Гистология с основами эмбриологии» в ветеринарном вузе. Связано это, прежде всего, с тем, что студенты при изучении гистологических препаратов будут получать дополнительную информацию из визуального источника, который может являться как персональным компьютером, так и телевизионным монитором высокой четкости. Преподавателю гораздо удобнее контролировать учебный процесс, так как при демонстрации оцифрованных гистологических препаратов студентам даются четкие методические указания, на что следует обратить внимание. Студент, глядя на цифровое изображение, лучше представляет то, что он должен увидеть в световой микроскоп, рассматривая конкретный гистологический препарат.

Внедрение в учебный процесс данного инновационного метода предоставляет студенту новые возможности, прежде всего возникает большая заинтересованность в изучении предмета, повышается самооценка, связанная с освоением современных технологий обучения. Большой положительный эффект заключается также в том, что изучение в таком виде гистологических препаратов может проводиться необязательно в помещении кафедры, а также в домашних условиях при наличии простых воспроизводящих изображение устройств. Кроме этого, полученные изображения можно редактировать с помощью разнообразных графических редакторов с целью более детального рассмотрения отдельных структур. Благодаря этому, в целом, при преподавании дисциплины повышается производительность обучения на лабораторно-практических занятиях.

Следует отметить, что внедренный на курсе гистологии кафедры патологической анатомии и гистологии УО «ВГАВМ» метод демонстрации гистологических препаратов несколько не отрицает иных методов обучения, которые применяются в других вузах, но выводит преподавание дисциплины на более качественный уровень.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Александровская, О.В. Цитология, гистология, эмбриология / О.В. Александровская, Т.Н. Радостина, Н.А. Козлов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 448 с.
2. Новые инновационные технологии обучения студентов на кафедре гистологии, цитологии и эмбриологии / С.В. Сазонов [и др.] // Повышение качества высшего профессионального образования: материалы всерос. науч.-метод. конф., Красноярск, 15–17 окт.: в 3 ч. – Красноярск, 2009. – Ч. 1. – С. 97–99.
3. Томилина, Л.А. Использование мультимедийных программ в преподавании гистологии в Ивановской государственной медицинской академии / Л.А. Томилина, С.В. Диндяев, И.Ю. Торшилова // Фундаментальные и прикладные проблемы гистологии, гистогенез и регенерация тканей: материалы науч. конф., Санкт-Петербург, 7–8 апр. 2004 г. / ВМА. – СПб., 2004. – С. 167–168.
4. Сазонов, С.В. Новые возможности инновационных технологий обучения студентов на кафедре гистологии / С.В. Сазонов, Е.О. Шамшурина, О.Ю. Береснева // Морфология. – 2009. – Т. 136, № 4. – С. 123b.
5. Диндяев, С.В. Методика интерактивного профессионально-ориентированного обучения студентов гистологии, эмбриологии и цитологии с помощью компьютерных средств / С.В. Диндяев // Вестник ИвГМА. – 2012. – Т. 17, № 1. – С. 55–59.
6. Сазонов, С.В. Новые возможности инновационных технологий обучения студентов на кафедре гистологии / С.В. Сазонов, Е.О. Шамшурина, О.Ю. Береснева // Морфология. – 2009. – Т. 136, № 4. – С. 123.
7. Таскаев, И.И. Современные технологии образовательного процесса при изучении цитологии, гистологии и эмбриологии животных и человека / И.И. Таскаев, В.В. Семченко // Вестник ОмГАУ. – 2012. – № 1(5). – С. 53–58.
8. Хайруллин, Р.М. Компьютеризация учебного процесса: внедрение или концепция? / Р.М. Хайруллин // Морфология. – 2001. – Т. 119, № 3. – С. 94–96.
9. Рыхлик, С.В. Современные подходы к преподаванию гистологии, цитологии и эмбриологии / С.В. Рыхлик // Вісник проблем біології і медицини. – 2014. – Вип. 3, т. 2(111). – С. 70–74.

#### REFERENCES

1. Aleksandrovskaia O.V., Radostina T.N., Kozlov N.A. *Tsitologiya, gistologiya, embriologiya* [Cytology, Histology, Embryology], M.: Agropromizdat, 1987, 448 p.
2. Sazonov S.V. *Povysheniye kachestva vysshego professionalnogo obrazovaniya: materialy Vseros. Naucu.-metod. Konf., Krasnoyarsk, 15–17 okt.* [Improvement of the Quality of Higher Professional Education: Materials of the All-Russian Scientific and Methodological Conference, Krasnoyarsk, October 15–17], Krasnoyarsk, 2009, Part 1, pp. 97–99.
3. Tomilina L.A., Dindiyev S.V., Torshilova I.Yu. *Fundamentalniye i prikladniye problemi gistologii. Gistogenez i regeneratsiya tkanei: materialy nauchnoi konferentsii, St. Petersburg, 7–8 aprelia 2004 g.* VMA [Fundamental and Applied Issues of Histology. Histogenesis and Tissue Regeneration: Proceedings of the Scientific Conference, St. Petersburg, April 7–8, 2004], St. Petersburg, 2004, pp. 167–168.
4. Sazonov S.V., Shamshurina E.O., Beresneva O.Yu. *Morfologiya* [Morphology], 2009, 4(136), p. 123.
5. Dindiyev S.V. *Vestnik IvGMA* [Journal of IvGMA], 2012, 1(17), pp. 55–59.
6. Taskayev I.I., Semchenko V.V. *Vestnik OmGAU* [Journal of OmGAU], 2012, 1(5), pp. 53–58.
7. Khairullin R.M. *Morfologiya* [Morphology], 2001, 3(119), pp. 94–96.
8. Rykhlik S.V. *Visnik problem biologii i meditsini* [Journal of Issues of Biology and Medicine], 2014, 3, 2(111), pp. 70–74.

Поступила в редакцию 15.01.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: ddr75@mail.ru – Голубев Д.С.

# ИЗМЕНЧИВОСТЬ БОЛЬШОЙ ЦИКОРИЕВОЙ ТЛИ (*UROLEUCON CICHORII* (KOCH, 1855); STERNORRHYNCHA: APHIDOIDEA) В УСЛОВИЯХ РАЗНЫХ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН БЕЛАРУСИ

Д.Г. Жоров, С.В. Буга

Белорусский государственный университет

На основе данных сравнительно-морфометрического анализа особей *U. cichorii* установлена хорошо выраженная пластичность по морфологическим характеристикам в условиях разных агроклиматических зон Беларуси.

Цель статьи – изучение морфологической variability взрослых бескрылых партеногенетических самок *U. cichorii* в условиях разных агроклиматических зон Беларуси.

**Материал и методы.** В основу работы положены сборы энтомологического материала выполнявшихся в течение полевых сезонов 2017–2018 гг., также к анализу был привлечены сборы из фондовых коллекций кафедры зоологии БГУ 2014–2016 гг. Общий объем выборки составил 363 экземпляра бескрылых партеногенетических самок *U. cichorii*, коллектированных с цикория обыкновенного на территории разных агроклиматических зон Беларуси. Для проведения сравнительно-морфометрического анализа были изготовлены тотальные микроскопические препараты в жидкости Фора–Берлезе. Снятие промеров осуществляли по стандартной схеме с использованием бинокулярного стереомикроскопа Zeiss Stemi 2000.

**Результаты и их обсуждение.** Исходя из данных сравнительно-морфометрического анализа особей *U. cichorii* из разных агроклиматических зон Беларуси можно констатировать, что по большинству размерных морфометрических параметров бескрылых партеногенетических самок наблюдаются различия в популяциях тлей из Центральной/Южной, Центральной/Новой агроклиматических зон. Значения морфометрических индексов подтверждают, что по индексу  $rpt/baseIV$  различия наблюдались в парах Центральная/Южная, а также Центральная/Новая агроклиматические зоны, тогда как по индексу  $siph/cauda$  достоверные различия отмечены для тлей из Центральной/Южной, Южной/Новой агроклиматических зон.

**Заключение.** Существует ряд особенностей в морфологических характеристиках тлей *U. cichorii* из разных агроклиматических зон Беларуси, которые связаны с изменениями диапазона морфометрических параметров и индексов. На основании данных сравнительно-морфометрического анализа можно констатировать, что большая цикориевая тля обладает хорошо выраженной пластичностью в условиях разных агроклиматических зон Беларуси.

**Ключевые слова:** агроклиматические зоны, биологические инвазии, variability признаков, чужеродные виды, морфометрический анализ, фитофаги, вредители.

# VARIABILITY OF LARGE CHICORY APHID (*UROLEUCON CICHORII* (KOCH, 1855); STERNORRHYNCHA: APHIDOIDEA) IN THE CONDITIONS OF DIFFERENT AGRO-CLIMATIC ZONES OF BELARUS

D.G. Zhorov, S.V. Buga

Belarusian State University

Based on the data of a comparative morphometric analysis of *U. cichorii* specimens from different agro-climatic zones of Belarus a distinct morphological plasticity was determined.

The purpose of this work was to study the morphological variability of adult wingless parthenogenetic females of *U. cichorii* in different agro-climatic zones of Belarus.

**Material and methods.** This work is based on entomological collections performed during the field seasons of 2017–2018; items from the fund collections of the BSU Department of Zoology (2014–2016) were also involved in the analysis. The total sample size was 63 specimens of the wingless parthenogenetic females of *U. cichorii* collected from common chicory in the territory of different

agro-climatic zones of Belarus. In order to carry out a comparative morphometric analysis, microscopic preparations in Berlese fluid were made. The measurements were taken according to the standard scheme using a Zeiss Stemi 2000 binocular microscope.

**Findings and their discussion.** Based on the data of the comparative morphometric analysis of *U. cichorii* specimens from different agro-climatic zones of Belarus it can be stated that in most dimensional morphometric parameters of wingless parthenogenetic females there are differences in aphid populations from Central/South, Central/New agro-climatic zones. The values of morphometric indexes allow us to state that differences in the prt/baseIV index were observed in the Central/South and Central/New agro-climatic zones, while significant differences in the siph/cauda index were noted for the aphids from the Central/South, South/New agro-climatic zones.

**Conclusion.** There are a number of special features in the morphological characteristics of *U. cichorii* aphids from different agro-climatic zones of Belarus, which are associated with changes in the range of morphometric parameters and indexes. Based on the data of a comparative morphometric analysis, it can be stated that a large chicory aphid has a distinct plasticity in the conditions of different agro-climatic zones of Belarus.

**Key words:** agro-climatic zones, biological invasions, trait variability, alien species, morphometric analysis, phytophagous, pests.

**Т**ли (Aphidoidea) – многочисленная и широко распространенная группа гемиптероидных насекомых (Insecta: Hemipteroidea). Многие представители таксона являются экономически значимыми вредителями и/или переносчиками вирусных заболеваний декоративных, плодово-ягодных и сельскохозяйственных культур, а также пряно-ароматических, пищевкусовых и лекарственных растений [1; 2]. Повреждения, инициируемые сосущими фитофагами в процессе питания, приводят к сильному ослаблению и угнетению растений, вызывают формирование различного рода новообразований, преждевременное пожелтение и опадение листвы, отмирание отдельных листовых пластинок, побегов или полную гибель растений [2].

Широкая морфологическая и экологическая пластичность тлей, а также высокая внутривидовая изменчивость создают определенные трудности в корректной идентификации их таксономической принадлежности [3; 4]. Вариабельность морфометрических показателей может быть связана с действием факторов окружающей среды, таких как температура, влажность, специфика растений-хозяев и пр. [3; 5]. Имеется целый ряд публикаций [3–5], отражающих результаты сравнительно-морфометрических исследований Aphidoidea.

Многие из факторов окружающей среды, как было отмечено выше, могут влиять на морфометрические показатели насекомых. Природно-климатические условия и их изменение сказываются не только на хозяйственной деятельности человека, но и на биологии и экологии насекомых. При изменении температурного режима наблюдается также смещение и фенологии насекомых-вредителей, особенно тех, которые за кратчайшие сроки способны нарастить высокую численность, например, тли, листоблошки и другие гемиптероидные насекомые.

Начиная с 1989 г. в Беларуси наблюдается самый продолжительный за последние 130 лет наблюдений период потепления. В период с 1989 по 2015 г. среднегодовая температура воздуха превысила климатическую норму на 1,3°C, и в 2015 г. составила +8,5°C, что на 2,7°C выше климатической нормы, и она оказалась самой высокой за весь период наблюдений, начиная с 1881 г. [6]. Это привело к изменению выделенных ранее границ агроклиматических зон. Так, Северная агроклиматическая зона редуцировалась, а на юге и востоке страны сформировалась более теплая агроклиматическая зона – Новая, которая характеризуется самой короткой и теплой в условиях Беларуси зимой и наиболее продолжительным и теплым вегетационным периодом. По оценкам специалистов [6], в ближайшие десятилетия будут наблюдаться изменение температурного режима в сторону его увеличения и, как результат, дальнейшее смещение к северу границ агроклиматических областей с более высокими температурами. Наблюдающиеся региональные изменения климата и среднегодовых температур в сторону их повышения могут оказать существенное влияние на изменение биологических циклов, особенностей экологии и морфологии тлей.

В качестве модельного объекта для изучения вариабельности признаков морфометрии в аспекте агроклиматического зонирования в рамках настоящего исследования была выбрана большая цикориевая тля (*Uroleucon cichorii* (Koch, 1855); Sternorrhyncha: Aphidoidea), которая в условиях Беларуси является адвентивным видом [7], успешно натурализовавшимся и многочисленным в местах произрастания рудеральной растительности. Это широко распространенный гербофильный вид тлей, который в качестве

основного кормового растения-хозяина использует цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.; Asteraceae). В условиях как первичного (страны Средиземноморья), так и вторичного ареалов большая цикориевая тля характеризуется голоциклическим нормальным однодомным биологическим циклом [7–10]. По широте спектра повреждаемых растений *U. cichorii* относится к олигофагам второй степени. Питание тлей способствует потере кормовыми растениями значительного количества пластических веществ, что приводит к обезвоживанию тканей и замедленному росту стеблей. Насекомые не инициируют деформацию листовых пластинок и преждевременное отмирание соцветий, как и формирование терат, что позволяет отнести их к числу нетератогенных форм.

До настоящего времени морфометрические исследования *U. cichorii* не проводились.

Цель статьи – изучение морфологической variability взрослых бескрылых партеногенетических самок *U. cichorii* в условиях разных агроклиматических зон Беларуси.

**Материал и методы.** Бескрылые самки виргинопарных поколений большой цикориевой тли характеризуются крупными размерами тела и формированием характерных агрегаций на основном (по значимости) растении-хозяине – цикории обыкновенном (*C. intybus*). Сборы энтомологического материала выполнялись в течение полевых сезонов 2017–2018 гг., также к анализу был привлечены сборы из фондовых коллекций кафедры зоологии БГУ 2014–2016 гг.

Поскольку цикорий обыкновенный является в условиях Беларуси интродуцентом, который успешно натурализовался и стал характерным элементом азональных и интразональных стадий (рудеральная растительность, суходолы по дорожным насыпям и т.д.), большая цикориевая тля представляет собой удачный объект для выяснения уровня и характера морфологической изменчивости в разрезе агроклиматических зон.

Структуру обработанных сборов отражают данные табл. 1. Общий объем выборки составил 363 экземпляра взрослых бескрылых партеногенетических самок *U. cichorii*, коллектированных с цикория обыкновенного на территории разных агроклиматических зон Беларуси.

Для проведения сравнительно-морфометрического анализа были изготовлены тотальные микроскопические препараты в жидкости Фора–Берлезе [11]. Снятие промеров осуществляли по стандартной схеме [11] с использованием бинокулярного стереомикроскопа Zeiss Stemi 2000.

Таблица 1

**Структура выборки взрослых бескрылых партеногенетических самок большой цикориевой тли (*Uroleucon cichorii* (Koch), коллектированных в период 2014–2018 гг. на территории разных агроклиматических зон Беларуси**

Шифр сбора	Географическая точка сбора	Дата сбора	Кол-во экземпляров
<b>Центральная агроклиматическая зона</b>			
16-1283	Минская обл., Смолевичский р-н, г. Жодино	10.07.2016	3
16-1278	Минская обл., Смолевичский р-н, г. Смолевичи	09.07.2016	3
15-1009	Витебская обл., г. Витебск	31.07.2015	5
16-1324	Витебская обл., Лиозненский р-н, г.п. Лиозно	23.08.2016	5
15-1062	Витебская обл., Шумилинский р-н, г.п. Шумилино	17.08.2015	1
15-1067	Витебская обл., Полоцкий р-н, г. Полоцк	17.08.2015	3
16-1325	Витебская обл., Витебский р-н, г.п. Яновичи	23.08.2016	9
15-992-1	Гродненская обл., Островецкий р-н, д. Завидиненты	21.07.2015	1
15-953	Гродненская обл., Вороновский р-н, аг. Трокели	14.07.2015	10
15-1056	Гродненская обл., Островецкий р-н, г. Островец	14.08.2015	1
16-1295	Могилевская обл., Кировский р-н, г. Кировск	01.08.2016	7
16-1200	Могилевская обл., Белыничский р-н, г. Белыничи	10.06.2016	17
<b>ВСЕГО:</b>			<b>65</b>

Окончание табл. 1

Южная агроклиматическая зона			
17-1349	Минская обл., Клецкий р-н, г. Клецк	19.08.2017	11
17-1349-1			3
17-1349-2			9
15-865-1	Минская обл., Стародорожский р-н, г. Старые Дороги	04.07.2015	10
			10
15-1109	Минская обл., Солигорский р-н, г. Солигорск	03.10.2015	10
18-1361	Минская обл., г. Минск	19.07.2018	4
18-1375		02.08.2018	1
18-1376			2
18-1367	Минская обл., Дзержинский р-н, н.п. Клочки	24.07.2018	7
18-1367-1			5
15-919	Гродненская обл., Гродненский р-н, г. Скидель	11.07.2015	10
			10
			10
15-965	Гродненская обл., Лидский р-н, г. Лида	16.07.2015	10
			7
15-1083	Гродненская обл., Свислочский р-н, г. Свислочь	27.08.2015	10
			10
15-907	Гродненская обл., Мостовский р-н, г. Мосты	11.07.2015	11
15-907-1			7
14-241	Брестская обл., Ляховичский р-н, г. Ляховичи	02.08.2014	7
14-386	Брестская обл., Березовский р-н, г. Береза	20.08.2014	2
14-372	Брестская обл., Жабинковский р-н, г. Жабинка	18.08.2014	5
14-373			10
15-1050	Брестская обл., Барановичский р-н, г. Барановичи	10.08.2015	1
15-938	Брестская обл., Ляховичский р-н, аг. Русиновичи	12.07.2015	10
			10
			9
16-1276	Могилевская обл., Осиповичский р-н, г. Осиповичи	09.07.2016	10
16-1274			1
16-1207	Могилевская обл., Костюковичский р-н, ж/д Коммунары	10.06.2016	10
			10
<b>ВСЕГО:</b>			<b>242</b>
Новая агроклиматическая зона			
15-1018	Брестская обл., Столинский р-н, г. Столин	30.07.2015	4
15-984	Гомельская обл., Мозырский р-н, г. Мозырь	20.07.2015	10
15-884	Гомельская обл., Буда-Кошелевский р-н, г. Буда-Кошелево	06.07.2015	3
16-1263		27.06.2016	16
16-1270	Гомельская обл., Жлобинский р-н, г. Жлобин	27.06.2016	6
14-702		22.08.2014	7
15-1052	Гомельская обл., Житковичский р-н, г. Туров	14.08.2015	1
18-1365	Гомельская обл., г. Гомель	15.07.2018	1
15-974	Гомельская обл., Калинковичский р-н, г. Калинковичи	20.07.2015	2
15-974-1			6
<b>ВСЕГО:</b>			<b>56</b>

Для удобства оперирования данными отдельным размерным морфометрическим параметрам присваивали буквенные шифры (табл. 2). Помимо промеров, были рассчитаны морфометрические индексы, которые представляют собой отношение длин отдельных частей тела насекомого, так как они, зачастую, более информативны, поскольку не зависят от фактических размеров тела [12].

**Морфометрические показатели и индексы, характеризующие морфометрию бескрылых партеногенетических самок большой цикориевой тли (*Uroleucon cichorii* (Koch))**

Шифр	Морфологические (морфометрические) показатели
body	длина тела (включая хвостик), мм
antI	длина I сегмента антенны, мм
antII	длина II сегмента антенны, мм
antIII	длина III сегмента антенны, мм
antIV	длина IV сегмента антенны, мм
antV	длина V сегмента антенны, мм
baseVI	длина основания VI сегмента антенны, мм
prt	длина шпика VI сегмента антенны, мм
siph	длина трубочки, мм
urs	длина апикального сегмента роострума (IV сегмента хоботка), мм
ht	длина задней голени, мм
tarsII	длина II сегмента задней лапки, мм
cauda	длина хвостика, мм
urs/tarsII	отношение длины апикального сегмента роострума к длине II сегмента задней лапки, мм
prt/baseVI	отношение длины шпика VI сегмента антенны к длине основания VI сегмента антенны, мм
siph/cauda	отношение длины трубочки к длине хвостика, мм

Статистическую обработку данных и графическое представление результатов выполнили методами параметрической и непараметрической статистики.

**Результаты и их обсуждение.** Полученные по результатам статистической обработки данных диапазоны варьирования и значения средних, ошибок средних морфометрических параметров и индексов взрослых бескрылых партеногенетических самок *U. cichorii*, коллектированных в условиях разных агроклиматических зон Беларуси, аккумулярованы в табл. 3.

Таблица 3

**Морфометрические показатели и индексы взрослых бескрылых партеногенетических самок *Uroleucon cichorii* (Koch), коллектированных в условиях разных агроклиматических зон Беларуси**

Показатели, индексы	Агроклиматические зоны					
	Центральная		Южная		Новая	
	min-max ( $\bar{x}$ )	ошибка средней (SE)	min-max ( $\bar{x}$ )	ошибка средней (SE)	min-max ( $\bar{x}$ )	ошибка средней (SE)
body, мм	2,70–4,50 (3,71)	0,0473	2,73–4,56 (3,62)	0,0224	2,70–4,14 (3,47)	0,0475
antI, мм	0,15–0,23 (0,19)	0,0021	0,14–0,23 (0,18)	0,0009	0,17–0,21 (0,19)	0,0014
antII, мм	0,11–0,14 (0,12)	0,0009	0,10–0,14 (0,12)	0,0005	0,11–0,14 (0,12)	0,0008
antIII, мм	0,96–1,32 (1,19)	0,0099	0,90–1,47 (1,16)	0,0068	0,98–1,47 (1,16)	0,0129
antIV, мм	0,57–0,93 (0,76)	0,0084	0,45–0,92 (0,72)	0,0047	0,54–0,93 (0,72)	0,0099

Окончание табл. 3

antV, мм	0,45–0,77 (0,62)	0,0078	0,39–0,74 (0,62)	0,0041	0,78–0,50 (0,61)	0,0077
baseVI, мм	0,15–0,21 (0,17)	0,0017	0,12–0,21 (0,17)	0,0010	0,12–0,21 (0,18)	0,0017
prt, мм	0,92–1,52 (1,17)	0,0146	0,72–1,40 (1,11)	0,0075	0,96–1,35 (1,13)	0,0122
siph, мм	0,77–1,29 (1,02)	0,0140	0,72–1,26 (0,97)	0,0075	0,77–1,29 (0,98)	0,0163
urs, мм	0,21–0,27 (0,24)	0,0013	0,15–0,26 (0,24)	0,0008	0,22–0,26 (0,24)	0,0012
ht, мм	1,74–2,97 (2,60)	0,0326	1,80–2,99 (2,53)	0,0144	2,16–3,03 (2,53)	0,0257
tarsII, мм	0,15–0,20 (0,18)	0,0016	0,12–0,23 (0,18)	0,0009	0,15–1,80 (0,21)	0,0290
cauda, мм	0,51–0,81 (0,67)	0,0090	0,48–0,81 (0,67)	0,0043	0,51–0,79 (0,62)	0,0082
urs/tarsII	1,15–1,55 (1,33)	0,0108	0,89–1,60 (1,34)	0,0060	0,13–1,55 (1,34)	0,0241
prt/baseVI	5,25–8,00 (6,82)	0,0786	3,69–8,60 (6,51)	0,0521	5,33–8,00 (6,41)	0,0711
siph/cauda	1,34–1,84 (1,52)	0,0146	1,06–1,82 (1,46)	0,0079	1,28–1,75 (1,53)	0,0149

Статистическую достоверность различий дисперсии корректно оценивать с использованием критерия Фишера (F), который с ограничениями применим к относительным переменным. Как следует из данных табл. 4, больше всего достоверных различий дисперсии морфометрических показателей было отмечено в паре сравнения Центральная/Новая агроклиматические зоны – по 7 параметрам: body ( $p=0,0005$ ), antII ( $p=0,0034$ ), antIII ( $p=0,0441$ ), antIV ( $p=0,0008$ ), prt ( $p=0,0314$ ), siph ( $p=0,0458$ ), cauda ( $p=0,0065$ ) и индексу prt/baseVI ( $p=0,0002$ ).

В паре Центральная/Южная агроклиматические зоны достоверные различия констатированы для 4 морфометрических промеров: antII ( $p=0,0165$ ), antIV ( $p=0,00001$ ), prt ( $p=0,0004$ ), siph ( $p=0,0012$ ) и 2 морфометрических индексов: prt/baseVI ( $p=0,0046$ ) и siph/cauda ( $p=0,0002$ ).

Меньше всего достоверных различий было выявлено для пары сравнения Южная/Новая агроклиматические зоны – по 4 морфометрическим параметрам: body ( $p=0,0045$ ), antI ( $p=0,0069$ ), baseVI ( $p=0,0472$ ) и cauda ( $p=0,0051$ ), а также индексу siph/cauda ( $p=0,00005$ ).

В дополнение к критерию Фишера были использованы непараметрические критерии Краскела–Уоллиса (KW-H) и Колмогорова–Смирнова (K-S) (табл. 4), которые показывают дисперсию рангов. Как видно из табл. 4, по критериям Краскела–Уоллиса и Колмогорова–Смирнова достоверные различия дисперсии рангов отмечены в парах Центральная/Южная и Центральная/Новая агроклиматических зон по параметрам: body ( $p=0,0318$  и  $p=0,0006$ ), antII ( $p=0,0088$  и  $p=0,0011$ ), antIII ( $p=0,0291$  и  $p=0,0064$ ), antIV ( $p=0,00002$  и  $p=0,00006$ ), prt ( $p=0,0008$  и  $p=0,0342$ ), siph ( $p=0,0018$  и  $p=0,0353$ ), ht ( $p=0,0165$  и  $p=0,0176$ ) и tarsII ( $p=0,0336$  и  $p=0,0097$ ).

Статистически достоверными значения дисперсии рангов по морфометрическому индексу prt/baseVI были в парах Центральная/Южная ( $p=0,0065$ ) и Центральная/Новая ( $p=0,0004$ ) агроклиматических зон, в отличие от значений индекса siph/cauda, достоверность различий значений которого была отмечена в парах Центральная/Южная ( $p=0,0012$ ) и Южная/Новая ( $p=0,00010$ ) агроклиматических зон.

Уровни значимости критериев Фишера, Краскела–Уоллиса и Колмогорова–Смирнова при сравнении морфометрических параметров и индексов взрослых бескрылых партеногенетических самок *Uroleucon cichorii* (Koch) из Центральной/Южной, Центральной/Новой и Южной/Новой агроклиматических зон

Показатели, индексы	Критерий Фишера (F)			Критерий Краскела–Уоллиса (KW-H)			Критерий Колмогорова–Смирнова (K-S)		
	Центральная/Южная агроклиматические зоны	Центральная/Новая агроклиматические зоны	Южная/Новая агроклиматические зоны	Центральная/Южная агроклиматические зоны	Центральная/Новая агроклиматические зоны	Южная/Новая агроклиматические зоны	Центральная/Южная агроклиматические зоны	Центральная/Новая агроклиматические зоны	Южная/Новая агроклиматические зоны
body	0,0637	<b>0,0005</b>	0,0045	<b>0,0318</b>	<b>0,0006</b>	0,0142	0,10	<b>0,025</b>	0,10
antI	0,2436	0,2224	0,0069	0,2226	0,2416	0,0025	0,10	0,10	<b>0,05</b>
antII	<b>0,0165</b>	<b>0,0034</b>	0,3606	<b>0,0088</b>	<b>0,0011</b>	0,2079	0,10	<b>0,025</b>	0,10
antIII	0,1042	<b>0,0441</b>	0,5216	<b>0,0291</b>	<b>0,0064</b>	0,3471	<b>0,025</b>	<b>0,005</b>	0,10
antIV	<b>0,00001</b>	<b>0,0008</b>	0,9256	<b>0,00002</b>	<b>0,00006</b>	0,4627	<b>0,005</b>	<b>0,001</b>	0,10
antV	0,9022	0,5833	0,5952	0,8636	0,3607	0,2854	0,10	0,10	0,10
baseVI	0,9600	0,0725	0,0472	0,8514	<b>0,0519</b>	0,0738	0,10	<b>0,01</b>	<b>0,025</b>
prt	<b>0,0004</b>	<b>0,0314</b>	0,3237	<b>0,0008</b>	<b>0,0342</b>	0,5024	<b>0,005</b>	<b>0,05</b>	0,10
siph	<b>0,0012</b>	<b>0,0458</b>	0,5806	<b>0,0018</b>	<b>0,0353</b>	0,7968	<b>0,025</b>	0,10	0,10
urs	0,0744	0,0786	0,9615	0,1251	0,0655	0,4623	0,10	0,10	0,10
ht	0,0594	0,1410	0,9619	<b>0,0165</b>	<b>0,0176</b>	0,4611	0,10	<b>0,01</b>	0,10
tarsII	0,0593	0,3982	0,0596	<b>0,0336</b>	<b>0,0097</b>	0,2204	0,10	<b>0,01</b>	0,10
cauda	0,4729	<b>0,0065</b>	0,0051	0,6036	<b>0,0065</b>	0,0021	0,10	0,10	<b>0,01</b>
urs/tarsII	0,4455	0,8427	0,7776	0,3219	0,0865	0,2039	0,10	0,10	0,10
prt/baseVI	<b>0,0046</b>	<b>0,0002</b>	0,3788	<b>0,0065</b>	<b>0,0004</b>	0,1544	<b>0,05</b>	<b>0,01</b>	0,10
siph/cauda	<b>0,0002</b>	0,6710	0,00005	<b>0,0012</b>	0,5025	<b>0,0001</b>	<b>0,05</b>	0,10	<b>0,01</b>

**Примечание:** полужирным начертанием выделены статистически достоверные уровни значимости.

Из рис. 1 А следует, что длина тела больше у тлей из Центральной агроклиматической зоны, тогда как меньшая его длина характерна для особей из Новой агроклиматической зоны.

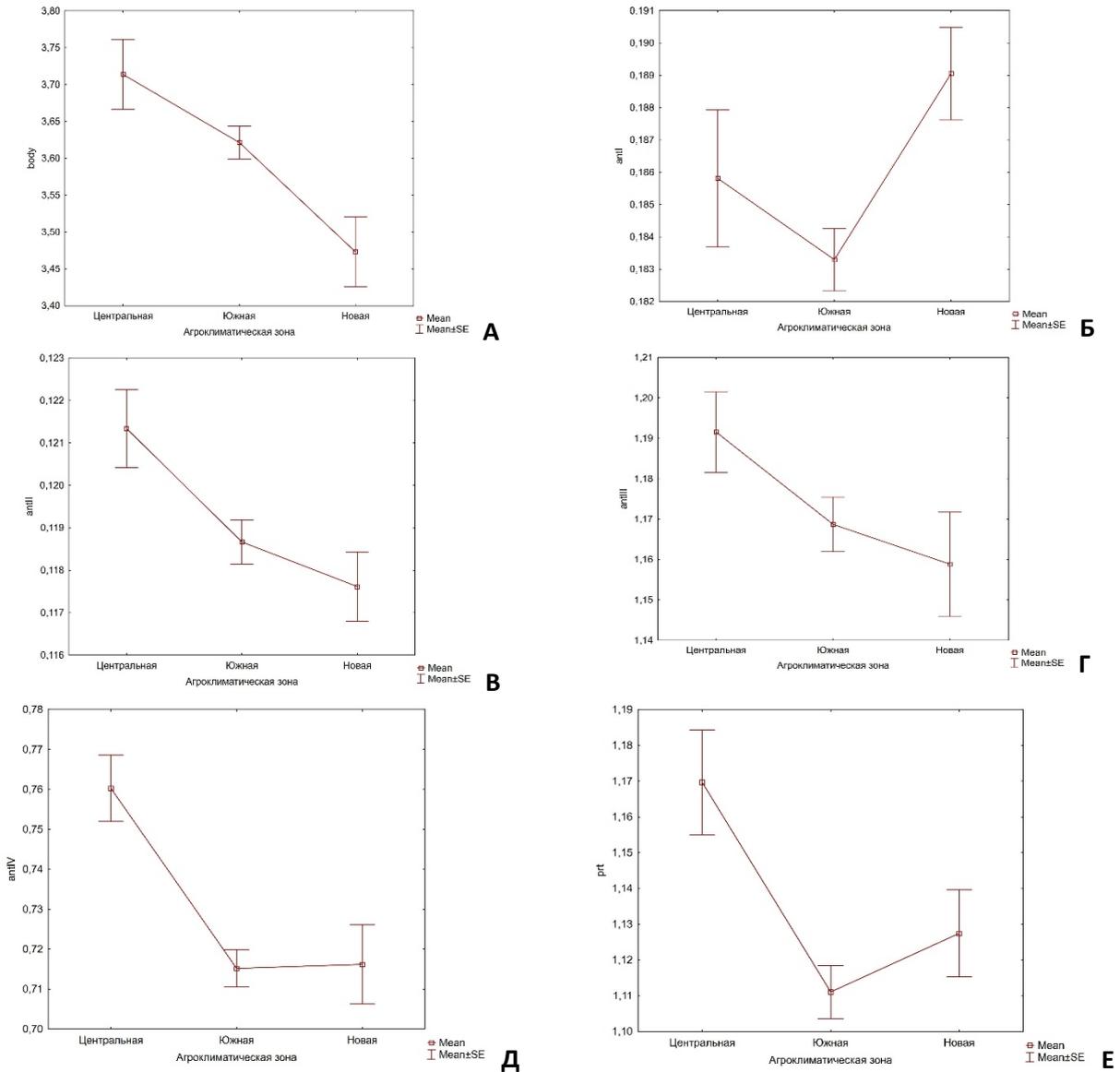


Рис. 1. Средние и доверительные интервалы значений морфометрических показателей взрослых бескрылых партеногенетических самок *Uroleucon cichorii* (Koch) из разных агроклиматических зон Беларуси

Достоверные различия средних длины antI ( $p=0,0069$ ) отмечены в паре Южная/Новая агроклиматические зоны, тогда как диапазоны метрических данных для пар Центральная/Южная, Центральная/Новая агроклиматических зон перекрывались (рис. 1 Б). По длине члеников antII, antIV и шпика VI сегмента антенны (prt) установлены достоверные различия между выборками *U. cichorii* из Центральной/Южной, Центральной/Новой агроклиматических зон, тогда как для Южной/Новой агроклиматических зон наблюдается перекрывание значений диапазонов варьирования морфометрических параметров (рис. 1 В, Д, Е). Достоверные различия по длине членика antIII ( $p=0,0441$ ) были отмечены только в паре Центральная/Новая агроклиматические зоны (рис. 1 Г).

Статистически значимые различия отмечены для средних длины трубочек и длины хвостика (рис. 2 А, Б). Достоверные различия средней длины трубочек *U. cichorii* выявлены в парах Центральная/Южная ( $p=0,0012$ ), Центральная/Новая ( $p=0,0458$ ) (рис. 2 А) агроклиматических зон, а перекрывание значений указанных метрических параметров – у особей из Южной/Новой агроклиматических зон. Различия средней

длины хвостика наблюдаются у особей *U. cichorii* из Центральной/Новой ( $p=0,0065$ ), а также Южной/Новой ( $p=0,0051$ ) агроклиматических зон (рис. 2 Б).

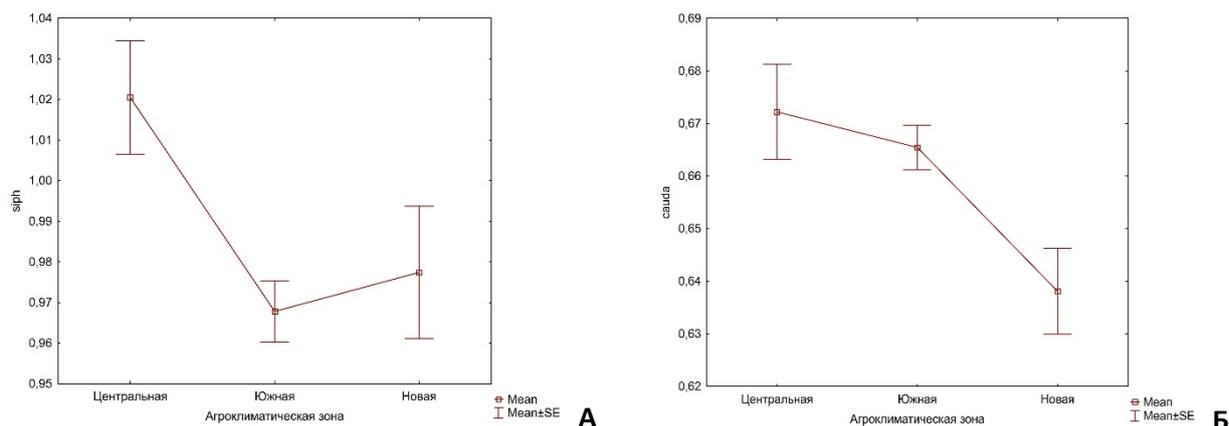


Рис. 2. Средние и доверительные интервалы значений морфометрических показателей взрослых бескрылых партеногенетических самок *Uroleucon cichorii* (Koch) из разных агроклиматических зон Беларуси

Статистически достоверные различия наблюдались также для значений морфометрических индексов  $prt/baseIV$  (рис. 3) и  $siph/cauda$  (рис. 4).

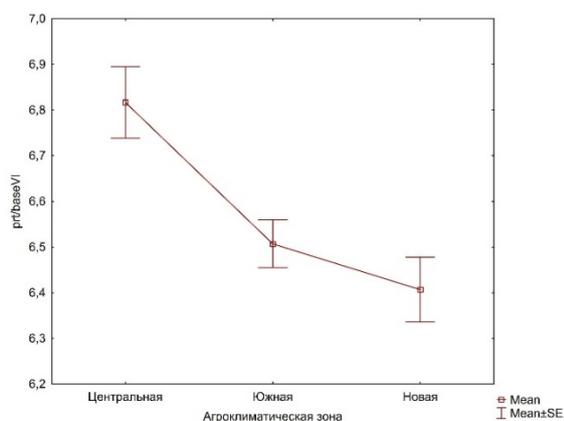


Рис. 3. Средние и доверительные интервалы значений морфометрического индекса  $prt/baseIV$  взрослых бескрылых партеногенетических самок *Uroleucon cichorii* (Koch) из разных агроклиматических зон Беларуси

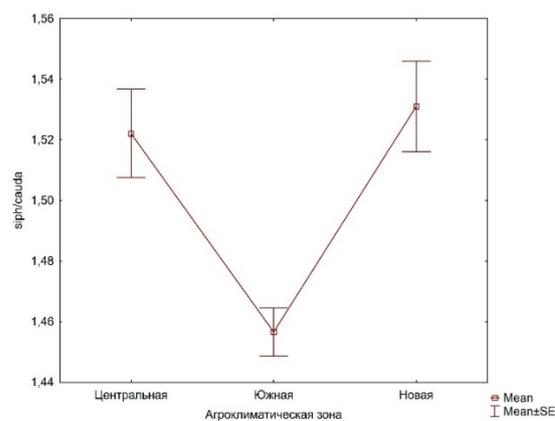


Рис. 4. Средние и доверительные интервалы значений морфометрического индекса  $siph/cauda$  взрослых бескрылых партеногенетических самок *Uroleucon cichorii* (Koch) из разных агроклиматических зон Беларуси

Существенные различия значений морфометрического индекса  $prt/baseIV$  наблюдались между выборками большой цикориевой тли из Центральной/Южной ( $p=0,0046$ ), а также Центральной/Новой ( $p=0,0002$ ) агроклиматических зон, однако значения указанного морфометрического индекса перекрывались у особей из Южной/Новой агроклиматических зон, что продемонстрировано на рис. 3. По индексу  $siph/cauda$  достоверные различия отмечены между особями *U. cichorii* из Центральной/Южной ( $p=0,0002$ ), Южной/Новой ( $p=0,00005$ ) агроклиматических зон, в отличие от особей из Центральной/Новой агроклиматических зон, где данные значения морфометрических индексов перекрывались (рис. 4).

Исходя из данных сравнительно-морфометрического анализа особей *U. cichorii* из разных агроклиматических зон Беларуси можно констатировать, что по большинству размерных морфометрических параметров взрослых бескрылых партеногенетических самок наблюдаются различия в популяциях тлей из Центральной/Южной, Центральной/Новой агроклиматических зон. Значения морфометрических индексов подтверждают, что по индексу  $rpt/baselV$  различия наблюдались между выборками из Центральной/Южной, а также Центральной/Новой агроклиматических зон, тогда как по индексу  $siph/cauda$  достоверные различия отмечены для тлей из Центральной/Южной, Южной/Новой агроклиматических зон.

Существует ряд особенностей в морфометрических характеристиках тлей *U. cichorii* из разных агроклиматических зон Беларуси. Данные различия связаны с изменениями диапазона морфометрических параметров и индексов. На основании данных сравнительно-морфометрического анализа можно констатировать, что большая цикориевая тля обладает хорошо выраженной пластичностью в условиях разных агроклиматических зон Беларуси.

**Заключение.** Таким образом, можно сформулировать следующие выводы:

- выполненный с использованием критериев Фишера, Краскела–Уоллиса и Колмогорова–Смирнова статистический анализ морфометрических параметров и индексов, полученных для 363 экземпляров бескрылых партеногенетических самок большой цикориевой тли (*Uroleucon cichorii* (Koch, 1855); Aphidoidea), коллектированных на территории Центральной, Южной и Новой агроклиматических зон Беларуси, выявил достоверные различия дисперсии (применялся критерий Фишера) 7 промеров (длина тела, длины II–IV антеннальных сегментов, длина шпика VI антеннального сегмента, длина трубочек, длина хвостика) и индекса (отношение длины шпика антенн к длине основания VI антеннального сегмента), дисперсии рангов средних арифметических (критерии Краскела–Уоллиса и Колмогорова–Смирнова) 8 промеров и 1 индекса между особями из Центральной и Новой агроклиматических зон;
- отмечены статистически достоверные различия дисперсий по 4 промерам и 2 морфометрическим индексам, тогда как дисперсии рангов средних арифметических – 8 промерам и 2 индексам между особями из Центральной и Южной агроклиматических зон;
- установлены статистически достоверные различия дисперсий по 4 промерам и 2 морфометрическим индексам, а также 8 промерам и 1 индексу между бескрылыми партеногенетическими самками *U. cichorii* из Южной и Новой агроклиматических зон, характеризующихся наиболее сходными природно-климатическими условиями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Aphids on the World's Plants: An online identification and information guide [Electronic resource] / Ed. R. Blackman. – London: Natural History Museum, 2012. – Mode of access: <http://www.aphidsonworldsplants.info>. – Date of access: 27.04.2019.
2. Emden, V.H.F. Aphids as Crop Pest / H.F.V. Emden, R. Harrington. – Wallingford, UK, Cambridge, MA: CABI, 2007. – 717 p.
3. Barbagallo, S. Morphological discrimination of six species of the genus *Anuraphis* (Hemiptera: Aphididae), including description of a new species / S. Barbagallo, G.E. Cocuzza // The Canadian Entomologist. – 2003. – Vol. 135. – P. 839–862.
4. Sokal, R.R. *Pemphigus revisited*: changes in geographic variation but constancy in variability and covariation / R.R. Sokal, R.S. Unnasch, B.A. Thomson // Evolution. – 1991. – N. 45. – P. 1585–1605.
5. Blackman, R.L. The effect of temperature on aphid morphology, using a multivariate approach / R.L. Blackman, J.M. Spence // European Journal of Entomology. – 1994. – Vol. 91. – P. 7–22.
6. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата / В. Мельник [и др.]. – Минск–Женева, 2017. – 84 с.
7. Жоров, Д.Г. Инвазивные виды гемиптероидных насекомых (Insecta: Hemipteroidea) Беларуси (таксономический состав, экологические группы, географическое распространение, биологические основы вредоносности): автореф. дис ... канд. биол. наук: 03.02.05 / Д.Г. Жоров; Белорус. гос. ун-т. – Минск, 2017. – 25 с.
8. Рупайс, А.А. Тли (Aphidoidea) Латвии / А.А. Рупайс. – Рига: Зинатне, 1989. – 331 с.
9. Чумак, В.О. Попелиці Українських Карпат / В.О. Чумак. – Ужгород: Мистецька Лінія, 2004. – 160 с.
10. Osiadacz, W. Mszyce (Hemiptera: Aphidinea) Ojcowskiego parku narodowego. Struktura i geneza fauny / W. Osiadacz, W. Wojciechowski. – Bytom, 2008. – 172 p.
11. Blackman, R.L. Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs / R.L. Blackman, V.F. Eastop. – John Wiley & Sons, Chichester, 2006. – 1460 p.
12. Stekolshchikov, A. *Dysaphis devecta* (Walker) Species-Complex (Homoptera, Aphididae): II. Morphological characteristics of the forms included in the complex / A. Stekolshchikov, L.A. Lobanov // Entomological Review. – 2004. – Vol. 84. – P. 172–190.

**REFERENCES**

1. Aphids on the World's Plants: An online identification and information guide [Electronic resource] / Ed. R. Blackman. – London: Natural History Museum, 2012. – Mode of access: <http://www.aphidsonworldsplants.info>. – Date of access: 27.04.2019.
2. Emden, V.H.F. Aphids as Crop Pest / H.F.V. Emden, R. Harrington. – Wallingford, UK, Cambridge, MA: CABI, 2007. – 717 p.
3. Barbagallo, S. Morphological discrimination of six species of the genus *Anuraphis* (Hemiptera: Aphididae), including description of a new species / S. Barbagallo, G.E. Cocuzza // *The Canadian Entomologist*. – 2003. – Vol. 135. – P. 839–862.
4. Sokal, R.R. *Pemphigus revisited*: changes in geographic variation but constancy in variability and covariation / R.R. Sokal, R.S. Unnasch, B.A. Thomson // *Evolution*. – 1991. – N. 45. – P. 1585–1605.
5. Blackman, R.L. The effect of temperature on aphid morphology, using a multivariate approach / R.L. Blackman, J.M. Spence // *European Journal of Entomology*. – 1994. – Vol. 91. – P. 7–22.
6. Melnik V. *Agroklimaticheskoye zonirovaniye territorii Belarusi suchetom izmeneniya klimata* [Agroclimatic Zoning of the Territory of Belarus in View of Climate Change], Minsk–Geneva, 2017, 84 p.
7. Zhorov D.G. *Invazivniye vidy gemipteroidnykh nasekomykh (Insecta: Hemipteroidea) Belarusi (taksonomicheski sostav, ekologicheskiye gruppi, geograficheskoye rasprostraneniye, biologicheskoye osnovi vredonosnosti): avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Invasive Species of Hemipteroid Insects (Insecta: Hemipteroidea) of Belarus (Taxonomic Structure, Ecological Groups, Geographical Distribution, Biological Basis of Harmfulness): Abstract of Ph. D. (Biology) Thesis], Belarusian State University, Minsk, 2017, 25 p.
8. Rupais A.A. *Tli (Aphidodea) Latvii* [The Aphids (Aphidodea) of Latvia], Riga: Zinatne, 1989, 331 p.
9. Chumak V.O. *Popelitsi Ukrainskikh Karpat* [The Aphids of Ukrainian Karpats], Uzhgorod, Mystetska Liniya, 2004, 160 p.
10. Osiadacz, B. Mszyce (Hemiptera: Aphidinea) Ojcowskiego parku narodowego. Struktura i geneza fauny / B. Osiadacz, W. Wojciechowski. – Bytom, 2008. – 172 p.
11. Blackman, R.L. Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs / R.L. Blackman, V.F. Eastop. – John Wiley & Sons, Chichester, 2006. – 1460 p.
12. Stekolshchikov, A. *Dysaphis devectora* (Walker) Species-Complex (Homoptera, Aphididae): II. Morphological characteristics of the forms included in the complex / A. Stekolshchikov, L.A. Lobanov // *Entomological Review*. – 2004. – Vol. 84. – P. 172–190.

Поступила в редакцию 21.05.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: zhorovDG@mail.ru – Жоров Д.Г.

УДК 575.5:556.11:631.4:594.3(476.5)

# КОМПЛЕКСНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВА ПРИРОДНЫХ ВОДОЕМОВ И ПОЧВ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ КАК СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ ЛЕГОЧНЫХ МОЛЛЮСКОВ

Е.И. Кацнельсон\*, Г.В. Цапко\*\*, Н.Ю. Полозова\*\*\*,  
Т.В. Шамулина\*\*\*\*, О.М. Балаева-Тихомирова\*

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

\*\*Государственное учреждение образования «Матюшевская детский сад-базовая школа имени П.Е. Куприянова Полоцкого района»

\*\*\*Белорусский государственный университет

\*\*\*\*Государственное учреждение образования «Ясли-сад-средняя школа № 10 г. Орши»

В настоящее время уровень техногенной нагрузки на гидросферу продолжает оставаться очень высоким, что обуславливает усиление неблагоприятного воздействия на природные водоемы. Характеристика состава природных водоемов и почв прибрежных районов позволяет оценить экологическое состояние рассматриваемых водных экосистем, на которые оказывают влияние различные антропогенные факторы. Цель работы – исследование экологического состояния водоемов Витебской области посредством оценки ключевых показателей, характеризующих степень антропогенной нагрузки на воду и почву.

**Материал и методы.** Изучены образцы воды и почв прибрежной зоны водоемов шести районов Витебской области. Определены концентрация сульфат-ионов, ионов железа, меди и цинка, катионный состав, общая и карбонатная жесткость в воде; концентрация ионов железа, меди и цинка, активность ферментов каталазы, протеазы и уреазы в почве спектрофотометрическими методами.

**Результаты и их обсуждение.** Наибольшая антропогенная нагрузка отмечена в водоемах Витебского, Бешенковичского, Дубровенского и Сенненского районов, что подтверждается превышающим ПДК содержанием ионов железа в Бешенковичском, Сенненском и Витебском районах, превышающим ПДК содержанием ионов меди в Витебском районе, превышающим ПДК содержанием ионов цинка во всех исследуемых районах. Установлено, что активность ферментов в почве зависит от содержания тяжелых металлов в ней. Почвы прибрежной зоны водоемов Витебского, Бешенковичского, Дубровенского и Сенненского районов наиболее загрязнены тяжелыми металлами, что подтверждается показателями активности ферментов – слабая активность каталазы, протеазы и высокая активность уреазы. По результатам содержания сульфат-ионов, ионов железа, меди и цинка в пробах воды и почвы, катионного состава проб воды, активности почвенных ферментов, общей и карбонатной жесткости в воде определено, что относительно чистыми можно считать водоемы Ушачского и Шумилинского районов.

**Заключение.** Химические показатели воды и почвы являются основными характеристиками экологического состояния водных объектов и позволяют установить степень неблагоприятного воздействия на водную экосистему в целом.

**Ключевые слова:** биомониторинг, тяжелые металлы, ферментативная активность почв, сульфат-ионы, жесткость воды.

## COMPLEX CHARACTERISTICS OF THE COMPOSITION OF NATURAL WATER BODIES AND SOILS OF COASTAL AREAS AS THE HABITAT OF FRESHWATER LUNG MOLLUSKS

E.I. Katsnelson\*, G.V. Tsapko\*\*, N.Yu. Polozova\*\*\*,  
T.V. Shamulina\*\*\*\*, O.M. Balaeva-Tikhomiova\*

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

\*\*State Educational Establishment «P.E. Kupriyanov Matyushevskaya Kindergarten-Base School of Polotsk District»

\*\*\*Belarusian State University

\*\*\*\*State Educational Establishment «Nursery-Kindergarten-Secondary School № 10 of Orsha»

Currently, the level of anthropogenic pressure on the hydrosphere continues to be very high, which causes an increase in the adverse effects on natural water bodies. The character of the composition of natural water bodies and soils in coastal areas allows assessing the ecological state of the aquatic ecosystems under study, which are influenced by various anthropogenic factors. The

purpose of the work is to study the ecological state of the water bodies of Vitebsk Region through the assessment of key indicators characterizing the degree of anthropogenic pressure on water and soil.

**Material and methods.** Water and soil samples from the coastal zone of water bodies of six Districts of Vitebsk Region were studied. The concentration of sulfate ions, iron, copper and zinc ions, cationic composition, total and carbonate hardness in water were determined; the concentration of iron, copper and zinc ions, the activity of catalase, protease and urease enzymes were identified in soil by spectrophotometric methods.

**Findings and their discussion.** The highest anthropogenic load was observed in the water bodies of Vitebsk, Beshenkovichi, Dubrovno and Senno Districts, as evidenced by the content of iron ions in Beshenkovichi, Senno and Vitebsk Districts exceeding the maximum concentration limits of copper ions in Vitebsk Region, by exceeding the maximum concentration limits of zinc ions in all the studied Districts, in all studies of copper ions in Vitebsk Region, exceeding the maximum concentration limits of zinc ions in all the Districts. It is established that the activity of enzymes in the soil depends on the content of heavy metals in it. The soils of the coastal zone of water bodies in Vitebsk, Beshenkovichi, Dubrovno and Senno Districts are the most polluted with heavy metals, which is confirmed by enzyme activity indicators – weak catalase activity, protease and high urease activity. According to the results of the content of sulfate ions, iron, copper and zinc ions in water and soil samples, cationic composition of water samples, activity of soil enzymes, total and carbonate hardness in water, water bodies of Ushachi and Shumilino Districts can be considered relatively clean.

**Conclusion.** Chemical indicators of water and soil are the main characteristics of the ecological state of water bodies and allow us to establish the degree of adverse effects on the aquatic ecosystem as a whole.

**Key words:** biomonitoring, heavy metals, soil enzymatic activity, sulfate ions, water hardness.

**В** настоящее время весьма актуальна оценка состояния природных водоемов, поскольку наблюдается их повсеместное загрязнение. Одним из наиболее существенных факторов, влияющих на качество воды, является антропогенная нагрузка [1].

Широкое использование ресурсов поверхностных вод в промышленности и сельском хозяйстве, развитие хозяйственно-бытового водоснабжения, воздействие загрязняющих веществ различного происхождения обуславливают многообразие факторов антропогенной нагрузки на водные объекты [2; 3].

Цель работы – исследование экологического состояния водоемов Витебской области посредством оценки ключевых показателей, характеризующих степень антропогенной нагрузки на воду и почву.

**Материал и методы.** Объектами изучения были пробы воды и почвы прибрежной зоны (табл. 1).

Таблица 1

**Места отбора проб воды и почвы**

Район отбора проб	Место сбора	Название водоема
Витебский р-н	г. Витебск	р. Витьба
Дубровенский р-н	д. Шеки	оз. Афанасьевское
Бешенковичский р-н	д. Соорово	оз. Сооровское
Ушачский р-н	д. Дубровка	оз. Дубровское
Шумилинский р-н	аг Башни	оз. Будовесь
Сенненский р-н	г. Сенно	оз. Сенненское

Анализ воды и почвы проводился в течение 3 недель с момента отбора проб в целях избежания изменения состава и ферментативной активности исследуемых проб.

Для определения в почвах ионов тяжелых металлов была проведена предварительная пробоподготовка. Почву помещали в чашки Петри и ставили в термостат при 40°C на 24 часа. Затем ее измельчали в ступке и просеивали через сито, а из просеянной почвы готовили почвенную вытяжку. Для извлечения тяжелых металлов из почв использовали 1М раствор HCl. Соотношение между объемами почвы и раствора 1:10, время экстракции 1 час при периодическом взбалтывании [4].

Ионы меди (II) устанавливали методом прямой фотометрии [3]. Выявление ионов цинка (II) в воде и почве проводили методом комплексонометрического титрования, основанного на образовании комплексов ионов металла с аминополикарбонowymi кислотами [5]. Определение железа (III) проводили спектрофотометрическим методом на основании образования сульфосалициловой кислотой с солями железа окрашенных комплексных соединений [6].

Обнаружение катионов в пробах воды проводили методом капиллярного электрофореза с использованием прибора «Капель 105» (Люмэкс, Россия) с кварцевым капилляром. Детектирование осуществлялось при 267 нм.

Активность каталазы в почве определяли титрометрическим методом, основанным на измерении количества неразложившейся перекиси с образованием окрашенных комплексов [7]. Спектрофотометрическое установление активности протеазы проводили на основе учета количества аминокислот, образующихся при протеолизе внесенных в почву белков, путем связывания их в окрашенные комплексы [7]. Активности уреазы почвы определяли спектрофотометрическим методом, основанным на учете количества аммиака, образующегося при гидролизе карбамида [8].

Математическую обработку полученных результатов проводили методами параметрической и непараметрической статистики с использованием пакета статистических программ Microsoft Excel 2012, STATISTICA 12.5.

**Результаты и их обсуждение.** Качество природных водоемов в целом характеризуется разнообразными показателями, важнейшими из которых являются катионный состав, наличие ионов железа, меди и цинка, жесткость, наличие токсичных соединений. Показатели качества воды регламентируются ГОСТами. В формировании состава природных вод важная роль принадлежит процессам обмена между ионами, содержащимися в воде, и ионами, входящими в состав почвы.

В исследуемых образцах воды определены концентрации ионов тяжелых металлов, оказывающих неблагоприятное воздействие на показатели эколого-функционального состояния водных экосистем (табл. 2).

Таблица 2

**Содержание растворенных форм металлов в водоемах Витебской области (мг/л) ( $M \pm m$ )**

Район отбора проб воды (n=9)	Показатель		
	Fe <sup>3+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>
Витебский р-н	0,655±0,017 <sup>1, 4, 5, 6</sup>	3,101±0,025 <sup>7</sup>	1,776±0,094 <sup>4, 7</sup>
Дубровенский р-н	0,473±0,009 <sup>1, 4, 5, 7</sup>	1,131±0,055 <sup>4</sup>	0,436±0,037 <sup>7</sup>
Бешенковичский р-н	1,018±0,010 <sup>6, 7</sup>	0,550±0,005 <sup>2, 7</sup>	0,104±0,037
Ушачский р-н	0,600±0,007 <sup>4, 5, 6</sup>	0,435±0,009 <sup>2, 3, 7</sup>	0,566±0,021 <sup>2, 6, 7</sup>
Шумилинский р-н	0,210±0,003 <sup>6, 7</sup>	0,412±0,000 <sup>1, 3, 7</sup>	0,561±0,021 <sup>1, 6, 7</sup>
Сенненский р-н	0,610±0,004 <sup>1, 5, 6</sup>	0,826±0,027 <sup>6, 7</sup>	0,950±0,043 <sup>5, 7</sup>

**Примечание:** <sup>1</sup>p < 0,05 по сравнению с Ушачским районом; <sup>2</sup>p < 0,05 по сравнению с Шумилинским районом; <sup>3</sup>p < 0,05 по сравнению с Бешенковичским районом; <sup>4</sup>p < 0,05 по сравнению с Сенненским районом; <sup>5</sup>p < 0,05 по сравнению с Витебским районом; <sup>6</sup>p < 0,05 по сравнению с Дубровенским районом; <sup>7</sup>p < 0,05 по сравнению с ПДК.

Полученные результаты были сопоставлены со значениями ПДК для данных элементов. В отношении содержания ионов железа (III) выявлены следующие превышения значения ПДК (0,5 мг/л): в Ушачском и Сенненском районах в 1,2 раза, в Бешенковичском в 2 раза, в Витебском в 1,3 раза. В водоемах Шумилинского и Дубровенского районов содержание ионов Fe<sup>3+</sup> значение ПДК не превышало.

При сравнении содержания ионов цинка (II) со значением ПДК (0,1 мг/л) были выявлены следующие превышения: Ушачский район – в 5,7 раза, Шумилинский район – в 5,6 раза, Сенненский район – в 9,5 раза, Витебский район – в 17,8 раза, Дубровенский район – в 4,4 раза. В Бешенковичском районе концентрация ионов Zn<sup>2+</sup> в пробах воды находится на границе с предельно допустимой концентрацией.

При сравнении содержания ионов меди (II) в пробах воды из исследуемых водоемов со значениями ПДК (1 мг/л) были установлены следующие превышения: Витебский район – в 3,1 раза, Дубровенский район – в 1,2 раза. В пробах воды Сенненского, Ушачского, Шумилинского и Бешенковичского районов содержание ионов Cu<sup>2+</sup> не превышает ПДК.

Источниками загрязнения вод тяжелыми металлами служат сточные воды промышленных предприятий и заводов. Тяжелые металлы входят в состав удобрений и пестицидов и могут попадать в водоемы вместе со стоками с сельскохозяйственных угодий.

Для характеристики воды из водоемов также установлено содержание сульфат-ионов и катионов, обуславливающих жесткость воды (табл. 3).

Таблица 3

**Содержание сульфат-ионов (мг/л) и катионов, обуславливающих жесткость воды (еЖ – градус жесткости) в исследуемых природных водах ( $M \pm m$ )**

Район отбора проб воды (n=9)	Показатель		
	Сульфаты	Карбонатная жесткость	Общая жесткость
Витебский р-н	153,98±0,16 <sup>5,7</sup>	0,93±0,066 <sup>6</sup>	8,1±0,18
Дубровенский р-н	38,19±0,42 <sup>7</sup>	0,73±0,066 <sup>5</sup>	6,1±0,07 <sup>3,4</sup>
Бешенковичский р-н	22,46±0,60 <sup>2,4,7</sup>	0,53±0,066 <sup>2,4</sup>	4,1±0,06 <sup>4,6</sup>
Ушачский р-н	4,60±0,71 <sup>7</sup>	0,33±0,067	2,3±0,32 <sup>2</sup>
Шумилинский р-н	15,11±0,78 <sup>3,4,7</sup>	0,47±0,066 <sup>3,4</sup>	2,7±0,03 <sup>1</sup>
Сенненский р-н	19,61±0,47 <sup>2,3,7</sup>	0,53±0,067 <sup>2,3</sup>	4,1±0,07 <sup>3,6</sup>

**Примечание:** <sup>1</sup>p < 0,05 по сравнению с Ушачским районом; <sup>2</sup>p < 0,05 по сравнению с Шумилинским районом; <sup>3</sup>p < 0,05 по сравнению с Бешенковичским районом; <sup>4</sup>p < 0,05 по сравнению с Сенненским районом; <sup>5</sup>p < 0,05 по сравнению с Витебским районом; <sup>6</sup>p < 0,05 по сравнению с Дубровенским районом; <sup>7</sup>p < 0,05 по сравнению с ПДК.

По содержанию сульфат-ионов в исследуемых пробах воды превышения значения ПДК (500 мг/л) не выявлено. Максимальное значение отмечается в образцах воды из реки Витьба Витебского района.

Жесткость природных вод обусловлена наличием в них кальция и магния. Жесткость может варьироваться в довольно широких пределах, и в течение года непостоянна. Увеличивается жесткость из-за испарения воды, уменьшается из-за обильных дождей, а также в период таяния снега и льда.

По содержанию катионов, обуславливающих жесткость воды, исследуемые пробы можно разделить на следующие: мягкая вода – Ушачский, Шумилинский районы; вода средней жесткости – Бешенковичский, Сенненский и Дубровенский районы; жесткая вода – Витебский район. В пробах воды из Витебского и Дубровенского районов отмечены максимальные значения карбонатной и общей жесткости.

Концентрации катионов рассчитаны на основе градуировочных смесей, приготовленных из растворов соответствующих государственных стандартных образцов, и имеют усредненное из пяти значение. Полученные результаты приведены в табл. 4.

Таблица 4

**Содержание катионов (мг/л) в природных водоемах Витебской области**

Район отбора проб воды (n=5)	Показатель					
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
Витебский р-н	450,2 <sup>6,7</sup>	274,5 <sup>1,2,4,6,7</sup>	2015,0 <sup>7</sup>	714,1 <sup>7</sup>	–	2965,0 <sup>7</sup>
Дубровенский р-н	430,4 <sup>5,7</sup>	363,2 <sup>5,7</sup>	198,9 <sup>1,2,4,7</sup>	435,9 <sup>3,4,7</sup>	–	1625,0 <sup>3,4,7</sup>
Бешенковичский р-н	–	633,7 <sup>7</sup>	513,9 <sup>7</sup>	437,3 <sup>4,6,7</sup>	–	1408,0 <sup>1,2,4,6,7</sup>
Ушачский р-н	–	121,5 <sup>2,4,5</sup>	158,2 <sup>2,4,6</sup>	250,5 <sup>2,7</sup>	–	962,2 <sup>2-4,7</sup>
Шумилинский р-н	–	145,0 <sup>1,4,5</sup>	142,1 <sup>1,4,6</sup>	259,2 <sup>1,7</sup>	–	963,9 <sup>1,3,4,7</sup>
Сенненский р-н	–	87,7 <sup>1,2,5</sup>	288,6 <sup>1,2,6,7</sup>	403,6 <sup>3,6,7</sup>	–	1480,0 <sup>1-3,6,7</sup>

**Примечание:** <sup>1</sup>p < 0,05 по сравнению с Ушачским районом; <sup>2</sup>p < 0,05 по сравнению с Шумилинским районом; <sup>3</sup>p < 0,05 по сравнению с Бешенковичским районом; <sup>4</sup>p < 0,05 по сравнению с Сенненским районом; <sup>5</sup>p < 0,05 по сравнению с Витебским районом; <sup>6</sup>p < 0,05 по сравнению с Дубровенским районом; <sup>7</sup>p < 0,05 по сравнению с ПДК.

Результаты проведенных исследований показали, что ПДК катионов аммония (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) значительно превышена в водоемах Витебского и Дубровенского районов в 181 и 172 раза соответственно. В остальных водоемах катионов аммония зафиксировано не было.

При определении концентрации катионов калия ( $K^+$ ) превышения ПДК были установлены в пробах воды из Бешенковичского района в 3,1 раза, Витебского в 1,3 раза и Дубровенского в 1,8 раза. В пробах воды из водоемов Ушачского, Шумилинского и Сенненского районов содержание  $K^+$  не превышает допустимые значения ПДК.

При определении содержания катионов натрия ( $Na^+$ ) превышения ПДК были зафиксированы в пробах воды Бешенковичского района в 2,5 раза, Сенненского в 1,4 раза, Витебского в 10 раз. В пробе воды Дубровенского района концентрация катионов  $Na^+$  находится на границе с ПДК. В образцах воды из Ушачского и Шумилинского районов превышений ПДК по этому показателю не установлено.

Превышения концентрации катионов магния ( $Mg^{2+}$ ) по сравнению с ПДК были обнаружены в пробах воды из всех исследуемых водоемов. Наибольшее содержание катионов магния было выявлено в образцах воды из Витебского района, превышающее ПДК в 7,1 раза.

Катионы стронция ( $Sr^{2+}$ ) в исследуемых образцах воды не были установлены.

При определении концентрации катионов кальция ( $Ca^{2+}$ ) превышения ПДК были обнаружены во всех водоемах. Наибольшая концентрация ионов кальция установлена в образцах воды из Витебского района (выше ПДК в 14,8 раза).

Для оценки степени влияния состава почв прибрежной зоны водоемов в почвенных вытяжках определены концентрации ионов тяжелых металлов, высокое содержание которых может приводить к деградации почвенного покрова (табл. 5).

Таблица 5

Содержание ионов тяжелых металлов в почве прибрежной зоны водоемов (мг/кг) ( $M \pm m$ )

Район отбора проб почвы (n=9)	$Cu^{2+}$	$Fe^{3+}$	$Zn^{2+}$
Витебский р-н	$1,19 \pm 0,177^{1, 2, 4, 7}$	$4,36 \pm 0,101^7$	$46,04 \pm 2,363^7$
Дубровенский р-н	$0,55 \pm 0,080^7$	$2,78 \pm 0,192^{6, 7}$	$106,89 \pm 0,451$
Бешенковичский р-н	$0,51 \pm 0,089^7$	$7,67 \pm 0,0336^{3-7}$	$59,15 \pm 1,272^7$
Ушачский р-н	$0,72 \pm 0,128^7$	$2,36 \pm 0,062^{6, 7}$	$135,06 \pm 1,722^7$
Шумилинский р-н	$0,44 \pm 0,050^7$	$5,49 \pm 0,837^{1, 3, 5}$	$31,41 \pm 0,601^7$
Сенненский р-н	$0,43 \pm 0,052^7$	$5,56 \pm 0,047^{3, 5-7}$	$42,43 \pm 0,832^7$

**Примечание:** <sup>1</sup>p < 0,05 по сравнению с почвой, взятой в Бешенковичском районе; <sup>2</sup>p < 0,05 по сравнению с почвой, взятой в Шумилинском районе; <sup>3</sup>p < 0,05 по сравнению с почвой, взятой в Ушачском районе; <sup>4</sup>p < 0,05 по сравнению с почвой, взятой в Сенненском районе; <sup>5</sup>p < 0,05 по сравнению с почвой, взятой в Дубровенском районе; <sup>6</sup>p < 0,05 по сравнению с почвой, взятой в Витебском районе; <sup>7</sup>p < 0,05 по сравнению с ПДК.

Наибольшая концентрация ионов меди (II) установлена в почве Витебского района, а наименьшая – в почвах Шумилинского и Сенненского районов, значения отличаются между собой в 2,8 раза. Значение в Дубровенском районе отличается от значения в Витебском районе в 2,2 раза, в Бешенковичском в 2,2 раза, в Ушачском в 1,7 раза. При сравнении значений содержания ионов меди (II) со значением ПДК 3,0 мг/кг почвы превышений не выявлено.

Наибольшая концентрация ионов железа (III) установлена в почве Бешенковичского района, а наименьшая – в почве Ушачского района, значения отличаются между собой в 3,3 раза. Значение в Бешенковичском районе отличается от значения в Витебском районе в 1,7 раза, в Дубровенском районе в 2,7 раза, в Шумилинском и Сенненском районах отличия статистически незначимы. При сравнении полученных данных с ПДК железа (III) – 5,0 мг/кг почвы выявлены превышения в Бешенковичском районе в 1,5 раза.

Наибольшая и наименьшая концентрация ионов цинка (II) установлена в Ушачском и Шумилинском районах соответственно, значения отличаются между собой в 4,3 раза. Значение в Ушачском районе превышает значение в Витебском районе в 2,9 раза, в Дубровенском – 1,3 раза, в Бешенковичском – в 2,3 раза, в Сенненском – в 3,2 раза. При сравнении полученных данных со значением ПДК цинка (II) – 23,0 мг/кг почвы установлено превышение содержания ионов цинка (II) в почвах всех исследуемых районов: в Витебском – в 2,0 раза, в Дубровенском – в 4,6 раза, в Бешенковичском – в 2,6 раза, в Ушачском – в 5,8 раза, в Шумилинском – в 1,3 раза, в Сенненском – в 1,8 раза.

Тяжелые металлы попадают в почву различными путями. Основная масса их формируется в почве за счет материнской породы. Однако наряду с естественным путем формирования пула тяжелых металлов в почве пополнение этих элементов происходит и за счет деятельности человека.

На следующем этапе была определена активность ферментов, являющихся показателями эколого-функционального состояния почвы (табл. 6).

Таблица 6

**Ферментативная активность почв прибрежной зоны водоемов ( $M \pm m$ )**

Район отбора проб почвы (n=9)	Активность каталазы (см <sup>3</sup> O <sub>2</sub> / г за 1 мин)	Активность протеазы (мг альбумина / 10 г за 24 ч)	Активность уреазы (мг NH <sub>3</sub> / 10 г за 24 ч)
Витебский р-н	2,62±0,082 <sup>7</sup>	1,53±0,015 <sup>7</sup>	105,01±0,340 <sup>7</sup>
Дубровенский р-н	4,52±0,054 <sup>3, 6, 7</sup>	0,59±0,072 <sup>3, 7</sup>	25,74±0,915 <sup>6, 7</sup>
Бешенковичский р-н	6,56±0,085 <sup>3-7</sup>	6,47±1,640 <sup>4-7</sup>	44,21±0,677 <sup>2-7</sup>
Ушачский р-н	3,25±0,062 <sup>6, 7</sup>	6,74±1,099 <sup>6, 7</sup>	18,05±0,703 <sup>4-7</sup>
Шумилинский р-н	2,44±0,019 <sup>1, 3-7</sup>	0,97±0,235 <sup>1, 3, 6, 9</sup>	6,29±0,249 <sup>3-7</sup>
Сенненский р-н	3,64±0,037 <sup>3, 5-7</sup>	1,28±0,105 <sup>3, 5, 7</sup>	51,93±0,745 <sup>5-7</sup>

**Примечание:** <sup>1</sup>p < 0,05 по сравнению с почвой, взятой в Бешенковичском районе; <sup>2</sup>p < 0,05 по сравнению с почвой, взятой в Шумилинском районе; <sup>3</sup>p < 0,05 по сравнению с почвой, взятой в Ушачском районе; <sup>4</sup>p < 0,05 по сравнению с почвой, взятой в Сенненском районе; <sup>5</sup>p < 0,05 по сравнению с почвой, взятой в Дубровенском районе; <sup>6</sup>p < 0,05 по сравнению с почвой, взятой в Витебском районе; <sup>7</sup>p < 0,05 по сравнению со средней активностью фермента.

Ферменты участвуют в процессах почвообразования и в формировании качественного признака почв – плодородия. Важнейшей характеристикой ферментативных комплексов почв является упорядоченность действия имеющихся групп ферментов. Она проявляется в том, что обеспечивается одновременное действие ряда ферментов, представляющих различные группы. Ферменты исключают накопление избытка подвижных простых соединений путем связывания и направления в циклы, завершающиеся образованием более сложных соединений [6].

Каталаза – фермент, катализирующий расщепление токсичной перекиси водорода на воду и свободный кислород. Большое влияние на активность фермента в почве оказывает растительность. Как правило, почвы, находящиеся под растениями с мощной глубоко проникающей корневой системой, характеризуются высокой активностью каталазы. Особенность активности каталазы заключается в том, что вниз по почвенному профилю она мало изменяется и зависит от влажности почв и от температуры [9].

Наибольшая активность каталазы установлена в Бешенковичском районе, а наименьшая – в Шумилинском, значения отличаются между собой в 2,7 раза. Значение в Бешенковичском районе превышает значение в Витебском районе в 2,5 раза, в Дубровенском – в 1,5 раза, в Ушачском – в 2,0 раза, в Сенненском – в 1,8 раза. При сравнении полученных данных со шкалой активности каталазы определено, что активность фермента в Дубровенском, Бешенковичском, Ушачском и Сенненском районах является средней, в Шумилинском и Витебском районах – слабой.

Протеазы – это группа ферментов, при участии которых белки расщепляются до полипептидов и аминокислот, далее они подвергаются гидролизу до аммиака, диоксида углерода и воды. В связи с этим протеазы имеют важнейшее значение в жизни почвы, так как с ними связаны изменение состава органических компонентов и динамика усвояемых для растений форм азота [10].

Наибольшая активность протеазы установлена в Ушачском районе, наименьшая – в Дубровенском, значения отличаются между собой в 11,4 раза. Значение в Ушачском районе превышает значение в Витебском районе в 4,4 раза, в Шумилинском – в 6,6 раза, в Сенненском – в 5,3 раза, в Бешенковичском районе отличия статистически незначимы. При сравнении полученных данных со шкалой активности протеазы установлено: в Витебском и Сенненском районах активность фермента является

средней, в Дубровенском и Шумилинском районах – слабой, в Бешенковичском и Ушачском районах – очень высокой.

Уреаза – фермент, катализирующий гидролиз мочевины. Эту реакцию можно рассматривать как процесс экологической минерализации продукта азотистого обмена; в результате этого процесса водорастворимый нелетучий органический субстрат – мочевина трансформируется в летучие продукты: аммиак и диоксид углерода.

Основная масса образовавшихся продуктов не улетучивается, а в нейтральной среде воды и почвы взаимодействует между собой с образованием преимущественно гидрокарбоната аммония. Последний усваивается растениями, микроорганизмами и утилизируется как источник азота для биосинтеза протеинов, нуклеиновых кислот и других важных азотистых биоорганических компонентов растений и микробов. В результате реакции, катализируемой уреазой, биотический поллютант мочевина превращается в аммонийную соль [10].

Наибольшая активность уреазы установлена в Витебском районе, а наименьшая – в Шумилинском, значения отличаются между собой в 16,6 раза. Значение в Витебском районе превышает значение в Бешенковичском в 2,4 раза, в Дубровенском – в 4,1 раза, в Ушачском – в 5,8 раза, в Сенненском – в 2,0 раза.

При сравнении полученных данных со шкалой активности уреазы установлено: в Дубровенском и Ушачском районах средняя активность фермента, в Шумилинском – слабая, в Бешенковичском и Сенненском – высокая, в Витебском районе активность фермента очень высокая.

Уровень ферментативной активности и содержание тяжелых металлов в почве выступают как эффективные диагностические показатели при оценке степени антропогенной нагрузки, уровня деградации почвы и загрязнения природных водоемов.

Прибрежная зона реки Витьба Витебского района является наиболее загрязненной по содержанию тяжелых металлов в почве, что соответственно отражается на активности почвенных ферментов. Это объясняется тем, что предприятия города используют реку в промышленных целях, осуществляют в нее сброс сточных вод, одновременно ситуация усугубляется активным использованием берега реки в качестве зон отдыха в летний сезон, а также парковки автомобилей вблизи водоема. Прибрежные зоны озер Дубровское Ушачского района и Будовесь Шумилинского района испытывают низкую антропогенную нагрузку, так как находятся относительно далеко от крупных промышленных центров и крупных автомагистралей, не применяются в промышленных и сельскохозяйственных целях, в них не осуществляется сброс стоковых вод [11].

**Заключение.** В результате проведенных исследований было определено содержание ионов тяжелых металлов в пробах воды и почвы, изучена активность ферментов, проведен системно-экологический анализ содержания ионов металлов в почве и ее ферментативной активности при различной антропогенной нагрузке, выявлены особенности показателей метаболизма легочных пресноводных моллюсков с учетом сезонных изменений.

Изучение подвижных форм металлов в почвах прибрежной зоны ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ) в шести районах Витебской области показало, что концентрация ионов железа превышает ПДК в Бешенковичском и Сенненском районах, в Витебском районе находится на границе ПДК, содержание ионов меди превышает ПДК в Витебском районе, концентрация ионов цинка превышает ПДК во всех исследуемых районах.

Выявлено, что активность ферментов в почве зависит от содержания тяжелых металлов в ней. Чем больше концентрация тяжелых элементов в почве, тем слабее активность каталазы и протеазы, выше активность уреазы.

Почвы прибрежной зоны водоемов Витебского, Бешенковичского, Дубровенского и Сенненского районов наиболее загрязнены тяжелыми металлами, что отражается на активности ферментов (слабая или средняя активность каталазы и протеазы и средняя или высокая активность уреазы).

По результатам катионного состава проб воды видно, что относительно чистыми можно считать водоемы Ушачского и Шумилинского районов. По этим показателям самыми загрязненными оказались водоемы Витебского, Дубровенского, Бешенковичского и Сенненского районов.

Таким образом, на основании полученных данных может быть создан алгоритм установления экологического состояния природных водоемов посредством анализа простых и доступных методик исследования почв прибрежной зоны и воды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Айдаров, И.П. К проблеме экологического возрождения речных бассейнов / И.П. Айдаров, Е.В. Веницианов, Д.Я. Раткович // Водные ресурсы. – 2002. – Т. 29. – № 2. – С. 240–252.
2. Булгаков, Н.Г. Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды. Обзор существующих подходов / Н.Г. Булгаков // Успехи современ. биол. – 2002. – Т. 122, № 2. – С. 115–135.
3. Жерносек, А.К. Физико-химические методы анализа / А.К. Жерносек, И.С. Борисевич. – Витебск: УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2012. – 12 с.
4. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 471 с.
5. Орлов, Д.С. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв / Д.С. Орлов, В.Д. Васильевская. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 272 с.
6. Звягинцев, Д.Г. Биология почв / Д.Г. Звягинцев. – М.: МГУК, 2005. – 241 с.
7. Хазиев, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
8. Галстян, А.Ш. Диагностика эродированных почв по активности ферментов / А.Ш. Галстян // Проблемы и методы биологической диагностики почв. – М.: Наука, 1976. – С. 317–328.
9. Казеев, К.Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков. – Ростов н/Д: Изд-во ЦВВР, 2003. – 104 с.
10. Безуглова, О.С. Урбопочвоведение: учебник / О.С. Безуглова, С.Н. Горбов, И.В. Морозов, Д.Г. Невидомская. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2012. – 264 с.
11. Гальцева, В.В. Практикум по водной экологии и мониторингу состояния водных систем / В.В. Гальцева, В.В. Дмитриев. – СПб., 2007. – 364 с.

## REFERENCES

1. Aidarov I.P., Venitsianov E.V., Ratkovich D.Ya. *Vodniye resursy* [Water Resources], 2002, 2(29), pp. 240–252.
2. Bulgakov N.G. *Uspekhi sovremen. biol.* [Advances of the Contemporary Biology], 2002, 2(122), pp. 115–135.
3. Zhernosek A.K., Borisevich I.S. *Fiziko-khimicheskiye metody analiza* [Physical and Chemical Methods of Analysis], Vitebsk: UO «VGU im. P.M. Masherova», 2012, 12 p.
4. Arinushkina E.V. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv* [Guidelines on Chemical Analysis of Soils], M.: Izd-vo MGU, 1970, 471 p.
5. Orlov D.S., Vasilyevskaya V.D. *Pochvenno-ekologicheski monitoring i okhrana pochv* [Soil and Ecological Monitoring and Soil Protection], M.: Izd-vo MGU, 1994, 272 p.
6. Zviagintsev D.G. *Biologiya pochv* [Soil Biology], M.: MGUK, 2005, 241 p.
7. Khaziyev F.Kh. *Metodi pochvennoi enzimologii* [Methods of Soil Enzymology], M.: Nauka, 2005, 252 p.
8. Galstian A.Sh. *Problemi i metody biologicheskoi diagnostiki pochv* [Problems and Methods of Soil Biological Diagnostics], M.: Nauka, 1976, pp. 317–328.
9. Kazeyev K.Sh., Kolesnikov S.I., Valkov V.F. *Biologicheskaya diagnostika i indikatsiya pochv: metodologiya i metody issledovaniy* [Biological Diagnostics and Indication of Soils: Methodology and Methods of Studies], Rostov-na-Donu: Izd-vo TsVVR, 2003, 104 p.
10. Bezuglova O.S., Gorbov S.N., Morozov I.V., Nevidomskaya D.G. *Urbopochvovedeniye: uchebnik* [Urban Soil Studies: Textbook], Rostov-on-the-Don: Izd-vo YuFU, 2012, 264 p.
11. Galtseva V.V., Dmitriyev V.V. *Praktikum po vodnoi ekologii i monitoringu sostoyaniya vodnykh system* [Practice Book on Water Ecology and Water System Monitoring], SPb., 2007, 364 p.

Поступила в редакцию 11.04.2019

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

## КОНСОРТИВНЫЕ СВЯЗИ В ФИТОЦЕНОТИЧЕСКОМ КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ

П.Ю. Колмаков, Е.В. Антонова

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

*Вариативность консортивных связей приводит к расширению экологической амплитуды видов и консолидации биохимических процессов, замещению и сближению жизненных циклов различных организмов. Исходя из разной степени глубины и взаимопроникновения консортивных связей, можно выделить «эндоассоциации», затрагивающие горизонтальный перенос генов, и «экзоассоциации», основанные на визуальных экологических характеристиках. В понятие «эндоассоциации» входит такое объединение разнородных живых организмов, чьи обменные процессы напрямую связаны друг с другом: происходит не только тесное перекрывание, но и значительное взаимное сближение биохимических циклов во всевозможных узловых стадиях протекающих биохимических реакций между всеми взаимодействующими партнерами. В понятие «экзоассоциации» входит однонаправленный поток метаболитических соединений, которые в дальнейшем вовлекаются в обменные процессы лишь одного или ограниченной группы организмов. Поставщик этих веществ может в дальнейшем и не участвовать в таком потоке.*

*Цель исследования – отражение многогранности современной трактовки консортивных связей в природе.*

**Материал и методы.** Рассмотрены циклы обмена веществ грибного и растительного компонентов. Использованы описательно-сравнительные методы в научно-исследовательской лаборатории.

**Результаты и их обсуждение.** Эндоассоциации – это не застывшая структура. Она находится в постоянном развитии, что согласуется с принципами постоянства и непрерывности консортивных связей. Комфортность достигается за счет динамического равновесия: одни партнеры сменяются другими, что связано и с изменениями экологических условий окружающей среды, и с перемещением, миграцией веществ, образовавшихся в результате перекрывания метаболитических циклов.

Фитоценотический круговорот веществ понимается авторами как перекрывание циклов обмена между участниками консорции. Данный круговорот веществ возможен только в условиях эндоассоциации, в то время как в экзоассоциации осуществляется в основном однонаправленный поток веществ.

Авторами были выделены некоторые позиции перекрывания и общности биохимических циклов различных организмов, входящих в состав эндоассоциаций.

**Заключение.** Грибной компонент со своим уникальным циклом обмена веществ является центральным звеном взаимосвязи растений, животных и микроорганизмов. Каждый из взаимодействующих компонентов эндоассоциации благодаря консортивным связям получает жизненно важные биологически активные вещества.

Биохимическая картина циклов обмена веществ наглядно иллюстрирует эволюционную общность происхождения и единства многообразного органического мира, переплетенного взаимоперекрывающимися консортивными связями.

Различные сочетания эндо- и экзоассоциаций повышают экологическую пластичность видов – коэволюционных организмов и помогают устойчивому и динамическому развитию консортивных связей в непростой современной противоречивой окружающей природной обстановке.

**Ключевые слова:** консортивные связи, экзоассоциация, эндоассоциация, циклы обмена веществ, фитоценотический круговорот веществ.

## CONSORT LINKS IN PHITOCENOSIS CIRCLE OF SUBSTANCES

P.Yu. Kolmakov, E.V. Antonova

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

*Considering different degree of depth and interpenetration of consort links one can point out «endoassociations», which imply horizontal transfer of genes, and «exoassociations» based on visual ecological characteristics. The notion of «endoassociation» implies a union of various living organisms whose metabolism processes are directly linked to each other: not only close overlapping but also considerable mutual proximation of biological cycles takes place in different knot stages of biochemical reactions among all the interacting partners. The notion of «exoassociation» implies one-directional stream of metabolic compounds which are further involved into metabolism processes of only one or a limited group of organisms. The supplier of these substances can further not participate in such stream.*

*The research purpose is the reflection of the multi-facet side of the contemporary interpretation of consort links in nature.*

**Material and methods.** The research material is metabolism cycles of fungi and plant components. The descriptive and comparative research methods in a research laboratory were used.

**Findings and their discussion.** Endoassociations are not a stable structure. It constantly develops which agrees with the principles of stability and continuity of consort links. Comfort can be reached due to dynamic balance: some partners are substituted with others, which is connected both with the changes in ecological conditions of the environment and with the transfer, migration of substances formed as a result of overlapping metabolic cycles.

We understand phytocenosis circle of substances as overlapping of exchange cycles among consort participants. Phytocenosis circle of substances is possible only in the conditions of the endoassociation, while mainly one-directional stream of substances takes place in the exoassociation.

We identified some positions of overlapping and uniting biochemical cycles of different organisms which are parts of endoassociations.

**Conclusion.** The fungi component with its unique metabolism cycle is the central link in the interconnection of plants and microorganisms. Each of the interacting components of the endoassociation due to consort links gets vitally important biologically active substances.

The biochemical picture of metabolism cycles illustrates the evolution unity of the origin and the unity of the diverse organic world, which is interwoven with mutually overlapping consort links.

Different compositions of endo- and exoassociations increase ecological plasticity of species, coevolutional organisms, and facilitate stable and dynamic development of consort links in the difficult contemporary contradictory natural environment.

**Key words:** consort links, exoassociation, endoassociation, metabolism cycles, phytocenosis circle of substances.

Динамическое равновесие продолжает играть существенную роль в развитии жизни на Земле. Одним из его проявлений является возникновение и развитие многообразных консортивных связей в природе. Вариативность консортивных связей приводит к расширению экологической амплитуды видов и консолидации биохимических процессов, замещению и сближению жизненных циклов различных организмов. Составляющие компоненты, партнерские звенья консортивных связей можно рассмотреть с биохимических, физиологических и функциональных сторон.

Консортивные связи, скорее всего, играют определенную роль и в видообразовании.

Н.И. Вавилов считает линнеевский вид как определенную сложную систему, т.е. целое, состоящее из связанных друг с другом частей, в которой целое и части взаимно проникают друг в друга. Решение основных вопросов эволюции не может быть сделано без учета вида как сложной системы форм. Изучение вида охватывает не только морфологические, но также и физиологические признаки. Между видом как сложной системой и средой существует постоянная связь. Противоречия в развитии могут возникать между средой и всей системой вида или отдельными частями ее и между составными элементами самой системы. Надо учитывать географическую и экологическую динамику вида как системы. Части общей системы в зависимости от среды и при расселении могут постоянно изменяться. Вид приходится понимать под углом зрения динамики, изменений, происходящих под влиянием среды, изменений во времени. Линнеевский вид – обособленная сложная подвижная морфо-физиологическая система, связанная в своем генезисе с определенной средой и ареалом. Вид следует рассматривать как действительные комплексы реальных систем, существующих в природе, которые представляют собой определенные узловые моменты в эволюционной цепи. Для эволюции организмов характерно единство прерывности и непрерывности. Эволюционный процесс, будучи непрерывным в смысле постоянного движения, изменения, возникновения и уничтожения, имеет узлы в бесконечной цепи, которые составляют виды как системы наследственных форм [1].

Развитие молекулярной биологии, ультраструктурного анализа и сопоставления на молекулярном уровне позволило прийти к выводу: эукариотическая клетка возникла столь же давно, что и прокариотическая [2]. В процессе параллельного развития у эукариот, в том числе и у грибов, сформировался геном, который существенно отличается от генома прокариот. Отличия касаются избыточности генома и его компактности, мозаичности структуры. Наличие интронных структур в генах является основным и принципиальным отличием структурной организации геномов эукариот от прокариот [3]. Данное отличие играет существенную роль в эволюции, задача которой «совместить» «несовместимые» организмы принципиально новым способом: посредством консортивных связей, приводящих к «экологическим», «физиологическим» и «биохимическим» всплескам, как «быстрого» способа эволюционного преобразования. Совершенствование консортивных связей способствовало новому эволюционному скачку и стремительному витку в развитии жизни на Земле: выходу ее на сушу.

Первый эукариотический организм возник примерно 1,5–2 млрд лет назад, когда в атмосфере появилось достаточно кислорода. Этот организм был дрожжеподобным, сходным с современными представителями рода *Candida*. Цианобактерии и грибы в докембрии представляли собой резко

очерченные параллельные стволы органического мира [2]. Пересечение их эволюционных линий стало возможным лишь благодаря образованию, развитию и трансформации консортивных связей в природе, что привело к возникновению принципиально иных организмов с качественно новыми адаптивными признаками в изменившихся экологических условиях. Произошел «эволюционный всплеск».

В консортивных комплексах интеграция взаимодействующих партнеров в единый организм происходит в первую очередь на физиологическом уровне. Смысл образования консортивных комплексов – это расширение экологической амплитуды взаимодействующих организмов. Трансформация экологической амплитуды приводит к «адаптивному всплеску» – основной причине возникновения подобных взаимоотношений в природе [4].

Взаимодействие компонентов консорции может происходить с разной степенью проникновения организмов друг в друга. Особую эволюционную значимость имеют связи, которые создаются на биохимическом и физиологическом уровнях. Одним из примеров подобных взаимоотношений служит эволюционно закрепившаяся связка Гриб–Растение [5].

Голосеменные своим существованием в эпоху покрытосеменных обязаны консортивным связям такого уровня. Переходные формы беннеттитовых и голосеменных без консортивных связей с грибом давно уже вымерли. Среди господствующих покрытосеменных есть представители, не образующие консортивных связей с грибными организмами. Исходя из принципов динамического и устойчивого путей эволюционного развития консортивных связей в природе – устойчивости во времени и пространстве, постоянства, непрерывности процесса, комфортности [5], можно предположить, что в дальнейшем покрытосеменные без постоянных глубоких консортивных связей прекратят свое существование.

Гриб находится на другой эволюционной ступеньке и отличается большей экологической пластичностью. Поэтому грибной компонент быстрее, чем растительный, реагирует на изменение условий окружающей среды и тем самым подталкивает к физиологическим изменениям в растительном организме. Глубокая интеграция путей обмена растительного и грибного компонентов соответствует требованию «функционального динамического равновесия в природе». Несмотря на разную эволюционную дистанцию, Гриб и Растение нуждаются друг в друге для дальнейшего динамического и устойчивого развития в современной экологической обстановке [4].

Все в природе находится в динамическом равновесии. Нарушение любого звена ведет к дисбалансу всей многовариантной комплексной системы.

Карл Вёзе в 2004 г. опубликовал статью, в которой утверждал, что между древними группами живых организмов происходил массивный перенос генетической информации. В древнейшие времена преобладал процесс, который он называет горизонтальным переносом генов. И чем дальше в прошлое, тем это преобладание сильнее. Существует ряд доказательств, что были затронуты даже высшие растения и животные [6]. Аарон Ричардсон и Джеффри Палмер замечают: «Горизонтальный перенос генов играл главную роль в бактериальном развитии и довольно распространен у некоторых одноклеточных эукариот. Тем не менее распространенность и значение горизонтального переноса генов в эволюции многоклеточных эукариот остаются неясными» [7].

Истинные глубокие консортивные связи в природе – это и есть видимое проявление горизонтального переноса генов.

В теперешнюю геологическую эпоху горизонтальный перенос генов – довольно редкое явление у животных, грибов и растений. Недавно были выявлены случаи, когда бактерии вовлекались в процесс горизонтального переноса генов у многоклеточных эукариот. В течение патогенеза паразиты трансформировали своего хозяина плазмид-кодирующими генами [7]. А это не что иное, как проявление «глубоких» консортивных связей в природе, которые объяснимы с точки зрения молекулярной биологии. Возможно, что именно такие консортивные связи могут считаться «истинными», имеющими реальное доказательство. Многие жизненные формы на Земле обязаны своему существованию и широкой экологической амплитуде именно этим консортивным связям. Все остальное, что объяснимо только «визуальной констатацией фактов», несет в себе взаимоотношения «другого характера», требующего глубоких научных исследований.

Признаки консортивных связей в природе: молекулярно-генетические, физиологические, биохимические, экологические. Отсутствие одного из этих параметров говорит о том, что между организмами существуют взаимоотношения «другого характера», которые не являются «истинными» консортивными связями.

Исходя из разной степени глубины и взаимопроникновения консортивных связей, можно выделить «эндоассоциации», затрагивающие горизонтальный перенос генов, и «экзоассоциации», основанные на визуальных экологических характеристиках. Нынешнее понимание смысла консорции ни в коей мере не противоречит классическим взглядам на этот вопрос [8]. Современная трактовка понятия «консорция» дополнена результатами молекулярно-генетических методов исследований, что помогает установлению более четко выраженных границ в объяснении консорции. Термин «экзоассоциация» основан на постулатах классической геоботаники в понимании В.Н Беклемишева и Л.Г. Раменского [8].

Цель исследования – отражение многогранности современной трактовки консортивных связей в природе.

**Материал и методы.** Рассмотрены циклы обмена веществ грибного и растительного компонентов. Использованы описательно-сравнительные методы в научно-исследовательской лаборатории.

**Результаты и их обсуждение.** В понятие «эндоассоциация» входит такое объединение разнородных живых организмов, чьи обменные процессы напрямую связаны друг с другом: происходит не только тесное перекрывание, но и значительное взаимное сближение биохимических циклов во всевозможных узловых стадиях протекающих биохимических реакций между всеми взаимодействующими партнерами.

В понятие «экзоассоциация» входит однонаправленный поток метаболитических соединений, которые в дальнейшем вовлекаются в обменные процессы лишь одного или ограниченной группы организмов. Поставщик этих веществ может в дальнейшем и не участвовать в таком потоке.

Взаимосвязь и взаимодействие эндоассоциаций и экзоассоциаций отражает рис. 1.



Рис. 1. Экзо- и эндоассоциации в системе консортивных связей

Краткая сравнительная характеристика эндоассоциаций и экзоассоциаций показана в табл. 1.

Таблица 1

**Характеристика экзо- и эндоассоциаций**

Позиции сравнения	Консортивные связи	
	Экзоассоциации	Эндоассоциации
Характер проявления	Экологический, физиологический	Перенос генов, экологический, физиологический
Динамическое равновесие	Экологическое Топическое	Экологическое Топическое Функциональное
Степень перекрываемости биохимических циклов	Опосредованная	Тесная
Время существования	Короткоживущие	Длительно существующие
Постоянство существования	Непостоянные, временные	Постоянные
Эволюционная значимость	–	Более эволюционно значимые

Эндоассоциации – это не застывшая структура. Она находится в постоянном развитии, что согласуется с принципами постоянства и непрерывности консортивных связей. Комфортность достигается за счет динамического равновесия: одни партнеры сменяются другими, что связано и с изменениями экологических условий окружающей среды, и с перемещением, миграцией веществ, образовавшихся в результате перекрывания метаболических циклов.

Позиций характеристики эндоассоциаций больше, и они более четкие в определении.

Образованию эктэндомикоризы у видов рода *Picea* A. Dietr. в какой-то мере способствуют муравьи, поскольку подкисляют почвенный профиль муравьиной кислотой, которая содержится также и в хвое.

Биохимия растений и биохимия животных базируются на общих принципах, которые определяются общими свойствами живых организмов. Действительно, у растений и животных много сходного: химический состав большинства клеточных структур, состав многих макромолекул, основные метаболические пути, многие ферменты. Все это свидетельствует о единстве органического мира [9].

Давно известна особенность хлорофилла: по своей химической структуре он близок к гемоглобину, красному красящему веществу крови теплокровных животных. В ядре молекулы гемоглобина имеется атом железа, а в ядре хлорофилла – атом магния.

Малокровие у человека и у животных лечат железом для образования гемоглобина. Так обстоит дело и у растений: листья и молодые зеленые ветки иногда приобретают желтый оттенок, заболевают хлорозом. В большинстве случаев он вызывается также недостатком железа. Подкормка таких растений раствором соли железа излечивает растение. Вновь в растении образуется хлорофилл, хотя само железо в молекулу хлорофилла и не входит. Это говорит о близости двух красящих веществ – красного гемоглобина и зеленого хлорофилла, так широко распространенных в природе [10].

Взаимное перекрывание циклов биохимического обмена живых организмов разных эволюционных уровней объясняет замкнутость круговорота веществ в биосфере.

*Фитоценотический круговорот веществ* понимается нами как перекрывание циклов обмена между участниками консорции. Данный круговорот веществ возможен только в условиях эндоассоциации, в то время как в экзоассоциации осуществляется в основном однонаправленный поток веществ.

Ключевые моменты перекрывания биохимических процессов в эндоассоциациях, по мнению А.А. Титаева [11], изображены на рис. 2.

Основные обменные процессы грибов в принципе не отличаются от обменных процессов других живых организмов. Так, в высших грибах протекают реакции цикла Кребса и существует дыхательная цепь.

На этом главном пути обмена веществ не только «сгорает» глюкоза, но и синтезируется АТФ или неорганические полифосфаты, в которых аккумулируется большой запас энергии. Кроме того, названный путь дает начало другим, дополнительным путям обмена веществ.

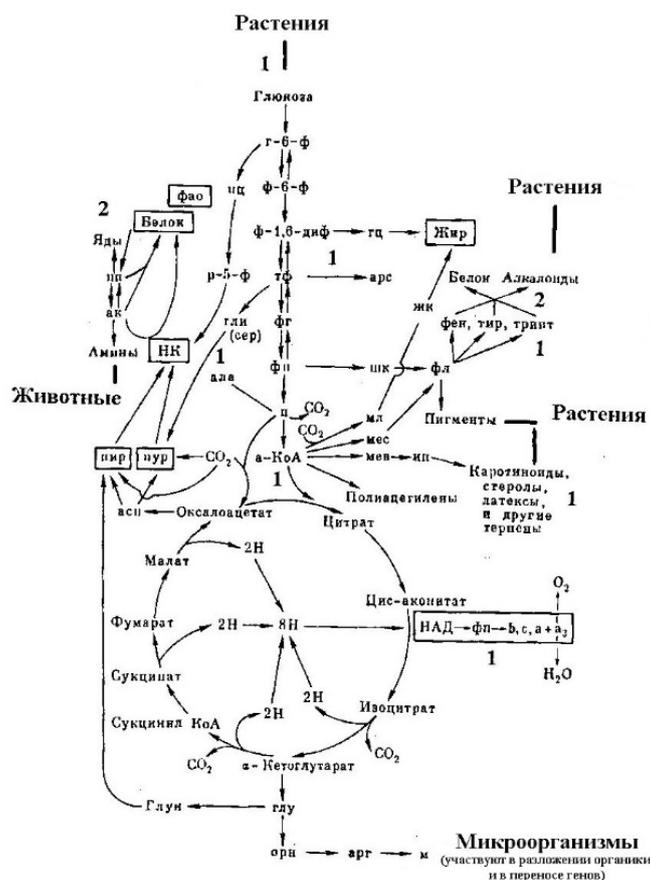
Ключевым пунктом в главном пути обмена веществ служит КоА. От этого звена ответвляются пути для синтеза многих веществ – жирных кислот, липидов, стероидов, ароматических соединений (фенолов, флавонов, ароматических аминокислот). В одном из ответвлений – из триптофана и уксусной кислоты синтезируются ростовые вещества – ауксины и гетероауксин. Из ацетата образуются вещества изопреновой структуры, служащей основой для синтеза каротиноидов и порфиринов [11].

На биосинтезе уксусной кислоты и полифенольных соединений как продукта побочного биосинтеза происходит соединение циклов обмена растений и грибов.

Полифенольные соединения следует рассматривать не только как продукты побочного обмена веществ грибов, но и как стимуляторы для эволюции растительного и животного мира.

Грибной компонент со своим уникальным циклом обмена веществ является центральным звеном взаимосвязи растений, животных и микроорганизмов.

На схеме [11], изображенной на рис. 2, указаны основные позиции взаимодействия и возможные перекрывания циклов обмена веществ, что иллюстрирует понятие «эндоассоциация».



**Примечания:** ак – аминокислоты; а-КоА – ацетил-КоА; ала – аланин; арг – аргинин; арс – ароматические соединения; асп – аспарагиновая кислота; b, c, a, a<sub>3</sub> – цитохромы; гли – глицин; глук – глутаминовая кислота; глун – глутамин; гц – глицерин; г-6-ф – глюкозо-6-фосфат; жк – жирные кислоты; ип – изопрен; м – мочевины; мев – мавалоновая кислота; мес – метилсалицилат; мл – мелонат; НАД – никотинамидадениндинуклеотид; НК – нуклеиновые кислоты; орн – орнитин; п – пируват; пир – пиримидиновые основания; пп – полипептиды; пур – пуриновые основания; пц – пентозный цикл; р-5-ф – рибозо-5-фосфат; сер – серин; СКВ – сквален; трип – триптофан; тф – триозофосфаты; фао – ферментативный аппарат организма; фг – фосфоглицериновые кислоты; фен – фенилаланин; фл – фенолы; фп – фосфоенолпируват; ф-1,6-диф – фруктозо-1,6-дифосфат; ф-6-ф – фруктозо-6-фосфат [11].

Рис. 2. Схема обмена веществ у грибов и ее взаимосвязи с другими компонентами эндоассоциации

**Неоспоримые биохимические доказательства существования эндоассоциаций.** Постоянные биохимические взаимосвязи на схеме отмечены цифрой 1. Сезонные или временные биохимические взаимодействия отмечены цифрой 2.

**Углеводы.** В природе углеводов больше, чем всех других химических соединений, вместе взятых. Оболочки растительных клеток целиком состоят из углеводов. Функции углеводов в растении важны и разнообразны. Энергетическая (в химических связях запасается солнечная энергия), пластическая (из универсального химического соединения – глюкозы – образуются метаболиты (углеродные скелеты), необходимые для синтеза органических соединений живой клетки), регуляторная (связывание с сахарами снижает активность фитогормонов, регулирующих процессы жизнедеятельности растений), сигнальная (некоторые лектины, в состав которых входят моно- и олигосахара, выполняют функцию узнавания патогена, проникающего в клетку), защитная (растворимые сахара связывают воду, удерживая ее в клетке, связываются с белками и нуклеиновыми кислотами, стабилизируя их молекулы в неблагоприятных условиях). Соотношение водорода и кислорода такое же, как и в воде – 2:1, что характерно для большинства углеводов. Оптическая активность моносахаридов определяется содержанием асимметрических атомов углерода. Моносахариды могут иметь D- и L-конфигурацию. В растениях содержатся и растениями усваиваются в основном D-стереоизомеры. L-формы встречаются очень редко [9].

В ранневесенний период происходит отток углеводов у растительного организма к корням, что может дать толчок к развитию грибного компонента.

**Ароматические соединения.** Можно считать, что фотосинтез заканчивается с образованием триозофосфата, поскольку дальнейшие реакции протекают и у нефотосинтезирующих организмов, таких как животные и грибы. Однако именно здесь важно показать, каким образом фосфоглицерат и триозофосфат используются для производства основных необходимых растениям питательных веществ [12]. Можно предположить, что в осенне-зимний период при затухании фотосинтеза происходит вовлечение триозофосфатов из циклов обмена грибного компонента в обменные процессы растительных организмов.

**Аминокислоты.** Аминокислоты растительного компонента могут быть вовлечены в пути обмена грибного компонента.

**Триптофан.** Гетероауксин является  $\beta$ -индолилуксусной кислотой, относится к веществам группы ауксинов. В естественных условиях его образование происходит из аминокислоты триптофана в вегетативной массе растений, а затем вещество перемещается в стебли и корни, где в ходе реакции окисления переходит в активную форму [13]. Гетероауксин был обнаружен Торевым (1960) в нескольких видах грибов, среди которых были и микоризообразующие. Экстракты из этих грибов действуют на высшие растения в высоких концентрациях как ингибиторы, в малых – как слабые стимуляторы роста [14]. Гетероауксин грибного компонента необходим растительному в период ранневесеннего активного роста, а в последующем растение пользуется своими собственными ресурсами, вырабатывая нужные гормоны.

**Каротиноиды, стеролы, латексы и другие терпены.** Стероидные соединения являются исходным материалом для синтеза веществ, обладающих сильной физиологической активностью и обнаруженных в грибах-микоризообразователях. Ряд стероидных соединений был найден и в растениях. Некоторые тритерпены обладают антабиотическим действием против некоторых анаэробов, таких как *Clostridium butiricum* и *Streptococcus putridis*, подавляют их рост. Стерины широко распространены в органическом мире, на что указывают их названия: зоо-, фито- и микостерины [14].

В животных организмах стероидную природу имеют холестерин и ряд гормонов. В растениях стероиды более разнообразны. Чаще они представлены спиртами – стеролами. В растениях, грибах распространен эргостерол. Из него под влиянием ультрафиолета образуется витамин D. Стероиды входят в состав клеточных мембран растений, предполагается их участие в контроле проницаемости. Основная масса стеролов растительной клетки содержится в мембранах эндоплазматического ретикула и митохондрий, а их эфиры связаны с фракцией клеточных стенок [9]. Грибной компонент в какой-то степени усиливает стероидные свойства растений.

**Алкалоидами** обмениваются грибы и растения [14].

**Биогенные амины.** Характерными для грибов соединениями, обладающими сильной физиологической активностью, являются амины и их производные. Одним из наиболее важных по своему значению для обмена веществ и широко распространенным среди грибов амином является холин. Он входит в состав лецитинов и является метилирующим агентом в биологических процессах. При отсутствии или недостатке холина возникает жировое перерождение печени. Производное холина – ацетилхолин – играет важную роль в животном организме как раздражитель нервных окончаний [14].

Нами были выделены некоторые позиции перекрывания и общности биохимических циклов различных организмов, входящих в состав эндоассоциаций.

Благодаря консортивным связям взаимодействующие партнеры (компоненты эндоассоциации) получают жизненно важные биологические вещества.

**Заключение.** Фитоценотический круговорот веществ возможен благодаря консортивным связям, а именно за счет перекрывания биохимических циклов и взаимного обогащения взаимодействующих партнеров биологически активными веществами.

Подавляющее большинство покрытосеменных для прекращения физиологически активных процессов сбрасывают листву на зимний период в отличие от голосеменных, у которых в это время биохимические процессы сохраняются из-за тесного перекрывания циклов обмена грибного и растительных компонентов. Благодаря консортивным связям обменные процессы у голосеменных в зимний период имеют место быть, вот почему голосеменные позже выходят из состояния покоя, чем покрытосеменные.

Поскольку сезонные обменные процессы у голосеменных не подвержены значительным амплитудным колебаниям, как у покрытосеменных, можно предположить, что исходный древний ареал голосеменных располагался в относительно стабильной климатической зоне с более или менее

константными климатическими характеристиками. Благодаря консортивным связям голосеменные смогли занять значительную часть суши и дожить до наших дней.

Муравейники, расположенные в корневой зоне ели, способствуют подкислению почвенного профиля и проникновению водных растворов муравьиной кислоты в ткани и органы растительного компонента, тем самым объединяя и унифицируя обменные процессы растений и животных.

Полифенольные соединения следует рассматривать не только как продукты побочного обмена веществ грибов, но и как стимуляторы для эволюции растительного и животного мира.

Благодаря консортивным связям каждый из взаимодействующих компонентов эндоассоциации получает жизненно важные биологически активные вещества.

Грибной компонент со своим уникальным циклом обмена веществ является центральным звеном взаимосвязи растений, животных и микроорганизмов.

Биохимическая картина циклов обмена веществ наглядно иллюстрирует эволюционную общность происхождения и единства многообразного органического мира, переплетенного взаимоперекрывающимися консортивными связями.

Различные сочетания эндо- и экзоассоциаций повышают экологическую пластичность видов – коэволюционных организмов и помогают устойчивому и динамическому развитию консортивных связей в непростой современной противоречивой окружающей природной обстановке.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов, Н.И. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. Линнеевский вид как система / Н.И. Вавилов. – Л.: Наука, 1967. – 92 с.
2. Каратыгин, И.В. Коэволюция грибов и растений / И.В. Каратыгин. – СПб.: Гидрометеоздат, 1993. – 118 с.
3. Дьяков, Ю.Т. Введение в генетику грибов / Ю.Т. Дьяков, А.В. Шнырева, А.Ю. Сергеева. – М.: Академия, 2005. – 304 с.
4. Колмаков, П.Ю. Эволюционные всплески в мире растений / П.Ю. Колмаков, Е.В. Антонова // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2019. – № 1(102). – С. 43–49.
5. Колмаков, П.Ю. Пути и принципы развития консортивных связей / П.Ю. Колмаков, Е.В. Антонова // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2018. – № 4(101). – С. 44–48.
6. Горизонтальный перенос генов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/горизонтальный\\_перенос\\_генов](https://ru.wikipedia.org/wiki/горизонтальный_перенос_генов). – Дата доступа: 07.06.2019.
7. Richardson, A.O. Horizontal Gene Transfer in Plants / A.O. Richardson, J.D. Palmer // Journal of Experimental Botany. – 2007. – № 58(1). – P. 1–9.
8. Корчагин, А.А. Строение растительных сообществ / А.А. Корчагин // Полевая геоботаника. – Л.: Наука, 1976. – Т. V. – 320 с.
9. Красильникова, Л.А. Биохимия растений / Л.А. Красильникова, О.А. Авксентьева, В.В. Жмурко, Ю.А. Садовниченко. – Ростов н/Д: Феникс, Харьков: Торсинг, 2004. – 224 с.
10. Станков, С.С. Человек и растение / С.С. Станков. – М.: Просвещение, 1965. – 208 с.
11. Титаев, А.А. Биология высших грибов / А.А. Титаев. – М.: Наука, 1976. – 72 с.
12. Краткое изложение фотосинтеза. Метаболизм фосфоглицерата и триозофосфата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meduniver.com/Medical/Biology/167.html>. – Дата доступа: 02.05.2019.
13. Стимулятор роста Гетероауксин – инструкция по применению [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://plodorod.net/domashnie-udobreniya/stimulyator-rosta-geteroauksin/>. – Дата доступа: 02.05.2019.
14. Шиврина, А.Н. Биологически активные вещества высших грибов / А.Н. Шиврина. – М.–Л.: Наука, 1965. – 200 с.

## REFERENCES

1. Vavilov N.I. *Zakon gomologicheskikh riadov v nasledstvennoi izmenchivosti. Linneyevski vid kak sisemya* [The Law of Homological Rows in Heredity Changes. Linnet Species as a System], L.: Nauka, 1967, 92 p.
2. Karatygin I.V. *Koevolyutsiya gribov i rastenii* [Coevolution of Fungi and Plants], SpB.: Gidrometeoizdat, 1993, 118 p.
3. Diakov Yu.T., Shnyreva A.V., Sergeeva A.Yu. *Vvedeniye v genetiku gribov* [Introduction into Fungi Genetics], M.: Akademiya, 2005, 304 p.
4. Kolmakov P.Yu., Antonova E.V. *Vesn. Vitseb. dziarzh. un-ta* [Journal of Vitebsk State University], 2019, 1(102), pp. 43–49.
5. Kolmakov P.Yu., Antonova E.V. *Vesn. Vitseb. dziarzh. un-ta* [Journal of Vitebsk State University], 2018, 4(101), pp. 44–48.
6. *Gorizontalny perenos genov* [Horizontal Gene Transfer], Available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/горизонтальный\\_перенос\\_генов](https://ru.wikipedia.org/wiki/горизонтальный_перенос_генов). – Accessed: 07.06.2019.
7. Richardson, A.O. Horizontal Gene Transfer in Plants / A.O. Richardson, J.D. Palmer // Journal of Experimental Botany. – 2007. – № 58(1). – P. 1–9.
8. Korchagin A.A. *Polevaya geobotanika* [Field Geobotany], L.: Nauka, 1976, 5, 320 p.
9. Krasilnikova L.A., Avksentyeva O.A., Zhmurko V.V., Sadovnichenko Yu.A. *Biokhimiya rastenii* [Biochemistry of Plants], Rostov n/D: Feniks, Kharkov: Torsing, 2004, 224 p.
10. Stankov S.S. *Chelovek i rasteniye* [Man and Plant], M.: Prosveshcheniye, 1965, 208 p.
11. Titayev A.A. *Biologiya vysshikh gribov* [Biology of Higher Fungi], M.: Nauka, 1976, 72 p.
12. *Kratkoye izlozheniye fotosinteza. Metabolizm fosfoglitsierata i triozofosfata* [Brief Presentation of Photosynthesis. Phosphoglycerate and Triosphosphate Metabolism], Available at: <https://meduniver.com/Medical/Biology/167.html>. – Accessed: 02.05.2019.
13. *Stimuliator rosta Geteroauksin – instruktsiya po primeneniyu* [Growth Stimulator Heteroauksine – Manual], Available at: <https://plodorod.net/domashnie-udobreniya/stimulyator-rosta-geteroauksin/>. – Accessed: 02.05.2019.
14. Shivrina A.N. *Biologicheski aktivnyye veshchestva vysshikh gribov* [Biologically Active Substances of Higher Fungi], M.–L.: Nauka, 1965, 200 p.

Поступила в редакцию 12.06.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: [pavel\\_kolmakov@list.ru](mailto:pavel_kolmakov@list.ru) – Колмаков П.Ю.

УДК 582.689:574.3:57.017.3

## ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРВОЦВЕТА ВЫСОКОГО ПРИ ИНТРОДУКЦИИ И РЕИНТРОДУКЦИИ

**И.М. Морозова, И.М. Морозов, В.В. Степуленок**

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

*Один из основных путей охраны редких и исчезающих видов растений – сохранение их в местах естественного обитания. Дополнительной мерой охраны является введение в культуру. При накоплении данных о поведении видов в различных условиях и наличии достаточного количества посадочного материала встает вопрос о возвращении растений в места естественного обитания (реинтродукция и репатриация).*

*Цель работы – изучение эколого-биологических особенностей Первоцвета высокого (*Primula elatior*) в естественных местах обитания, в культуре и при реинтродукции.*

**Материал и методы.** *Материалом исследования являются природные, интродукционные и реинтродукционная популяции редкого вида флоры Беларуси – Первоцвета высокого. Интродукцию и реинтродукцию проводили по методике, разработанной Главным ботаническим садом РАН.*

**Результаты и их обсуждение.** *Составлено геоботаническое описание природных и реинтродукционной популяций *P. elatior* на территории Витебского района. Проведено изучение морфометрических показателей куста Первоцвета высокого в генеративном состоянии и плотности произрастания генеративных и виргинильных особей в рассмотренных популяциях. Исследовались особенности плодоношения Первоцвета высокого в природе, при интродукции и реинтродукции. Определялись процент плодообразования и семенная продуктивность в природных популяциях, в условиях культуры и при реинтродукции.*

**Заключение.** *Изучение особенностей плодоношения *P. elatior* в природе, при интродукции и реинтродукции выявило большую общую продуктивность растений в условиях культуры. Данные же показатели в реинтродукционной популяции сопоставимы с природными, иногда превосходят их. Это свидетельствует о хорошем состоянии и высокой жизнеспособности растений *P. elatior* в реинтродукционной популяции, что позволяет делать выводы о высокой устойчивости искусственной ценопопуляции.*

**Ключевые слова:** *реинтродукция, интродукция, виргинильные особи, семенная продуктивность, искусственная ценопопуляция.*

## ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL FEATURES OF PRIMULA ELATIOR DURING THE INTRODUCTION AND REINTRODUCTION

**I.M. Morozova, I.M. Morozov, V.V. Stepulenok**

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

*One of the ways of the protection of rare and disappearing plant species is preserving them in their natural habitat. An additional protection measure is introduction into culture. While accumulating data on species behavior in different conditions and obtaining the sufficient amount of planting material the issue of returning plants into natural habitat (reintroduction and repatriation) arises.*

*The research purpose is the study of ecological and biological features of *Primula elatior* in natural habitat, in culture and during the reintroduction.*

**Material and methods.** *The research material is natural, introduction and reintroduction populations of a rare species of Belarusian flora, *Primula elatior*. The introduction and the reintroduction were conducted according to the methods developed by the Main Botanical Gardens of the Russian Academy of Sciences.*

**Findings and their discussion.** A geobotanical description of the natural and the reintroduptive populations of *P. elatior* on the territory of Vitebsk District was made up. A study of morphometric indications of a bush of *Primula* in the generative state as well as the density of generative and virginal samples in the studied populations was conducted. Features of *Primula* fruiting in nature, in introduction and in reintroduction were studied. Fruit forming percentage as well as seed production in nature populations, in culture conditions and in reintroduction was identified.

**Conclusion.** The study of the features of *P. elatior* fruiting in nature, in introduction and reintroduction indicated a large general productivity of the plants in the conditions of culture. The same parameters in the reintroduptive population are comparable with the nature ones, sometimes exceeding them. This testifies to a good state and high vitality of *P. elatior* plants in the reintroduptive population, which makes it possible to identify high stability of the artificial cenopopulation.

**Key words:** reintroduction, introduction, virginal samples, seed production, artificial cenopopulation.

Сохранение растительного биоразнообразия является первостепенной задачей современности. Существует ряд мер сбережения растительного богатства. Одна из основных – сохранение редких и исчезающих видов растений в местах их естественного обитания (создание сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ), занесение некоторых видов в Красную книгу Республики Беларусь). Но в условиях меняющихся ландшафтов под воздействием антропогенных и природных факторов эти меры не всегда действенны и надежны. Дополнительными мерами сбережения редких и охраняемых видов растений являются введение их в культуру, размножение и разработка агротехники возделывания, изучение особенностей цветения и плодоношения [1]. При накоплении данных о поведении видов в различных условиях и наличии достаточного количества посадочного материала встает вопрос о возвращении растений в места естественного обитания (реинтродукция и репатриация) [2]. Таким образом, выстраивается система из комплекса мер по заботе об уязвимых видах: охрана и изучение в естественных местах обитания, введение в культуру с последующим исследованием эколого-биологических особенностей и, наконец, возврат вида в естественную среду обитания [3–5].

Цель статьи – изучение эколого-биологических особенностей Первоцвета высокого (*Primula elatior* (L.) Hill) в естественных местах обитания, в культуре и при реинтродукции.

Работы по реинтродукции редких и охраняемых видов на территории Белорусского Поозерья проводились в малом объеме, что делает данные исследования актуальными. В Российской Федерации и в Украине довольно много работ по реинтродукции Первоцвета весеннего, но научных публикаций по реинтродукции Первоцвета высокого нет [6; 7].

При реинтродукции важен долгосрочный и регулярный мониторинг искусственных популяций редких растений, который показывает устойчивость и конкурентоспособность вида [8].

Нами подводится итог первого 5-летнего этапа мониторинга реинтродукционной популяции *P. elatior*.

**Материал и методы.** Материалом исследования являются представители природных, интродукционных и реинтродукционной популяций редкого вида флоры Беларуси – Первоцвета высокого (*Primula elatior* (L.) Hill). Данный вид включен в 1–3-е издания Красной книги Республики Беларусь [9]. В настоящий момент происхождение большинства мест произрастания этого вида связано с деятельностью человека: Первоцвет высокий культивируется и дичает. По этой причине вид исключен из Красной книги и вошел в Список видов, требующих профилактических мер охраны, в 4-м издании Красной книги Республики Беларусь как редкий «пограничный» опушечно-луговой декоративный вид, требующий внимания вне синантропных местообитаний. В Польше охраняется в таком же статусе [10].

Исследования выполнялись в 2013–2018 гг. При проведении интродукции и реинтродукции использовались методика, разработанную Главным ботаническим садом РАН [11; 12].

Геоботанические исследования осуществляли по общепринятым методикам.

Изучались представители следующих популяций *P. elatior*:

- **популяция 1:** находится на западной окраине остановочного железнодорожного пункта Гришаны Витебского района;
- **популяция 2:** интродукционная из образцов, взятых на западной окраине остановочного железнодорожного пункта Гришаны Витебского района и содержащихся в интродукционном питомнике ботанического сада ВГУ имени П.М. Машерова;
- **популяция 3:** находится в 1,5 км западнее д. Гришаны Витебского района слева от железной дороги;

- **популяция 4:** интродукционная из образцов, взятых в 1,5 км западнее д. Гришаны Витебского района и содержащихся в интродукционном питомнике ботанического сада ВГУ имени П.М. Машерова;
- **популяция 5:** реинтродукционная популяция, располагающаяся в пойме р. Шевинка Витебского района.

**Результаты и их обсуждение.** Нами составлено геоботаническое описание 2-х природных и одной реинтродукционной популяций *P. elatior* на территории Витебского района. При этом определяли среднее проективное покрытие, встречаемость, жизненность, среднюю высоту и фенофазу растений на момент описания. Обилие устанавливали по встречаемости и проективному покрытию. Данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Геоботанические показатели для *P. elatior* в исследуемых популяциях**

Популяция	Среднее проективное покрытие, %	Встречаемость, %	Средняя высота, см	Фенофаза	Жизненность, балл	Обилие по проективному покрытию и встречаемости, балл
1	0,65	50	17,93	цв.	3	2
3	30,50	100	20,70	цв.	4	6
5	7,5	55	18,98	цв.	3	4

цв. – цветение.

Проведено изучение некоторых морфометрических показателей куста Первоцвета высокого в генеративном состоянии и плотности произрастания генеративных и виргинильных особей в рассмотренных популяциях 1, 3 и 5. Данные представлены в табл. 2. В изученных природных популяциях 1 и 3 количество листьев на растении в цветущем состоянии составило  $6,92 \pm 0,7$  –  $7,03 \pm 0,4$  шт., на одном растении  $1,03 \pm 0,1$  –  $1,67 \pm 0,2$  цветоноса, на одном цветоносе  $6,91 \pm 1,93$  –  $7,64 \pm 1,08$  цветка, а на растении  $7,83 \pm 1,15$  –  $9,5 \pm 4,38$  цветка. Соответствующие показатели у растений реинтродукционной популяции 5: количество листьев –  $10,7 \pm 1,7$  шт.; цветоносов на растении –  $4,4 \pm 1,47$  шт.; цветков на цветоносе –  $7,7 \pm 0,75$  шт.; цветков на растении –  $32,4 \pm 9,01$  шт. Все морфометрические показатели у растений популяции 5 превосходили показатели у представителей исследуемых природных популяций (по количеству листьев на растении в 1,43 раза, по количеству цветоносов на растении в 2,63 раза, по количеству цветков на растении в 3,41 раза). Эти данные свидетельствуют о бóльшей биологической продуктивности в реинтродукционной популяции.

Таблица 2

**Морфометрические показатели куста *P. elatior* в генеративном состоянии и плотность произрастания особей в изученных популяциях**

Популяция	Развитых листьев на растении, шт.	К-во цветоносов на растении, шт.	К-во цветков на цветоносе, шт.	К-во цветков на растении, шт.	К-во цветущих растений на 1 м <sup>2</sup> , шт.	К-во нецветущих растений на 1 м <sup>2</sup> , шт.
1	$7,03 \pm 0,4$	$1,67 \pm 0,2$	$6,9 \pm 1,93$	$9,5 \pm 4,38$	$1,6 \pm 0,43$	$6,67 \pm 3,5$
3	$6,92 \pm 0,7$	$1,03 \pm 0,1$	$7,6 \pm 1,08$	$7,83 \pm 1,15$	$16,63 \pm 7,39$	$34,1 \pm 13,1$
5	$10,7 \pm 1,7$	$4,4 \pm 1,47$	$7,7 \pm 0,75$	$32,4 \pm 9,01$	$3 \pm 0,59$	$1,09 \pm 0,62$

В природных популяциях 1 и 3 плотность произрастания генеративных особей 1,6–16,63 шт./м<sup>2</sup>, виргинильных особей – 6,67–34,1 шт./м<sup>2</sup>. Соотношение генеративных и виргинильных особей в обеих популяциях показывает хорошую динамику их развития. В реинтродукционной популяции генеративных особей (3 шт./м<sup>2</sup>) почти в 3 раза больше, чем виргинильных (1,09 шт./м<sup>2</sup>). Это указывает на большой потенциал генеративного размножения, но небольшое количество виргинильных особей свидетельствует о не совсем полноценной возрастной структуре реинтродукционной ценопопуляции. На наш взгляд, это объясняется тем, что популяция закладывалась особями в генеративном либо в предгенеративном состоянии. Возрастная структура искусственной ценопопуляции должна предположительно стабилизироваться при дальнейшем развитии.

Изучали особенности плодоношения Первоцвета высокого в природе, при интродукции и реинтродукции. Определяли количество и размеры цветоносов на растении, количество плодов на цветоносе, размер плода, соотношение длины плода к ширине. Результаты представлены в табл. 3. Количество генеративных побегов на растении в естественных популяциях (образцы 1, 3) в 4,2–9,4 раза меньше, чем у представителей тех же популяций при интродукции (образцы 2, 4). Высота генеративного побега Первоцвета высокого в естественных условиях на 20,5–30,5% превышает этот показатель в культуре. Мы предполагаем, что малое количество генеративных побегов на растении и их большая высота в сравнении с культурой – результат конкуренции с естественной растительностью в естественных условиях и ее отсутствием в культуре. Количество плодов на генеративном побеге в природе меньше на 32–44% в сравнении с культурой. Величина плода в естественных условиях больше (образцы 1, 3). Плоды на растениях в культуре более вытянутые, о чем свидетельствует соотношение высоты плода к его ширине. В реинтродукционной популяции 5 соответственные морфометрические показатели близки к показателям в природных популяциях.

Таблица 3

**Морфометрические показатели генеративного побега и плода *P. elatior* в природе, при интродукции и реинтродукции**

Популяция	К-во генеративных побегов на растении, шт.	Высота генеративного побега, см	К-во плодов на генеративном побеге, шт.	Высота плода, см	Наибольшая ширина плода, см	Соотношение высоты плода к его ширине
1	3,56±1,2	19,5±1,9	4,2±0,88	1,04±0,03	0,36±0,01	2,89±0,08
2	15±5,65	13,5±0,6	7,5±0,76	1,01±0,01	0,31±0,01	3,26±0,05
3	1,33±0,4	21,9±2,2	6,1±3,8	0,94±0,06	0,33±0,01	2,85±0,18
4	12,5±9,7	17,2±0,9	9±1,16	0,78±0,02	0,31±0,01	3,12±0,16
5	4,4±1,47	18,9±1,1	7,1±0,77	0,91±0,02	0,32±0,01	2,88±0,04

Нами устанавливался процент плодообразования у *P. elatior* в исследуемых популяциях. Данные представлены в табл. 4. Этот показатель указывает на долю цветков, дающих полноценные семена после процесса опыления.

Таблица 4

**Плодообразование у *P. elatior* в природе, при интродукции и реинтродукции**

Популяция	К-во цветков на генеративном побеге, шт.	К-во плодов на генеративном побеге, шт.	Плодообразование, %
1	5,95±0,31	4,19±0,88	70±8,8
2	8,43±0,82	7,52±0,76	89±7,9
3	7,38±3,37	6,13±3,8	83±3,6
4	9,74±1,32	9±1,16	92±1,24
5	7,71±0,75	7,12±0,77	91,54±3,58

Количество цветков и плодов на генеративном побеге в условиях интродукции (образцы 2, 4) больше, чем в естественных условиях (образцы 1, 3). В интродукционных популяциях процент плодобразования составил от  $89 \pm 7,9$  до  $92 \pm 1,24\%$ . В естественных условиях показатель плодобразования изменяется от  $70 \pm 8,8$  до  $83 \pm 3,6\%$ . В реинтродукционной популяции эти показатели превышают данные природных популяций и приближаются к показателям растений в культуре ( $91,54 \pm 3,58$ ). По нашему мнению, это объясняется более низкой степенью еще не устоявшейся межвидовой конкуренции при нарушении сообществ после посадки растений в искусственной популяции.

Определялся показатель реальной семенной продуктивности в исследуемых популяциях. Результаты реальной семенной продуктивности плода, побега и растения в природе, при интродукции и реинтродукции представлены в табл. 5. Мы сравнивали семенную продуктивность Первоцвета высокого в природных популяциях и их же представителей в условиях культуры и при реинтродукции.

Таблица 5

**Реальная семенная продуктивность *P. elatior* в природе, при интродукции и реинтродукции**

Популяция	Реальная семенная продуктивность			К-во плодов, шт./побег
	плода, шт.	побега, шт./побег	растения, шт./особь	
1	$30,77 \pm 2,5$	$126,94 \pm 34,63$	$451,33 \pm 185,68$	$4,19 \pm 0,88$
2	$15,65 \pm 0,64$	$103,36 \pm 14,29$	$1465,88 \pm 760,01$	$7,52 \pm 0,76$
3	$32,94 \pm 4,57$	$201,75 \pm 179,78$	$269 \pm 231,22$	$6,13 \pm 3,8$
4	$13,71 \pm 1,06$	$144,45 \pm 39,34$	$1296 \pm 786,44$	$9 \pm 1,16$
5	$31,78 \pm 1,44$	$208,05 \pm 36,34$	$904,53 \pm 406,49$	$7,12 \pm 0,77$

Семенная продуктивность плода и побега в естественных условиях выше, чем у представителей интродукционных популяций. Но семенная продуктивность растения в интродукционных популяциях выше, чем у представителей популяций в естественных условиях (на 70–80%). Увеличение семенной продуктивности растения происходит за счет увеличения количества генеративных побегов на растении в условиях культуры. При реинтродукции показатели семенной продуктивности сопоставимы с природными популяциями, а реальная семенная продуктивность растения превосходит природные популяции в 2–3 раза.

**Заключение.** Изучение эколого-биологических особенностей *P. elatior* в природе, при интродукции и реинтродукции выявило большую общую продуктивность растений в условиях культуры. Некоторые показатели (высота цветоноса, семенная продуктивность плода и цветоноса) у представителей природных популяций выше, но общая продуктивность растения в культуре больше. Показатели биологической продуктивности в реинтродукционной популяции сопоставимы с природными, иногда превосходят их. Это свидетельствует о хорошем состоянии и высокой жизнестойкости растений *P. elatior* в реинтродукционной популяции, что позволяет в свою очередь делать выводы о высокой устойчивости данной искусственной ценопопуляции.

Геоботаническое описание природных и реинтродукционной популяции *P. elatior* показало большую биологическую продуктивность растений искусственной (реинтродукционной) популяции.

Результаты мониторинга искусственной (реинтродукционной) популяции редкого вида флоры Беларуси *P. elatior* по итогам 5-летних наблюдений продемонстрировали возможность проведения его реинтродукции в соответствующие фитоценозы путем посадки рассады.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Мерзвинский, Л.М. Опыт выращивания редких и охраняемых видов растений в Ботаническом саду ВГУ / Л.М. Мерзвинский, И.М. Морозов // Весн. Вісн. дзярж. ун-та. – 2003. – № 1(27). – С. 125–130.
2. Тихонова, В.Л. Интродукция для реинтродукции: теоретические и практические аспекты / В.Л. Тихонова // Биологическое разнообразие: интродукция растений: материалы Второй междунар. конф. – СПб.: БИН РАН, 1999. – С. 286–288.

3. Тихонова, В.Л. Реинтродукция дикорастущих травянистых растений: состояние проблемы и перспективы / В.Л. Тихонова, Н.Н. Беловодова // Бюлл. Гл. ботан. сада. – 2002. – Вып. 183. – С. 90–106.
4. Соболевская, К.А. Реинтродукция в свете сохранения генофонда природной флоры / К.А. Соболевская // Бюлл. Гл. ботан. сада. – 1983. – Вып. 127. – С. 70–74.
5. Морозов, И.М. Создание искусственных популяций охраняемых растений в естественных ценозах Белорусского Поозерья / И.М. Морозов, Ю.И. Лебедева // Охраняемые природные территории и объекты Белорусского Поозерья: современное состояние, перспективы развития: материалы III Междунар. науч. конф., Витебск, 16–17 дек. 2009 г. – Витебск: УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2009. – С. 64–66.
6. Антонюк, Н.Е. Восстановление полезных травянистых растений в равнинных лесах УССР / Н.Е. Антонюк // Интродукція та акліматиз. рослин на Україні. – 1982. – № 20. – С. 95–98.
7. Лысенко, Т.А. Восстановление запасов полезных растений путем введения в состав естественных фитоценозов / Т.А. Лысенко // Актуальные вопросы охраны и использования растительности Таджикистана: материалы докл. респ. науч. конф., 14–16 нояб. 1990 г. – Душанбе: Дониш, 1990. – С. 68–69.
8. Valee, L. Guidelines for the translocation of threatened plants in Australia / L. Valee, T. Hogbin, L. Monks, B. Makinson, M. Matthes, M. Rossetto // Second edition. Australian network for Plant Conservation. – Canberra, 2004. – 80 p.
9. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / редкол.: Л.И. Хоружик [и др.]. – Минск: БелЭн, 2005. – 456 с.
10. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / гл. редкол.: И.М. Качановский, М.Е. Никифоров, В.И. Парфенов [и др.]. – 4-е изд. – Минск: Беларус. энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 448 с.
11. Коровин, С.Е. Переселение растений. Методические подходы к проведению работ / С.Е. Коровин, З.Е. Кузьмин, Н.В. Трулевич [и др.]. – М.: Изд-во МСХА, 2001. – 76 с.
12. Горбунов, Ю.Н. Методические рекомендации по реинтродукции редких и исчезающих видов растений (для ботанических садов) / Ю.Н. Горбунов, Д.С. Дзыбов, З.Е. Кузьмин, И.А. Смирнов. – Тула: Гриф и К, 2008. – 56 с.

## REFERENCES

1. Merzhvinski L.M., Morozov I.M. *Vesnik VDU* [Journal of VSU], 2003, 1(27), pp. 125–130.
2. Tikhonova V.L. *Biologicheskoye raznoobrazie: introduktsiya rastenii. Materiali vtoroi mezhd. konf.* [Biological Diversity: Introduction of Plants. Proceedings of the Second International Conference], SPb.: BIN RAN, 1999, pp. 286–288.
3. Tikhonova V.L., Belovodova N.N. *Bull. Gl. botan. sada* [Bulletin of Main Botanical Gardens], 2002, 183, pp. 90–106.
4. Soboлевskaya K.A. *Bull. Gl. botan. sada* [Bulletin of Main Botanical Gardens], 1983, 127, pp. 70–74.
5. Morozov I.M., Lebedeva Yu.I. *Okhraniayemye prirodnye territorii i obyektі Belorusskogo Poozeriya: sovremennoye sostoyaniye, perspektivy razvitiya: materialy III Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, Vitebsk, 16–17 dekabrya 2009 g.* [Protected Nature Territories and Objects of Belarusian Poozeriya: Current State, Prospects of Development: Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Scientific Conference, Vitebsk, December 16–17, 2009], Vitebsk: UO «VGU im. P.M. Masherova», 2009, pp. 64–66.
6. Antoniuk N.E. *Introduktsiya ta akklimatiz. roslin na Ukraini* [Introduction and Acclimatization of Plants in Ukraine], 1982, 20, pp. 95–98.
7. Lysenko T.A. *Aktualniye voprosi okhrani i ispolzovaniya rastitelnosti Tadzhikistana: Materiali dokl. Resp. nauch. konf., 14–16 noyabrya 1990 g.* [Current Issues of Protection and Use of Vegetation in Tajikistan: Proceedings of the Republican Scientific Conference, November 14–16, 1990], Dushanbe: Donish, 1990, pp. 68–69.
8. Valee, L. Guidelines for the translocation of threatened plants in Australia / L. Valee, T. Hogbin, L. Monks, B. Makinson, M. Matthes, M. Rossetto // Second edition. Australian network for Plant Conservation. – Canberra, 2004, 80 p.
9. Khoruzhik L.I. *Krasnaya kniga Respubliki Belarus: Redkiye i nakhodiashchiesya pod ugrozoi ischeznoveniya vidy dikorastushchikh rastenii* [Red Book of the Republic of Belarus: Rare and Threatened Species of Wild Plants], Mn.: BelEn, 2005, 456 p.
10. Kachanovskiy I.M., Nikiforov M.E., Parfenov V.I. *Krasnaya kniga Respubliki Belarus: Redkiye i nakhodiashchiesya pod ugrozoi ischeznoveniya vidy dikorastushchikh rastenii* [Red Book of the Republic of Belarus: Rare and Threatened Species of Wild Plants], Mn.: BelEn, 2015, 448 p.
11. Korovin S.E., Kuzmin Z.E., Trulevich N.V. *Pereseleniye rastenii. Metodicheskiye podkhody k provedeniyu rabot* [Moving of Plants. Methodological Approaches to Works], M.: Izd-vo MSKhA, 2001, 76 p.
12. Gorbunov Yu.N., Dzybov D.S., Kuzmin Z.E., Smirnov I.A. *Metodicheskiye rekomendatsii po reintroduktsii redkikh i ischezayushchikh vidov rastenii (dlya botanicheskikh sadov)* [Guidelines on Reintroduction of Rare and Disappearing Species of Plants (for Botanical Gardens)], Tula: Grif i K, 2008, 56 p.

Поступила в редакцию 17.01.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: morozova-inna@rambler.ru – Морозова И.М.

УДК 595.771(476.5)

## К ПОЗНАНИЮ ФАУНЫ ТИПУЛОИДНЫХ ДВУКРЫЛЫХ (DIPTERA, TIPULOIDEA) БЕРЕЗИНСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА (РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ)

**Н.М. Парамонов**

*Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург (Россия)*

*Мировая фауна типулоидных двукрылых (Diptera, Tipuloidea) насчитывает около 15500 видов, из них в Западной Палеарктике 1500 видов. Для Республики Беларусь, чья фауна изучена фрагментарно и неполно, известно чуть более 120 зарегистрированных видов, что составляет около трети от ожидаемого количества. Специальных работ по изучению фауны типулоидных Березинского биосферного заповедника не проводилось. Ранее в ходе эколого-биологического исследования водоемов были найдены личинки из двух семейств типулоидных: Pediciidae: Dicranota (Dicranota) bimaculata (Schummel, 1829) и Limoniidae: Helius (Helius) longirostris longirostris (Meigen, 1818).*

*Цель работы – изучение фауны, особенностей ландшафтно-биотопического распределения и фенологии типулоидных двукрылых (Diptera, Tipuloidea) Березинского биосферного заповедника.*

**Материал и методы.** *Материал собран на территории Березинского биосферного заповедника в Лепельском районе Витебской области А.О. Лукашук с помощью оконных ловушек и ловушек Барбера. Обработанный материал хранится в диптерологической коллекции Зоологического института РАН (Россия, Санкт-Петербург).*

**Результаты и их обсуждение.** *Приведены аннотированный список видов, включающий сведения о новых находках в республике, а также замечания о распространении и биологии преимагинальных стадий развития.*

**Заключение.** *Всего по имеющимся сборам было определено 20 видов типулоидных из четырех семейств, из которых 18 видов из 10 родов, а также семейства Cylindrotomidae и Tipulidae впервые отмечены для фауны заповедника. Семь видов впервые публикуются в печати как новые для фауны Республики Беларусь.*

**Ключевые слова:** *типулоидные комары, Tipuloidea, фауна, Березинский биосферный заповедник.*

## TO THE UNDERSTANDING OF THE FAUNA OF THE CRANE FLIES (DIPTERA, TIPULOIDEA) OF BEREZINSKY BIOSPHERE RESERVE (REPUBLIC OF BELARUS)

**N.M. Paramonov**

*Zoological Institute of Russian Academy of Sciences, St. Petersburg (Russia)*

*The global fauna of the crane flies (Diptera, Tipuloidea) has about 15500 species, 1500 of them in the Western Palearctic. For the Republic of Belarus, whose fauna has been studied fragmentarily and incompletely, just over 120 species are known, which is about a third of the expected number of species. There were no special studies on the crane flies fauna of Berezinsky Biosphere Reserve. Earlier, during the ecological and biological study of water bodies, larvae were found from two crane flies families: Pediciidae: Dicranota (Dicranota) bimaculata (Schummel, 1829) and the family of Limoniidae: Helius (Helius) longirostris longirostris (Meigen, 1818).*

*The purpose of the work is to continue the study of the fauna, features of the landscape-biotopic distribution and phenology of the crane flies (Diptera, Tipuloidea) of Berezinsky Biosphere Reserve.*

**Material and methods.** *The material for research was collected on the territory of Berezinsky Biosphere Reserve in Lepel District of Vitebsk Region by A.O. Lukashuk, using window traps and Barber's traps. The processed material is stored in the dipterological collection of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences (Russia, St. Petersburg).*

**Findings and their discussion.** *An annotated list of species is given, including information on new findings in the Republic, as well as comments on the distribution and biology of the preimaginal stages of the development.*

**Conclusion.** *In total, 20 species of crane flies from four families were identified according to the available collections, of which 18 species belong to 10 genera, as well as the families Cylindrotomidae and Tipulidae, were first noted for the fauna of the reserve. Seven species are published for the first time as new for the fauna of the Republic of Belarus.*

**Key words:** *crane flies, Tipuloidea, fauna, Berezinsky Biosphere Reserve.*

Типулоидные двукрылые (Diptera: Tipuloidea) – крупная группа насекомых, имеющих всесветное пространство, включает в себя четыре семейства (Cylindrotomidae, Limoniidae, Pediciidae, Tipulidae). Мировая фауна насчитывает более 15000 видов, из них в Палеарктике около 3200, в западной ее части порядка 1500 видов [1]. Типулоидные имеют широкие экологические связи, характеризуются большим разнообразием жизненных форм и являются уникальными представителями длинноусых двукрылых, чьи преимагинальные стадии освоили как водные, так и наземные субстраты, такие как почва, лесная подстилка, натеки сока на стволах деревьев, плодовые стволы грибов и увлажненная гниющая древесина [2].

Фауна типулоидных двукрылых Республики Беларусь до сих пор остается фрагментарно изученной и на данный момент насчитывает чуть более 120 видов [1], что составляет около трети от ожидаемого количества.

Специальных работ по изучению фауны типулоидных двукрылых Березинского биосферного заповедника не проводилось. Ранее в ходе эколого-биологического исследования водоемов были найдены личинки из двух семейств типулоидных двукрылых: Pediciidae: *Dicranota (Dicranota) bimaculata* (Schummel, 1829) и Limoniidae: *Helius (Helius) longirostris longirostris* (Meigen, 1818) [3; 4].

Цель работы – изучение фауны, особенностей ландшафтно-биотопического распределения и фенологии типулоидных двукрылых (Diptera, Tipuloidea) Березинского биосферного заповедника.

**Материал и методы.** Материал собран на территории Березинского биосферного заповедника в Лепельском районе Витебской области А.О. Лукашук с помощью оконных ловушек и ловушек Барбера. Координаты основных мест сбора материала представлены в табл. В приведенном ниже аннотированном списке содержатся данные по 20 видам типулоидных двукрылых, из которых 18 видов из 10 родов, а также семейства Cylindrotomidae и Tipulidae впервые отмечены для фауны заповедника. Семь видов впервые публикуются в печати как новые для фауны Республики Беларусь. В списке видов система и номенклатура приняты согласно электронному каталогу типулоидных двукрылых [Oosterbroek P. Catalogue of the Craneflies of the World (CCW): <http://ccw.naturalis.nl/> (Last update: 26 Nov. 2018)]. Названия видов приведены в алфавитном порядке. Виды, отмеченные знаком (\*), впервые указаны для Березинского биосферного заповедника. Виды, отмеченные знаком (\*\*), являются новыми находками для фауны Республики Беларусь. Аннотации видов включают сведения о новых находках в республике, а также замечания о распространении и биологии преимагинальных стадий развития.

Материал определен Н.М. Парамоновым и хранится в диптерологической коллекции Зоологического института РАН (Санкт-Петербург).

Таблица

**Основные места сбора материала**

	Места сбора	GPS координаты
1.	д. Домжерицы	54.741760, 28.320009
2.	д. Кветча	54.695393, 28.310278
3.	д. Рожно	54.765967, 28.279386
4.	д. Савский Бор	54.711452, 28.215823

**Результаты и их обсуждение.** Приведен аннотированный список видов, включающий сведения о новых находках в республике, а также замечания о распространении и биологии преимагинальных стадий развития.

### **Семейство Cylindrotomidae**

#### **Подсемейство Cylindrotominae**

##### **\*1. *Cylindrotoma distinctissima distinctissima* (Meigen, 1818)**

Материал. Окр. д. Домжерицы, сероольшаник кисличный, 5 оконных ловушек на сухих ольхах серых, 1 ♀, 02–30.VI.2017.

Распространение. Европа, включая европейскую часть России, Западная и Восточная Сибирь, Турция (азиатская часть), Монголия. Ранее отмечен для фауны Республики Беларусь [1].

Биология. Личинки полифаги, питаются на однодольных и двудольных растениях [5].

**Семейство Limoniidae****Подсемейство Chioneinae****\*\*2. *Chionea (Sphaeconophilus) lutescens* Lundstrom, 1907**

Материал. Окр. д. Домжерицы: ельник кисличный, экологическая тропа у стенда 1, 1 ♀, 29.II.2016; опушка осинника кисличного, 1 ♂, 01.II.2016; зарастающее поле (сосна, осина, береза), 2 ♀♀, 30.XII.2016. Окр. д. Рожно, открытое верховое болото, 15 ловушек Барбера, 1 ♀, 30.X–7.XII.2015.

Распространение. Европа, включая европейскую часть России [1]. Впервые отмечен для фауны Республики Беларусь.

Биология. Личинки обитают в норах мышевидных грызунов, где предположительно питаются фекалиями. Имаго встречаются в холодное время года с октября по апрель.

**Подсемейство Limoniinae****\*\*3. *Elephantomyia (Elephantomyia) edwardsi* Lackschewitz, 1932**

Материал. Окр. д. Домжерицы, сероольшаник кисличный, 5 оконных ловушек на сухих ольхах серых, 1 ♂, 02–30.VI.2017.

Распространение. Европа, включая европейскую часть России, Северный Кавказ (Краснодарский край), Западная Сибирь, Северная и Южная Корея [1]. Впервые отмечен для фауны Республики Беларусь.

Биология. Личинка развивается в древесине бука, во влажных стволах ели, в гнилом стволе ясеня [2].

**4. *Helius (Helius) longirostris longirostris* (Meigen, 1818)**

Распространение. Европа, включая европейскую часть России, Северный Кавказ, Западная Сибирь (Алтай), Турция (азиатская часть), Израиль [1]. Ранее отмечен для фауны заповедника [4].

Биология. Личинки земноводные, обитают в богатой продуктами органического распада болотной почве или среди полупогруженных в воду гниющих листьев и стеблей водных растений. Имаго встречаются на болотах, вблизи медленных стоячих водоемов и по берегам небольших ручьев [2].

**\*\*5. *Libnotes (Afromimonia) ladogensis* (Lackschewitz, 1940)**

Материал. Окр. д. Домжерицы, сероольшаник кисличный, 5 оконных ловушек на сухих ольхах серых, 1 ♀, 02–30.VI.2017.

Распространение. Восточная Европа, европейская часть России, Западная Сибирь, Дальний Восток России, Монголия, Северная Корея [1]. Впервые отмечен для фауны Республики Беларусь.

Биология. Личинки развиваются в сильно увлажненных ходах короедов-древесинников, в стволах березы, бука, клена, липы, ясеня [2].

**\*6. *Limonia phragmitidis* (Schrank, 1781)**

Материал. Окр. д. Домжерицы, сероольшаник кисличный, 5 оконных ловушек на сухих ольхах серых, 4 ♂♂, 3 ♀♀, 02–30.VI.2017. Окр. д. Кветча, черноольшаник снытевый, 5 оконных ловушек на черноольховых пнях, 1 самка, 01–30.VI.2017.

Распространение. Европа, включая европейскую часть России, Западная Сибирь, Марокко, Грузия, Азербайджан, Турция, Израиль, Иордания, Казахстан, Киргизия [1]. Ранее отмечен для фауны Республики Беларусь [6].

Биология. Личинки развиваются в богатых гумусом почвах, в подстилке, в плодовых телах ряда грибов [2].

**\*\*7. *Metalimnobia (Metalimnobia) quadrimaculata* (Linnaeus, 1760)**

Материал. Окр. д. Домжерицы: сероольшаник кисличный, 5 оконных ловушек на сухих ольхах серых, 1 ♂, 2 ♀♀, 02–30.VI.2017; экологическая тропа, ельник кисличный, оконная ловушка на еловом пне 2016 г., 1 ♂, 1 ♀, 02–30.VI.2017. Окр. д. Кветча, черноольшаник снытевый, 5 оконных ловушек на черноольховых пнях, 1 ♀, 29.IV–01.VI.2017.

Распространение. США (штат Пенсильвания), Европа, включая европейскую часть России, Сибирь, Дальний Восток России, Грузия, Армения, Азербайджан, Турция (азиатская часть); Монголия, Северная и Южная Корея, Япония (Хоккайдо, Хонсю), Китай (провинции Хэбэй, Хэнань) [1]. Впервые отмечен для фауны Республики Беларусь.

Биология. Для рода характерно развитие личинок в различных грибных субстратах, плодовых телах как агарикоидных, так и различных трутовиковых грибов. В плотных карпофорах развитие происходит в гниющих размягченных участках. Личинки довольно обычны также в пораженной грибами гниющей древесине, где концентрируются в основании плодовых тел кислотрофных грибов [2].

**\*\*8. *Metalimnobia (Metalimnobia) quadrinotata (Meigen, 1818)***

Материал. Окр. д. Домжерицы, опушка сероольшаника кисличного, 1 оконная ловушка на осиновом пне, 1 ♀, 01–30.VI.2017.

Распространение. Европа, включая европейскую часть России, Армения, Сибирь, Дальний Восток России, Киргизия, Монголия, Северная и Южная Корея, Китай (провинции Ганьсу, Хэйлуцзян, Синьцзян-Уйгурский автономный округ) [1]. Впервые отмечен для фауны Республики Беларусь.

Биология. Как у предыдущего вида.

**Подсемейство Limnophilinae**

**\*\*9. *Epiphragma (Epiphragma) ocellare (Linnaeus, 1760)***

Материал. Окр. д. Домжерицы, сероольшаник кисличный, 5 оконных ловушек на сухих ольхах серых, 1 ♀, 02–30.VI.2017. Окр. д. Кветча, черноольшаник снытевый, 5 оконных ловушек на черноольховых пнях, 1 ♀, 01–30.VI.2017.

Распространение. Канада (штат Британская Колумбия), Европа, включая европейскую часть России, Сибирь, Дальний Восток России, Грузия, Азербайджан, Турция (азиатская часть) [1]. Впервые отмечен для фауны Республики Беларусь.

Биология. Для личинок характерно развитие в древесине различной степени увлажнения [2].

**\*10. *Phylidorea (Phylidorea) squalens (Zetterstedt, 1838)***

Материал. Окр. д. Домжерицы, Рожнянский участок болота Савский Мох, сосняк кустарниково-пушицево-сфагновый, 1 ♂, 03.VI.2016. Окр. д. Савский Бор, 351 кв., березняк осоково-сфагновый, 15 ловушек Барбера, 1 ♂, 01–30.VI.2017.

Распространение. Европа, включая европейскую часть России, Восточная Сибирь, Монголия [1]. Ранее отмечен для фауны Республики Беларусь [6].

Биология. Для личинок рода характерно обитание в болотных почвах, в придонных и прибрежных наносах рек и ручьев, во влажной подстилке [2].

**Семейство Pediciidae**

**Подсемейство Pediciinae**

**11. *Dicranota (Dicranota) bimaculata (Schummel, 1829)***

Распространение. Европа, включая европейскую часть России, Западная Сибирь, Марокко (Высокий Атлас) [1]. Ранее отмечен для фауны заповедника [4].

Биология. Личинки очень подвижные хищники, питаются преимущественно мелкими червями-трубочниками [7].

**\*\*12. *Tricyphona (Tricyphona) immaculata (Meigen, 1804)***

Материал. Окр. д. Кветча, черноольшаник снытевый, 5 оконных ловушек на черноольховых пнях, 1 ♂, 01–29.IX.2017.

Распространение. Марокко (горный хребет Эр-Риф), Грузия, Армения, Азербайджан, Турция (азиатская часть), Ливан, Казахстан, Киргизия [1]. Впервые отмечен для фауны Республики Беларусь.

Биология. Личинка развивается в иле по берегам водоемов, в мокрой заболоченной почве или сыром перепревшем листовном опаде [8].

**Семейство Tipulidae**

**Подсемейство Stenophorinae**

**\*13. *Tanyptera (Tanyptera) atrata atrata (Linnaeus, 1758)***

Материал. Окр. д. Домжерицы, сероольшаник кисличный, 5 оконных ловушек на сухих ольхах серых, 1 ♂, 1 ♀, 02–30.VI.2017; 1 ♂, 31.V.–30.VI.2016. Ур. Синичино, дубрава пойменная, 5 оконных ловушек на сухих дубах, 1 ♀, 01–30.VI.2017.

Распространение. Европа, включая европейскую часть России, Западная Сибирь, Дальний Восток России, Казахстан (север, восток), Киргизия. Ранее отмечен для фауны Республики Беларусь [1].

Биология. Личинки питаются разлагающейся древесиной [9].

**Подсемейство Tipulinae**

**\*14. *Tipula (Beringotipula) unca Wiedemann, 1817***

Материал. Окр. д. Домжерицы, сероольшаник кисличный, 5 оконных ловушек на сухих ольхах серых, 1 ♂, 02–30.VI.2017.

Распространение. Европа, включая европейскую часть России, Западная Сибирь, Дальний Восток России, Казахстан (запад), Грузия, Армения, Азербайджан, Турция (азиатская часть). Ранее отмечен для фауны Республики Беларусь [1].

Биология. Личинки в сырой почве и под подушками мха [10].

**\*15. *Tipula (Lunatipula) lunata* Linnaeus, 1758**

Материал. Окр. д. Домжерицы, сероольшаник кисличный, 5 оконных ловушек на сухих ольхах серых, 1 ♂, 31.V.–30.VI.2016.

Распространение. Европа, включая Европейскую часть России, Сибирь, Дальний Восток России, Казахстан (восток), Грузия, Армения, Азербайджан, Монголия. Ранее отмечен для фауны Республики Беларусь [1].

Биология. Личинки питаются почвенным перегноем, а факультативно корешками травянистых растений [6].

**\*16. *Tipula (Pterelachisus) irrorata* Macquart, 1826**

Материал. Окр. д. Домжерицы, сероольшаник кисличный, 5 оконных ловушек на сухих ольхах серых, 1 ♂, 02–30.VI.2017.

Распространение. Европа, включая европейскую часть России, Западная Сибирь. Ранее отмечен для фауны Республики Беларусь [1].

Биология. Личинки живут под подушками мха на гниющих древесных пнях и стволах, а также в гнилой трухе, заполняющей развилки толстых ветвей, и дуплах деревьев [11].

**\*17. *Tipula (Pterelachisus) luridostris* Schummel, 1833**

Материал. Д. Домжерицы, у подъезда дома, 1 ♂, 11.VI.2016.

Распространение. Европа, включая европейскую часть России, Сибирь, Дальний Восток России, Монголия. Ранее отмечен для фауны Республики Беларусь [1; 12].

Биология. Личинки наземные.

**\*18. *Tipula (Schummelia) variicornis variicornis* Schummel, 1833**

Материал. Окр. д. Кветча, черноольшаник снытевый, 5 оконных ловушек на черноольховых пнях, 2 ♂♂, 01–30.VI.2017.

Распространение. Европа, включая европейскую часть России, Сибирь, Дальний Восток России, Грузия, Армения, Азербайджан, Турция (азиатская часть), Казахстан, Япония (Хонсю). Ранее отмечен для фауны Республики Беларусь [1].

Биология. Личинки под мокрой подстилкой из листьев или в заболоченной почве, чаще всего по берегам водоемов [10].

**\*19. *Tipula (Vestiplex) nubeculosa* Meigen, 1804**

Материал. Окр. д. Домжерицы, экологическая тропа, осинник кисличный, 1 оконная ловушка на осиновом пне, 1 ♂, 02–30.VI.2017. Окр. д. Кветча, черноольшаник снытевый, 5 оконных ловушек на черноольховых пнях, 1 ♂, 01–30.VI.2017. Станция «Савский Бор», сосняк багульниковый, 5 оконных ловушек на сухих соснах, 1 ♂, 01–30.VI.2017. Ур. Синичино, дубрава пойменная, 5 оконных ловушек на сухих дубах, 1 ♂, 29.IV.–01.VI.2017.

Распространение. Европа, включая европейскую часть России, Монголия. Ранее отмечен для фауны Республики Беларусь [1].

Биология. Личинки, питающиеся мертвыми растительными остатками, живут на поверхности почвы, под подстилкой и подушками мха, чаще всего около пней и оснований древесных стволов, иногда встречаются и в трухлявых пнях [11].

**\*20. *Tipula (Vestiplex) scripta* Meigen, 1830**

Материал. Окр. д. Домжерицы, сероольшаник кисличный, 5 оконных ловушек на сухих ольхах серых, 4 ♂♂, 02–30.VI.2017. Экологическая тропа, осинник кисличный, 5 оконных ловушек на осиновых пнях, 1 ♂, 01–30.VI.2015.

Распространение. Европа, включая европейскую часть России, Сибирь, Дальний Восток России, Турция (азиатская часть), Казахстан, Монголия. Ранее отмечен для фауны Республики Беларусь [1; 6].

Биология. Личинки живут под лесной подстилкой и мхом, чаще всего у основания стволов и в зарослях кустарника. Питаются разлагающимися растительными веществами. Имаго типичный, местами массовый обитатель сосновых лесов с примесью лиственных древесных пород [11].

**Заключение.** Представленный аннотированный список содержит сведения о 20 видах типулоидных двукрылых (Diptera, Tipuloidea) Березинского биосферного заповедника. Семейства Cylindrotomidae и Tipulidae, а также 18 видов, относящихся к 10 родам, впервые отмечены для фауны заповедника, из них 7 видов впервые публикуются в печати как новые для фауны Республики Беларусь.

*Работа Н.М. Парамонова выполнена в рамках гостемы АААА-А17-117030310205-9 и при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 00-04-00000). Автор выражает глубокую признательность А.О. Лукашуку (Березинский биосферный заповедник, Республика Беларусь) за собранный и переданный для изучения материал.*

## ЛИТЕРАТУРА

- Oosterbroek, P. Catalogue of the Craneflies of the World (CCW) [Electronic resource] / P. Oosterbroek. – Mode of access: <http://ccw.naturalis.nl/>. – Date of access: 31.12.2018.
- Кривошеина, Н.П. Определитель наземных личинок комаров-болотниц (Diptera, Limoniidae и Pediciidae) России. / Н.П. Кривошеина, М.Г. Кривошеина. – М.: Тов-во научных изданий КМК, 2011. – 294 с.
- Бородин, О.И. Отряд Diptera Linnaeus, 1758 – Двукрылые. Биологическое разнообразие Березинского биосферного заповедника: ногохвостки (Collembola) и насекомые (Insecta) / О.И. Бородин, Е.В. Маковецкая; под общ. ред. А.О. Лукашука, В.А. Цинкевича. – Минск: Белорусский Дом печати, 2016. – С. 288–306.
- Тишиков, Г.М. VII.3 Зообентос / Г.М. Тишиков, М.Д. Мороз, И.Г. Тишиков // Эколого-биологические исследования водоемов Березинского биосферного заповедника. – Минск: Издательский центр БГУ, 2013. – С. 158–177.
- Paramonov, N.M. New host plants for larvae of *Cylindrotoma distinctissima distinctissima* (Meigen, 1818) (Diptera: Cylindrotomidae) / N.M. Paramonov, L.E. Lobkova // Far Eastern Entomologist. – 2013. – № 258. – P. 6–8.
- Парамонов, Н.М. К познанию фауны типулоидных комаров (Diptera: Tipuloidea) верховых болот Республики Беларусь / Н.М. Парамонов, Г.Г. Сушко // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2010. – № 4(58). – P. 43–46.
- Савченко, Е.Н. Комары-лимонииды (общая характеристика, подсемейства педициины и гексатомины) / Е.Н. Савченко. – Фауна Украины. Длинноусые двукрылые. – 1986. – Т. XIV, вып. 2. – 380 с.
- Савченко, Е.Н. Комары-лимонииды фауны СССР. Определитель надвидовых таксонов с каталогизированным обзором видов / Е.Н. Савченко. – Киев: Наукова думка, 1989. – 380 с.
- Савченко, Е.Н. Комары-долгоножки (сем. Tipulidae). Подсем. Tipulinae (окончание) и Flabelliferinae / Е.Н. Савченко. – Л.: Наука, Ленингр. отд., 1973. – Т. II, вып. 5. – 283 с.
- Савченко, Е.Н. Комары-долгоножки (сем. Tipulidae). Подсем. Tipulinae: род Tipula L. (часть 1) / Е.Н. Савченко. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1961. – Т. II, вып. 3. – 488 с.
- Савченко, Е.Н. Комары-долгоножки (сем. Tipulidae). Подсем. Tipulinae: род Tipula L. (часть 2) / Е.Н. Савченко. – Фауна СССР. Насекомые двукрылые, 1964. – Т. II, вып. 4. – 503 с.
- Савченко, Е.Н. Нові екстраординарні місцезнаходження бореоальпійських видів комарів-довгоногів (Diptera, Tipulidae) на східно-європейській низині / Е.Н. Савченко, Т.И. Запольская // Доповиди Академії наук Української РСР(В). – 1968. – № 6. – С. 574–576.

## REFERENCES

- Oosterbroek P. Catalogue of the Craneflies of the World (CCW): <http://ccw.naturalis.nl/> (Last update: 13 Feb. 2018).
- Krivosheina N.P., Krivosheina M.G. *Opredelitel nazemnykh lichenok komarov-bolotnits (Diptera, Limoniidae, Pediciidae) Rossii* [Key to Terrestrial Crane Fly Larvae (Diptera, Limoniidae, Pediciidae) of Russia], M.: Tov-vo nauchnykh izdaniy KMK, 2011, 294 p.
- Borodin O.I., Makovetskaya E.V. *Biologicheskoye raznoobrazie Berezinskogo biosfernogo zapovednika: nogokhvoztiki (Collembola) i nasekomiye (Insecta)* [Biological Diversity of Berezinsky Biosphere Reserve: Springtails (Collembola) and Insects (Insecta)], Minsk: Belarusski dom pechati, 2016, pp. 288–306.
- Tishchikov G.M., Moroz M.D., Tishchikov I.G. *Ekologo-biologicheskoye issledovaniya vodoyemov Berezinskogo biosfernogo zapovednika* [Ecological and Biological Studies of Water Bodies of Berezinsky Biosphere Reserve], Minsk: Izdatelski tsentr BGU, 2013, pp. 158–177.
- Paramonov, N.M. Lobkova, L.E. New host plants for larvae of *Cylindrotoma distinctissima distinctissima* (Meigen, 1818) (Diptera: Cylindrotomidae) // Far Eastern Entomologist. – 2013, 258, pp. 6–8.
- Paramonov N.M. Sushko G.G. *Vesnik VDU* [Journal of Vitebsk State University], 2010, 4(58), pp. 43–46.
- Savchenko E.N. *Fauna Ukrainy* [Fauna of Ukraine], 1986, 2(14), 380 p.
- Savchenko E.N. *Opredelitel nadvidovykh taksonov s katalogizirovannym obzorom vidov* [Identification Tables of Superspecies Taxa with Catalogue Survey of Species], Kiev: Naukova Dumka, 1989, 380 p.
- Savchenko E.N. *Fauna SSSR. Nasekomiye dvukrylyye* [Fauna of the USSR], L.: Nauka, Leningr. otd., 1973, 2(5), 282 p.
- Savchenko E.N. *Fauna SSSR. Nasekomiye dvukrylyye* [Fauna of the USSR], M.–L.: Izd-vo AN SSSR, 1961, 2(3), 488 p.
- Savchenko E.N. *Fauna SSSR. Nasekomiye dvukrylyye* [Fauna of the USSR], 1964, 2(4), 503 p.
- Savchenko, E.N. Zapolskaya T.I. *Dopovidi Akademii Nauk Ukrainskoi RSR(V)* [Journal of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR], 1968, 6, pp. 574–576.

Поступила в редакцию 10.01.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: param@zin.ru – Парамонов Н.М.



# ПЕДАГОГІКА

УДК 378.18:[37.032+316.752](476)

## ЦЕННОСТНЫЕ ОРИЕНТАЦИИ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ В УСЛОВИЯХ КУЛЬТУРНОГО МНОГООБРАЗИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**Н.А. Ракова, В.И. Турковский**

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

*В статье проводится анализ культурного многообразия и его проявления в Республике Беларусь, отдельно исследуется данное явление в среде студенческой молодежи, устанавливаются ценностные ориентации данной категории граждан.*

*Цель статьи – выявить уровень сформированности ценностных ориентаций студенческой молодежи различных национальностей (на примере ВГУ имени П.М. Машерова).*

**Материал и методы.** *Исследование проводилось посредством анализа многообразия людей в Республике Беларусь согласно переписи населения 2009 года, анализа численности и национального состава иностранных граждан в учреждениях высшего образования Республики Беларусь с 2010 по 2019 год, анализа численности и национального состава иностранных студентов в ВГУ имени П.М. Машерова с 01.01.2017 по 01.01.2019 год.*

*Уровень сформированности ценностных ориентаций студенческой молодежи был определен с помощью теста Дж. Туасена. В исследовании приняли участие 200 респондентов всех национальностей различных факультетов ВГУ имени П.М. Машерова.*

**Результаты и их обсуждение.** *В ходе проведенного исследования выявлено, что в современной средовой ситуации Республики Беларусь актуальной становится проблема культурного многообразия для различных слоев общества.*

*На примере ВГУ имени П.М. Машерова проведен анализ численности и состава студентов в зависимости от их национальной принадлежности, определен уровень сформированности культуры, в частности ценностных ориентаций данной категории граждан.*

*При этом уровень сформированности культурно-ценностных ориентаций студенческой молодежи существенно не различается в зависимости от их национальностей.*

**Заключение.** *Таким образом, ценностные ориентации студентов различных национальностей идентичны, что, в свою очередь, будет способствовать реализации образовательных задач в учреждениях высшего образования Республики Беларусь.*

**Ключевые слова:** *многообразие, культурное многообразие, студенческая молодежь, ценность, ценностные ориентации.*

# STUDENTS' VALUE LANDMARKS IN THE CONDITIONS OF CULTURAL DIVERSITY IN THE REPUBLIC OF BELARUS

N.A. Rakova, V.I. Turkovski

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

*An analysis of the cultural diversity and its manifestation in the Republic of Belarus is presented in the article. This phenomenon in student environment is studied and value landmarks of this category of people are identified.*

*The purpose of the article is to identify the level of shaping value landmarks of students of different nationalities (on the example of Vitebsk State University).*

**Material and methods.** *The study was conducted by means of an analysis of the diversity of people in the Republic of Belarus on the basis of 2009 population census, an analysis of the number and the nationality composition of foreign citizens at higher educational establishments of the Republic of Belarus from 2010 to 2019, an analysis of the number and the nationality composition of foreign students at Vitebsk State University from 01.01.2017 to 01.01.2019. The level of shaping value landmarks of students in the course of the research was identified by means of J. Tuasen's test. 200 respondents of all nationalities of different Vitebsk State University faculties participated in the research.*

**Findings and their discussion.** *In the course of the research it was found out that in the contemporary environment situation of the Republic of Belarus the issue of cultural diversity for different social layers becomes current. On the example of Vitebsk State University an analysis of the number and the composition of students depending on their national identity is made; the level of culture shaping, namely, of value landmarks of this category of citizens is identified. In conclusion we should point out that the level of shaping cultural and value landmarks of students is not considerably different depending on their nationalities.*

**Conclusion.** *The research findings make it possible to conclude that value landmarks of students of different nationalities are identical, which, in its turn, can promote the implementation of academic tasks at universities of the Republic of Belarus.*

**Key words:** *diversity, cultural diversity, students, value, value landmarks.*

**А**нализ многообразия культур и его проявления в Республике Беларусь позволил прежде всего представить современное белорусское общество как многонациональное сообщество. Вне зависимости от национальной, конфессиональной, в целом культурной принадлежности данное сообщество может и взаимодействует в различных сферах жизнедеятельности, таких как наука, культура, учеба, торговля, туризм и т.д. Глобальные процессы, характерные для современного мира, создают возможности и даже обуславливают необходимость устойчивых миграционных процессов, причиной которых могут быть войны, локальные конфликты, поиск работы, места учебы и т.д.

Происходит перемещение людей не только с места на место, из страны в страну, но и с континента на континент. Таким образом, возникает проблема мирного сосуществования на одной и той же территории различных этносов, народностей, национальностей.

Согласно переписи населения 2009 года на территории Республики Беларусь проживают граждане 140 национальностей. Это составляет 16% от общей численности населения нашей страны (к русским себя относят 8,3%, к полякам – 3,1%, украинцам – 1,7%, другим национальностям – 0,6%) [1].

Данную информацию необходимо учитывать в связи с тем, что Республика Беларусь, придерживаясь норм государственного права, должна уважать и поддерживать права лиц, принадлежащих к национальным меньшинствам. Это прежде всего право свободно выражать свое мнение, сохранять и развивать языковую, религиозную, культурную самобытность, пользоваться соответствующими правами и обязанностями, быть равными перед законом. В современных условиях многие национальные общности, мигрировавшие в Республику Беларусь, представлены достаточно большим количеством граждан и требуют к себе особого отношения и внимания со стороны государства, а в связи с тем, что количество трудовых мигрантов в последнее время возрастает, данная проблема приобретает особую актуальность.

Так, согласно озвученной пресс-службой МВД Беларуси информации, на основании подписанных договоров и контрактов в текущем году в страну на работу прибыли почти 24,3 тыс. трудящихся-мигрантов. Чаще всего в Беларуси трудоустроивались граждане Украины (9 687 человек), Китая (4 007 человек), России (3 037 человек), Узбекистана (1 157 человек) и Турции (965 человек). Основную

часть трудящихся мигрантов составляют украинцы, китайцы, россияне и узбеки. Среди прибывших в страну мужчин превалировала возрастная группа 16–59 лет. Отдельно следует отметить, что одним из быстро увеличивающихся по численности сообществ является сообщество иностранных студентов [2].

Естественно, что многообразие людей в Республике Беларусь – сложившееся явление, которое, в свою очередь, приводит нас к необходимости связи с другим не менее значимым явлением, каковым выступает культурное многообразие.

Культурное многообразие – разнообразие проявления во времени и пространстве социальных и культурных форм жизнедеятельности человеческих сообществ. Многообразие зависит от уникальности и плюрализма идентичностей – этнических, культурных, религиозных и т.д.

Культурное многообразие Республики Беларусь проявляется в различной степени для различных слоев общества. Важнейшую социальную группу общества составляет молодежь, и в частности, как уже отмечалось ранее, студенческая.

Сегодня студенчество может быть представлено как отдельная социокультурная группа, отличная от других групп молодежи. Являясь интеллектуальной элитой нынешнего белорусского общества, студенчество в перспективе может стать эффективным средством интеграции в обществе, способствуя его целостности.

В связи с этим важной проблемой становится проблема выбора молодежью ценностных ориентаций, которыми, в конечном итоге, определяется формирование ее самосознания. Современное белорусское общество, как и любое другое, заинтересовано в адекватном отражении механизмов развития ценностей, определяющих стратегии и модели поведения студенческой молодежи.

Цель статьи – выявить уровень сформированности ценностных ориентаций студенческой молодежи различных национальностей (на примере ВГУ имени П.М. Машерова).

**Материал и методы.** Исследование проводилось посредством анализа многообразия людей в Республике Беларусь согласно переписи населения 2009 года, анализа численности и национального состава иностранных граждан в учреждениях высшего образования Республики Беларусь с 2010 по 2019 год, анализа численности и национального состава иностранных студентов в ВГУ имени П.М. Машерова с 01.01.2017 по 01.01.2019 год. Уровень сформированности ценностных ориентаций студенческой молодежи был определен с помощью теста Дж. Туасена. В исследовании приняли участие 200 респондентов различных факультетов ВГУ имени П.М. Машерова всех национальностей. Так, согласно проведенному исследованию нами был сделан вывод о том, что большинство студентов (40,65% белорусских студентов, 39% иностранных студентов) относят себя к типу «современная культура». Меньший процент студентов (37,39% белорусских студентов, 36,5% иностранных студентов) отнесли себя к третьему типу культуры «динамически развивающаяся культура», еще меньший процент респондентов (21,96% белорусских студентов, 24,5% иностранных студентов) – к типу «традиционная культура».

**Результаты и их обсуждение.** Проблема ценностей, ценностных ориентаций в современных условиях является предметом исследования философии, педагогики, социологии, что закономерно обусловлено значимостью данного явления для человеческого общества. Понятию ценности стало уделяться особое внимание в трудах философов с середины XX века. Так, устанавливая сущность данного понятия, ученые пришли к выводу, что ценности – это, прежде всего, предметы, объекты, явления, значимые как для отдельного человека, так и для группы людей.

Интересен подход в определении сущности понятия «ценность» философа В.П. Тугаринова, поскольку ученый доказал существование иерархии ценностей – высших, связанных с представлениями человека о смысле жизни, достоинстве и свободе, и ценностей преходящего значения, которые удовлетворяются человеком на уровне потребностей и интересов [3].

Философы И.Д. Андреев, В.П. Тугаринов, В.А. Ядов, говоря о данном понятии, акцентируют свое внимание на процессе воспитания. Поскольку считают, что воспитание может оказывать существенное влияние на процесс построения длительных поведенческих программ и способствует формированию определенного ценностного отношения [4; 5].

Для более глубокого раскрытия сущности данного явления ученые посчитали возможным объединить все подходы к изучению и пониманию ценностей по следующим направлениям:

1. Ценности характеризуют уровень развития культуры общества, народа, нации, являясь отражением общественного бытия и общественного сознания.
2. Все ценности, как материальные, так и духовные, могут производиться, распространяться, воспроизводиться.
3. Все ценности бывают как высшими, так и прикладными, как положительными, так и отрицательными.
4. Ценности выражают интересы человечества, общества, нации и, тем самым, стимулируют деятельность.
5. Ценности различных групп, классов, народов, конкретной личности и коллектива могут как совпадать, так и расходиться.

На основе действующих общественных ценностей у человека формируется личностная система ценностных ориентаций, приобретающая форму определенной совокупности принципов осознания социальной реальности, собственных поступков и поведения других членов общества.

Проблеме выявления сущности ценностных ориентаций как самостоятельного компонента посвящены работы А.Г. Здравомыслова, В.А. Ядова и др.

В их понимании ценностные ориентации выступают ядром сознания человека, вокруг которого формируется мысленная и чувственная составляющие сознания.

В психологических исследованиях проблема ценностных ориентаций поднимает такие вопросы, как выбор и освоение профессии, поведения, формирования личности.

Анализ работ ученых-психологов позволяет сделать вывод о том, что в процессе развития общества ценностные ориентации личности во многом зависят от ценностей, сложившихся в той или иной социальной системе. Однако осознание и принятие ценностей, существующих в данном обществе, само по себе еще не может определять ценностные ориентации конкретной личности.

Раскрывая сущность данного явления, Л.С. Выготский в своей теории развития высших психических функций придерживается точки зрения о том, что переход общественных ценностей в ценностные ориентации личности осуществляется через «присвоение» ею тех или иных ценностей [5].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что ценностные ориентации хотя и являются значимой составляющей в структуре личности, при этом остаются ее независимой единицей. Они представляют собой субъективно выбранные и значимые для конкретной личности ценности, которые, в свою очередь, интериоризуясь, пронизывают все остальные структурные компоненты личности и, в конечном итоге, способствуют формированию того или иного ее типа. Именно в этом и состоит значение ценностного ориентирования.

Характеризуя уровень сформированности ценностей и ценностных ориентаций студенческой молодежи в Республике Беларусь следует отметить, что современная молодежь – это новое поколение белорусских граждан с несколько иными, изменившимися за последнее десятилетие проблемами, ценностями, мотивами поведения и деятельности.

Немаловажной в формировании ценностей является и та особенность, что студенческая молодежь сегодня состоит из студентов различных национальностей – носителей различных национальных культур.

При анализе данного явления было установлено, что в Республике Беларусь в учреждениях высшего образования обучается в 2018–2019 учебном году 15 506 иностранных граждан, что составляет от 5,8% общей численности студентов.

По сравнению с 2010–2011 учебным годом количество обучающихся иностранных граждан увеличилось на 6 149 человек (на 3,7%).

Численность студентов-иностранцев в учреждениях высшего образования Республики Беларусь представлено в табл. 1 [2].

Таблица 1

**Численность студентов-иностранцев в учреждениях высшего образования  
(на начало учебного года)**

Годы обучения	2010/11	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19
Человек							
Всего	9357	13160	14144	14594	15126	14635	15506
из них:							
Азербайджан	272	268	328	404	446	389	325
Индия	76	48	77	149	226	340	454
Иран, Исламская Республика	156	237	296	489	793	943	797
Ирак	67	96	119	146	173	186	179
Казахстан	83	172	203	256	302	232	210
Китай	1227	939	801	722	759	875	1113
Ливан	162	137	200	255	285	339	440
Литва	131	122	110	104	98	80	83
Нигерия	66	335	474	497	530	445	371
Российская Федерация	2197	1749	1567	1554	1594	1499	1389
Таджикистан	126	123	243	376	417	455	438
Туркменистан	3 408	7863	8342	8191	7311	7108	7749
Узбекистан	40	37	43	51	60	72	112
Украина	196	164	215	290	283	223	252
Шри-Ланка	274	55	234	228	294	391	581

Что касается Витебского государственного университета имени Петра Мироновича Машерова, то на 1 января 2019 года на I и II ступени образования, на дневной и заочной формах получения образования, обучается 1 365 иностранных студентов.

Количество студентов и магистрантов из зарубежных стран, обучающихся в ВГУ имени П.М. Машерова, в зависимости от страны на 01.10.17 г. и на 01.10.18 года представлено в табл. 2.

Таблица 2

**Численность студентов и магистрантов из зарубежных стран,  
обучающихся в ВГУ имени П.М. Машерова**

Название страны	Дневное 01.10.2017	Заочное 01.10.2017	Дневное 01.10.2018	Заочное 01.10.2018
Количество студентов всего: из них	759	53	957	94
Российская Федерация	3	2	2	3
Украина	1	1	1	2
Республика Гана	6	–	–	–
Китайская Народная Республика	40	–	81	–
Федеративная Республика Нигерия	2	–	1	–
Государство Палестина	1	–	1	–
Туркменистан	700	44	858	85
Республика Узбекистан	3	1	3	3

Республика Йемен	1	–	2	–
Республика Казахстан	2	–	2	–
Азербайджанская Республика	–	2	1	1
Польская Республика	–	1	–	–
Государство Израиль	–	1	1	–
Австрийская Республика	–	1		–
Шри-Ланка	–	–	2	–
Количество магистрантов всего: в том числе	18	1	22	3
Китайская Народная Республика	7	–	13	–
Туркменистан	7	1	8	3
Азербайджанская Республика	–	–	–	–
Республика Гана	2	–	–	–
Республика Молдова	1	–	–	–
Российская Федерация	1	–	1	–

В ходе проводимого нами исследования, имеющего своей целью выявление уровня сформированности ценностных ориентаций студентов различных национальностей, прежде всего были определены основные тенденции становления изучаемой культуры.

Студентам (200 респондентов различных факультетов ВГУ имени П.М. Машерова всех национальностей) был предложен тест (Дж. Таусена), направленный на установление культурно-ценностных ориентаций соответствующего народа.

Тестовый материал был представлен следующим образом:

**1.** В моей культуре важнейшим фактором при принятии решений люди считают:

- прошлое;
- настоящее;
- будущее.

**2.** В моей культуре люди обычно считают, что они:

- жертвы природных сил;
- живут в гармонии с природой;
- управляют многими природными силами.

**3.** В моей культуре считается, что если людьми не управлять, то они, вероятно, будут совершать:

- плохие поступки;
- как плохие, так и хорошие поступки;
- хорошие поступки.

**4.** В моей культуре люди считают самым основным в своих взаимоотношениях:

- наследство и происхождение;
- большую семью;
- индивидуальность, самобытность личности.

**5.** В моей культуре люди полагают, что:

- существование само по себе достаточно для жизни;
- рост и развитие личности является самой важной целью в жизни;
- практическая деятельность и достижение совершенства – лучшая цель.

Математическая обработка теста предполагала определение процентного соотношения ответов респондентов по разделам и средних показателей по типам культуры.

В основу теста заложено представление о трех типах культуры.

Первый тип – традиционная культура (ТК) – характеризуется ориентацией людей на прошлое, приверженностью традициям, интересом к истории.

Второй тип – современная культура (СК) – отличается ориентацией людей на настоящее, на происходящие ныне события.

Третий тип – динамически развивающаяся культура (ДПК) – характеризуется ориентацией людей на будущее, на достижение быстрых значительных результатов.

Анализ проведенного исследования позволил сделать вывод о том, что большинство студентов (40,65% белорусских студентов, 39% иностранных студентов) относят себя к типу «современная культура», они ориентированы на настоящее, стараются жить в гармонии с природой и беречь ее. Для них ценным является общение, которое хоть и складывается медленно, но отличается преданностью друг другу, за результаты своей работы они желают получать моральное вознаграждение.

Меньший процент студентов (37,39% белорусских студентов, 36,5% иностранных студентов) отнесли себя к третьему типу культуры «динамически развивающаяся культура», предполагая, что жизнь сама по себе – проблема, которую необходимо быстро и успешно решать, внимание таких людей сосредоточено на деле, заданиях, работе.

Для людей данной культуры «время – это деньги». Природа не представляет собой загадки.

Человеческая натура свободолюбива. Культивируется индивидуальность, независимость, автономность от социального окружения. Процесс принятия решения осуществляется самостоятельно. Признается значимость индивидуальных интересов и ценностей.

Основу общественного контроля составляет не мораль, а законность, неотвратимость наказания и обязательность материального вознаграждения.

Еще меньший процент респондентов (21,96% белорусских студентов, 24,5% иностранных студентов) отнесли себя к типу «традиционная культура». Они рассматривают человека как существо, зависимое от ближайшего окружения, придавая большое значение семейным связям, традициям, религиозным ориентациям.

В такой культуре не допускается внутренняя свобода человека. За его действиями, поступками и даже мыслями осуществляется постоянный строгий надзор со стороны сообщества. Принятие решений проходит коллективно, а результат решения зависит от старших по возрасту. Деятельность человека строго регламентирована.

**Заключение.** Таким образом, выявленные ценностные ориентации являются общими для студентов различных национальностей, что, в свою очередь, будет способствовать реализации образовательных задач в условиях многообразия культур в различных типах учебных заведений Республики Беларусь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Население Республики Беларусь (итоги переписи 2009 года и выполнение Национальной программы демографической безопасности Республики Беларусь на 2007–2010 гг.)
2. Образование в Республике Беларусь (2018–2019 учебный год): стат. бюллетень / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь (Белстат). – 46 с. – С. 41.
3. Тугаринов, В.П. Избранные философские труды / В.П. Тугаринов. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1988. – С. 175–285.
4. Здравомыслов, А.Г. Потребности. Интересы. Ценности / А.Г. Здравомыслов. – М.: Политиздат, 1986. – С. 221.
5. Ядов, В.А. О диспозиционной регуляции социального поведения личности / В.А. Ядов // Аксиологические проблемы социальной психологии. – М.: Наука, 1975. – 218 с.

#### REFERENCES

1. *Naseleniya Respubliki Belarus (itogi perepisi 2009 goda i vypolneniye Natsionalnoi programmy demograficheskoi bezopasnosti Respubliki Belarus na 2007–2010 gg.)* [Population of the Republic of Belarus (Results of the 2009 Census and Implementation of the 2007–2010 National Program of Demographic Security of the Republic of Belarus)].
2. *Obrazovaniye v Respublike Belarus (2018–2019 uchebnyy god): Statisticheskiy bulleten. Natsionalnyy statisticheskiy komitet Respubliki Belarus (Belstat)* [Education in the Republic of Belarus (2018–2019 Academic Year): Statistic Bulletin. National Statistic Committee of the Republic of Belarus (Belstat)], 46 p.
3. Tugarinov V.P. *Izbrannyye filosofskyye trudy* [Selected Philosophic Works], L.: Izdatelstvo Leningradskogo univertsiteta, 1988, pp. 175–285.
4. Zdravomyslov A.G. *Potrebnosti. Interesy. Tsennosti*. [Needs. Interests. Values], M.: Politizdat, 1986. 221 p.
5. Yadov V.A. *Aksiologicheskiye problemy sotsialnoi psikhologii* [Axiological Issues of Social Psychology], M.: Nauka, 1975, 218 p.

Поступила в редакцию 05.04.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: kpedagog@vsu.by – Ракова Н.А.

## ВОЗМОЖНОСТИ ЛИЧНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА В ФОРМИРОВАНИИ ИНОЯЗЫЧНОЙ КОММУНИКАТИВНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ УЧАЩИХСЯ

Е.В. Турковская

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

*В статье показана актуальность личностно-ориентированного подхода на современном этапе в общеобразовательной школе. Раскрыта его системообразующая роль в формировании коммуникативной компетенции личности, выявлены концептуальные положения, принципы функционирования данного подхода в сфере иноязычного образования.*

*Цель работы – теоретическое обоснование применения личностно-ориентированного подхода и его практическая реализация в преподавании иностранного языка в общеобразовательной школе Республики Беларусь.*

**Материал и методы.** Исследование проводилось в учреждении образования «Гимназия № 4 г. Витебска», на базе которой в рамках работы филиала кафедры мировых языков ВГУ имени П.М. Машерова велся анализ учебной и внеклассной деятельности учителей иностранного языка по формированию коммуникативной компетенции учащихся 3–11 классов с применением в учебно-воспитательном процессе личностно-ориентированного подхода. В исследовании приняли участие 7 учителей иностранного языка и 124 учащихся. Используются следующие методы: общенаучные (индукция и дедукция, анализ и синтез), сравнительно-сопоставительного и системно-комплексного анализа научных публикаций, монографической литературы, сборников документов, периодических изданий.

**Результаты и их обсуждение.** Раскрыты современные методические концепции личностно-ориентированного обучения иностранному языку и выявлен их потенциал в контексте формирования коммуникативной компетенции личности учащихся школ. Показан потенциал применения данного подхода в обучении иноязычной речи. Предложен ряд методических рекомендаций с целью повышения эффективности урока иностранного языка в современной школе. Использование возможностей личностно-ориентированного обучения позволяет в полной мере интенсифицировать процесс обучения немецкому языку, повышает мотивацию учащихся при изучении иностранного языка, дает свободу творческой и созидательной деятельности обучаемых, школьник получает возможность мыслить неординарно, самостоятельно планировать учебно-познавательную деятельность, прогнозировать варианты решения заданий, реализовывать усвоенные им приемы и способы работы. Изменения и новшества в содержании, формах, способах работы, а также в отношениях учитель–ученик ведут к улучшению и модернизации учебно-воспитательного процесса, формированию творческой личности учащегося.

**Заключение.** В рамках личностно-ориентированного подхода возможно оптимально осуществить упорядоченное, систематизированное обучение иностранному языку как средству общения. Условиями эффективного функционирования рассмотренного подхода являются учет доминирующих потребностей, значимых и наполненных личностным смыслом интересов и мотивов с целью становления нравственно-мотивированного отношения к иноязычной культуре и социуму.

**Ключевые слова:** личностно-ориентированный подход, личность, потребность, саморазвитие, субъект, иностранный язык, обучение.

## POSSIBILITIES OF THE PERSONALITY ORIENTED APPROACH IN SHAPING FOREIGN LANGUAGE COMMUNICATIVE COMPETENCE OF STUDENTS

E.V. Turkovskaya

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

*The article shows the relevance of the student-centered approach at the current stage in a comprehensive school. Its system-forming role in shaping communicative competence of a person is revealed, conceptual positions, principles of functioning of this approach in the field of foreign language education are identified.*

*The purpose of the study is a theoretical substantiation of the use of the student-centered approach and its practical implementation in foreign language teaching in the secondary school of the Republic of Belarus.*

**Material and methods.** The research was conducted at educational establishment «Gymnasium No 4» of the City of Vitebsk on the base of which within the Branch of Vitebsk State University Department of World Languages an analysis of the academic and

*extracurricular activities of foreign language teachers on shaping communicative competence of the third to eleventh year students with the application of the personality oriented approach was conducted. Seven foreign language teachers and 124 students participated in the research. The following methods were used: general scientific (induction and deduction, analysis and synthesis), the method of comparative and system-complex analysis of scientific research, monographic literature, collections of documents, periodicals.*

**Findings and their discussion.** *Modern methodological concepts of the personality oriented approach to teaching a foreign language as well as their potential are considered in the context of the communicative competence formation of school students' personalities. The potential of this approach in teaching a foreign language is presented. A number of methodological recommendations aimed at increasing the effectiveness of the foreign language lesson in modern school were offered. The use of student-centered learning allows intensify the process of learning the German language, enhances students' motivation in learning a foreign language, gives freedom to creative and imaginative students' activity. The student gets an opportunity to think creatively, planning the academic activity on his own, predicting variants of solving tasks and implementing the techniques and methods of work learned by him. Changes and innovations in the content, forms, methods of work, as well as in teacher–student relations lead to the improvement and modernization of the academic process, the formation of the creative personality.*

**Conclusion.** *Within the framework of the personality oriented approach, it is possible to carry out an orderly, systematic teaching of a foreign language as a means of communication. The conditions for effective functioning of the given approach are consideration of dominant needs, significant interests and motives in order to establish a morally-motivated attitude to foreign culture and society.*

**Key words:** *personality oriented approach, personality, need, self-development, subject, foreign language, training.*

**Н**а смену традиционному обучению, стремящемуся приблизить каждого ученика к параметрам личности с предварительно заданными способностями, на современном этапе приходит личностно-ориентированное обучение, цель которого заключается в том, чтобы активная личностная позиция учащихся способствовала стремлению к получению новых знаний, достижению высоких результатов в обучении, непрерывности и систематичности в овладении иностранным языком. Обучение невозможно без учета психолого-педагогических особенностей каждого ученика: его доминирующих потребностей, значимых и наполненных личностным смыслом интересов и мотивов, сформированных и устоявшихся отношений в социуме.

Цель статьи – теоретическое обоснование применения личностно-ориентированного подхода и его практическая реализация в преподавании иностранного языка в общеобразовательной школе Республики Беларусь.

**Материал и методы.** Исследование проводилось в учреждении образования «Гимназия № 4 г. Витебска», на базе которой в рамках работы филиала кафедры мировых языков ВГУ имени П.М. Машерова велся анализ учебной и внеклассной деятельности учителей иностранного языка по формированию коммуникативной компетенции учащихся 3–11 классов с применением в учебно-воспитательном процессе личностно-ориентированного подхода. В исследовании приняли участие 7 учителей иностранного языка и 124 учащихся.

Материалами для проведения исследования явились нормативно-правовые документы Министерства образования Республики Беларусь; программа учебного предмета «Иностранный язык. 3–11 классы»; календарно-тематические, поурочные планы; научно-методические издания, посвященные вопросам методики преподавания иностранного языка.

Использовались методы анализа (учебно-воспитательной деятельности, психолого-педагогической литературы, педагогического опыта), систематизации, оценки и интерпретации полученных данных, прогнозирования и моделирования.

**Результаты и их обсуждение.** При формировании умений и навыков в области иноязычной коммуникации преподаватель учитывает способности школьников, которые проявляются в технике и скорости чтения, устойчивости внимания, в предпочитаемых видах учебной деятельности – письме, говорении, выполнении лексико-грамматических упражнений.

Большое значение личностно-ориентированный подход приобретает в обучении говорению – монологической и диалогической речи. Так, именно в говорении становятся значимыми личностные чувства и переживания различных эмоциональных состояний, которые отражаются в отношении к обсуждаемой теме. В обучении меняется и тип взаимоотношений в системе «учитель–ученик»: преподаватель стремится не столько к передаче знаний, формированию умений и навыков по определенной теме, то есть к достижению прогнозируемых результатов в рамках программы, сколько к изменению мышления учащихся, которое становится более творческим, креативным, разносторонним. Большинство педагогов понимают важность и необходимость данного подхода, где акцент смещается от прилежного выполнения заданий к становлению активной позиции в повседневной жизни, к развитию эмоционально-чувственной сферы личности в процессе обучения иноязычному общению, а также к стремлению

развиваться и совершенствоваться. Особенностью личностно-ориентированного подхода является направленность на создание ситуации, способствующей саморазвитию и самореализации.

Тенденция перехода от традиционного к ориентированному на личность учащегося обучению связана с многогранным и многомерным проявлением личностной активности, индивидуальных особенностей учащихся. Без учета ведущих качеств личности обучение иностранному языку носит односторонний репродуктивный характер.

В настоящее время проблема личностно-ориентированного обучения занимает место одного из ведущих направлений в современной педагогике. Исследования О.А. Беляевой [1], И.Л. Бима [2], Е.В. Бондаревской [3], А.Н. Леонтьева, Ю.А. Полуянова, В.В. Рубцова, В.В. Серикова, Е.Н. Степанова, Г.А. Цукермана, И.С. Якиманской посвящены проблемам переориентирования обучения на личностно значимый, диалогический, субъективный характер.

Впервые термин «личностно-ориентированное обучение» был использован в начале 90-х годов XX столетия американским психологом К. Роджерсом [4]. Он полагал, что данный метод обучения позволит ученику не просто учиться, а учиться с удовольствием и получать насыщенный информацией материал, развивающий воображение. По мнению К. Роджерса, обучение должно нести за собой личностный рост и развитие.

В «Технологии личностно-ориентированного обучения в современной школе» И.С. Якиманская предлагает методологическую концепцию продуктивного обучения. Согласно ее точки зрения, в основе личностно-ориентированного обучения лежит термин «субъективность», т.е. субъективный опыт учащихся. Применительно к обозначенной концепции И.С. Якиманская определяет следующие подходы как входящие в целостный комплекс системы личностно-ориентированного обучения: «...разноуровневый подход – ориентация на разный уровень сложности программного материала, который доступен ученику при изучении иностранного языка; дифференцированный подход – выделение групп детей на основе внешней дифференциации: по знаниям, способностям, типу образовательного учреждения; индивидуальный подход – распределение детей по однородным группам: успеваемости, способностям, социальной (профессиональной) направленности; субъектно-личностный подход – отношение к каждому ребенку как к уникальности, несхожести, неповторимости...» [5].

В основе функционирования данного подхода заложена идея его системной реализации на всех этапах обучения иностранному языку. Приоритет личности учащегося повышает значимость учителя, требований по его подготовленности к осуществлению учебно-воспитательного процесса: созданию условий (соответствующих учебных планов и программ, особой развивающей языковой среды) для проявления индивидуальности, творческого потенциала каждого ученика.

Целью личностно-ориентированного обучения И.С. Якиманская видит создание педагогических и социальных условий для формирования и последующего развития индивидуальных качеств личности обучаемых. При этом подчеркивается значимость их соответствия социально-культурным нормам общества. По мнению ученого, структурообразующие понятия личностно-ориентированного обучения следующие: «...индивидуальность – уникальное своеобразие человека, отличающее его от других индивидов; личность – постоянно изменяющееся качество индивида, которое характеризует сущность человека; самоактуализированная личность – человек, который осознанно реализует свой потенциал, раскрывает свои способности и возможности; самовыражение – результат проявления индивидом его характерных качеств; субъект – индивид, обладающий осознанной творческой активностью; субъектность – качество человека, отражающее его способность быть индивидуальным; выбор – осуществление возможности выбрать из некоторой совокупности более предпочтительный вариант для проявления собственной активности; педагогическая поддержка – способность педагогов оказывать школьникам помощь в решении их индивидуальных проблем, связанных с успешным продвижением в обучении» [6].

В свою очередь, разработкой теоретических аспектов личностно-ориентированного подхода занимался В.В. Сериков. Представляется убедительной его точка зрения о том, что процесс обучения иностранному языку следует строить исходя из жизненного опыта учащихся, так как они являются субъектами собственной жизнедеятельности. Соглашаясь с В.В. Сериковым, считаем необходимым прививать учащимся стремление к личностному росту, развитию его языковой личности; способность к самостоятельности в обучении иностранному языку; потребность в постоянном саморазвитии в творческих видах деятельности.

В качестве основных функций личностно-ориентированного обучения ученый выделяет: «...мотивирующую (умение принимать и обосновывать свою позицию); опосредованную (способность формировать личностное отношение к внешним воздействиям и внутренним импульсам поведения); коллизийную

(определяет умение видеть скрытые противоречия действительности); критическую (предполагает критичность по отношению к предлагаемым средствам взаимодействия, к ценностям и нормам); рефлексивную (умение конструировать и удерживать определенный образ «я»); смысловую (способность определять системы жизненных смыслов вплоть до самого важного – смысла жизни); ориентирующую (умение создавать личностную картину мира – индивидуальное мировоззрение)...» [7]. Исходя из вышеизложенного и научного подхода В.В. Серикова, процесс обучения приобретает личностный смысл при его направленности на развитие обозначенных ранее функций личностно-ориентированного обучения.

Тем не менее существует и иной подход – культурологический – к трактованию концепции личностно-ориентированного обучения, автором которой является Е.В. Бондаревская [3]. Соглашаясь с В.В. Сериковым в понимании субъективной составляющей обучения, она подчеркивает, что школьники в процессе изучения иностранного языка «открывают» для себя не только новый язык, но и другую культуру, иные социальные взаимосвязи и отношения. При этом учащийся является субъектом культуры и познания, создавая для себя и присваивая личностный образовательный продукт – иноязычную культуру.

Исходя из вышесказанного, мы можем сделать вывод о том, что на сегодняшний день в рамках личностно-ориентированного подхода существуют достаточно разнообразные концепции. Наиболее востребованными являются следующие:

- 1) психолого-педагогическая концепция личностно-ориентированного обучения (И.С. Якиманская);
- 2) дидактическая концепция личностно-ориентированного образования (В.В. Сериков);
- 3) культурологическая концепция личностно-ориентированного образования (Е.В. Бондаревская).

Для этих концепций характерно наличие специфических черт. Однако общим для всех концепций, посвященных проблеме реализации личностно-ориентированного подхода при обучении иностранному языку, является тот факт, что во главу данного обучения ставится самобытность ребенка, его самоценность.

Следовательно, под методическим понятием «личностно-ориентированный подход» мы понимаем такую деятельность в системе «учитель–ученик», в которой складываются субъектные отношения, направленные на всестороннее развитие личности в процессе иноязычной деятельности с целью освоения социально-культурных ценностей страны изучаемого языка, с одной стороны, а с другой – с целью формирования базовых учебных компетенций в иностранном языке: социокультурной, лингвистической, речевой и др. Кроме того, в педагогической деятельности учитель ориентируется на личностные, психолого-педагогические, возрастные особенности, ценности, убеждения, сформировавшуюся систему отношений учащихся.

Применительно к личностно-ориентированному обучению становится актуальным смещение сложившейся «рамки» с репродуктивной деятельности на творческую продуктивную, в которой и у преподавателя, и у школьников есть большая степень выбора, начиная от средств, приемов, методов, подходов до содержания обучения.

Вслед за Е.В. Бондаревской мы дифференцируем обучение иностранному языку в рамках личностно-ориентированного подхода по следующим возрастным периодам: 3–5 классы, когда только начинается изучение иностранного языка; в 6–9 классах идет процесс интенсивного освоения неродного языка, осмысление ценностей другой культуры; старшие классы, где учащиеся анализируют имеющийся у них опыт, направлены на создание личностно значимого образовательного продукта в области иностранного языка и иноязычной культуры.

Младший школьный возраст является сенситивным для овладения иностранным языком и опытом отношений с иным социумом, представителями другой культуры. Для учащихся в этом возрасте характерны любознательность, потребность и желание общаться, эмоциональная готовность к овладению новыми знаниями и умениями. Педагогу в обучении детей этого возраста необходимо опираться на имеющийся у них опыт языковой деятельности в родном языке. Формами педагогической деятельности будут являться беседы, вопросно-ответные, имитационные, подражательные упражнения. При этом учителю следует реализовывать в речевой деятельности эмоционально окрашенные высказывания, которые позволят учащимся чувственно познавать, эмоционально сопереживать и тем самым «включаться» в процесс освоения новой культуры.

Приоритетом для школьников средних классов общеобразовательной школы являются процесс повышения доли самостоятельной деятельности, развитие интеллектуальных устремлений, направленных на осмысление и понимание новой для них культуры, приобретение навыков отношений и установление сходства и отличий между ценностями в родной и другой культурах. Дидактическими условиями культурной самоидентификации и развития личности подростков выступают формирование

отношения к общечеловеческим духовным ценностям, вовлечение подростков в процесс по осмыслению и выбору способов взаимодействия с окружающим миром с целью становления нравственно-мотивированного отношения к иноязычной культуре и социуму, приобретение учащимися навыков оценки, самооценки и саморефлексии.

Анализ наблюдений в учебной и внеклассной деятельности за учащимися старших классов показывает, что изучение иностранного языка становится более автономным и характеризуется стремлением систематизировать и индивидуализировать процесс присвоения иноязычной культуры с целью нравственного самосовершенствования и жизненного самоопределения. Для деятельности учителя в обучении учащихся данного возраста характерно внешнее ослабление заданных целей и задач, увеличение доли ответственности школьников за результат их собственной деятельности, речевых поступков, отношений к другим, окружающему миру, самому себе.

С целью выявления эффективности личностно-ориентированного обучения на уроках немецкого языка нами была запланирована работа по внедрению личностно-ориентированного подхода в структуру урока в рамках экспериментальной группы. Нами был разработан цикл уроков (10) по теме «*Meine Familie*», построенных на принципах самоактуализации, творческого выбора, саморефлексии. Критериями эффективности применения личностно-ориентированного подхода в формировании навыков монологической речи являлись развернутость, логичность и связность высказывания; самостоятельность и инициативность в высказываниях; объем высказывания; правильность и разнообразие используемых лексических и грамматических средств; выражение личностного отношения к проблеме высказывания; соответствие высказывания теме обсуждения. Для диалогической речи критериями выступали количество реплик от каждого собеседника; поддержание контакта в разговоре; уместность используемых речевых клише; быстрота реакции; выражение собственного мнения к обсуждаемой теме; наличие умений применять как вербальные, так и невербальные средства общения; владение компенсаторными умениями в случае затруднений, репликами переспроса, уточнения информации; грамматическая и фонетическая корректность высказывания.

Нами было проведено тестирование в экспериментальной и контрольной группах, которое позволило отследить и сравнить динамику произошедших изменений по таким параметрам, как уровень сформированности навыков и умений в рамках монологической и диалогической речи. Согласно результатам исследования мы можем сделать вывод, что у учащихся контрольной и экспериментальной групп сформированы знания по теме «*Meine Familie*», школьники применяют в речи изученный по теме лексический материал, могут расспросить о межличностных отношениях, рассказать о своих взаимоотношениях с родственниками, друзьями, обсудить проблему поколений, посоветовать, как ее решить. Монологические высказывания экспериментальной группы характеризуются как более эмоционально окрашенные личностной оценкой, насыщенные идиоматическими выражениями, отличаются грамотностью и разнообразием используемых лексических и грамматических конструкций, выражением отношения к обсуждаемой теме. Монологические высказывания второй группы соответствуют предложенной теме, характеризуются правильностью применяемых конструкций, однако присутствуют трудности с выражением субъектного отношения к теме, объем высказывания достаточный, инициативность и активность не проявляются.

Проверка диалогических навыков показала, что экспериментальная группа более активна и свободна в высказываниях, широко использует речевые клише, не боится совершать ошибки, быстрее реагирует на реплики собеседников, включая в них выражение собственной точки зрения, обладает высоким уровнем фоновых знаний по теме. Вторая группа испытывает затруднения в поддержании контакта в разговоре, выражении собственного мнения по теме, слабо владеет репликами переспроса, уточнения информации, более медлительна в реагировании на реплику собеседника.

В конце опытно-экспериментальной работы нами была проведена диагностика уровня мотивации учащихся к изучению немецкого языка. Вопросы в контрольной и экспериментальной группах предлагались без изменений, что помогло точнее проследить динамику восприятия учащимися процесса обучения и формирования отношения к изучению иностранного языка. Для решения этой задачи была разработана анкета, позволяющая выявить уровень интереса подростков к иностранному языку. Анкета состояла из 10 вопросов, направленных на оценку позитивного отношения учащихся к иностранному языку:

1. Нравится ли тебе изучать немецкий язык в школе?
2. Посещаешь ли ты факультативные занятия по немецкому языку?
3. Участвуешь ли ты во внеклассных мероприятиях?
4. Занимаешься ли ты немецким языком самостоятельно?
5. Есть ли у тебя друзья по переписке в Германии?

6. Хочешь ли ты изучать немецкий язык в дальнейшем?

7. Какие возможности, по твоему мнению, дает хорошее владение иностранным языком?

8. Участвуешь ли ты в предметной олимпиаде по иностранному языку?

9. Хотел бы ты посетить страну изучаемого языка, чтобы познакомиться с ее культурой, традициями, достопримечательностями?

10. Посоветовал бы ты своим друзьям из других школ изучать немецкий язык?

Анализируя экспериментально-опытную проверку эффективности личностно-ориентированного обучения на уроках немецкого языка, мы с уверенностью констатируем тот факт, что данный подход в преподавании иностранного языка способствует повышению познавательной активности учащихся, субъективности процесса обучения. Применение личностно-ориентированного подхода в учебно-воспитательном процессе в УО «Гимназия № 4 г. Витебска» показало, что у школьников улучшились результаты в изучении немецкого языка (повысился уровень сформированности навыков говорения); на уроках и во внеурочной деятельности учащиеся творчески применяли полученные знания, умения, навыки; научились самостоятельно анализировать и оценивать результаты собственной учебно-познавательной деятельности; повысились мотивация и интерес к изучению немецкого языка; проведенная работа способствовала увеличению посещаемости факультативных занятий по немецкому языку, а также росту успеваемости в школе по данному предмету и общей познавательной активности учащихся на уроках.

**Заключение.** В преподавании иностранного языка личностно-ориентированный подход проявляется в качестве дидактического принципа в связи с доминированием в современной белорусской школе коммуникативного подхода, целью которого является формирование речевой компетенции учащихся в различных сферах общения с применением языковых знаний, речевых умений, опыта взаимодействия с носителями иноязычной культуры. Это положение означает, что учитель ориентируется на личность, индивидуальность ученика во всей ее многогранности и разнообразии, строит урок таким образом, что все учащиеся вне зависимости от уровня обученности и способностей принимают активное участие в речевой деятельности. Одновременно учитель в зависимости от фонематического слуха, типа восприятия, особенностей памяти, сформированности речевых умений и навыков предлагает учащимся различные виды заданий, вовлекая их в творческую деятельность на уроке иностранного языка.

Заинтересовать каждого ученика учитель сможет только в том случае, если в речемыслительной деятельности учащихся будут учтены их склонности и интересы, жизненный опыт. При конструировании ситуаций общения, подборе текстов для чтения и прослушивания необходимо исходить из индивидуальности и мотивировать каждого учащегося к осуществлению общения на иностранном языке. В данном случае наряду с реализацией коммуникативного поведения происходит и раскрытие творческого потенциала учащихся, развитие их личностных способностей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беляева, О.А. Личностно-ориентированный подход к обучению и его освоение педагогами профессиональной школы / О.А. Беляева // Вестн. Беларус. дзярж. ун-та. – 2008. – № 1. – С. 84–86.
2. Бим, И.Л. Некоторые актуальные проблемы современного обучения иностранным языкам / И.Л. Бим // Иностранные языки в школе. – 2001. – № 4. – С. 5–8.
3. Бондаревская, Е.В. Смыслы и стратегия личностно-ориентированного воспитания / Е.В. Бондаревская // Педагогика. – 2001. – № 1. – С. 30–36.
4. Роджерс, К.Р. Свобода учиться / К.Р. Роджерс, Д. Фрейберг. – М.: Смысл, 2002. – 528 с.
5. Якиманская, И.С. Технология личностно-ориентированного обучения в современной школе / И.С. Якиманская. – М.: Сентябрь, 2000. – 176 с.
6. Якиманская, И.С. Личностно-ориентированное обучение в современной школе / И.С. Якиманская. – М.: Сентябрь, 2006. – 96 с.
7. Сериков, В.В. Личностно-ориентированное образование / В.В. Сериков // Педагогика. – 2004. – № 5. – С. 11–15.

#### REFERENCES

1. Belyaeva O.A. *Vesnik BDU* [Journal of BSU], 2008, 1, pp. 84–86.
2. Bim I.L. *Inostranniye yazyki v shkole* [Foreign Languages at School], 2001, 4, pp. 5–8.
3. Bondarevskaya E.V. *Padagogika* [Science of Education], 2001, 1, pp. 30–36.
4. Rogers K.R., Freiberg D. *Svoboda uchitsia* [Freedom to Learn], M.: Smysl, 2002, 528 p.
5. Yakimanskaya I.S. *Tekhnologiya lichnostno-oriyentirovannogo obucheniya v sovremennoi shkole* [Technology of Personality Oriented Teaching in a Modern School], M.: Sentiabr, 2000, 176 p.
6. Yakimanskaya I.S. *Lichnostno-oriyentirovannoye obucheniye v sovremennoi shkole* [Personality Oriented Teaching in a Modern School], M.: Sentiabr, 2006, 96 p.
7. Serikov V.V. *Padagogika* [Science of Education], 2004, 5, pp. 11–15.

Поступила в редакцию 24.04.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: e.turkovskaya@mail.ru – Турковская Е.В.

# РОЛЬ И МЕСТО ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КОЛЛЕКЦИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ ФАКУЛЬТАТИВНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО УЧЕБНОМУ ПРЕДМЕТУ «ХИМИЯ» В УЧРЕЖДЕНИЯХ ОБЩЕГО СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**С.В. Чубаро, О.Д. Строчко, А.Н. Галкин, И.А. Красовская**  
*Учреждение образования «Витебский государственный университет  
имени П.М. Машерова»*

*Многие учащиеся школ интересуются минералами и горными породами. Объясняется это привлекательностью и разнообразием внешнего вида последних, сведениями о химическом составе минералов, полученными учащимися при изучении химии. Очень часто школьники начинают собирать образцы минералов и горных пород раньше, чем приступают к освоению химии. В то же время в процессе изучения курса химии учащиеся знакомятся с химическими элементами и получают при этом некоторые сведения о минералах и горных породах, узнают, что многие полезные ископаемые служат источниками сырья и энергии. Конечно, при этом возникают вопросы: каков состав Земли? имеется ли закономерность в распределении химических элементов в земной коре? как образовались минералы и горные породы? Для ответа на эти и многие другие вопросы может быть использован факультативный курс «Химия Земли» для учащихся X и XI классов учреждений общего среднего образования, где наряду с изучением теоретических вопросов выполняется ряд практических работ с привлечением коллекций минералов и горных пород. Однако в учебной программе указанных факультативных занятий нет каких-либо сведений о содержании этих коллекций, размерах и количестве образцов, а также о возможностях их применения.*

*Цель работы – определить место и возможности использования различных коллекций минералов и горных пород на факультативных занятиях по химии.*

**Материал и методы.** *Материалом послужили коллекции минералов и горных пород, демонстрирующиеся учащимся старших классов учреждений общего среднего образования на внеклассных занятиях по естественнонаучным дисциплинам, проводимых на кафедре географии Витебского государственного университета имени П.М. Машерова. Основными методами являлись анализ педагогической, психологической, историко-научной и методической литературы по проблеме исследования, проведение лабораторных экспериментов.*

**Результаты и их обсуждение.** *Геологические коллекции как наглядные пособия должны применяться в процессе обучения не эпизодически, а в определенной системе. Следует составлять относительно небольшие, но разнообразные и эстетически привлекательные коллекции образцов, позволяющие реализовывать учебные, познавательные, воспитательные функции, которые способны влиять на формирование широко образованной, культурной, интеллектуальной, грамотной личности, умеющей не только видеть эстетичность камня, но и развивать научное мировоззрение.*

**Заключение.** *К подготовке различных тематических занятий, к подбору демонстрационного материала и постановке задач учителю необходимо подходить творчески, с увлечением. Знание основ минералогии и геохимии педагогом, наличие презентабельных и содержательных коллекций минералов и горных пород в школе позволит сделать учебные занятия более интересными и занимательными.*

**Ключевые слова:** *химия, факультативные занятия, наглядное обучение, дидактика, принцип наглядности, коллекция минералов и горных пород, практические работы.*

# ROLE AND PLACE OF GEOLOGICAL COLLECTIONS IN THE ORGANIZATION OF ELECTIVE CHEMISTRY CLASSES AT THE INSTITUTIONS OF GENERAL SECONDARY EDUCATION OF THE REPUBLIC OF BELARUS

**S.V. Chubaro, O.D. Strochko, A.N. Galkin, I.A. Krasovskaya**  
*Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»*

*A lot of schoolchildren are interested in minerals and rocks. This is explained by the attractiveness and diversity of their appearance, information about the chemical composition of minerals obtained by students in the study of Chemistry. Very often they begin*

to collect samples of minerals and rocks before they study Chemistry. At the same time, in the course of Chemistry, students become familiar with chemical elements and at the same time get some information about minerals and rocks, learn that many minerals are sources of raw materials and energy. Of course, they have questions: what is the composition of the Earth? Is there a pattern in the distribution of chemical elements in the crust? How were minerals and rocks formed? To answer these and many other questions, the curriculum of institutions of general secondary education for the 10<sup>th</sup>–11<sup>th</sup> year schoolchildren provides an elective Chemistry of the Earth course, in which, along with studying theoretical questions, a number of practical works are performed involving collections of minerals and rocks. However, the curriculum of these elective classes does not contain any information about the content of these collections, the size and number of samples, as well as the possibilities of their application.

The purpose of the work is to determine the place and possibilities of using various collections of minerals and rocks in elective Chemistry classes.

**Material and methods.** The material was the collection of minerals and rocks, exhibited to high school students of institutions of secondary education in extracurricular classes in natural sciences, held at the Department of Geography of Vitebsk State University. The main research methods were the analysis of pedagogical, psychological, historical, scientific and methodical literature on the problem of research, conducting laboratory experiments.

**Findings and their discussion.** Geological collections as visual aids should not be used accidentally in the teaching process, but in a particular system. Relatively small, but diverse and aesthetically attractive collections of samples should be compiled, which make it possible to perform academic, cognitive, educational functions that can influence the formation of a widely educated, cultural, intellectual, literate person who can not only see the aesthetics of the stone, but also develop the scientific world view.

**Conclusion.** The teacher should be creative and enthusiastic about the preparation of various thematic classes, the selection of the demonstration material and the setting of tasks. The teacher's knowledge of the basics of mineralogy and geochemistry, the presence of presentable and meaningful collections of minerals and rocks in the school will make the training sessions more interesting and entertaining.

**Key words:** Chemistry, elective classes, visual teaching, didactics, visual principle, a collection of minerals and rocks, practical work.

На современном этапе остро стоит задача повышения эффективности образовательного процесса. Каждый учитель хочет, чтобы ученики с интересом и желанием изучали его предмет. Факультативные занятия призваны создавать максимально благоприятные условия для интеллектуального развития учащихся в соответствии с их интересами, целями, способностями и потребностями. Основными задачами этих занятий являются формирование и развитие интереса, склонности к изучению предмета, выявление способностей и дарований к нему, расширение кругозора, овладение умениями и навыками экспериментальной работы в лабораториях, а также со специальной научной и научно-популярной литературой.

Для организации факультативных занятий с учащимися X и XI классов учреждений общего среднего образования, которые интересуются химией и смежными с ней дисциплинами, разработан ряд учебных программ. Одной из них является «Химия Земли» [1]. Данная учебная программа нацелена на формирование у учащихся знаний о химическом составе, происхождении и эволюции вещества Земли, распространенности и распределении в нем химических элементов, физико-химических факторах, определяющих поведение элементов в природных процессах и их химизме. Особая роль в содержании учебной программы факультативных занятий «Химия Земли» отводится знаниям по геологии, что обусловлено реализацией интегративного подхода, который предполагает установление межпредметных связей.

Цель работы – определить место и возможности использования различных коллекций минералов и горных пород на факультативных занятиях по химии.

**Материал и методы.** Материалом послужили коллекции минералов и горных пород, демонстрирующиеся учащимся старших классов учреждений общего среднего образования на внеклассных занятиях по естественнонаучным дисциплинам, проводимых на кафедре географии Витебского государственного университета имени П.М. Машерова. Методологической основой явились принципы дидактики, ключевые подходы отбора и конструирования содержания химического образования на уровне общего среднего образования.

**Результаты и их обсуждение.** Химия и геология – это две науки, которые тесным образом связаны с давних времен. Химию определяют как науку о веществах, их свойствах и превращениях. Геология изучает вещество на разных уровнях организации материи – от простого кристалла до различных структурных элементов литосферы Земли и планеты в целом [2].

Геологические процессы являются многофакторными. Образование геологических тел обусловлено всеми процессами, которые происходят как в недрах Земли, так и на ее поверхности. Без знания химии

нельзя изучать геологические объекты. В свою очередь, большая часть теоретических разделов неорганической химии может быть проиллюстрирована с точки зрения геологии, точнее ее разделов – минералогии и геохимии, при помощи образцов минералов и горных пород. Демонстрируя учащимся, как взаимодействие живого вещества, каменного материала, водной и воздушной среды приводит к созданию огромного разнообразия минералов, пород и руд, учитель имеет возможность убедительно показать целостность природной системы Земли.

Наглядность обучения – один из стержневых принципов дидактики. Формирование у учащихся научных понятий при последовательном применении этого принципа в процессе обучения опирается на непосредственное восприятие конкретных фактов, на наличие представлений, полученных при наблюдении предметов и явлений (непосредственная наглядность) или их правильных изображений (опосредствованная наглядность). Характерным признаком принципа наглядности становится участие в познавательном процессе проявления внешних чувств.

Наглядное обучение – это не просто дидактический прием, который может использоваться или не использоваться по усмотрению педагога, в зависимости от его методических взглядов, а важнейшее средство раскрытия сущности материальных вещей и явлений. Вызывая яркие представления об единичных предметах и явлениях, наглядное обучение способствует развитию абстрактного мышления, формированию общих научных понятий, усвоение системы которых учащимися и составляет основу процесса обучения. Применение наглядных пособий поможет обучающимся легче осуществить переход от единичного и конкретного к общему и абстрактному [2].

Принцип наглядности – один из самых известных и интуитивно понятных принципов обучения, используемый давно. В XVII веке великий чешский педагог Ян Амос Коменский обосновал его как важнейший принцип преподавания, вывел «золотое правило дидактики». В соответствии с этим правилом к учебному процессу необходимо привлечение всех органов чувств. Он писал: «Если мы желаем привить учащимся истинное и прочное знание вещей, вообще нужно обучать всему через личное наблюдение и чувственное доказательство» [3, с. 303].

По мнению Иоганна Генриха Песталоцци, органы чувств сами по себе дают нам беспорядочные сведения об окружающем мире. Обучение должно ликвидировать беспорядочность в наблюдениях, разграничить предметы, а однородные и сходные предметы снова объединить, т.е. сформировать у обучающихся понятия [4].

К.Д. Ушинский развил принцип наглядности и охарактеризовал его значение в процессе приобретения обучающимися знаний. Он утверждал, что польза наглядности в учебном процессе заключается в обучении детей находить связи между словами и предметами, связывать слово с восприятием опыта, что способствует формированию представления о форме, окраске, размерах, звуках и т.д. Важно, чтобы предмет непосредственно воспринимался учащимися и под руководством педагога ощущения превращались в понятия, из понятий возникала мысль, и мысль облекалась в слово [5].

Наглядное преподавание предмета ведет к образованию устойчивого интереса учащихся к изучаемым явлениям, способствует развитию у них наблюдательности, привычки подмечать в явлениях то, что не бросается в глаза, а вскрывается лишь при внимательном, сосредоточенном наблюдении.

Применение наглядных пособий – средство предупреждения возникновения формализма в преподавании химии. Поэтому учитель химии, как только перед ним возникает задача оборудования лаборатории, должен позаботиться о ее снабжении теми веществами и материалами, которые составят предмет изучения. На уроках химии часто требуются натуральные материалы (образцы минералов, горных пород, руд, металлов, сплавов, природных органических образований и т.п.), которые применяются в виде отдельных образцов или коллекций. Это создает предпосылки для использования элементов геологии (особенно минералогии) при преподавании химии.

Любая коллекция – наглядное практическое пособие, которое служит своеобразным инструментом формирования личности и позволяет развивать мышление, наблюдательность, способствует развитию самостоятельности. Через предметы коллекции учителю легче сформировать представления о строении и свойствах минералов. На уроке важна обратная связь – использование материала коллекции упрощает усвоение и запоминание информации, наполняя теорию собственными ассоциациями и эмоциями [2].

К.Д. Ушинский указывал, что наглядное обучение приведет к положительным результатам лишь в том случае, когда оно будет проводиться в определенной системе [6]. Наглядные пособия должны применяться в процессе обучения не случайно, а продуманно и систематически.

Для использования составляется небольшая, но разнообразная и эстетически привлекательная коллекция образцов, позволяющая реализовывать учебные, познавательные, воспитательные функции, которые способны влиять на формирование широко образованной, культурной, интеллектуальной, грамотной личности.

Коллекция минералов и горных пород как образовательное средство должна отвечать следующим критериям [2]:

1) насыщенность и полнота информации – их наличие создает предпосылки для углубления знаний и развития познавательного интереса;

2) структурированность и компактность предметов – они позволяют в полной мере использовать каждый отдельный предмет при изучении различных тем и раскрывать его роль и место в природе;

3) презентабельность предметов, что формирует соответствие представлениям о предметах, сложившихся в окружающем мире.

Одновременно коллекция минералов и горных пород – дополнительный информационно-образовательный ресурс, обеспечивающий потребности учащихся в развитии универсальных способностей и компетенций, опыта эмоционально-ценностного отношения к геологическим объектам и явлениям, творческой (научно-исследовательской) деятельности.

Изучение коллекции минералов и горных пород предусмотрено учебной программой факультативных занятий «Химия Земли» по учебному предмету «Химия. X–XI класс» [1]. Однако о содержании данной коллекции в программе какая-либо информация отсутствует. По нашему мнению, для иллюстрации излагаемого в учебной программе материала желательно иметь несколько коллекций.

1. Коллекция минералов, составленная согласно кристаллохимической классификации. Она должна состоять из не более 35 образцов минералов размером 3×3×2 см и включать в себя: а) самородные элементы (графит, сера); б) сульфиды (пирит, халькопирит, ковелин, галенит, сфалерит, молибденит); в) галогениды (галит, сильвин, флюорит); г) оксиды и гидроксиды (гематит, лимонит, магнетит, корунд, хромит, пиролюзит, кварц и его разновидности); д) сульфаты (гипс, ангидрит); е) карбонаты (кальцит, магнезит, сидерит, доломит, малахит, азурит); ж) фосфаты (апатит); з) силикаты (оливин, гранат, авгит, роговая обманка, биотит, мусковит, хлорит, каолинит, серпентин, ортоклаз или микроклин, лабрадор, нефелин).

2. Коллекция, отражающая физические свойства минералов: цвет, блеск, спайность, излом, прозрачность, плотность и др. Ее следует создавать из образцов минералов среднего размера 5×5×3 см с общим их количеством не более 15 штук.

3. Коллекция горных пород, сформированная из отдельных групп по условиям образования: магматические (или изверженные), осадочные, метаморфические. Она должна состоять из образцов горных пород размером 5×5×3 см с общим их количеством не более 15 штук.

4. Коллекция минералов и горных пород, применяемых в различных отраслях промышленности, создается из либо крупных (10×10×5 см), либо средних (5×5×3 см) размеров образцов минералов и горных пород с общим их количеством не более 30 штук.

Для более глубокого осмысления происходящих на Земле геологических процессов в качестве дополнительного наглядного материала можно предложить создание коллекций по таким тематикам, как: а) кристаллы минералов; б) породообразующие минералы; в) полиморфные формы минералов (кварца, кальцита, пирита и др.); г) минералы, образующиеся на поверхности Земли (в гидротермальных жилах и т.д.); д) нахождение групп элементов металлов и неметаллов в природе; е) минералы и горные породы какого-либо региона (страны, области, района) и др. Подобные коллекции еще больше расширят возможности учителя и создадут предпосылки для научно-исследовательской работы учащихся.

Помимо самих коллекций к ним должно прилагаться вспомогательное оборудование – набор минералов или предметов, характеризующих шкалу твердости Мооса, препарировальные иглы,

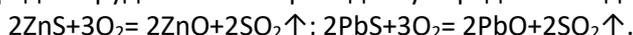
бисквиты (фарфоровые пластинки) для определения цвета черты минералов, растворы соляной и азотной кислот различной концентрации, сосуд с водой, спиртовка, компас с магнитной стрелкой.

Обладая такими коллекциями и вспомогательным оборудованием, учитель имеет возможность расширить перечень практических работ, сделать их более разнообразными и эффективными. Например, в ходе проведения занятий факультатива «Химия Земли» по теме «Природные ресурсы Земли» учащимся наряду с указанной в программе практической работой «Выделение хлорида калия из сильвинита» [1] можно продемонстрировать выполнение работы «Способы извлечения металлов из руд». С этой целью из коллекции отбираются образцы сульфидов, оксидов и карбонатов тяжелых металлов: сфалерита  $ZnS$ , галенита  $PbS$ , гематита  $Fe_2O_3$ , хромита  $Cr_2O_3$ , малахита  $Cu_2(CO_3)(OH)_2$  и др. На примере данных минеральных соединений обсуждаются основные способы получения металлов. Отмечается, что перед получением металлов руду обогащают – производят разделение рудного материала и пустой породы с целью повышения содержания металла в руде и уменьшения содержания пустой породы, а также вредных примесей. Существуют различные способы обогащения руды. Чаще других применяются флотационный, гравитационный и магнитный способы.

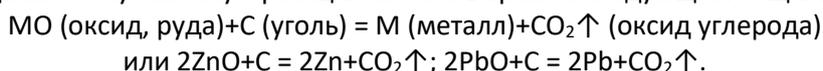
Для получения металлов из руд необходимо перевести эти металлы в какую-нибудь единую форму, чаще всего в форму оксидов. Это осуществляют посредством металлургических процессов, среди которых выделяют пирометаллургию и гидрометаллургию.

Пирометаллургия – это восстановление металлов из их соединений (оксидов, сульфидов и др.) в безводных условиях при высоких температурах.

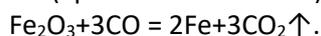
При переработке сульфидных руд в начале переводят сульфиды в оксиды путем обжига, например:



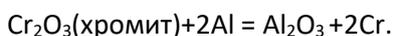
Полученные оксиды восстанавливают до металла. Для этого они смешиваются с углем и накаливаются в тиглях, муфелях и различных печах до температуры 1900–2400°C. Кислород, образуя с углем оксид углерода (IV), выделяется, а восстановленный металл остается в виде порошка, зерен или собирается на дне тигля, печи в виде королька – большой сплавленной и застывшей капли металла или одного большого цельного куска. Такую реакцию можно выразить следующим общим уравнением:



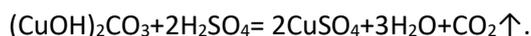
Для получения металлов широко применяется оксид углерода (II). Например, при выплавке чугуна в доменной печи восстановителями являются кокс и образующийся оксид углерода (II). Суммарное уравнение получения железа из гематита (красного железняка) имеет вид:



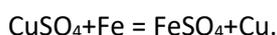
В то же время не все металлы можно получить восстановлением их оксидов углем или оксидом углерода, поэтому применяют более сильные восстановители: водород, магний, алюминий, кремний. Например, такие металлы, как хром, молибден, получают алюминотермией – способом, предложенным русским ученым Н.Н. Бекетовым:



Гидрометаллургия – это извлечение металлов из руд с помощью водных растворов тех или иных реагентов. Например, руду из малахита, содержащую основную соль  $(CuOH)_2CO_3$ , обрабатывают раствором серной кислоты:



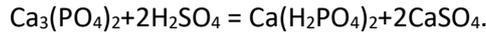
Из полученного раствора сульфата медь выделяют либо электролизом, либо действием металлического железа:



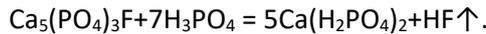
В технике вытеснение одного металла другим из раствора его соли получило название «цементация».

Другим примером успешного использования минералогических коллекций на факультативных занятиях «Химия Земли» может служить практическая работа «Получение фосфорных удобрений». В Беларуси производство этих удобрений налажено на Гомельском химическом заводе. Перед выполнением работы учащимся демонстрируются апатит и фосфорит – природные соединения фосфора, содержащегося в них в виде нерастворимого среднего фосфата  $Ca_3(PO_4)_2$ , который плохо усваивается растениями [2].

Для получения удобрений фосфориты подвергают химической переработке, заключающейся в превращении средней соли в кислоту:



Также известен метод разложения фосфоросодержащего сырья фосфорной кислотой:



Такими методами получают наиболее важные фосфорные удобрения: простой суперфосфат – смесь  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CaSO}_4$ , двойной суперфосфат  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O}$ .

Коллекции минералов и горных пород можно демонстрировать и по другим темам. В частности, по теме «Химия гидросферы» при рассмотрении вопроса «Карстовый процесс» [1], когда учитель знакомит учащихся с основными понятиями карстового процесса, условиями и факторами его развития.

Карст возникает в результате действия поверхностных и подземных вод на практически растворимые горные породы. Однако он может и не возникнуть или протекать очень медленно, несмотря на соприкосновение вод с растворимыми или даже легкорастворимыми горными породами. Для того чтобы коррозионный карстовый процесс получил развитие, необходимы определенные причины или условия нарушения химического равновесия между действующими водами и растворяющимися породами [7].

Основными условиями развития карста являются наличие водопроницаемых растворимых горных пород и движущейся воды, способной их растворять. При наличии этих условий развитие карста с той или иной интенсивностью неизбежно. Отсутствие любого из них исключает такую вероятность.

Карст происходит в горных породах под воздействием вод, находящихся во взаимодействии с данными породами, поэтому в первую очередь необходимо знать растворимость карстующихся пород и растворяющую способность (или агрессивность) вод по отношению к подобным породам.

В зависимости от степени растворимости горные породы подразделяются на нерастворимые (с растворимостью менее 0,01 г/л), труднорастворимые (0,01–1 г/л), среднерастворимые (1–10 г/л), легкорастворимые (более 10 г/л). При этом растворимость пород в воде, прежде всего, зависит от их состава.

К труднорастворимым карстующимся породам относятся карбонатные породы (известняк, доломит, мел, мергель), к среднерастворимым – сульфатные (гипс, ангидрит), к легкорастворимым – хлоридные породы, или галоиды (каменная, калийная и другие соли).

О растворимости горных пород можно судить по растворимости слагающих их минералов (табл.).

Таблица

**Растворимость порообразующих минералов карстующихся пород в дистиллированной воде [7]**

Минерал	Химическая формула	Температура, °С	Растворимость, г/л
Кальцит	$\text{CaCO}_3$	16	0,013
Доломит	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	25	0,015
Ангидрит	$\text{CaSO}_4$	18	2,02
		20	2,05
		25	2,10
Галит	$\text{NaCl}$	10	357,2

Эти минералы относятся к простым солям, в которых преобладают связи ионного или ионно-ковалентного типа. Их объединяет слабая устойчивость к воде, обусловленная особенностями строения и преобладанием ионного типа связи в структуре.

Растворение рассматривается как комплексный процесс химической и физической природы, который в современной физической химии описывается в рамках теории растворов. Растворимость минералов в жидкостях при бесконечно большом разбавлении описывается законом Генри и условиями фазового равновесия [7].

Количественно растворимость характеризуется максимальным количеством горной породы (или минерала), способным раствориться в данном растворителе при определенных давлении и температуре, т.е. концентрацией насыщенного, или равновесного, раствора.

Необходимо отметить, что скорость растворения пород, принадлежащих к различным их типам и разновидностям, может отличаться в несколько раз. Это всегда следует иметь в виду при оценке скоростей растворения карстующихся пород на конкретных участках.

Растворимость пород существенно зависит от pH, солевого состава и минерализации растворителя (воды), а также от термодинамических условий среды. Например, на растворимость известковых пород, содержащих  $\text{CaCO}_3$ , большое влияние оказывает наличие в воде углекислоты –  $\text{CO}_2$ : растворимость карбоната кальция в воде возрастает непрерывно с увеличением содержания свободной углекислоты.

При этом главным источником углекислоты в водах являются биохимические процессы, развивающиеся на поверхности Земли, в почвах и верхней части литосферы (биота и продукты ее разрушения). Соотношение растворимости гипса и ангидрита меняется с увеличением температуры. Ниже  $42^\circ\text{C}$  растворимость ангидрита выше и наоборот. Растворимость сульфатов в целом выше, чем карбонатов, поэтому подземные воды насыщаются сульфатами быстрее и теряют свою растворяющую способность. Повышенная минерализация подземных вод, циркулирующих на контакте с залежами каменной соли или мирабилита, делает их более агрессивными по отношению к гипсам и ангидритам [7].

Если горная порода состоит из минералов с неодинаковой растворимостью и скоростью растворения, процесс ее разрушения усложняется. В известковистых доломитах, например, доломит и кальцит растворяются с разной быстротой в зависимости от их количественного соотношения в породе и скорости движения воды. При содержании доломита около 2% скорость растворения кальцита меньше, чем доломита, при увеличении количества доломита соотношение скоростей растворения становится обратным и в первую очередь выщелачивается кальцит. Поэтому при растворении сильно доломитизированных известняков и известковистых доломитов в виде остаточного продукта выщелачивания накапливается рыхлый доломит [7].

Кроме факультативных занятий минералогические коллекции могут быть успешно использованы и на занятиях по основному учебному предмету «Химия». Так, химические связи и строение вещества просто и наглядно можно объяснять при изучении кристаллов минералов. Например, ковалентные связи свойственны силикатным минералам, они очень прочны и характеризуются направленностью; многие кристаллические соединения с ковалентными связями тугоплавкие и обладают высокой твердостью (корунд  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и др.) и прочностью. Ионные связи характерны для многих солей (галогенидов, сульфатов, карбонатов); наиболее характерное свойство соединений с ионным типом связи в отличие от ковалентного – это растворимость.

При изучении строения атома учащиеся узнают, что у некоторых элементов формируются не внешние, а более глубокие электронные оболочки. Электроны внутренних уровней могут перескочить на внешние под действием света. Элементы, способные избирательно поглощать энергию падающего света, получили название «хромофоры». Из кристалла выходит не полный спектр лучей, а лишь оставшаяся не поглощенная часть, которая окрашивает минерал. К хромофорам относятся железо, марганец, кобальт, никель, титан, ванадий, хром, медь, редкоземельные и другие элементы [8].

Усвоение системы понятий, связанных с химическим элементом, облегчается при ознакомлении с минералами. Если на каждом столе есть несколько минералов, в которых один элемент находится в разных степенях окисления, то учащиеся запоминают цвет, формы выделения и другие внешние признаки и понимают причины различия свойств. К примеру, розовый родохрозит  $\text{MnCO}_3$  не похож на черный пиролюзит  $\text{MnO}_2$  и отличается по цвету от родонита  $\text{MnSiO}_3$ , хотя все эти минералы содержат элемент марганец, степени окисления которого в них разные. Красный куприт  $\text{Cu}_2\text{O}$  и черный тенорит  $\text{CuO}$  содержат медь в разных степенях окисления и т.д.

При изучении процессов окисления и восстановления на примере образования природных сульфидов, превращения их в сульфаты у учащихся формируется понятие об окислительно-восстановительных реакциях в природе.

Под действием кислорода, воды, углекислого газа, кислот минералы химически изменяются. Например, магнитный железняк в условиях обилия кислорода и воды подвергается окислению и гидратации. Образуется новое химически устойчивое в данных условиях соединение – бурый железняк.

Подобных примеров множество и все они свидетельствуют о пользе применения коллекций минералов и горных пород в процессе обучения химии.

**Заключение.** К подготовке различных тематических занятий, к подбору демонстрационного материала и постановке задач учителю необходимо подходить творчески, с увлечением. Знание основ минералогии и геохимии педагогом, наличие презентабельных и содержательных коллекций минералов и горных пород в школе позволит сделать учебные занятия более интересными и занимательными.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Химия Земли. Учебная программа факультативных занятий по учебному предмету «Химия». X(XI) класс / сост. Д.И. Мычко. – Минск: НИО, 2015. – 9 с.
2. Аристов, В.В. Коллекции минералов и горных пород как необходимое пособие для школьного курса неорганической химии [Электронный ресурс] / В.В. Аристов, Т.В. Миняева // Библиотека «МГУ школе». – 2014. – Режим доступа: <http://lib.teacher.msu.ru/pub/3158>. – Дата доступа: 08.01.2019.
3. Коменский, Я.А. Избранные педагогические сочинения / Я.А. Коменский. – М.: Учпедгиз, 1955. – 655 с.
4. Педагогическое наследие / Я.А. Коменский, Д. Локк, Ж.-Ж. Руссо, И.Г. Песталоцци. – М.: Педагогика, 1989. – 416 с.
5. Ушинский, К.Д. Избранные педагогические сочинения: в 2 т. / К.Д. Ушинский. – М.: Учпедгиз, 1939. – Т. 2. – 155 с.
6. Давыдов, В.В. Теория развивающего обучения / В.В. Давыдов. – М.: Интор, 1996. – 544 с.
7. Галкин, А.Н. Инженерная геология Беларуси: в 3 ч. / А.Н. Галкин. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2016. – Ч. 1: Грунты Беларуси / под науч. ред. В.А. Королева. – 367 с.
8. Здорик, Т.Б. Приоткрой малахитовую шкатулку / Т.Б. Здорик. – М.: Просвещение, 1979. – 255 с.

#### REFERENCES

1. Mychko D.I. *Khimiya zemli. Uchebnaya programma fakultativnykh zaniati po uchebnomu predmetu «Khimiya. X(XI) klass»* [Chemistry of the Earth. Optional Chemistry Classes Curriculum, X(XI) Year], Minsk: NIO, 2015, 9 p.
2. Aristov V.V., Minyaeva T.V. *Kolleksii mineralov i gornykh porod kak neobkhodimoye posobiye dlia shkolnogo kursa neorganicheskoi khimii, Biblioteka MGU shkole* [Collections of Minerals and Rocks as a Necessary Tool for the School Course of Inorganic Chemistry, Library «MSU school»], 2014, Available at: <http://lib.teacher.msu.ru/pub/3158>. – Accessed: 01.08.2019.
3. Komensky Ya.A. *Izbranniye pedagogicheskiye sochineniya* [Selected Pedagogical Works], M.: Uchpedgiz, 1955, 655 p.
4. Komensky Ya.A., Lokk D., Rousseau J.-J., Pestalocci I.G. *Pedagogicheskoye naslediyе* [Pedagogical Heritage], M.: Pedagogika, 1989, 416 p.
5. Ushinsky K.D. *Izbranniye pedagogicheskiye sochineniya: v 2 t.* [Selected Pedagogical Works: in 2 Vol.], M.: Uchpedgiz, 1939, 155 p.
6. Davydov V.V. *Teoriya razvivayushchego obucheniya* [Theory of Developmental Education], M.: Intor, 1996, 544 p.
7. Galkin A.N. *Inzhenernaya geologiya Belarusi v 3 ch., Grunty Belarusi* [Engineering Geology of Belarus: in 3 Parts, Soils of Belarus], Vitebsk: VGU imeni P.M. Masherova, 2016, 367 p.
8. Zdorik T.B. *Privotkroi malakhitovuyu shkatulku* [Slightly Open the Malachite Box], M.: Prosveshcheniye, 1979, 255 p.

Поступила в редакцию 17.01.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: [galkin-alexandr@yandex.ru](mailto:galkin-alexandr@yandex.ru) – Галкин А.Н.

# ВЕРОЯТНЫЕ СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ «КОЛЛЕДЖ–УНИВЕРСИТЕТ» В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ В СРЕДНЕСРОЧНОЙ ПЕРСПЕКТИВЕ

**Н.В. Щепеткова**

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

*Актуальность исследования обусловлена соответствием его темы направлениям государственной образовательной политики и недостаточной изученностью проблемы в отечественной педагогической науке; актуальность еще более возрастает в условиях современного этапа из-за реформирования высшего образования, связанного с присоединением Беларуси к ЕПВО.*

*Цель работы – осуществление среднесрочного прогноза вероятных сценариев развития отечественной системы непрерывного педагогического образования «колледж–университет».*

**Материал и методы.** *Материалом послужили научные исследования и правовые акты в области образования. Использованные методы: анализ, синтез, сравнение, обобщение, дедукция, индукция, экстраполяция, прогнозирование, историко-логический, системно-структурный, системно-динамический анализ.*

**Результаты и их обсуждение.** *На основе экстраполяции наиболее релевантных исторических тенденций развития и современных характерных черт непрерывного педагогического образования в системе «колледж–университет» произведен среднесрочный прогноз вероятных сценариев дальнейшего развития данной системы.*

*Раскрыты положительные и отрицательные последствия возможных изменений исследуемой системы в среднесрочной перспективе, что позволило выявить направления развития, реализация которых будет способствовать достижению желаемого состояния системы непрерывного педагогического образования «колледж–университет».*

**Заключение.** *Наиболее благоприятным для обозначенной системы будет ее дальнейшее развитие как совокупности относительно самодостаточных региональных подсистем непрерывного педагогического образования, центрами развития которых будут классические университеты, включающие в свою структуру колледжи; при этом на базе последних реализуются программы короткого цикла третичного образования и частично – программы бакалавриата.*

**Ключевые слова:** *непрерывное образование, педагогическое образование, система непрерывного образования, колледж–университет.*

# PROBABLE SCENARIOS OF THE DEVELOPMENT OF CONTINUOUS PEDAGOGICAL EDUCATION SYSTEM «COLLEGE–UNIVERSITY» IN THE REPUBLIC OF BELARUS IN MID-TERM PERSPECTIVE

**N.V. Shchepetkova**

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

*The urgency of the research is due to conformity of its topic to the directions of the state educational policy and an insufficient level of study of the problem in domestic pedagogical science; its urgency increases in conditions of the present stage of reforming of the higher education, connected with Belarus joining EHEA.*

*The research objective is implementation of the mid-term forecast of the probable scenarios of the development of domestic system of continuous pedagogical education «college–university».*

**Material and methods.** *As materials scientific researches and legal documents in the field of education were used. The applied methods are analysis, synthesis, comparison, generalization, deduction, induction, extrapolation, forecasting, the historical and logical method, system-structural and system-dynamic analysis.*

**Findings and their discussion.** On the basis of extrapolation of the most relevant historical tendencies of the development and modern characteristic features of continuous pedagogical education system «college–university» a mid-term forecast of the probable scenarios of further development of the system was made.

Positive and negative mid-term consequences of the possible changes in the studied system were revealed, which made it possible to expose the directions of the development, the implementation of which will help to achieve a desirable condition of the system of continuous pedagogical education «college–university».

**Conclusion.** For the studied system its further development as a set of relatively self-sufficient regional subsystems of the continuous pedagogical education with the classical universities as centers which include colleges will be most favorable. The later will be the basis of the implementation of the short cycle programs of tertiary education, and partially – the bachelor degree programs.

**Key words:** continuous education, teacher training education, system of continuous education, college–university.

Государственная программа «Образование и молодежная политика» на 2016–2020 годы (2016 г.) в качестве одного из средств повышения качества высшего образования и эффективности практико-ориентированной подготовки специалистов называет развитие непрерывного образования, подразумевающее реализацию образовательных программ высшего образования, интегрированных с образовательными программами среднего специального образования. Данное положение согласуется также с Концепцией развития педагогического образования на 2015–2020 годы (2015 г.), в соответствии с которой стратегическим направлением развития педагогического образования в Республике Беларусь является создание целостной системы непрерывной подготовки педагогических кадров.

В этой связи в условиях современного этапа реформирования высшего образования Беларуси, вызванного ее вступлением в ЕПВО, особую значимость приобретает, на наш взгляд, прогностическое исследование развития непрерывного педагогического образования в системе «колледж–университет». Значение прогноза состоит не только в показе возможного будущего состояния объекта и выявлении условий и усилий, необходимых для достижения этого состояния, а также в предупреждении возможных при этом негативных последствий, затруднений процесса реализации. Прогноз открывает возможности для иного видения настоящего, «оптику» которого организует достигнутый с его помощью взгляд на него как бы из спрогнозированной ситуации будущего, из контекста необходимых для достижения этого будущего состояния изменений. Прогноз, демонстрируя принципиально возможные пути развития системы непрерывного педагогического образования, сам становится увеличивающим потенциал ее конструктивного развития фактором. При этом, разумеется, он продолжает выполнять и все традиционно возлагаемые на него функции предупредительно-профилактического характера, оценки будущей динамики процесса образования в рассматриваемом сегменте, а также функции просчета будущих базовых параметров исследуемой системы.

Проблема непрерывного педагогического образования в отечественной науке раскрывается преимущественно в аспекте дополнительного образования педагога и широко представлена в трудах В.П. Тарантея, отражена в работах С.И. Невдах. Развитие непрерывного педагогического образования в контексте кластерной структуры представлено в исследованиях последних лет за авторством Е.Ю. Гуртовой, А.В. Позняк. Организационно-педагогические основания реализации интегрированных программ педагогического образования во взаимодействии образовательных учреждений различных уровней выявляются в статьях А.И. Андарало, А.М. Радькова, Л.Н. Тихонова. Тема непрерывного педагогического образования в организационном и динамическом аспектах широко представлена в научных трудах А.И. Жука. Проведенный анализ научных публикаций отечественных ученых позволяет утверждать, что до настоящего времени в Беларуси не проводилось исследования, посвященного прогнозу вероятных сценариев развития системы непрерывного педагогического образования «колледж–университет».

Цель работы – осуществление среднесрочного прогноза вероятных сценариев развития системы непрерывного педагогического образования «колледж–университет» в Республике Беларусь.

**Материал и методы.** Материалом послужили отечественные и зарубежные научные исследования и правовые акты в области образования. Использованы общенаучные методы – анализ, синтез, сравнение, обобщение, дедукция, индукция; историко-педагогические методы – прогнозирование, экстраполяция, историко-логический, системно-структурный, системно-динамический анализ, изучение и анализ правовых актов в области образования, научных публикаций.

**Результаты и их обсуждение.** Выделяя две основные стратегии прогнозирования: изыскательскую (поисковую) и нормативную, методологи науки рекомендуют сочетание обеих при проведении прогностического исследования [1; 2]. Используя данную рекомендацию, при прогнозировании развития на среднесрочную перспективу с применением нормативного подхода мы ориентировались на итог реализации определенных нами прежде перспективных направлений развития [3] как на заданное желаемое будущее состояние изучаемого феномена. Для выявления альтернативных путей дальнейшего развития мы опирались на поисковый подход с использованием метода экстраполяции.

Обоснованность применения в качестве базиса прогностической экстраполяции полученных ранее результатов анализа исторического развития и нынешнего состояния рассматриваемой системы подтверждается мнением исследователей в данной области знаний. Так, российский ученый А.Н. Шевелев называет анализ исторических тенденций в качестве необходимой составляющей методологии прогнозирования развития системы педагогического образования, подчеркивая невозможность осуществления прогноза «без данных о ее (системе) современном состоянии, без сравнения отечественного и зарубежного педагогического образования, без учета планируемой государственной политики, <...> без понимания перспектив развития педагогического образования» [4].

Соглашаясь с данным мнением, заключим, что в прогнозе в качестве его базиса должны быть охвачены все важнейшие особенности прогнозируемой системы. Иначе он будет страдать метафизичностью – взятием некоторых отдельных черт и произвольным наделением их превосходящей важностью. Поэтому мы будем совокупно рассматривать как еще находящиеся в разной стадии становления тенденции развития, так и уже установившиеся (но также не неизменные) характерные черты, которые и образуют вместе текущую, имеющуюся на момент производства прогноза совокупность особенностей рассматриваемой системы. И именно через это объективно имеющееся в современности наличное нам и предстоит преломить то желаемое, которое было выделено ранее в качестве итога реализации перспективных направлений развития исследуемой системы. Ведь – пусть и с добавлением неких новых, сейчас еще не проявивших себя, факторов – во взаимодействии с этой совокупностью имеющихся и явно становящихся, вступающих в бытие, особенностей, исходя из них, и предстоит реализоваться (или нет) тому, что мы принимаем за перспективное, желательное состояние системы.

Таким образом, названные ранее особенности системы из числа ее имеющихся характерных черт и проявленных тенденций развития [5; 6] выступят в нашем прогнозе в качестве совокупности исходных условий реализации перспективных направлений развития, в качестве того настоящего, отталкиваясь от которого мы и будем пытаться представить будущее системы.

Разумеется, развитие сложной исторической реальности, к каковой относится и исследуемая система, зависит от большого числа факторов, выбор наиболее релевантных из них есть важной частью и исторического исследования, и прогноза будущего. Обобщение важнейших факторов развития педагогического образования, выделяемых учеными, позволило объединить их в три основные группы:

- политический фактор (государственная образовательная политика, международные образовательные тенденции и интерпретация сравнительного анализа особенностей педагогического образования в разных странах, приоритетность педагогического образования для государства [4]);
- экономический (бюджетное финансирование системы образования [7; 8], уровень доходов населения [7], изменение структуры занятости по отраслям экономики [8]);
- социально-демографический (демографическая ситуация [7], миграция населения [8] и др.).

Под влиянием названных факторов в разной степени реализовавшиеся исторические тенденции могут продолжаться и приобретать несколько иной характер либо даже кардинально менять путь своего дальнейшего развития; могут, разумеется, изменяться и характерные черты исследуемого феномена. В соответствии с вышеизложенными группами факторов осуществления прогноза и ориентацией на среднесрочную продолжительность прогнозируемого периода нам и предстоит таковой прогноз произвести – исходя из совокупности релевантных тенденций развития и характерных черт исследуемой системы и в направлении, определенном ранее сформулированными перспективными направлениями развития обозначенной системы [3].

В качестве наиболее релевантных прогнозу исторических тенденций развития непрерывного педагогического образования в системе «колледж–университет» видятся следующие:

- выстраивание многоступенчатой, многоуровневой системы непрерывного образования;
- переход к университетскому типу высшего педагогического образования;
- структурная реорганизация среднего специального педагогического образования;
- структурная интеграция среднего специального и высшего педагогического образования;
- регионализация педагогического образования.

Приступая непосредственно к прогностической части, заметим, что присоединение Беларуси к ЕПВО повлекло структурное реформирование отечественного высшего образования. Так, Стратегическим планом действий по реализации основных задач развития системы образования в соответствии с принципами и инструментами Европейского пространства высшего образования (2018 г.) предусмотрено «внедрение многоуровневой системы высшего образования, предполагающей бакалавриат в объеме 180–240 зачетных единиц и магистратуру в объеме 90–120 зачетных единиц». Таким образом, вопрос уровневой структуры высшего образования представляется решенным.

Вместе с тем разработка Национальной рамки квалификаций высшего образования в соответствии с Международной стандартной классификацией образования не предполагает абсолютно буквального следования последней. Речь идет о среднем специальном образовании, место которого в Национальной рамке квалификаций может быть несколько иным, нежели в Международной стандартной классификации. Вероятность этого в некотором смысле предопределяется утвержденными Министерством образования «Концептуальными подходами к развитию системы образования Республики Беларусь до 2020 года и на перспективу до 2030 года», предусматривающими интеграцию профессионально-технического и среднего специального образования и «переход на единый вид учреждения профессионального образования» [9]. Данный путь представляется нам неблагоприятным с точки зрения развития системы непрерывного педагогического образования «колледж–университет», так как он вряд ли будет способствовать сближению образовательных программ среднего специального и высшего образования.

Здесь будет уместно напомнить, что Международная стандартная классификация образования (2013 г.) разделяет эквиваленты профессионально-технического и среднего специального образования, интерпретируя последнее как короткий цикл третичного – высшего – образования, в то время как профессионально-техническое относится к послесреднему нетретичному образованию. Рассматривая ранее перспективы развития уровневой структуры непрерывного педагогического образования, мы пришли к выводу о целесообразности инклюзии среднего специального в уровень высшего педагогического образования в качестве его короткого цикла (начальной ступени) [3], что буквально соответствует МСКО. Повторимся, что инклюзия уровня среднего специального в уровень высшего образования позволит достичь оптимального соответствия учебных программ, максимально учесть результаты предшествующего обучения при продолжении образования на уровне бакалавриата и, соответственно, даст возможность сократить общую продолжительность интегрированной программы.

В ходе исторического развития исследуемого феномена состоялся переход к университетскому типу высшего педагогического образования. И даже акцентируемый в настоящее время поворот к практической направленности высшего образования (подразумевается все же сохранение необходимого баланса между практико-ориентированной и фундаментальной – университетской – составляющими) не видится нам достаточным основанием для предположения о возвращении к институтскому типу подготовки будущих педагогов.

В концептуальных и инструктивно-методических документах в области образования активно озвучивается положение о «минимизации дублирования подготовки по одним и тем же специальностям» [9]. Речь идет о специальностях, не являющихся исторически профильными для конкретных образовательных учреждений. Одновременно в логике реализации данного направления региональные классические университеты, в прошлом преимущественно бывшие педагогическими институтами, могут вновь вернуться к профильной направленности.

Исключение дублирования призвано обеспечить регулирование объемов подготовки специалистов в соответствии с кадровыми потребностями отечественной экономики и социальной сферы и способствовать повышению качества высшего образования. Что же до перспектив развития университетов в статусе педагогических, явным положительным следствием нам видится фокусирование внимания университетов на подготовке педагогических кадров, в том числе реализуемой по интегрированным образовательным программам.

Среди предполагаемых – с высокой долей вероятности – отрицательных последствий профилизации назовем снижение статуса университета на региональном и международном рынках образовательных услуг, что, безусловно, негативно скажется на материальной базе учреждений образования. Кроме того, сужение спектра реализуемых специальностей отразится и на научной составляющей деятельности университетов, снизит возможности для взаимовыгодного сотрудничества с предприятиями и организациями региона. Вместе с тем результаты наиболее крупных российских форсайт-исследований (применимых, на наш взгляд, в отечественных условиях) свидетельствуют об усилении в среднесрочной перспективе роли «вузов исследовательского и предпринимательского типа, формирующих вокруг себя распределенные мультикластеры различных образовательных форматов, работодателей и сообществ» [10]. Очевидно, что профильный региональный педагогический университет – в отличие от классического – не способен даже отчасти соответствовать подобным ожиданиям. Таким образом, будущее развитие исследуемой нами системы, безусловно зависящее от благополучия являющихся ее основными компонентами образовательных учреждений, представляется нам наиболее целесообразным в условиях дальнейшего существования региональных классических университетов как образовательных, научных и культурных центров регионов.

Развитие среднего специального педагогического образования в прогнозируемом периоде очевидно потребует осуществления его дальнейших структурных преобразований. Исходя из результатов анализа зарубежного образовательного опыта [3], позволим себе предложить два основных сценария реформирования структуры отечественного среднего специального педагогического образования. Оговоримся: оба они непосредственно связаны с ранее рассмотренными вариантами формирования (и дальнейшего возможного изменения) Национальной рамки квалификаций. Оба сценария зависимы от интеграции данного образовательного уровня либо с высшим, либо с профессионально-техническим образованием. Первый вариант рассматривается нами как безусловно положительный и способствующий достижению заданного желаемого состояния исследуемой системы непрерывного педагогического образования, в то время как второй представляется негативным. К сожалению, на сегодняшний день именно последний выделяется в качестве одной из среднесрочных перспектив развития профессионально-технического и среднего специального образования [9]. Стоит, однако, отметить, что интеграция профессионально-технического и среднего специального образования, помимо неизбежного отрицательного влияния на статус последнего, может послужить также взаимному содержательному сближению соответствующих данным уровням программ подготовки.

В условиях присоединения к Европейскому пространству высшего образования нельзя полностью отрицать и перспективу заимствования зарубежного образовательного опыта в области подготовки на базе колледжей бакалавров. Считаем такой сценарий положительным в плане совместной реализации университетом и колледжем интегрированной со средним специальным образованием бакалаврской программы, что соотносится и с перспективными направлениями развития системы непрерывного педагогического образования «колледж–университет» [3].

Непосредственно связанное с вышеизложенным присоединение юридически самостоятельных педагогических колледжей к университетам, определенное нами как одно из перспективных направлений развития исследуемой системы, является, на наш взгляд, весьма желательным вариантом дальнейшей интеграции среднего специального и высшего педагогического образования, положительная роль которого обоснована нами ранее [3].

В качестве негативного сценария возможного дальнейшего развития мы рассматриваем выведение колледжей из структуры университетов. Отрицательным последствием подобного шага станет существенная дезинтеграция в сложившейся системе непрерывного педагогического образования.

Реализации установившихся и отработанных годами взаимосвязей в этом случае будут препятствовать юридические барьеры, на наш взгляд, делающие невозможным достаточное участие университета в образовательном процессе колледжа.

Испытывая сильное влияние экономического и социально-демографического факторов, региональные образовательные системы постоянно реагируют на изменяющиеся внешние условия. Очевидно, что дальнейшее развитие системы непрерывного педагогического образования как совокупности относительно самодостаточных региональных подсистем потребует сохранения современного уровня государственного финансирования высшего образования. При этом путь, предполагающий свободное продвижение местных инициатив, расширение взаимосвязей, естественную конкуренцию между учреждениями образования региона, представляется наиболее перспективным с точки зрения дальнейшего развития исследуемой системы.

Однако достаточно вероятным нам видится и другой сценарий развития, предполагающий заимствование опыта соседних стран-бывших советских республик, связанный с объединением отдельных университетов в единые структуры по территориальному признаку. Функционирование вузов различной профильной направленности в рамках регионального образовательного конгломерата должно способствовать диверсификации научных исследований, расширению связей с организациями, учреждениями региона. Однако, как отмечает А.В. Давыдова, объединение различных учреждений может вызвать потерю их идентичности, утрату культурных, образовательных традиций отдельных учреждений [11]. Объединение различных образовательных учреждений в конгломерат позволяет экономить средства государственного бюджета на содержание управленческого и учебно-вспомогательного аппарата. Однако сокращение штата служб, деятельность которых направлена на обслуживание образовательного процесса, не может, как представляется, не отразиться на его качестве.

Создание в 2015 году и дальнейшее функционирование республиканского учебно-научно-инновационного кластера непрерывного педагогического образования может стать предпосылкой для реализации еще одного сценария дальнейшего развития системы высшего педагогического образования, предполагающего формирование общереспубликанской сети с включением в нее региональных классических университетов в качестве филиалов ведущего в отрасли УВО и централизованным управлением. При этом стоит, по нашему мнению, учитывать тезис М.Д. Матюшкиной о том, что излишняя централизация управления высшим образованием несет в себе и ряд негативных последствий, связанных с бюрократизацией, снижением значения и шансов реализации инициатив региональных университетов [12].

**Заключение.** Таким образом, достижению желаемого состояния искомого феномена будет способствовать его развитие в рамках следующих направлений:

- буквальное следование Международной стандартной классификации образования, подразумевающее придание среднему специальному статусу короткого цикла третичного образования;
- дальнейшее развитие классических университетов как образовательных, научных и культурных центров регионов;
- частичная реализация на базе университетских колледжей программы бакалавриата;
- присоединение юридически самостоятельных педагогических колледжей к университетам;
- дальнейшее развитие исследуемой системы как совокупности относительно самодостаточных региональных подсистем непрерывного педагогического образования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гершунский, Б.С. Образовательно-педагогическая прогностика. Теория, методология, практика: учеб. пособие / Б.С. Гершунский. – М.: Флинта: Наука, 2003. – 768 с.
2. Янч, Э. Прогнозирование научно-технического прогресса / Э. Янч. – М.: Прогресс, 1970. – 568 с.
3. Щепеткова, Н.В. Перспективные направления развития непрерывного педагогического образования в системе «колледж–университет» / Н.В. Щепеткова // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2019. – № 1(102). – С. 115–121.
4. Шевелев, А.Н. Методология историко-педагогического прогнозирования развития непрерывного педагогического образования / А.Н. Шевелев // Историко-педагогический журнал. – 2015. – № 1. – С. 64–87.

- Щепеткова, Н.В. Особенности развития непрерывного педагогического образования Беларуси в системе «колледж–университет» (1991–2015 гг.) / Н.В. Щепеткова // Научные труды Республиканского института высшей школы. Исторические и психолого-педагогические науки: сб. науч. ст.: в 2 ч. / Респ. ин-т высш. шк. – Минск, 2016. – Вып. 16. – Ч. 2: Психологические и педагогические науки. – С. 66–72.
- Щепеткова, Н.В. Тенденции развития интегрированного со средним специальным высшего педагогического образования в Республике Беларусь (1991–2014 гг.) / Н.В. Щепеткова // Весн. Гродзен. дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. – 2015. – № 2(195). – С. 50–59.
- Вартумян, А.А. Разработка методологии среднесрочного прогнозирования развития системы высшего профессионального образования / А.А. Вартумян // Педагогическое образование и наука. – 2010. – № 10. – С. 85.
- Савельев, А.Я. Прогнозирование развития системы образования в условиях нестабильности (кризиса) / А.Я. Савельев // Высшее образование в России. – 2010. – № 11. – С. 119–131.
- Концептуальные подходы к развитию системы образования Республики Беларусь до 2020 года и на перспективу до 2030 года [Электронный ресурс]: утв. приказом министра образования Респ. Беларусь, 29 нояб. 2017 г., № 742 // Консультант Плюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.
- Соколова, Е.А. Будущее высшего образования в России: обзор прогнозов развития / Е.А. Соколова // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2013. – № 3. – С. 61–69.
- Давыдова, А.В. Прогноз перспектив развития высшего образования: вероятные сценарии и их реализация в вузах / А.В. Давыдова // Вестн. Рос. ун-та дружбы народов. Сер., Социология. – 2015. – Т. 15, № 4. – С. 82–93.
- Матюшкина, М.Д. Опыт построения прогноза развития непрерывного образования / М.Д. Матюшкина // Непрерывное образование. – 2017. – № 2(20). – С. 6–12.

## REFERENCES

- Gershunskiy B.S. *Obrazovatelno-pedagogicheskaya prognostika. Teoriya, metodologiya, praktika: ucheb. posobie* [Educational and Pedagogical Prognostics. Theory, Methodology, Practices: Textbook], M.: Flinta: Nauka, 2003, 768 p.
- Yanch E. *Prognozirovaniye nauchno-tekhnicheskogo progressa* [Prognosis of Science and Technological Progress], M.: Progress, 1970, 568 p.
- Schepetkova N.V. *Vesn. Vitseb. dzerzh. un-ta* [Journal of Vitebsk State University], 2019, 1(102), pp. 115–121.
- Shevelev A.N. *Istoriko-pedagogicheskiy zhurnal* [Historical and Pedagogical Journal], 2015, 1, pp. 64–87.
- Shchepetkova N.V. *Nauchniye trudi Respublikanskogo instituta vishey shkoli. Istoricheskiye i psihologo-pedagogicheskiye nauki: sb. nauch. st.: v 2 ch.* [Scientific Works by Republican Institute of Higher School. Historical and Psychological and Pedagogical Sciences. In 2 Parts], RIVSh, Minsk, 2016, 16, Pt. 2: pp. 66–72.
- Shchepetkova N.V. *Vesn. Grodzen. dzerzh. un-ta imya Yanki Kupali* [Journal of Grodno State University], 2015, 2(195), pp. 50–59.
- Vartumyan A.A. *Pedagogicheskoye obrazovaniye i nauka* [Pedagogical Education and Science], 2010, 10, pp. 85.
- Saveliev A.Ya. *Visheye obrazovaniye v Rossii* [Higher Education in Russia], 2010, 11, pp. 119–131.
- Kontseptualniye podkhodi k razvitiyu sistemi obrazovaniya Respubliki Belarus do 2020 goda i na perspektivu do 2030 goda* [Conceptual Approaches to Development of System of Education of the Republic of Belarus to the Year of 2020 and Perspective to the Year of 2030] Konsultant Plus Belarus, ООО «ЮрСпектр», Minsk, 2019.
- Sokolova E.A. *Lichnost v menyayushchemsya mire: zdoroviye, adaptatsiya, razvitiye* [Personality in the Changing World: Health, Adaptation, Development], 2013, 3(3), pp. 61–69.
- Davydov A.V. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhbi narodov. Ser., Sotsiologiya* [Journal of Russian Peoples' Friendship University. Sociology], 2015, 4(15), pp. 82–93.
- Matushkin M.D. *Nepreryvnoye obrazovaniye* [Continuous Education], 2017, 2(20), pp. 6–12.

Поступила в редакцию 26.04.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: shchepetkova.n@gmail.com – Щепеткова Н.В.

## ПАДРЫХТОЎКА ПЕДАГОГАЎ-ЛАГАПЕДАЎ У АДЗІНАЙ АДУКАЦЫЙНАЙ ПРАСТОРЫ ЎНІВЕРСІТЭТА І МУЗЕЯ

С.Д. Грынько

*Установа адукацыі “Гродзенскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Янкі Купалы”*

Адным са шляхоў да творчага развіцця асобы ў адукацыйнай сістэме, рэалізацыі яе здольнасцей, пашырэння магчымасцей для самаактуалізацыі можа стаць адкрытасць адукацыйнай сістэмы ўніверсітэта да ўзаемадзеяння з музеем, які таксама вырашае задачу адукацыі асобы ў грамадстве.

Мэтай артыкула з’яўляецца раскрыццё праблемы прафесійнай падрыхтоўкі педагогаў праз стварэнне адукацыйнай прасторы “ВНУ–музей” (на прыкладзе работы са студэнтамі спецыяльнасці “Лагапедыя”).

**Матэрыял і метады.** У эксперыменце прымалі ўдзел 30 студэнтаў першага курса дзённай формы навучання спецыяльнасці “Лагапедыя” педагогічнага факультэта Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. У якасці метадаў выкарыстоўваліся апісальна-аналітычны і параўнальна-супастаўляльны.

**Вынікі і іх абмеркаванне.** Выдзелены якасці асобы будучага педагога, фарміраванне якіх ажыццяўляецца ў адзінай прасторы “ўніверсітэт–музей”: гістарызм мыслення (прынцып падыходу да рэчаіснасці, якая развіваецца ў часе); цэласнасць успрымання з’явы (уласціваасць успрымання, якая заключаецца ў тым, што кожны аб’ект, а тым больш прасторавая прадметная сітуацыя ўспрымаюцца як устойлівае сістэмнае цэлае, нават калі некаторыя часткі гэтага цэлага ў дадзены момант не назіраюцца); культурнасць у паводзінах (высокі ўзровень культуры ў дзеяннях, што адпавядае светапогляду асобы, яго перакананням); эстэтычнасць поглядаў і паводзін (вытанчанасць, прыгажосць, прасякнутыя эстэтызмам).

**Заклучэнне.** Створаная адукацыйная прастора ўніверсітэта і музея пры падрыхтоўцы педагогаў-лагапедаў забяспечвае комплекснае фарміраванне такіх якасцей, як гістарызм мыслення, цэласнасць успрымання з’явы, культурнасць у паводзінах, эстэтычнасць поглядаў і перакананняў, што дае падставу гаварыць аб якаснай прафесійнай падрыхтоўцы будучага спецыяліста ў галіне педагогікі на аснове яго асобнага развіцця.

**Ключавыя словы:** падрыхтоўка педагогаў, адукацыйная прастора, музей, асобнае фарміраванне.

## TRAINING TEACHERS-SPEECH THERAPISTS IN COMMON EDUCATIONAL SPACE OF THE UNIVERSITY AND THE MUSEUM

S.D. Grynko

*Educational Establishment “Grodno State Yanka Kupala University”*

Openness of the educational system of the university for collaboration with the museum, which promotes an individual’s education in society as well, can be one of the ways of creative development of the individual in the educational system, implementation of his abilities, increasing opportunities for self-actualization.

The purpose of the article is to reveal the issue of professional teacher training through creating educational space “University–Museum” (the example of the work with Speech Therapy students).

**Material and methods.** Thirty first year full time Speech Therapy students of Grodno State University Education Faculty participated in the experiment. The descriptive and analytical as well as the comparative methods were used in the research.

**Findings and their discussion.** Traits and attributes of a would-be teacher, which are shaped in the common area of the University–the Museum, are identified: historicism of thinking (the principle of the approach to reality, that is evolving over time); perceptual unity (the property of perception is that each object, all the more a spatial substantial situation are perceived as an sustainable systemic whole, even though some parts of this whole are not observed at the moment); culture of the conduct (the high level of culture in the actions in accordance with the individual’s world view and beliefs); aesthetics of the views and conduct (sophistication, beauty imbued with aesthetics).

**Conclusion.** The established educational area of the university and the museum for training teachers-speech therapists provides the comprehensive development of such attributes as historicism of thinking, perceptual unity, culture of the conduct, aesthetics of the view and conduct. All that gives ground for claiming that training of would-be education specialists on the basis of their personal development is high-quality.

**Key words:** training teachers, educational space, museum, personal development.

У сучаснай педагогічнай навуцы ўсе дыскусіі наконт рэфармавання сістэмы адукацыі краіны, як правіла, не абыходзяцца без абмеркавання праблемы падрыхтоўкі педагогічных кадраў. Яшчэ ў XIX стагоддзі выдатны рускі пісьменнік і педагог К.Д. Ушынскі справядліва сцвярджаў, што “ва ўсёй школьнай справе нельга нічога палепшыць, абыходзячы самога настаўніка”.

Якім павінен быць сучасны педагог? Якая яго роля ў выхаванні новага пакалення? Якім чынам настаўнік павінен арганізоўваць сваю працу, каб адпавядаць патрэбам часу і заняць уласнае месца ў фарміраванні асобы навучэнца? Гэты шэраг пытанняў можна працягваць. Іх дыктуюць сам час, змены, якія адбываюцца ў грамадстве: навукова-тэхнічны прагрэс, развіццё сродкаў масавай інфармацыі, глабалізацыя эканамічных праблем, інфарматызацыя ўсіх сфер жыццядзейнасці чалавека. Даследчыкі В.Л. Жук, С.М. Сірэнка выдзяляюць некалькі тэндэнцый у развіцці сучаснай сістэмы вышэйшай адукацыі:

- прафесіяналізацыю вышэйшай адукацыі (набліжанасць адукацыі да будучай прафесійнай дзейнасці);
- масавасць вышэйшай адукацыі і актуалізацыю яе якасці;
- узмацненне ролі асобнага развіцця і ўскладненне задач прафесійнага ўдасканалення;
- укараненне “рынкавых механізмаў” у сферу прафесійнай адукацыі, што абумоўлівае вызначэнне адукацыйных мэт і вынікаў на аснове эканамічнай эфектыўнасці (суднясенне адукацыйных вынікаў і затрат на іх дасягненне) [1, с. 6].

Даследчык праблем падрыхтоўкі педагогічных кадраў І.І. Казімірская адзначае, што “жыццё патрабуе ад будучых педагогаў здольнасці і гатоўнасці мабільна адаптоўвацца да хутказменных сацыякультурных умоў жыцця і прафесійнай дзейнасці, гарманізаваць адносіны са светам і сабой, навучыць гэтаму сваіх вучняў” [2, с. 12].

Зыходзячы з усіх гэтых тэндэнцый відавочным з’яўляецца неабходнасць перабудовы сістэмы адукацыі для падрыхтоўкі кадраў зусім іншага кшталту. І тут ужо на першы план у падрыхтоўцы спецыялістаў да іх прафесійнай дзейнасці выступаюць не веды, уменні і навыкі, якімі яны павінны авалодаць, а асобнае развіццё, самастойнасць, актыўная жыццёвая пазіцыя, здольнасць адэкватна рэагаваць на перамены і перабудоўваць лінію сваіх паводзін.

Такім чынам, сама рэальнасць і змены ў сістэме адукацыі прад’яўляюць зусім іншыя патрабаванні да якасці працы педагога, ад якой залежыць падрыхтаванасць маладога пакалення, што робіць першыя крокі ў самастойнае жыццё.

Адным са шляхоў да творчага развіцця асобы ў адукацыйнай сістэме, рэалізацыі яго здольнасцей, пашырэння магчымасцей для самаактуалізацыі можа стаць адкрытасць адукацыйнай сістэмы ўніверсітэта да ўзаемадзеяння з іншымі культурнымі і асветніцкімі ўстановамі, якія таксама вырашаюць задачу адукацыі асобы ў грамадстве.

Паводле педагогічнага тэрміналагічнага слоўніка адукацыйная прастора – гэта “своеасаблівы фундамент паміж эмпірычным успрыманнем адукацыйнага комплексу (сукупнасці ўстаноў) і шматкампанентнай і шматузроўневай сістэмай, якая ўключае ў сябе не толькі асобныя школы, ВНУ, навуковыя цэнтры, кіраўнічую структуру са сродкамі навучання, мэбляй і абсталяваннем, але і (што прыныпова важна) спецыфічныя ўмовы, фактары, сувязі і ўзаемадзеянні суб’ектаў адукацыі, якія вызначаюць характар педагогічных працэсаў” [3].

Па вызначэнні даследчыка А.Ю. Герасімава, які падкрэслівае важнасць менавіта суб’ектнай асновы ў адукацыйнай прасторы ВНУ, цэласнасць якой характарызуецца як сукупнасць абставін, што ператвараюцца асобай ва ўласныя, сістэмна арганізаваныя, якія працуюць па яе “выкліку” [4]. На наш погляд, пашыраючы адукацыйную прастору асобы будучага педагога за кошт выкарыстання адукацыйных сродкаў музея, можна якасна змяніць яго падрыхтоўку, фарміруючы свядомыя адносіны да сваёй нацыянальнай спадчыны, якая з’яўляецца асновай культурнага вопыту і крытычнага стаўлення да сучаснасці, крыніцай для асобнага развіцця і творчага раскрыцця асобы. Гэта і будзе з’яўляцца ілюстрацыяй суб’ектывацыі вопыту асобы.

Музеі сёння ўспрымаюцца як месца, дзе збіраецца, канцэнтруецца і асвойваецца інфармацыя аб культурным развіцці грамадства. Мэта іх дзейнасці вызначаецца як абарона, выратаванне і захаванне найкаштоўнейшага грамадскага багацця, і «арганізацыя яго сустрэчы з людзьмі» [5, с. 43]. Гэта

дазваляе музеям выступаць у якасці грамадскіх інстытутаў, здольных захоўваць для цяперашніх і будучых пакаленняў унікальныя прадметы, гістарычныя артэфакты, творы мастацтва і многае іншае. Падобная ацэнка грамадскай каштоўнасці музеяў з’яўляецца прычынай цікавасці да іх арганізацыі, да асаблівасцей узаемадзеяння музеяў з іншымі грамадскімі і дзяржаўнымі інстытутамі, да новых формаў і спосабаў правядзення экскурсій, да эфектыўных сродкаў супрацоўніцтва з установамі адукацыі, што асабліва значна ва ўмовах хуткіх эканамічных, сацыяльных і культурных змен.

Аднак, нягледзячы на існаванне навуковых даследаванняў аб выкарыстанні сродкаў музея ў адукацыйным працэсе навучальных устаноў, пры наяўнасці канцэптальных распрацовак па праблеме падрыхтоўкі педагогічных кадраў, пытанне фарміравання прафесійных кампетэнцый будучых настаўнікаў як спецыялістаў у галіне педагогічных ведаў сродкамі музея не разглядалася.

Шэраг расійскіх і беларускіх вучоных даследуюць праблемы прафесійнай падрыхтоўкі будучых педагогаў: А.І. Жук, А.С. Зубра, А.К. Маркава, Л.М. Міціна, А.І. Піскуноў, С.Д. Смірноў, І.Ю. Сцяпанав, І.І. Цыркун.

Усе гэтыя даследчыкі, з розных бакоў характарызуючы працэс прафесійнага станаўлення педагогічных кадраў, сыходзяцца ў адным: падрыхтоўка будучага настаўніка – справа складаная, а ў сучасных умовах тэхнічнага прагрэсу і сусветнай інфармацыйнай прасторы яшчэ больш актуальная і значная, бо патрабуе кардынальнага перагляду функцый педагога, які ўжо не можа быць рэтранслятарам інфармацыі, знойдзенай у падручніку.

Мэтай нашага артыкула з’яўляецца раскрыццё праблемы прафесійнай падрыхтоўкі педагогаў праз стварэнне адукацыйнай прасторы “ВНУ–музей” (на прыкладзе работы са студэнтамі спецыяльнасці “Лагапедыя”).

**Матэрыял і метады.** Эксперымент праводзіўся на базе ўстановы адукацыі “Гродзенскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Янкі Купалы”. У эксперыменце прымалі ўдзел 30 студэнтаў першага курса дзённай формы навучання спецыяльнасці “Лагапедыя” педагогічнага факультэта. Намі была распрацавана анкета, у склад якой уваходзіла 20 пытанняў. У якасці метадаў выкарыстоўваліся апісальна-аналітычны і параўнальна-супастаўляльны.

**Вынікі і іх абмеркаванне.** Спектр функцый, якія выконвае настаўнік ў сучаснай адукацыйнай сістэме, дастаткова шырокі:

- з’яўляецца крыніцай ведаў як пад час заняткаў, так і па-за межамі іх;
- арганізуе педагогічны працэс і кіруе ім, стварае педагогічныя ўмовы для паспяховага яго функцыянавання;
- ажыццяўляе ўзаемадзеянне з сям’ёй, праводзіць асветніцкую работу, а таксама рэгулюе і ўзгадняе выхаваўчае ўздзеянне сям’і і адукацыйнай установы;
- забяспечвае ахову жыцця і ўмацаванне здароўя навучэнцаў;
- выконвае ролю кансультанта і дарадцы ў вырашэнні іх праблем;
- садзейнічае развіццю іх творчага патэнцыялу;
- ўлічвае ў сваёй працы індывідуальныя псіхалагічныя асаблівасці кожнага;
- ажыццяўляе педагогічнае суправаджэнне ў педагогічным працэсе.

У сучаснай школе ў залежнасці ад педагогічнай сітуацыі настаўнік можа выступаць у ролі метадыста, аналітыка, менеджара, псіхолага, кансультанта, лектара, мадэратара, спецыяліста па сучасных тэхналогіях, даследчыка і інш.

Але нават пры разуменні шырыні адукацыйных задач настаўніка і неабходнасці ў якаснай яго падрыхтоўцы, якая б адпавядала сучасным патрабаванням да яго кваліфікацыі і прафесіяналізму, адназначнага адказу на пытанне, якім быць педагогу, мы не знойдзем. Гэта залежыць ад шэрага прычын, якія перш за ўсё звязаны са складанасцю самой прафесіі, разнастайнасцю матывацыі і бачання свайго шляху кожным спецыялістам у гэтай сферы дзейнасці.

Сённяшняя сацыяльна-эканамічная рэальнасць вымагае прафесіянальнага стаўлення да выканання справы, гэта значыць, што ў любой сферы дзейнасці патрабуецца прафесіянал. У дачыненні да педагогічнай працы прафесіяналізм – гэта любоў да сваёй працы і да сваіх вучняў. Яшчэ Леў Мікалаевіч Талстой адзначаў, што “калі настаўнік аб’ядноўвае ў сабе любоў да справы і да вучняў, ён дасканалы настаўнік”. Педагог-прафесіянал – гэта спецыяліст высокай кваліфікацыі, майстар уласнай справы.

У першую чаргу, гаворачы пра прафесіяналізм настаўніка, мы звязваем гэта паняцце з педагогічным майстэрствам, якое разумеецца як “комплекс уласцівасцей асобы, які забяспечвае высокі ўзровень самаарганізацыі прафесійнай дзейнасці” [6, с. 10]. Інакш кажучы, гэта высокая ступень валодання псіхалага-педагогічнымі ўменнямі і навыкамі, здольнасцямі эфектыўна арганізоўваць і ажыццяўляць адукацыйны працэс, якая спалучаецца з пастаяннай працай па самаўдасканаленні і самаразвіцці самога педагога. Як вынікае з усяго адзначанага вышэй, прафесійныя якасці і праца педагога-майстра звязаны з ключавым паняццем – асоба, якое, на наш погляд, з’яўляецца ядром такога шматграннага паняцця, як прафесіяналізм.

Паняцце “асоба” ў педагогіцы характарызуе сацыяльную сутнасць чалавека, яго суб’ектыўнае стаўленне да грамадскіх адносін і дзеянняў. Прырода асобы біясацыяльная, у ёй ёсць біялагічная сутнасць, на аснове якой развіваюцца псіхічныя функцыі і ўласна асобасны пачатак. Менавіта таму даследчыкамі М.А. Бярозавіным, В.Ц. Чэпікавым, М.І. Чэхаўскіх падкрэсліваецца складаная сацыяльна-псіхалагічная цэласнасць дадзенага паняцця, што не зводзіцца да пераліку толькі набытых якасцей чалавека ў працэсе жыццядзейнасці. Гэтыя вучоныя акрэсліваюць паняцце асобы як “сукупнасць індыўдуальных сацыяльна-псіхалагічных якасцей, якія характарызуюць чалавека і вызначаюць сістэму яго адносін да навакольнага свету” [7, с. 191]. Такім чынам, асоба ўяўляе сабой складаную іерархічную структуру біялагічнага, псіхічнага і сацыяльнага, якая характарызуе ўстойлівыя паводзіны і дзейнасць чалавека ў дачыненні да навакольнага свету і адносіны асобы да сябе.

Відавочным з’яўляецца тое, што шматграннае паняцце прафесіяналізму педагога вельмі цесным чынам звязана з не менш складанай яго асобаснай сутнасцю, дзе шчыльна сплечены спадчыннасць, псіхічныя асаблівасці і сацыяльны вопыт.

Паколькі кожны чалавек мае сваё меркаванне і адрозніваецца ад іншых, то ў разуменні большасці людзей існуе свой уласны вобраз “узорнага” настаўніка, так званы эталон, якому ўласцівы шэраг якасцей, якімі павінен валодаць педагог-майстар. Згодна з праведзеным анкетаваннем, якое праводзілася намі са студэнтамі дзённай і завочнай формаў навучання спецыяльнасцей “Пачатковая адукацыя”, “Дашкольная адукацыя”, “Лагапедыя”, “Алігафрэнапедагогіка” ў час правядзення заняткаў па дысцыпліне “Педагогіка” і “Уводзіны ў педагогічную прафесію”, часцей за ўсё ў пералік гэтых характарыстык уваходзяць: добразычлівасць, камунікабельнасць, гуманізм, інтэлектуальнасць, энцыклапедызм ведаў, адданасць сваёй справе, дысцыплінаванасць, стыльнасць і прывабнасць, акуратнасць, пачуццё гумару і эмпатыя, тактоўнасць, талерантнасць, цяроплівасць і вытрыманасць, творчы падыход да працы, веданне сучасных інфармацыйных тэхналогій. Гэты пералік, у які ўваходзяць і маральна-этычныя, і прафесійныя якасці, і адносіны педагога да сучаснай моды і інавацыйных тэхналогій, можа доўжыцца.

Здавалася б, якая неабходнасць у пераліку рыс характару ідэальнага настаўніка, калі дасягнуць аднаго канкрэтнага “рэцэпта” майстэрства педагога немагчыма? На нашу думку, праца па стварэнні мадэлі педагога-майстра таму і карысная, што патрабуе аналізу, параўнанняў, прыкладаў, ілюстрацый вопыту дзейнасці выдатных педагогаў сучаснасці і мінулага, бо толькі пастаянная пошукавая праца, рэфлексія, самаадукацыя з’яўляюцца шляхам да поспеху ў прафесійнай дзейнасці. У выпадку педагогічнай працы паспяховай лічыцца тая дзейнасць, якая вядзе да асобаснага развіцця навучэнца, яго сталення і далейшай самарэалізацыі ў жыцці. Згодна з даследаваннямі У.У. Серыкава поспех самаразвіцця дзіцяці залежыць ад умелай суправаджальнай ролі педагога, які зыходзячы са сваёй першаснай функцыі (ст.-грэч. *paidagogos* – “той, які вядзе дзіця”), павінен “весці дзіця” ў свет дарослага жыцця, дзе ён павінен дасягнуць поспеху. Той прадмет, які выкладае настаўнік, – гэта “інструмент уздзеяння на асобу вучня” [8], а ўсё майстэрства выкладання і выхаваўчай дзейнасці знаходзіцца ў руках педагога. Без цікавасці да асобы педагога, даверу і прыязных адносін не можа быць эфектыўнага засваення матэрыялу, не можа быць сувязі з матывацыйнай і светапогляднай сферамі асобы навучэнца. Яскрава пра гэта сведчыць і народная мудрасць, у якой гаворыцца, што выхаваць “крылатага” могуць толькі “крылатыя” педагогі і бацькі, выхаваць шчаслівага можа толькі шчаслівы, а сучаснага – толькі сучасны чалавек.

Аб важнасці развіцця асобасных якасцей у педагогаў, якія займаюцца адукацыйнай навучэнцаў з асаблівасцямі развіцця, у прыватнасці педагогаў-лагапедаў, гавораць сучасныя даследчыкі ў галіне спецыяльнай педагогікі. Напрыклад, Н.М. Назарава дае такому спецыялісту наступную

характарыстыку: «...Чалавек з асобым складам душы, актыўны, ініцыятыўны, энергічны, упэўнены ў паспяховым выніку сваёй прафесійнай дзейнасці, добразычлівы і тактоўны» [9, с. 212].

Дзейнасць педагога-лагапеда павінна быць значна шырэйшая яго функцыянальных абавязкаў: сяброўская падтрымка, псіхалагічная дапамога ў пераадоленні цяжкасцей, актыўная грамадзянская пазіцыя ў дачыненні да асобаў, якія маюць асаблівасці ў сваім развіцці. Таму найважнейшымі якасцямі настаўніка ў галіне спецыяльнай адукацыі, згодна з Н.М. Назаравай, з'яўляюцца: дабрыня, адказнасць, аптымізм, цяроўнасць, эмпатыя, энергічнасць, захопленасць сваёй работай, вернасць жыццёвым інтарэсам людзей з абмежаванымі магчымасцямі жыццядзейнасці [9, с. 214].

Неабходна таксама акрэсліць і падыход да асобнага фарміравання педагога-лагапеда, які вызначаны ў дзяжаўным стандарце. У пералік сацыяльна-асобных кампетэнцый выпускнікоў спецыяльнасці “Лагапедыя” ўваходзяць грамадзянскасць, здольнасць да сацыяльнага ўзаемадзеяння і міжасобовых камунікацый, крытычнасць, умёна працаваць у камандзе і ўдасканальваць сваю прафесійную дзейнасць [10].

На нашу думку, якасці педагога-лагапеда павінны быць прадстаўлены больш шырока, чым гэта адзначаецца ў стандарце, бо вялікую ролю ў адукацыйным працэсе мае сам настаўнік, а не толькі той педагогічны інструментарый (арсенал метадаў, прыёмаў, сродкаў і формаў), які выкарыстоўваецца педагогам у яго працы. Перавага тут павінна быць за маральна-этычнымі каштоўнасцямі: дабрынёй, міласэрнасцю, спагадай, добразычлівасцю ва ўзаемаадносінах, ветлівасцю, чуласцю, сардэчнасцю. Гэтыя якасці дапаўняюць характарыстыкі чалавека-прафесіянала сваёй справы: адказнасць, настойлівасць, дысцыплінаванасць, арганізаванасць, самакрытычнасць, здольнасць да самаадукацыі.

Менавіта для такога ўсебаковага развіцця будучых педагогаў-лагапедаў і неабходна стварэнне цэласнай адукацыйнай прасторы ўніверсітэта і музея.

З аднаго боку, музей – тая ўстанова культуры, мэтай якой з'яўляецца збіранне і захаванне найбольш каштоўных набыткаў культуры, увасабленняў духоўнай культуры чалавецтва, а таксама прапаганда і асветніцтва сваіх экспанатаў сярод розных слаёў насельніцтва. Навуковае абгрунтаванне адукацыйна-асветніцкіх функцый музея дадзена ў працах расійскіх і беларускіх даследчыкаў (В.У. Буткевіч, А.Г. Ван-слава, В.М. Варановіч, І.Г. Лупашка, В.У. Мірончык, А.Б. Мядзведзева, М.В. Нагорскі, Б.А. Сталяроў, М.Ю. Юхневіч).

З другога боку, музей – той сацыяльны інстытут грамадства, які можа зрабіць неацэнны ўклад у справу фарміравання культуры будучага педагога. Адным са сродкаў ажыццяўлення гэтай задачы з'яўляецца музейны прадмет. Гэта маленькае ўвасабленне гісторыі, якое мае эстэтычную вартасць і здольна выклікаць яркія эмоцыі, якія надоўга застаюцца ў памяці чалавека. Музейная экспазіцыя аказвае комплекснае ўздзеянне на асобу, дапамагае ёй усвядоміць сябе прадстаўніком грамадства, зразумець прыналежнасць да пэўнага вітка гісторыі, адчуць веліч і значнасць ролі чалавека на зямлі, ацаніць набыткі духоўнай культуры. Атаясамліваючы сябе з лепшымі прадстаўнікамі грамадства, будучы педагог выдатныя дасягненні культуры праецыруе на сваё ўласнае “я”, адчуваючы патрэбу ў сузіранні і выкарыстанні іх у сваёй працы. Сродкамі музея можна скіраваць педагогічны працэс у ВНУ на развіццё прыродных задаткаў чалавека, на фарміраванне яго поглядаў, перакананняў, зрабіць акцэнт на агульначалавечыя каштоўнасці, на культуру свайго народа, краіны.

Адукацыйны патэнцыял “храма муз” дапаможа ў фарміраванні сацыяльна сталай асобы будучага настаўніка, які не толькі ведае аб культурных здабытках свайго народа і агульна прызнаных эстэтычных каштоўнасцях, але і адчувае патрэбнасць у іх сузіранні, прапагандаванні і выкарыстанні ў педагогічным працэсе. На нашу думку, музей з яго высокім узроўнем эстэтычнасці экспазіцыяў можа аказаць уплыў на светапогляд студэнтаў, на іх навуковыя, мастацкія, маральныя патрэбы і ідэалы, якія застануцца ў іх асобе на ўсе жыццё. Гэта дапаможа настаўніку быць аўтарытэтам для сваіх навучэнцаў.

Перавага музейных сродкаў адукацыі бачыцца нам у наступным:

- цэласнае ўспрыманне гісторыі народа, краю (падзеі, архітэктура, развіццё мастацтва, літаратура);
- фарміраванне светапогляду асобы (веды, погляды і перакананні аб свеце і месцы ў ім чалавека);
- нагляднае ўспрыманне дэталей прадметаў, жывых сведчанняў гісторыі;
- насычэнне працэсу засваення інфармацыі яркімі станоўчымі эмоцыямі, якія закранаюць сферу цікавасцей асобы і садзейнічаюць стварэнню ў яе свядомасці незабыўных асацыятыўных вобразаў.

Усе гэтыя перавагі выкарыстання сродкаў музея гавораць аб тым, што ў свядомасці будучага настаўніка фарміруецца вобраз “я” як сучаснага прадстаўніка грамадства праз прызму гісторыі. Перанос у свядомасць цэласнага вобраза мінулага, якое накладваецца на эмацыянальную сферу асобы, садзейнічае фарміраванню светапогляду сучаснага чалавека, які ўспрымае свет аналітычна-ацэнна з пазіцыі культурнай гістарычнай спадчыны. Такім чынам магчыма пазбегнуць вузкай накіраванасці ў падрыхтоўцы будучага педагога, што забяспечвае яго асобнае фарміраванне.

Як сцвярджаюць польскія даследчыкі, працэс навучання тут “адрозніваецца ад здабывання ведаў у звычайных адукацыйных установах, таму што ў дачыненні да наведвальнікаў музея гутарка ідзе больш як аб тых, якія вучацца нефармальна” [11, с. 26]. Аднак, на наш погляд, выкарыстаць усе перавагі музейна-педагагічнай дзейнасці ў дачыненні да будучых настаўнікаў неабходна мэтазгодна і сістэмна. Толькі так можна зрабіць значны ўклад у справу іх падрыхтоўкі.

Формы ўзаемадзеяння ВНУ і музея могуць быць самымі разнастайнымі:

- экскурсія (аглядная, тэматычная, тэатралізаваная);
- лекцыі (аглядныя, тэматычныя);
- кансультацыі (для вучняў, для настаўнікаў);
- урок у музеі (вывучэнне новай тэмы, камбінаваны, абагульняючы);
- віктарыны і гульні (заданні, загадкі, мадэляванне);
- алімпіяды;
- масавыя мерапрыемствы (святы, тэатралізацыі, віншаванні пераможцаў конкурсаў і алімпіяд і інш.);
- сустрэчы са знакамітымі людзьмі (пісьменнікамі, архітэктарамі, мастакамі, народнымі майстрамі і г.д.);

- удзел у працы музейных гурткоў і клубаў і інш.

Усе формы супрацоўніцтва з’яўляюцца вельмі важнымі, аднак хацелася б падкрэсліць важнасць падрыхтоўкі будучых настаўнікаў да іх выкарыстання сродкаў музея ў сваёй працы ў навучальнай установе. На нашу думку, існуе неабходнасць у падрыхтоўцы педагогаў да мэтанакіраванага супрацоўніцтва з гэтай установай, якое павінна спалучацца з уласнай асобнай зацікаўленасцю да набыткаў духоўнай культуры чалавецтва, прыхільнасцю да эстэтыкі і ўстойлівасцю ў адносінах да псеўдакультуры і амаральнасці.

Уменне ацаніць перспектывнасць і эфектывнасць той ці іншай формы супрацоўніцтва ВНУ і музея, знайсці аптымальнае месца для іх у сваёй дзейнасці, распрацаваць гэтыя формы, прадугледзець усе этапы іх правядзення, прааналізаваць і спрагназаваць іх вынікі, а ў наступным правесці самому экскурсію па экспазіцыі музея, разумеючы спецыфіку гэтай установы культуры, – гэта неад’емныя атрыбуты прафесійнай падрыхтоўкі будучых настаўнікаў да выкарыстання адукацыйных сродкаў “храма муз”.

Эксперыментальная мадэль будучага настаўніка, падрыхтоўка якога ажыццяўляецца ў прасторы “ўніверсітэт–музей”, змяшчае ў сабе шэраг кампетэнтных, якія ўключаюць:

- сфарміраваныя свядомыя адносіны да рэальнасці (рэальная ацэнка сучаснага жыцця соцыуму на аснове крытычнага аналізу падзей і супастаўленне з мінулым гістарычным вопытам у свеце, краіне, у асобнай мясцовасці, усведамленне значнасці падзей, якія адбываюцца ў жыцці свету, народа, канкрэтнай сям’і, асобы, ацэнка іх агульначалавечай і эстэтычнай каштоўнасці);

- сфарміраванае цэласнае бачанне свету (ўспрыманне сацыяльнага, эканамічнага, культурнага, побытавага жыцця соцыуму на макра- і мікраўзроўні ў адзінстве, цэласнае візуальнае, эстэтычнае і гістарычнае ўспрыманне прадметаў і з’яў);

- веды аб сэнсавай і каштоўнасці сутнасці музейных прадметаў і перанясенне гэтых ведаў на сучаснасць, разуменне гістарычнай сутнасці (як на мікраўзроўні, так і на макраўзроўні) усяго таго, што захоўваецца ў музеі: прадметаў быту, летапісных і друкаваных крыніц, фотаздымкаў, помнікаў розных відаў мастацтва, архітэктуры;

- беражлівыя адносіны да навакольных прадметаў (разуменне іх значнасці для сённяшняга жыцця і карысці для нашчадкаў);

- веды аб ролі асоб у сацыяльным жыцці грамадства (разуменне ролі гістарычных асоб у культурным, палітычным, эканамічным жыцці краіны, усведамленне значнасці ўкладу кожнага

чалавека ў сацыяльнае развіццё грамадства, веданне біяграфій, асобных учынкаў знакамітых людзей, успрыманне іх як прыклад для пераймання);

- веды аб культурнай значымасці ўсяго, што адбываецца ў пэўнай мясцовасці: падзеі, людзі, даты (сфарміраваныя ўстойлівыя асацыятыўныя сувязі), выставы, канцэрты, спектаклі, фестывалі, адкрыццё новых сацыяльна-культурных цэнтраў, святкаванні розных важных дат, падзей у горадзе, мястэчку ці вёсцы;

- бачанне сувязі мінулага і сённяшніх падзей (разуменне цеснай сувязі гістарычнага мінулага і сучаснага развіцця краіны, неабходнасці наследаваць пазітыўны вопыт і рабіць адпаведныя высновы з памылак самых розных гістарычных дзеячаў);

- разуменне значэння прадметаў побыту, інтэр'ера, фарміраванне ў свядомасці “вобразаў культуры” (на аснове цэласнага ўспрымання прадметаў і ведання выдатных набыткаў сусветнага і нацыянальнага мастацтва, фарміравання ўмення ацаніць каштоўнасць навакольных рэчаў, прадметаў і з’яў);

- фарміраваны светапогляд, перакананні асобы (веды аб навакольным свеце і яго культурных каштоўнасцях на мікра- і макраўзроўнях, усведамленне значымасці стваральнай дзейнасці асобы ў сістэме гэтых каштоўнасцей);

- уменне актывізаваць пошукавую дзейнасць навучэнцаў (уменне зацікавіць гістарычнымі фактамі, падзеямі, жыццём вядомых асобаў, уменне прадэманстраваць прычынна-выніковыя сувязі мінулага і сучаснасці і выклікаць жаданне напісаць сваю каштоўную, эстэтычна і культурна вартасную старонку ў гісторыі грамадства, народа, сям’і);

- уменне праводзіць сувязь паміж тэарэтычнымі ведамі і практыкай (ілюстрацыя тэарэтычнага матэрыялу прыкладамі, правядзенне гістарычных сувязей, паралелей, дэманстрацыя, выраб, прэзентацыя прадметаў рэальнасці, непасрэдна звязаных з матэрыялам, які вывучаецца);

- уменне ўзбагаціць матэрыял падрабязнасцямі і дэталямі (выкладанне тэмы з цікавымі і падрабязнымі фактамі, гістарычнымі паралелямі, апора на сферу сучаснага жыцця моладзі і кола іх інтарэсаў);

- эстэтычная выхаванасць, фарміраваны эстэтычны густ (уменне бачыць, заўважаць прыгожае навокал, імкненне да стварэння прыгожага);

- культура паводзін, зносін (уменне паводзіць сябе адэкватна і прыстойна адпаведна з прынятымі агульнаэтычнымі нормамі грамадства і згодна з культурнай традыцыі сваёй краіны, свайго соцыуму).

Пры супастаўляльным аналізе дадзенай мадэлі педагога і прафесійных кампетэнцый настаўнікаў беларускай мовы і літаратуры, гісторыі, біялогіі і пачатковых класаў (абазначаных у стандартах дадзеных спецыяльнасцей) намі былі выдзелены асобасныя якасці, якія ўдасканальваюць прафесійную падрыхтоўку педагога.

Якасці асобы, фарміраванне якіх ажыццяўляецца ў адзінай прасторы “ўніверсітэт–музей” і якія з’яўляюцца важнымі для адукацыі будучых настаўнікаў, наступныя:

- 1) гістарызм мыслення (прынцып падыходу да рэчаіснасці, якая развіваецца ў часе);

- 2) цэласнасць успрымання з’явы (уласціvasць успрымання, якая заключаецца ў тым, што кожны аб’ект, а тым больш прасторавая прадметная сітуацыя ўспрымаюцца як устойлівае сістэмнае цэлае, нават калі некаторыя часткі гэтага цэлага ў дадзены момант не назіраюцца);

- 3) культурнасць у паводзінах (высокі ўзровень культуры ў дзеяннях, што адпавядае светапогляду асобы, яго перакананням);

- 4) эстэтычнасць поглядаў і паводзін (вытанчанасць, прыгажосць, прасякнутыя эстэтызмам).

З мэтай выяўлення, наколькі падобныя якасці фарміраваны ў студэнтаў, якія навучаюцца на педагогічных спецыяльнасцях, намі была распрацавана анкета, у склад якой уваходзіла 20 пытанняў, што былі разбіты на 4 блокі згодна з колькасцю асобасных якасцей, якія ацэньваліся.

У першым блоку былі змешчаны 5 пытанняў для ацэнкі студэнтамі такой якасці, як гістарызм мыслення. Другі блок пытанняў быў прызначаны для самаацэнкі цэласнасці ўспрымання з’явы, якая заключаецца ў здольнасці ўспрымаць з’явы як устойлівае сістэмнае цэлае. Трэці блок – для ацэнкі агульнай культуры, якая заключаецца ў веданні каштоўнасцей свайго соцыуму і жаданні іх

прытрымлівацца, што з'яўляецца часткай асобнай сферы, у якой сканцэнтраваны ідэалы, перакананні. Апошні блок прызначаны для ацэнкі эстэтычнасці ў поглядах і паводзінах, якая выражаецца ў здольнасці заўважаць прыгожае навокал і ацаніць гэта харавство.

Кожны адказ студэнтаў адлюстроўваў іх меркаванне па пяцібальнай шкале. За высокі ўзровень развіцця якасці мы прымалі сярэдні бал ад 4,1 да 5, за сярэдні ўзровень – 3 да 4, за нізкі – ад 1 да 2,9.

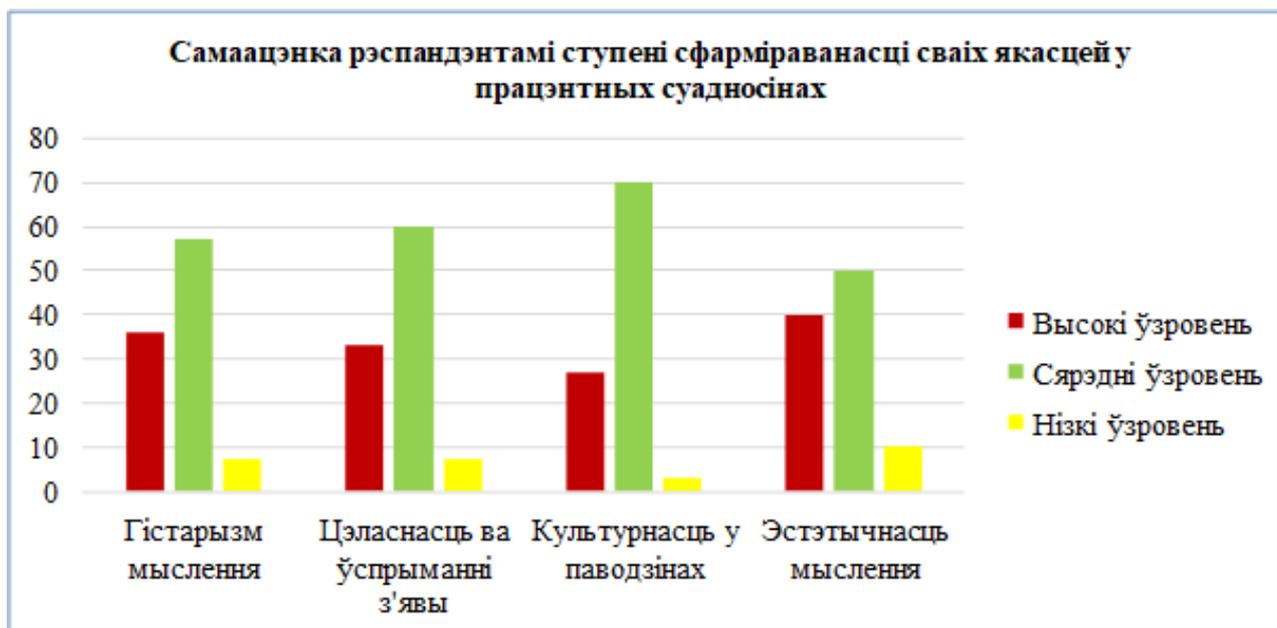
Вынікі апытання перад пачаткам правядзення эксперымента прадстаўлены ў табл. 1.

Табліца 1

**Самаацэнка студэнтамі I курса дзённай формы навучання спецыяльнасці “Лагапедыя” ступені сфарміраванасці сваіх якасцей**

	Высокі ўзровень		Сярэдні ўзровень		Нізкі ўзровень	
Сярэдні бал пры ацэнцы	4,1 да 5		ад 3 да 4		ад 1 да 2,9	
Гістарызм мыслення	11	36%	17	57%	2	7%
Цэласнасць успрымання з’явы	10	33%	18	60%	2	7%
Культурнасць у паводзінах	8	27%	21	70%	1	3%
Эстэтычнасць поглядаў і паводзін	12	40%	15	50%	3	10%

Вынікі, прадстаўленыя ў табл. 1, можна адлюстраваць у працэнтных суадносінах у дыяграме (мал. 1).



Мал. 1. Самаацэнка рэспандэнтамі ступені сфарміраванасці сваіх якасцей у працэнтных суадносінах

З апытаных студэнтаў была выдзелена група з сярэднім і нізкім узроўнем развіцця якасцей, з імі была праведзена праца па стварэнні цэласнай адукацыйнай прасторы ўніверсітэта і музея. Шляхі па стварэнні дадзенай прасторы намі акрэслены наступныя:

- выкарыстанне розных формаў супрацоўніцтва з музеем пры выкладанні дысцыплін (педагогіка, уводзіны ў педагагічную прафесію, сучасныя адукацыйныя тэхналогіі, педагогіка сямейнага выхавання);
- прымяненне прынцыпу музеіфікацыі адукацыі пры выкладанні дысцыплін (засяроджваецца ўвага на гістарычным аспекце матэрыялу, які вывучаецца, на яго культурнай і эстэтычнай функцыях,

скіроўваецца ўвага на змяненне стаўлення асобы студэнта да свайго ўласнага жыцця, да блізкіх людзей і навакольнага асяроддзя);

- уключэнне студэнтаў у творчую і даследчую дзейнасць у працэсе выканання заданняў, звязаных з дзейнасцю музея (напісанне эсэ, сачыненняў, распрацоўка планаў-канспектаў заняткаў, стварэнне прэзентацый на тэмы “Музей маёй мясцовасці”, “Музей маёй сям’і”, “Сродкі навучання і музей”, “Выкарыстанне сродкаў музея на занятках у дашкольных установах адукацыі” і інш.);

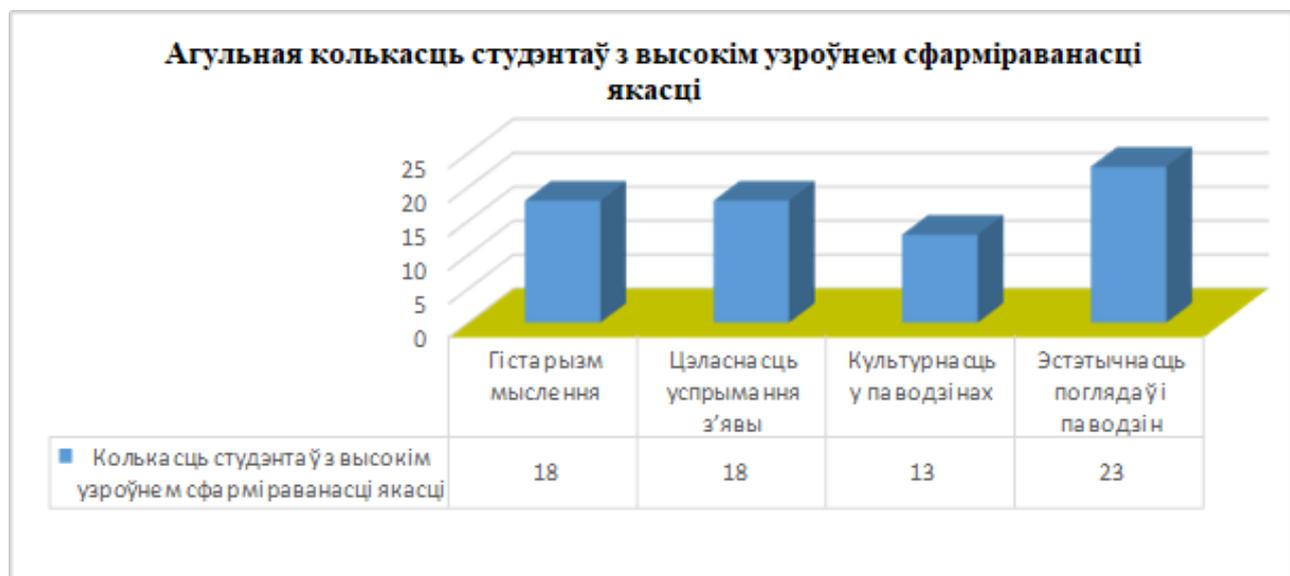
- укараненне заняткаў, звязаных з выкарыстаннем адукацыйных сродкаў музея, у педагогічную практыку студэнтаў (наведванне гарадскога або школьнага музея, выкарыстанне фотаздымкаў і матэрыялаў сайтаў розных устаноў падобнага тыпу, паведамленняў вучняў на ўроках на аснове экспазіцыі, правядзенне слоўнікавай работы на ўроку і інш.).

Пасля правядзення эксперыменту студэнты таксама былі апытаны з дапамогай той жа анкеты аб ацэнцы сваіх якасцей. Колькасць рэспандэнтаў – 18 чалавек, такая колькасць апытаных мела сярэдні або нізкі ўзровень развіцця пералічаных вышэй асобасных якасцей. Атрыманыя вынікі праілюстраваны ў табл. 2 і дыяграме на мал. 2–3.

Табліца 2

**Самаацэнка рэспандэнтамі ступені сфарміраванасці сваіх якасцей пасля правядзення эксперыментальных заняткаў**

	Высокі ўзровень		Сярэдні ўзровень		Нізкі ўзровень	
Сярэдні бал пры ацэнцы	4,1 да 5		ад 3 да 4		ад 1 да 2,9	
Гістарызм мыслення	7	39%	10	56%	1	5%
Цэласнасць успрымання з’явы	8	45%	8	45%	2	11%
Культурнасць у паводзінах	5	28%	12	67%	1	5%
Эстэтычнасць поглядаў і паводзін	11	61%	5	28%	2	11%



Мал. 2. Агульная колькасць студэнтаў з высокім узроўнем развіцця якасцей



**Мал. 3. Агульная колькасць студэнтаў з высокім узроўнем развіцця якасцей у працэнтных суадносінах**

**Заклучэнне.** Як паказаў праведзены эксперымент, колькасць студэнтаў з высокім узроўнем развіцця якасцей павялічылася. Гэта дае падставу сцвярджаць, што створаная адукацыйная прастора ўніверсітэта і музея пры падрыхтоўцы педагогаў-лагапедаў забяспечвае комплекснае фарміраванне такіх якасцей, як гістарызм мыслення, цэласнасць успрымання з'явы, культурнасць у паводзінах, эстэтычнасць поглядаў і перакананняў, што дае падставу гаварыць аб якаснай прафесійнай падрыхтоўцы будучага спецыяліста ў галіне педагогікі на аснове сфарміраванасці прафесійных кампетэнцый. Створаная прастора “ВНУ–музей” дазваляе ажыццяўляць асобнае фарміраванне будучага педагога як гуманнага і дасведчанага ўдзельніка адукацыйнага працэсу, бо дапамагае развіць інтэлектуальныя здольнасці; узбагачае яго ведамі ў розных галінах навукі; упывае на выхаванне агульнай культуры, эстэтычнага густу, на фарміраванне здольнасці да самааналізу; фарміруе актыўную жыццёвую пазіцыю дзякуючы шырокаму кругагляду і цэласнаму бачанню карціны свету; садзейнічае пераасэнсаванню свайго ўласнага жыцця. Усё адзначанае вышэй дае падставу сцвярджаць, што працэс прафесійнай падрыхтоўкі педагогаў-лагапедаў будзе арганізаваны пры гэтым больш якасна, чым пры традыцыйным выкладанні дысцыплін, таму што закранаецца тады светапоглядная і каштоўнасная сфера асобы, што забяспечвае трываласць засвоеных ведаў і яе развіццё.

#### ЛІТАРАТУРА

1. Жук, О.Л. Педагогика. Практикум на основе компетентного подхода: учеб. пособие для преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений / О.Л. Жук, С.Н. Сиренко; под общ. ред. О.Л. Жук. – Минск: РИВШ, 2007. – 182 с.
2. Казимирская, И.И. Воспитательный потенциал учреждений высшего образования: стратегии развития / И.И. Казимирская // Педагогическая наука и образование. – 2016. – № 2. – С. 11–14.
3. Педагогический терминологический словарь. Образовательное пространство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://pedagogical\\_dictionary.academic.ru/2179/Образовательное\\_пространство](https://pedagogical_dictionary.academic.ru/2179/Образовательное_пространство). – Дата доступа: 10.03.2019.
4. Герасимова, А.Ю. Образовательное пространство вуза как условие развития будущего профессионала [Электронный ресурс] / А.Ю. Герасимова // Экономика и экологический менеджмент. – 2014. – № 1. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrazovatelnoe-prostranstvo-vuza-kak-uslovie-razvitiya-buduschego-professionala>. – Дата доступа: 10.03.2019.
5. Ванслова, Е.Г. Музей и школа: пособие для учителя / Е.Г. Ванслова, А.К. Ломунова, Э.А. Павлюченко и др.; сост. Э.А. Павлюченко; под общ. ред. Т.А. Кудриной. – М.: Просвещение, 1985. – 192 с.
6. Основы педагогического мастерства: учеб. пособие для пед. спец. высш. учеб. заведений / И.А. Зязюн, И.Ф. Кривонос, Н.Н. Тарасевич и др.; под ред. И.А. Зязюна. – М., 1989. – 302 с.

7. Березовин, Н.А. Основы психологии и педагогики: учеб. пособие / Н.А. Березовин, В.Т. Чепиков, М.И. Чеховских. – Минск: Новое знание, 2004. – 336 с.
8. Сериков, В.В. Личностно ориентированное образование: поиск новой парадигмы: монография [Электронный ресурс] / В.В. Сериков. – М., 1998. – Режим доступа: [http://www.bim-bad.ru/docs/serikov\\_education\\_of\\_personality.pdf](http://www.bim-bad.ru/docs/serikov_education_of_personality.pdf). – Дата доступа: 31.08.2018.
9. Назарова, Н.М. Специальная педагогика / Н.М. Назарова. – М.: АCADEMA, 2000. – 530 с.
10. Образовательный стандарт высшего образования. Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-03 03 01 Логопедия. Квалификация Учитель-логопед. Преподаватель = Высшая адукацыя. Першая ступень = Higher education. First stage: стандарт / разраб. предисл. УО “Белорус. гос. пед. ун-т имени Максима Танка”. – Введ. с 2013-09-01. – Минск: Мин-во образования Респ. Беларусь, 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://intra.grsu.by/upstandart>. – Дата доступа: 12.12.2017.
11. Muzea i uczenie się przez całe życie / [red. nauk.: Piotr Majewski]. – Warszawa: Narodowy Instytut Muzealnictwa i Ochrony Zbiorów, 2013. – 148 s.

REFERENCES

1. Zhuck O.L., Syrenko S.N. *Pedagogika. Praktikum na osnove kompetentnostnogo podkhoda: Uchebnoye posobiye dlia prepodavatelei, aspirantov i studentov vysshikh uchebnykh zavdenii* [Pedagogy. Training Workshop Based on the Skills Approach: Manual for Teachers, Graduate Students, and Students of Higher Educational Establishments], Mn.: RIVSh, 2007, 182 p.
2. Kazimirskaya I.A. *Pedagogicheskaya nauka i obrazovaniye* [Pedagogical Science and Education], 2016, 2, pp. 11–14.
3. *Pedagogicheski terminologicheski slovar. Obrazovatelnoye prostranstvo* [Pedagogical Glossary of Terms. Educational Space], Available at: [https://pedagogical\\_dictionary.academic.ru/2179/Образовательное\\_пространство](https://pedagogical_dictionary.academic.ru/2179/Образовательное_пространство). – Accessed: 10.03.2019.
4. Gerasimova A.Yu. *Ekonomika i ekologicheski menedzhment, 2014, 1* [Economics and Environmental Management, 2014, 1], Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrazovatelnoe-prostranstvo-vuza-kak-uslovie-razvitiya-buduschego-professionala>. – Accessed: 10.03.2019.
5. Vanslova E.G., Lomunova A.K., Pavlyuchenko E.A. *Muzei i shkola. Posobiye dlia uchitelia* [Museum and School: Teacher’s Handbook], M.: Prosveshcheniye, 1985, 192 p.
6. Zyazun I.A., Krivonos I.F., Tarasevich N.N. *Osnovi pedagogicheskogo masterstva: Ucheb. posobiye dlia ped. spets. vyssh. ucheb. zavdenii* [Basic Pedagogical Skills: Textbook for Pedagogical Universities], M., 1989, 302 p.
7. Berezovin N.A., Chepikov V.T., Chekhovskikh M.I. *Osnovy psikhologii i pedagogiki: Ucheb. posobiye* [Basics of Psychology and Pedagogy: Textbook], M.: Novoye znaniye, 2004, 336 p.
8. Serikov V.V. *Lichnostno orientirovannoye obrazovaniye: poisk novoi paradigmy. Monografiya* [Personality Oriented Education: Search for a New Paradigm. Monograph], M.: 1998, Available at: [http://www.bim-bad.ru/docs/serikov\\_education\\_of\\_personality.pdf](http://www.bim-bad.ru/docs/serikov_education_of_personality.pdf). – Accessed: 31.08.2018.
9. Nazarova N.M. *Spetsialnaya pedagogika* [Special Pedagogy], M.: АCADEMA, 2000, 530 p.
10. *Obrazovatelny standart vysshego obrazovaniya. Vysshey obrazovaniye. Pervaya stupen. Spetsialnost 1-03 03 01 Logopediya. Kvalifikatsiya Uchitel-logoped. Prepodavatel.* [Educational Standard for Higher Education. Higher education. The First Stage. Qualification 1-03 03 01 Speech therapy. Qualification Teacher–Speech Therapist], Maxim Tank Belarusian State Pedagogical University, Introduced in 2013, 09.01. Minsk: Ministry of Education of Belarus, 2013, Available at: <https://intra.grsu.by/upstandart>. – Accessed: 12.12.2017.
11. Muzea i uczenie się przez całe życie / [red. nauk.: Piotr Majewski]. – Warszawa: Narodowy Instytut Muzealnictwa i Ochrony Zbiorów, 2013. – 148 s.

Паступіў у рэдакцыю 06.06.2019

Адрас для карэспандэнцыі: e-mail: [s.grinko@inbox.ru](mailto:s.grinko@inbox.ru) – Грынько С.Д.

## ТРУДОВОЕ ВОСПИТАНИЕ ШКОЛЬНИКОВ В КОНТЕКСТЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК ПРОБЛЕМЫ 70–80-Х ГГ. XX В.

**А.П. Орлова, В.В. Тетерина**

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

*Приоритетность проблемы подготовки подрастающего поколения к трудовой жизни на современном этапе развития общества, и, соответственно, разработки концептуальных подходов трудового воспитания обучающихся в общеобразовательной школе, актуализировало обращение к опыту советской школы 70–80-х гг. XX в., где следует искать истоки решения данной проблемы.*

*Цель статьи – раскрыть опыт теоретической разработки проблемы трудового воспитания школьников в советской педагогике (70–80-е гг. XX в.).*

**Материал и методы.** *Материалом послужили труды теоретиков трудового воспитания, касающиеся 70–80-х гг. XX в. Использованы методы научного исследования теоретического уровня: логический, исторический, сравнительно-сопоставительный, ретроспективный, анализ и синтез; сравнение и обобщение, в том числе обработка и интерпретация авторефератов, представленных в disserCat (электронная библиотека диссертаций).*

**Результаты и их обсуждение.** *В рассматриваемый период исторического времени ученые уточнили понятие «трудоовое воспитание» (С.Я. Батышев, Е.С. Зайцев, Э.Г. Костяшкин, М.Н. Скаткин, Л.Ф. Спириин), определили структурные компоненты содержания трудового воспитания и условия дидактического, воспитательного характера, которыми следует руководствоваться для эффективности осуществления в процессе трудовой подготовки соединения обучения с производительным трудом (П.Р. Атутов, И.Д. Чернышенко), разработали несколько концептуальных трактовок сущности и роли политехнического образования в подготовке молодежи к труду (П.Р. Атутов, В.Г. Зубов, К.А. Иванович, В.А. Поляков, М.Н. Скаткин, А.А. Шибанов, Д.А. Эпштейн). Сформулированные положения позволили определить стратегию развития трудовой подготовки школьников в 70–80-х гг. XX в. и многоаспектно раскрыть цель, содержание и структурные компоненты трудового воспитания учащихся, определить пути, смоделировать процесс и выявить условия эффективной подготовки подрастающего поколения к труду.*

**Заключение.** *Положительный опыт разработки теоретических основ трудового воспитания школьников в период 70–80 г.г. XX в. может послужить основой совершенствования теории и практики трудового воспитания школьников в современных условиях.*

**Ключевые слова:** *гражданин-труженик, подготовка молодежи к труду, трудовое воспитание школьников.*

## SCHOOLCHILDREN LABOR EDUCATION IN THE CONTEXT OF THE 70–80-IES OF THE 20<sup>TH</sup> CENTURY THEORETICAL WORKS ON THE ISSUE

**A.P. Orlova, V.V. Teterina**

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

*The priority of the issue of labor education of the young at the present stage of the development of the society and, correspondingly, of the development of concept approaches of labor education at comprehensive schools, makes the experience of the 70–80-ies of the 20<sup>th</sup> century Soviet school urgent. Sources of the development of the issue can be found there.*

*The purpose is to reveal the experience of the theoretical development of the issue of labor education of the young in Soviet pedagogical science (the 70–80-ies of the 20<sup>th</sup> century).*

**Material and methods.** *Historical and pedagogical literature, works by theoreticians of labor education referring to the 70–80-ies of the 20<sup>th</sup> century were the research materials. Scientific research methods of theoretical level were used: logical, historical, comparative,*

*retrospective, analysis and synthesis; comparison and generalization, including processing and interpretation of dissertation summaries which are presented in disserCat.*

**Findings and their discussion.** *In the period under consideration scholars specified the concept of labor education (S.Ya. Batyshev, E.S. Zaitsev, E.G. Kostyashkin, M.N. Skatkin, L.F. Spirin), identified the structural components of the content of labor education and conditions of didactic and educational character which should direct the efficient labor training by joining teaching and manufacturing work (P.R. Atutov, I.D. Chernyshenko), elaborated a number of concept interpretations of the essence and the role of polytechnic education in labor training of the young (P.R. Atutov, V.G. Zubov, K.A. Ivanovich, V.A. Poliakov, M.N. Skatkin, A.A. Shibanov, D.A. Epstein). The formulated theses made it possible to determine the strategy of the development of schoolchildren's labor training in the 70–80-ies of the 20<sup>th</sup> century and to reveal the multi-aspect goal, contents and structural components of schoolchildren's labor training, to determine ways, to model the process and identify conditions for efficient training of the younger generation for labor.*

**Conclusion.** *The positive experience of the elaboration of theoretical bases of schoolchildren's labor training in the 70–80-ies of the 20<sup>th</sup> century can become the foundation for the improvement of the theory and practice of schoolchildren's labor education nowadays.*

**Key words:** *citizen-laborer, labor training of the young, schoolchildren's labor education.*

**П**роблема подготовки молодежи к труду находится в центре внимания государственной образовательной политики Республики Беларусь. Именно труд является фундаментом воспитания подрастающей смены, конкурентоспособного специалиста, так как он является не только источником материального и духовного богатства общества, но и основным ваятелем социального престижа, гражданской зрелости человека. Вместе с тем, невзирая на предпринимаемые шаги, сфера общественно полезного, производительного труда школьников значительно сузилась, наблюдается тенденция их психологической и практической неподготовленности к труду в материальном производстве. Эти затруднения связаны, прежде всего, с отсутствием современной концепции трудового воспитания школьников, которая учитывала бы тенденции экономического развития общества и основывалась на лучших педагогических традициях, в том числе на теоретическом наследии прошлого.

Цель статьи – раскрыть опыт теоретической разработки проблемы трудового воспитания школьников в советской педагогике (70–80-е гг. XX в.).

**Материал и методы.** Материалом послужили труды теоретиков трудового воспитания, касающиеся 70–80-х гг. XX в. Использованы методы научного исследования теоретического уровня: логический, исторический, сравнительно-сопоставительный, ретроспективный, анализ и синтез; сравнение и обобщение, в том числе обработка и интерпретация авторефератов, представленных в disserCat (электронная библиотека диссертаций).

**Результаты и их обсуждение.** Разработка теоретических основ трудового воспитания школьников в период 70–80-х гг. XX в. нашла свое отражение в ряде диссертационных исследований [1]. Среди них докторские диссертации (П.Р. Атутов, 1970; Ю.К. Васильев, 1979; Ю.А. Дмитриев, 2003; У.Н. Нишаналиев, 1983; А.Г. Пашков, 1992; В.А. Поляков, 1979; Л.Н. Нугуманова, 2011; И.Д. Чернышенко, 1977; В.И. Щеголь, 1994). Все исследования, выполненные на уровне докторских диссертаций, являют собой взаимосвязь и взаимодействие методологического, научно-методического и практико-ориентированного подхода. В частности, П.Р. Атутов рассматривает в своем исследовании политехнический принцип в обучении школьников; Ю.К. Васильев уделяет внимание теории и практике подготовки будущих учителей к осуществлению политехнического образования; В.И. Щеголь посвящает работу теории и практике коммунистического воспитания учащихся советской школы в общественно полезном труде; И.Д. Чернышенко также рассматривает теорию и практику коммунистического воспитания учащихся советской школы в общественно полезном труде (кстати, работа явилась логическим продолжением кандидатской диссертации на тему «Система организации общественно полезного труда ученического коллектива городской средней школы» (1965)); А.Г. Пашков акцентирует внимание на изучении труда в воспитательной системе общеобразовательной школы; Ю.А. Дмитриев анализирует подготовку учителя к трудовому воспитанию младших школьников; У.Н. Нишаналиев ставит целью показать становление и развитие системы подготовки учителей труда в тесной связи с раскрытием специфических путей реализации социального заказа школе в период 1917–1981 гг., с учетом конкретных исторических задач трудового политехнического обучения в советской школе; Л.Н. Нугуманова, проецируя внимание на профильно-ориентированном трудовом воспитании учащихся современной общеобразовательной школы, касается теоретических разработок проблемы в рассматриваемый нами исторический период.

Ученые подходят к исследованию проблем трудового воспитания обучающихся с учетом возрастных особенностей школьников. В том числе имеется ряд научных разработок, в которых акцентируется внимание на обучающихся в начальной школе. В данном контексте представлены исследования, посвященные формированию общетрудовых и политехнических умений и навыков у младших школьников (И.Г. Моргунова, 1992); воспитанию культуры труда младших школьников в процессе учебной и общественно полезной деятельности (Н.Н. Бондарева, 1994); формированию познавательной самостоятельности младших школьников на уроках трудового обучения (Е.Р. Стаценко, 2001); воспитанию ответственной трудовой активности учащихся начальных классов сельских школ (З.А. Петрова, 1991).

В ряде диссертаций проецируется внимание на обучающихся в старших классах. Это исследования, посвященные формированию умений нравственной саморегуляции поведения старшеклассников в трудовой деятельности (Н.А. Сердюк, 1988); воспитанию самостоятельности у младших подростков в процессе трудовой деятельности (И.А. Балабина, 1987); воспитанию у старшеклассников добросовестного отношения к труду на трудовых традициях рабочего класса (Л.Д. Грушова, 1990); воспитанию у старшеклассников добросовестного отношения к труду в процессе производственных и социальных отношений с коллективом (В.В. Тетерина, 1987); экономическому воспитанию учащихся 4–6 классов сельских школ в учебной и внеклассной работе по математике (З.К. Левчук, 1984); подготовке учащихся 4–8 классов к творческой деятельности в процессе трудового обучения (С.И. Столярова, 1982); идейно-нравственной подготовке учащихся 6–8 классов к труду в учебной работе (на материале уроков математики) (Е.И. Лисицина, 1981); организации совместной деятельности школ и учебно-производственных коллективов в целях повышения уровня политической подготовки старшеклассников (А.А. Сухарев, 1982).

Особое место отводилось подготовке будущего учителя к реализации трудового воспитания школьников (Л.А. Гордеева, 1980; Ю.К. Гуськов, 1988; Н.Я. Дзюба, 1973; С.И. Малашенков, 1987; У.Н. Нишаналиев, 1983; Е.Т. Рубцова, 1989; Э.Н. Серпионова, 1991; Е.Э. Шишкина, 1987; В.Г. Шутяк, 1987). И здесь нельзя не отметить исследование У.Н. Нишаналиева, посвященное теории и практике подготовки учителей трудового обучения в истории советского педагогического образования (1917–1981 гг.); диссертацию Е.Э. Шишкиной, направленную на ориентацию обучающихся на педагогическую специальность «учитель трудового обучения» в системе учебно-воспитательной работы школы; работу С.И. Малашенкова, показывающую особенность подготовки будущих учителей черчения и трудового обучения к воспитанию у школьников творческого отношения к труду; научные работы, касающиеся совершенствования подготовки студентов педагогических факультетов к трудовому воспитанию младших школьников (В.Г. Шутяк, 1987); реализации художественно-конструкторского подхода в подготовке будущих учителей начальных классов к трудовому обучению школьников (Э.Н. Серпионова, 1991).

Исследуются дидактические условия подготовки будущего учителя начальных классов к осуществлению экономического образования школьников (в процессе обучения технологии) (О.В. Бажина, 1988); подготовка будущих учителей к изучению, обобщению и использованию передового опыта трудового воспитания школьников (Н.А. Гвоздева, 1988); повышение квалификации учителей трудового обучения (Ю.К. Гуськов, 1988).

Важную составляющую в ряду научных исследований занимают труды, связанные с подготовкой школьников к сельскохозяйственному труду. Здесь следует отметить работы, касающиеся путей совершенствования подготовки будущих учителей трудового обучения к работе по ориентации школьников на сельскохозяйственные профессии (В.П. Витязев, 1987), особенностей подготовки учителей трудового обучения сельской школы (Р.А. Галустов, 1986).

Среди диссертационных работ, посвященных трудовому воспитанию школьников рассматриваемого периода, нельзя не отметить исторические исследования, выполненные как в рамках педагогических (см., напр., «Развитие системы трудового воспитания школьников в Республике Башкортостан в конце XX века (1984–2000 гг.)» (Л.С. Исаргакова, 2008); «Теория и практика подготовки учителей трудового обучения в истории советского педагогического образования (1917–1981 гг.)» (Н.У. Нишаналиев, 1983)), так и исторических (см. диссертацию «Трудовое воспитание школьников Дагестана в середине 70-х – первой половине 80-х годов: опыт и проблемы» (М.М. Солтаналиевич, 1992) наук.

Проблема трудового воспитания школьников наиболее интенсивно, разносторонне и плодотворно стала разрабатываться с 70-х годов XX века. Государство, учитывая новую социально-экономическую ситуацию, целенаправленно повышало роль общеобразовательной школы в подготовке учащихся к труду, особенно в сфере материального производства. Этому способствовало принятие руководящими

органами страны ряда постановлений: «Об организации межшкольных УПК трудового обучения и профориентации» (1974), «О дальнейшем совершенствовании обучения, воспитания учащихся общеобразовательных школ и подготовки их к труду» (1977), «О мерах по дальнейшему укреплению учебно-материальной базы общеобразовательных школ для улучшения трудового обучения учащихся» (1978) и др.

В этих документах, разработанных при непосредственном участии ученых, на научной основе были сформулированы принципиальные положения, определяющие стратегию развития трудовой подготовки школьников: укрепление связи общеобразовательной школы с жизнью, практикой, производством; рассмотрение трудовой подготовки школьников как средства удовлетворения потребности народного хозяйства в трудовых ресурсах и фактора формирования личности. В связи с тем, что была отменена обязательная профессиональная подготовка учащихся и средняя общеобразовательная школа начала развиваться как трудовая и политехническая, потребовались пересмотр концептуальных подходов к решению проблемы подготовки подрастающего поколения к труду и разработка новых теоретических основ, явившихся результатом научно-исследовательской работы многих ученых, главным образом из АПН РСФСР, а затем АПН СССР, осуществляемой при разносторонней поддержке государства. Трудовое воспитание школьников становится фундаментальной проблемой педагогической науки и рассматривается в качестве важнейшего компонента подготовки учащихся к труду.

Отличительной особенностью проводимых научных исследований в период с 1970-х годов до начала 1990-х годов явился единый теоретико-методологический фундамент, который позволил многоаспектно раскрыть цель, содержание и структурные компоненты трудового воспитания школьников, определить пути, смоделировать процесс и выявить условия эффективной подготовки учащихся к труду в соответствии с политико-экономическими условиями развития страны и задачами, поставленными перед общеобразовательной школой.

С.Я. Батышевым, Е.С. Зайцевым, Э.Г. Костяшкиным, М.Н. Скаткиным, Л.Ф. Спириным и др. [2] было разработано несколько трактовок понятия «трудовое воспитание». Все данные трактовки, отличаясь определенными особенностями, были схожи в том, что трудовое воспитание – это целенаправленное формирование качеств личности школьника как будущего труженика социалистического общества. К числу важнейших его качеств исследователи относили прежде всего высоконравственное отношение к труду, которое, по их мнению, включает в себя потребность в труде, трудолюбие, понимание общественной значимости труда, отношение к труду как к главному средству развития своих способностей, творческий подход к труду, психологическую готовность к перемене трудовых функций, к овладению новейшей техникой и технологией, добросовестность, сознательность, привычку систематически трудиться, бережно относиться к общественной собственности, стремиться к изобретательской деятельности. Именно эти качества и обеспечивают готовность учащихся к труду.

В 70–80-е годы XX века особое значение в исследуемой проблеме отводилось определению структурных компонентов содержания трудового воспитания. Несмотря на многообразие подходов, в качестве ключевых элементов ученые выделили:

- знания и убеждения, составляющие основу социально-трудовой культуры: о роли и значении труда в жизни советского человека и общества, о необходимости добросовестного труда на пользу общества как главного источника приумножения национального богатства и т.д.;
- систему навыков и умений применять знания в трудовой деятельности;
- опыт трудовой, рационализаторской, изобретательской, опытнической деятельности;
- нормы отношений к труду, его результатам, нормы нравственно-трудовой воспитанности труженика общества;
- воспитание потребностей и общественно значимых мотивов участия в труде;
- формирование нравственно-трудовых и нравственно-психологических качеств труженика общества.

Важную роль в определении стратегии дальнейших теоретических работ в области трудового воспитания молодежи сыграло законодательно принятое в советском государстве решение о том, что «Политехническое образование, трудовое воспитание и профессиональная ориентация осуществляется в процессе изучения основ наук, трудового обучения, организации разнообразной внеклассной деятельности, общественно полезного труда учащихся».

В разные годы этого периода П.Р. Атутовым, В.Г. Зубовым, К.А. Ивановичем, В.А. Поляковым, М.Н. Скаткиным, А.А. Шибановым, Д.А. Эпштейном и др. было разработано несколько концептуальных трактовок сущности и роли политехнического образования в подготовке молодежи к труду. Все они, несмотря на многообразие подходов, сходились в том, что политехническое образование выступает средством воспитания

личности, формирования в соответствии с объективными требованиями экономики работников, способных ориентироваться во всей системе производства, и политехнизм, не являясь особым предметом, должен пронизывать все школьные дисциплины, включая трудовое обучение.

П.Р. Атутов (1971) [3] предложил концепцию функциональной природы политехнических знаний, согласно которой политехнический принцип в обучении понимался как совокупность дидактических средств, обеспечивающих раскрытие и усвоение школьниками политехнического содержания объектов и средств познавательной и трудовой деятельности.

К.А. Иванович и Д.А. Эпштейн (1972) считали, что цели и задачи политехнического образования не могут быть решены каким-либо одним учебным предметом или одним из многих направлений деятельности школы. Они достигаются только в результате согласованных усилий через всю систему учебно-воспитательной работы – общеобразовательные предметы, трудовое обучение, общественно полезный труд учащихся, внеклассную и внешкольную работу.

Эту точку зрения разделяли М.Н. Скаткин (1973), В.Г. Зубов (1974), полагая, что политехнический принцип в содержании образования состоит в раскрытии научных законов и принципов техники, технологии, организации и экономики современного производства, в вооружении учащихся обобщенными политехническими умениями, легко переносимыми в новые ситуации, в развитии гибкого, подвижного, технического творческого мышления.

А.А. Шибанов (1974) в качестве теоретической основы для решения проблем политехнического образования предложил две взаимосвязанные концепции: производственно-техническую и антропогенную. Согласно второй концепции ученик рассматривался не только как объект, но и как субъект политехнического образования.

Учеными (В.А. Поляков, П.И. Ставский) было доказано, что в ходе политехнического образования учащиеся овладевают знаниями и умениями в сфере базовых способов технологии (механических, биологических, энергетических), охватывающих множество различных частных производственно-технологических процессов, что является одним из определяющих качеств политехнически подготовленного человека. Особенно отмечался аспект мировоззренческой значимости политехнических знаний. Политехнические знания усиливают возможность усвоения нравственно-этических норм поведения учащихся на основе их труда в условиях производства.

П.Р. Атутов, В.А. Кальней, С.У. Калюга, И.Д. Чечель доказали, что объект труда школьников может стать дидактическим средством, если он служит сферой применения и закрепления ранее полученных знаний, стимулирует потребность в новых знаниях. Воспитательным средством объект труда выступает при условии соответствия его уровню знаний и умений учащихся, их возрастным особенностям.

П.Р. Атутовым были выявлены условия дидактического, воспитательного характера, которыми следует руководствоваться для эффективности осуществления в процессе трудовой подготовки соединения обучения с производительным трудом (производительный труд не является самоцелью и процессом, отделенным от общей сферы педагогического воздействия; психолого-педагогические целевые установки производительного труда учащихся включают в себя цели трудового, идейно-политического и нравственного воспитания; содержание труда школьников соответствует их умственным и физическим усилиям на оптимальном уровне напряжения, определяемом психофизиологическими возможностями и уровнем образования; процесс труда способствует углублению, закреплению теоретических знаний учащихся, уяснению ими общих научных основ и единых организационно-экономических принципов современного производства).

Ученый подчеркивал, что соединение обучения с производительным трудом – понятие более широкое, включающее в себя не только связь общеобразовательных знаний учащихся с их трудом, но и процессы воспитания, физического развития учащихся, политехническое и профессиональное образование молодежи, материальные результаты труда и т.п. В этой связи М.Н. Скаткин, продолжая мысль, рассматривает подобную проблему не только как педагогическую, но и как политико-экономическую, народнохозяйственную.

Таким образом, большинство исследователей 1950–1970-х гг. подчеркивало, что проблема соединения обучения с производительным трудом является многоаспектной и включает в себя не только связь изучения основ наук с трудом, но и связь политехнической и профессиональной подготовки, процесса воспитания человека, профессиональной ориентации с производительным трудом. Поэтому нельзя отождествлять соединение обучения с производительным трудом со связью обучения с трудом,

которая является конкретным проявлением общего принципа единства теории и практики в учебно-воспитательном процессе и дидактическим аспектом рассматриваемого нами понятия.

В связи с этим в научной литературе изучаемого периода возник вопрос о разработке оптимального соотношения процессов обучения, воспитания, производительного труда в целях формирования всесторонне развитой личности. Во многих исследованиях показано, каким не должно быть обучение (низкий теоретический уровень) и каким не должен быть производительный труд (узкоспециализированный и ремесленный). Теоретические разработки доказали, что для успешного решения этой задачи необходимо включать школьников в реальные трудовые отношения. Труд учащихся должен осуществляться по логике и законам настоящего производственного процесса и сопровождаться выпуском материальных и духовных ценностей, имеющих потребительскую стоимость. Ученые приходили к выводу о важности учета противоречий, существующих между обучением и производительным трудом. В частности, отстаивалась точка зрения о том, что соединению обучения с производительным трудом присущи два типа противоречий, требующих разрешения при его реализации. Первый тип противоречий (между трудом учащихся и современным производством) обусловлен принадлежностью производительного труда школьников к экономическим категориям; второй тип (между производительным трудом школьников и их учебным трудом – учением) – несовпадением структур и механизмов познавательной и предметно-преобразующей деятельности.

Таким образом, в 70-е годы XX века был подготовлен и научно обоснован теоретико-методологический фундамент понимания сущности соединения обучения с производительным трудом, его роли в формировании личности труженика.

Крупномасштабные исследования в указанный хронологический период были сконцентрированы на выявлении роли труда как главного средства формирования качеств будущего труженика. Воспитание в труде предполагает решение таких воспитательных задач, как воспитание у учащихся готовности к труду, внутренней убежденности в необходимости труда, трудолюбия, уважения к результатам труда, чувство ответственности за порученное дело. При этом А.А. Шибанов подчеркивает, что наиболее благоприятные возможности для воспитания в процессе труда имеются в среднем и старшем школьном возрасте. Если коллектив сплочен и организован, в нем достаточно развито понимание цели и задач трудовой деятельности, то в этом случае создаются весьма благоприятные условия для формирования у подростков сознательного отношения к труду. Для этого существенное значение имеет включение подростков в разнообразные виды коллективного общественно полезного производительного труда. Важно приобщать ребенка к участию в общественно полезном труде вместе с коллективом промышленных предприятий,строек, колхозов, совхозов. Непосредственное общение представителей старших поколений, ветеранов труда со школьниками облегчает передачу подрастающему поколению трудового опыта, трудовых традиций. Коллектив рабочих помогает учащейся молодежи осознать общественное значение труда, формирует потребность в нем, воспитывает понимание своего долга, дисциплинированность, убежденность и целеустремленность, чувство коллективизма.

Поиск ученых концентрируется на выявлении эффективных в воспитательном отношении форм организации общественно полезного, производительного труда школьников.

П.Р. Атутов, В.А. Кальней, С.У. Калюга, И.Д. Чечель доказывали, что особое место в производительном труде на базе школьных мастерских во внеурочное время должно принадлежать выполнению заказов предприятий. Эта форма организации производительного труда школьников по структуре приближается к промышленному предприятию: здесь созданы производственные бригады, есть свои контролеры, диспетчеры. При этом результативность воспитания школьников на базе школьных мастерских повышается, если в организации труда принимает участие весь педагогический коллектив, а не один учитель трудового обучения. В свою очередь работники базового предприятия должны ознакомить педагогов с современным социалистическим производством, социально-экономическими основами, структурой его организации.

Д.П. Ельников, М.Б. Ханин обращают внимание на важность установления деловых отношений между учителем и учащимися, предъявление единых требований ко всем членам класса, налаживание системы контроля за работой коллектива, изучение результатов деятельности учащихся. Особое внимание уделяется стимулированию труда учащихся в школьных мастерских: оценка, организация соревнований, различные формы морального поощрения (поздравление учеников перед строем класса, объявление благодарности, фотографирование у вымпела «Лучшей бригаде», награждение почетной грамотой, посылка благодарственных писем в адрес лучших учеников и т.д.), материальное

поощрение. В трудовом воспитании школьников, по мнению ученых, особую роль играет характер учебно-материальной базы: в каких условиях протекает труд подростков, как укомплектованы всем необходимым рабочие места учащихся и учителя. На воспитание культуры труда подростков большое влияние оказывает интерьер школьных мастерских.

В эти годы результаты исследований Н.А.Томина, Н.И. Бабкина, С.Я. Батышева, В.И. Ширинского, Н.М. Истратовой, П.Р. Сырбу, А.В. Пахомова и др. убеждают, что наиболее перспективными и педагогически целесообразными формами организации трудовой деятельности учащихся являются учебно-производственные комбинаты, учебные цеха на предприятиях. При этом следует учитывать основные условия организации производительного труда школьников: аттестация и рационализация рабочих мест; подбор объектов труда, общественная значимость труда; учащиеся должны представлять конечную цель труда.

Л.Ф. Спирин, Е.С. Зайцев, П.П. Костенков, А.В. Пахомов, Н.М. Гаджиева, А.Г. Шаталов и другие сосредотачивают внимание на разработке теоретических основ и методики организации опытнической работы учащихся на пришкольных участках и в производственных бригадах. В своих научных трудах ученые неоднократно подчеркивали, что тематика опытов должна определяться не только целями закрепления учебного материала, но и запросами сельскохозяйственного производства. Ими были разработаны педагогические стандарты деятельности ученических производственных бригад, основанных на принципах добровольности, постоянстве состава.

Ученые пришли к выводу, что ученическая бригада (комплексная, территориальная) лишь в том случае формирует у учащихся высоконравственные отношения, если организация труда позволяет познать школьникам с основами планирования и предоставляет им возможность практически применять свои знания, умения и навыки, их труд тесно связан с техническим творчеством, сельскохозяйственным опытничеством, деятельность бригады строится на самоуправлении, осуществляется круглогодично, соблюдается НОТ в планировании трудовой деятельности членов ученической бригады. Весьма ценной явилась рекомендация о привлечении школьников к рационализации и конструированию сельскохозяйственной техники. Экспериментально было доказано, что указанные выше факторы способствуют воспитанию у сельских школьников любви к технике и творческому сельскохозяйственному труду, к людям труда и, что особенно важно, помогают решить весьма острую социально-экономическую проблему: обеспечение совхозов и колхозов всесторонне грамотными, культурными и политехнически образованными кадрами механизаторов.

Следует отметить, что в 1980-е годы была разработана концепция трудовой подготовки подрастающего поколения и учащейся молодежи в системе непрерывного образования (1988), в разработке которой принимал активное участие ряд ученых (П.Р. Атутов и В.А. Полякова). Был подготовлен справочник по трудовому обучению, ставший популярным пособием для учителей (А.П. Демидова, Н.Е. Цейтлин, 1983). Появились работы по методологии проблем трудового воспитания (А.И. Кочетов, 1982), а также труды методического характера, определяющие содержание трудового воспитания школьников (А.Я. Журкина, И.И. Зарецкая, 1989), совершенствование содержания политехнической подготовки учителей труда в пединституте (В.И. Гусев, 1988), теорию и методику трудового обучения и воспитания (С.Я. Батышев, 1981; В.М. Казакевич, 1983; И.Д. Чернышенко, 1981), методы и организационные формы политехнического образования школьников (П.Р. Атутов, 1978), формирование социально активной личности школьников в трудовом обучении и воспитании (Л.А. Лиферов, 1989).

Работы исторического характера в определенной мере стимулировали процесс развития теории трудового воспитания школьников. В качестве примера следует отметить издание такого фундаментального труда, как «Антология педагогической мысли. Прогрессивная зарубежная педагогическая мысль о трудовом воспитании и профессиональной ориентации» (1988).

Стимулировали и направляли теоретические исследования проблемы трудового воспитания публикации ученых в педагогической прессе. В частности, важное место в определении теоретических основ трудового воспитания школьников занимал ведущий педагогический теоретический журнал «Советская педагогика». Здесь рассматривались важнейшие вопросы, касающиеся трудового воспитания школьников: организация производительного труда учащихся (С.Е. Матушкин, П.И. Чернецов, 1988), формирование умений и навыков в процессе трудового обучения (А.М. Новиков, 1972), требования к подготовке учителя труда (Е.Г. Сапогов, М.Б. Сулла, 1987), развитие технического творчества в трудовом обучении учащихся (П.Н. Андрианов, 1981), подготовка преподавателей для профессионального обучения учащихся (П.Р. Атутов, В.И. Ложкин, 1985), воспитание у школьников интереса к сельскохозяйственному труду (А.Ф. Ахматов, 1978).

Особое внимание советских исследователей (И.Д. Чернышенко, П.П. Костенко, Э.Г. Костяшкина) было сконцентрировано на научной разработке педагогических основ организации общественно полезного, производительного труда школьников (отборе объектов труда, планировании, аттестации и рационализации рабочих мест и т.д.) [4].

Следует отметить, что важную роль в теоретической разработке проблемы трудового воспитания школьников играли научно-педагогические школы и лаборатории. Примером подобной школы стала научно-педагогическая лаборатория белорусского ученого И.Д. Чернышенко. Развивая идею воспитания гражданина-труженика, хозяина-коллективиста, он акцентирует внимание на определении дидактических условий успешной подготовки школьников к труду, нахождении форм и содержания внеклассной работы по трудовому воспитанию учащихся, созданию педагогически целесообразной системы общественно полезного труда ученического коллектива, позволяющей установить связи и социальные отношения между производственными коллективами и учащимися школ, проецируя внимание на управление процессом становления учащихся гражданами-тружениками. В рамках научно-педагогической лаборатории работает ряд ученых. В.В. Тетерина разрабатывала пути и средства включения старшеклассников в процессе трудовой и общественной деятельности в производственные и социальные отношения коллектива базового предприятия, выявляла условия их воздействия на воспитание у школьников добросовестного отношения к труду. С.И. Малашенков посвящает исследование подготовке учителей черчения и трудового обучения, где определяющим стало овладение двумя методиками: методикой политехнического обучения и методикой организации детского технического творчества и воспитания у школьников творческого отношения к труду. В.В. Устименко определяет дидактические условия и средства, обеспечивающие усиление политехнической и трудовой направленности уроков математики и внеклассной деятельности. З.К. Левчук раскрывает диалектическую взаимосвязь между трудовым и экономическим воспитанием. Л.Д. Грушова доказывает, что в воспитании у школьников добросовестного отношения к труду важно использовать традиции рабочего класса, осуществляя органическую связь учебной и внеклассной работы. Е.И. Лисицина обосновывает, что успешность становления будущего гражданина-труженика достигается в результате социализации обучения, и определяет целесообразные пути и средства связи предмета с жизнью, трудом советского народа. А.А. Сухарев (научным руководителем по диссертации которого был П.Р. Атутов) изучает совместную деятельность школ и учебно-производственных комбинатов в политехнической подготовке старшеклассников [5–7].

В многочисленных научных исследованиях ученые приходят к выводу, что для того, чтобы производительный труд школьников был эффективным средством формирования знаний, умений и качеств личности, он должен отвечать ряду требований: быть экономически целесообразным; объекты труда должны иметь четко выраженный общественно полезный характер; виды выполняемых трудовых операций надо систематически менять, чередовать; производительный труд должен вызывать интерес у школьников.

Экспериментально было доказано, что эффективность трудового воспитания учащихся зависит не только от правильного определения и отбора содержания и форм труда, но и используемых методов и приемов (воспитание на положительном примере, на трудовых традициях советского народа, организация социалистического соревнования).

В 70–80-х годах XX века особое внимание уделялось разработке проблемы трудового воспитания учащихся во внеурочной работе школы. М.А. Скаткин, Э.Г. Костяшкин в качестве общепедагогических требований к организации внеурочной трудовой деятельности школьников относят систематичность, непрерывность, единство и взаимосвязь внеурочной работы школы, внешкольных учреждений, семьи и родственных коллективов. Ими было доказано, что важным звеном в системе трудового обучения и воспитания являются трудовые кружки: кружки бытового труда, сельскохозяйственные, технические, прикладные, а также техническое творчество учащихся. При правильной организации технического творчества учащихся создаются благоприятные условия для воспитания таких ценных качеств личности, какими являются наблюдательность, трудолюбие, целеустремленность, коллективизм, стремление к красоте, а главное, самостоятельное решение технических задач. Эти качества личности школьника могут быть воспитаны при условии, если этот труд будет отвечать основным педагогическим требованиям: иметь общественную мотивацию творческой деятельности, политехнический характер. Важно установить систему подчинения и руководства: осуществлять связь и товарищескую взаимопомощь в коллективной работе, проводить учет работы и широко информировать о ее результатах.

В исследованиях указанного периода акцентируется внимание на следующих наиболее эффективных формах трудового воспитания школьников во внеклассной работе: викторины; устные журналы, посвященные трудовой, производственно-технической, профориентационной тематике; коллективные просмотры кинофильмов; читательские конференции, посвященные делам народа; производственные экскурсии; встречи с ветеранами, передовиками производства; пионерские сборы, комсомольские собрания, посвященные

трудовым подвигам советских людей; уроки культуры и труда; составление летописей родного завода; трудовые десанты; праздники труда, слеты юных техников, конкурсы профессионального мастерства; выполнение заданий маршрута «Пионерстрой», тимуровская работа; школьное лесничество, ученические строительные отряды, лагеря труда и отдыха и др.

В научных работах подчеркивается, что процесс трудового воспитания не может осуществляться без педагогического предвидения, прогнозирования и планирования. Обязательным является управление процессом трудового воспитания школьников, которое включает решение задач по анализу состояния объекта воспитания (педагогическая диагностика); прогнозирование предстоящего процесса, организацию и осуществление преобразовательной педагогической деятельности и соответствующей деятельности объектов воспитания; анализ итогов решения педагогических задач; определение перспектив нового состояния объекта воспитания и выход на новый цикл.

**Заключение.** Таким образом, разработка теоретических основ трудового воспитания школьников, проводимая советскими учеными в указанный исторический период, отвечала потребностям развивающейся экономики и тем задачам, которые выдвигались перед школой в государственных документах и материалах по народному образованию. Наибольший интерес для разработки современных концептуальных подходов к трудовой подготовке школьников представляют взгляды ученых на роль политехнического образования; требования к организации общественно полезного, производительного труда; условия, повышающие его эффективность. В этой связи разработка содержательных основ трудового воспитания учащихся в нынешней общеобразовательной школе должна принимать во внимание решение следующих вопросов:

- осмысление задач трудового воспитания школьников с учетом современной социально-экономической ситуации в Республике Беларусь;
- моделирование системы знаний, убеждений, потребностей, мотивов, нравственных качеств гражданина-труженика;
- прогнозирование видов деятельности, направленных на включение учащихся в социально-производственные, коммерческие отношения, которые доминируют в деловом мире;
- управление процессом трудового становления личности.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы, размещенные в научной электронной библиотеке диссертаций и авторефератов Российской Федерации (disserCat – электронная библиотека диссертаций).
2. Скаткин, М.Н. Трудовое воспитание и профориентация школьников / М.Н. Скаткин, Э.Г. Костяшкин. – М.: Просвещение, 1984. – 190 с.
3. Трудовая подготовка школьников / под ред. П.Р. Атутова [и др.]. – Киев: Рад. школа, 1987. – 224 с.
4. Чернышенко, И.Д. Трудовое воспитание школьников / И.Д. Чернышенко. – М.: Просвещение, 1981. – 191 с.
5. Орлова, А.П. Проблемы трудового воспитания школьников в белорусской педагогике 70–80-х годов XX века / А.П. Орлова, В.В. Тетерина, Н.К. Зинькова // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2010. – № 6(60). – С. 96–101.
6. Орлова, А.П. Проблема трудового воспитания школьников в белорусской педагогике 70–80-х гг. XX в. (научно-педагогическая лаборатория И.Д. Чернышенко) / А.П. Орлова, Н.К. Зинькова, В.В. Тетерина // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2011. – № 6. – С. 108–114.
7. Орлова, А.П. Труд – основа жизни и научно-педагогической деятельности: к 90-летию со дня рождения И.Д. Чернышенко / А.П. Орлова, В.В. Тетерина, Н.К. Зинькова // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2014. – № 6(84). – С. 64–70.

### REFERENCES

1. *Materiali razmeshchenniye v nauchnoi elektronnoi biblioteke dissertatsii i avtoreferatov Rossiiskoi Federatsii* [Scientific E-Library of Dissertations and Summaries of the Russian Federation Materials, disserCat].
2. Skatkin M.N., Kostyashkin E.G. *Trudovoye vospitaniye i proforiyentatsiya shkolnikov* [Schoolchildren's Labor Education and Job Advising], M.: Prosveshcheniye, 1984, 190 p.
3. Atutov P.R. *Trudovaya podgotovka shkolnikov* [Schoolchildren's Labor Training], Kiev: Rad. shkola, 1987, 224 p.
4. Chernyshenko I.D. *Trudovoye vospitaniye shkolnikov* [Schoolchildren's Labor Education], M.: Prosveshcheniye, 1981, 191 p.
5. Orlova A.P., Teterina V.V., Zinkova N.K. *Vestnik VGU* [Journal of Vitebsk State University], 2010, 6(60), pp. 96–101.
6. Orlova A.P., Zinkova N.K., Teterina V.V. *Vestnik VGU* [Journal of Vitebsk State University], 2011, 6, pp. 108–114.
7. Orlova A.P., Teterina V.V., Zinkova N.K. *Vestnik VGU* [Journal of Vitebsk State University], 2014, 6(84), pp. 64–70.

Поступила в редакцию 15.05.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: annaor39@yandex.ru – Орлова А.П.

# ИНФОРМАЦИОННАЯ КОМПЕТЕНТНОСТЬ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА КАК ОБЪЕКТ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

**О.А. Любченко**

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

*Профессиональная подготовка современного студента технического университета направлена на инновационную, преобразующую, рационализаторскую и изобретательскую деятельность, а базовой составляющей его функциональных обязанностей является информационный компонент. Поэтому от уровня сформированности информационной компетентности, которая при переходе к обществу знаний определяется мировым сообществом в качестве ключевой, зависят успешная профессиональная карьера и востребованность на рынке труда.*

*Цель статьи – определение понятия «информационная компетентность студентов технического университета», раскрытие его содержания, обоснование компонентной структуры и сущностных характеристик.*

**Материал и методы.** *Материалом для исследования послужили научные труды отечественных и зарубежных библиографов и ученых-педагогов, занимающихся разработкой вопросов компетентности, компетентностного подхода, информационной компетентности. Для достижения цели были использованы следующие методы, относящиеся к теоретическому уровню научного познания: анализ научной литературы для определения содержания понятия «информационная компетентность студентов технического университета», синтез, формализация научных источников, описание, сопоставление; системно-комплексный и структурный при обосновании компонентов информационной компетентности.*

**Результаты и их обсуждение.** *Представлен теоретический этап исследования сущности формирования информационной компетентности студентов технического университета как составляющей профессиональной подготовки в условиях библиотечной образовательной среды. И, как результат, определено содержание понятия «информационная компетентность студентов технического университета» как интегративного качества личности, разработана его структура, включившая мотивационный, профессионально-деятельностный и рефлексивный компоненты, уточнены свойства.*

**Заключение.** *Таким образом, под информационной компетентностью студентов технического университета будем понимать интегративное качество личности, характеризующее ценностное отношение к информации, готовность личности к реализации определенных информационных потребностей, использованию адаптированных к специальности образовательных ресурсов и информационно-коммуникационных технологий, стимулирующее творчество, самооценку и саморефлексию будущих специалистов.*

**Ключевые слова:** *информационная компетентность, компетентностный подход, студенты технического университета, профессиональная подготовка.*

## INFORMATION COMPETENCE OF TECHNICAL UNIVERSITY STUDENTS AS A RESEARCH OBJECT

**O.A. Lubchenko**

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

*Professional training of the technical student nowadays is aimed at innovative, modifying, labor-saving and inventive activity while the base component of its functional responsibilities is the information one. That is why the level of shaped information competence, which is defined by the global community as a key one during the transition to the knowledge society, determines a successful professional career and relevance at the labor market.*

*The purpose of the article is identification of the concept of information competence of technical university students, revealing its contents, justification of the component structure and essence characteristics.*

**Material and methods.** *The research material is scientific works by domestic and foreign librarian-scientists and teachers-scholars who are engaged in the development of the issues of competence, competence approach, and information competence. To reach the goal the following methods which refer to the theoretical level of scientific cognition were used: scientific literature analysis for the identification of the content of the concept of information competence of technical university students, synthesis, formalization of scientific sources, description, comparison as well as the system and complex and the structural while considering the components of information competence.*

**Findings and their discussion.** *The theoretical stage of the study of the essence of shaping information competence of technical university students as a component of professional training in the conditions of the library academic environment is presented. Following it, the content of the notion of information competence of technical university students as an integrative quality of the personality is identified; its structure is elaborated, which includes motivating, professional and operation as well as reflexive components, their qualities are specified.*

**Conclusion.** *Thus, information competence of technical university students is understood as an integrative quality of the personality, which characterizes value attitude to information, readiness of the personality for the implementation of certain information needs, for the application of job adapted academic resources and information and communication technologies, stimulating creativity, self-esteem and self-reflection of would-be specialists.*

**Key words:** *information competence, competence approach, technical university students, professional training.*

Успешная профессиональная карьера, востребованность на рынке труда невозможны без готовности современного специалиста осваивать новые технологии, адаптироваться к изменяющимся условиям труда, постоянно повышать свой профессиональный уровень. В Государственной программе «Образование и молодежная политика» на 2016–2020 годы [1] приоритетным направлением названо повышение конкурентоспособности системы высшего образования Республики Беларусь на мировом рынке образовательных услуг за счет имплементации международных и европейских подходов, одним из которых является компетентностный, усиливающий практическую направленность обучения. В Кодексе Республики Беларусь об образовании [2] закреплена компетентностная модель подготовки студентов, сущность которой заключается в том, что ее результаты признаются значимыми за пределами системы образования и приоритетным показателем является не определенная сумма полученных знаний, а их деятельно-практическая способность. В учреждениях высшего образования умения и навыки взаимодействия с информационными массивами также формируются в рамках компетентностного подхода. Данный подход в определении целей и содержания образования в целом не является совершенно новым. Ориентация на овладение способами деятельности рассматривалась в трудах педагогов К.Я. Вазиной, В.В. Краевского, И.Я. Лернера, Г.П. Щедровицкого и др., в результате чего разработаны отдельные образовательные технологии и материалы. В странах Европы и в США уже произошла переориентация на формирование ключевых компетенций, поэтому для изучения опыта реализации компетентностного подхода используются разработки таких зарубежных педагогов, как В. Eisenberg, J. Jeremy, P. Presti. Идеи данного подхода также нашли отражение в трудах белорусских и российских авторов В.И. Байденко, В.А. Болотова, А.А. Вербицкого, А.И. Жук, О.С. Жук, Э.Ф. Зеера, И.А. Зимней, Д.А. Иванова, А.В. Хуторского, И.И. Цыркуна. Как справедливо отмечает Г.Б. Паршукова, компетентностный подход имеет предпосылки для развития и в области библиотечной педагогики, так как требования к образовательной деятельности библиотек уже не просто носят содержательный характер («чему учить»), но и имеют практическую направленность («что, собственно, будут уметь пользователи, будут ли они применять в своей информационной практике знания и умения, полученные в библиотеках») [3].

Профессиональная подготовка современного студента технического университета направлена на инновационную, преобразующую, рационализаторскую и изобретательскую деятельность, а базовой составляющей его функциональных обязанностей является информационный компонент. Поэтому от уровня сформированности информационной компетентности (ИК) зависят успешная профессиональная карьера и востребованность на рынке труда.

Теоретической значимостью обладает определение сущности и содержания понятия «информационная компетентность студентов технического университета», выявление научных подходов к структуре и уровням. Современной наукой накоплен некоторый опыт в исследовании данного вопроса, чему посвящены работы таких авторов, как Ю.И. Аскерко, Н.А. Войнова, Д.В. Голубин, А.В. Гоферберг, О.Б. Зайцева, И.А. Зимняя, М.А. Холодная, А.В. Хуторской и др. Информационную компетентность рассматривают, с одной стороны, как составляющую информационной культуры личности (Н.И. Гендина,

Н.В. Збаровская, Г.Б. Паршукова и др.), а с другой стороны, как составляющую профессиональной подготовки (Г.Б. Голуб, Э.Ф. Морковина, К.В. Шапошников и др.).

Цель статьи – определение понятия «информационная компетентность студентов технического университета», раскрытие его содержания, обоснование компонентной структуры и сущностных характеристик.

**Материал и методы.** Материалом для исследования послужили научные труды отечественных и зарубежных библиокологов и ученых-педагогов, занимающихся разработкой вопросов компетентности, компетентностного подхода, информационной компетентности. Для достижения цели были использованы следующие методы, относящиеся к теоретическому уровню научного познания: анализ научной литературы для определения содержания понятия «информационная компетентность студентов технического университета», синтез, формализация научных источников, описание, сопоставление; системно-комплексный и структурный при обосновании компонентов информационной компетентности.

**Результаты и их обсуждение.** Объектом научных публикаций является структура информационной компетентности, система методов и условий ее формирования, а также влияние уровней ИК на профессиональную подготовку. Целостное представление об информационной компетентности, выделение ее сущностных характеристик, определение ключевых свойств данного феномена выступает теоретической предпосылкой для исследования тенденций и условий ее формирования. Для студентов технического университета информационная компетентность на сегодняшний день является как необходимым минимумом в современном обществе, так и одним из основных инструментов эффективной образовательной деятельности, которая способствует адаптивности, конструктивности, расширению видов деятельности, самоизменению, творчеству и, следовательно, развитию их профессиональной компетентности. В педагогических исследованиях ИК связывают либо с отдельными специальностями и направлениями подготовки (инженерами, педагогами, юристами), либо с конкретными условиями реализации этой компетентности (в техническом университете, при обучении иностранному языку, в условиях библиотеки). Следует отметить, что формировать информационную компетентность специалистов определенной профессии необходимо с учетом специфики их будущей профессиональной деятельности. В терминах нынешней педагогической науки речь идет о формировании у выпускников учреждений высшего образования информационной компетентности на специальном уровне.

Анализ учебно-методических материалов (учебных программ, пособий по основам информационной культуры) показал, что в содержание информационной компетентности студентов технического университета можно включить следующие составляющие: знание закономерностей функционирования отраслевых документных потоков; знание стратегии информационного поиска в различных информационных ресурсах; умение производить целенаправленный отбор и сохранение информации в базах данных; умение осуществлять аналитико-синтетическую обработку информации; умение ориентироваться в едином информационном пространстве.

В инновационных условиях понятие «информационная компетентность» расширяется от технологических умений поиска необходимой информации, работы с ней до умений установить, сформулировать проблему, информационный запрос на основе всесторонней рефлексии причин затруднений и способствует развитию следующих значимых для профессиональной деятельности качеств:

– креативная деятельность направлена на реализацию творческой активности, импровизацию и сотрудничество, стимулирует создание принципиально новых идей, мотивирует саморазвитие и проявление интеллектуальных способностей;

– конструкторская находчивость содействует организации самостоятельного поиска при решении профессиональных задач, включая предприимчивость при выборе способов и методов достижения цели, самоанализ, проявление технической логики, инжиниринга;

– социальность инженерного общения предполагает открытость и готовность к совместной деятельности, внимательное отношение к мнению других, умение вести диалог и аргументировать выбор при принятии инженерного решения, умение точно излагать и выражать свои мысли [4].

Информационная компетентность студентов технического университета также способствует формированию творческого инженерного мышления, которое направлено на разработку прогрессивных технологий с учетом тенденций развития соответствующей отрасли, а также

на формирование умений оперировать и ссылаться на наиболее значимые научные и прикладные труды, научно-технические документы. Набор этих компетенций приводит к «готовности использовать информационные ресурсы, делать аргументированные выводы, применять полученные данные для планирования и осуществления своей деятельности, что позволяет будущему специалисту принимать осознанные решения на основе критически осмысленной информации» [5].

Информационная компетентность студента технического университета предполагает, что в основе решения образовательных и профессиональных задач лежит освоение нового или ранее не применявшегося информационного ресурса. Научно-техническое знание, имеющее первостепенное значение при профессиональной подготовке будущего специалиста, и научно-техническая информация, в которой оно зафиксировано, отличаются рядом специфических особенностей в сравнении с гуманитарными. Данное знание существует в научно-техническом комплексе, который находится вне границ государств, территорий, языковых барьеров. В нем применяются универсальные, понятные для определенных групп специалистов языки формул, цифр, определенная терминосистема, латинский язык. Научно-техническое знание хорошо структурировано, так как его основу составляют результаты фундаментальных и прикладных исследований. Особенности содержания и языка научно-технической информации определяются сложностью самих объектов науки и отраслей промышленности, методов и инструментария изучения данных объектов. Структура информационных ресурсов также имеет отличительные черты, которые нашли отражение в видовых особенностях и их пропорции. В их составе центральное место занимают специальные виды документов: патенты, технические нормативные правовые акты, промышленные каталоги, неопубликованные и непубликуемые документы.

Содержание информационной компетентности студентов технического университета определяется способностью выявлять пробелы в знаниях и умениях при решении новых образовательных задач и оценивать значимость профессиональной информации для собственной деятельности; в умении работать с отраслевыми информационными источниками, использовать знаковые системы, абстрактные модели, пакеты схемотехнического моделирования, осуществлять поиск и чтение графической информации (чертежей, графиков и др.), что позволяет самостоятельно осваивать знания и умения, необходимые для формирования профессиональной компетентности. В результате у студентов вырабатывается привычка к регулярному поиску и обработке информации, которая встраивается в особый тип организации знаний.

Важным теоретико-методологическим аспектом исследования является структура информационной компетентности, которая нашла отражение в трудах Д.С. Ермакова, Х. Лау, С.В. Молчан, Е.В. Петровой, С.В. Тришиной, А.В. Хуторского и др. и позволяет рассмотреть информационную компетентность как многоуровневую и многокомпонентную дефиницию, выделив необходимые составляющие компоненты, дополняющие друг друга и позволяющие говорить об информационной компетентности как о системе, включающей базовый и профессиональный блоки.

Базовый или инвариантный блок составляет совокупность знаний и умений осуществления информационной деятельности, которая является универсальной для всех категорий пользователей, и предполагает различную глубину освоения тех или иных информационных ресурсов, аппаратных и программных средств в зависимости от специфики конкретной профессиональной деятельности.

Профессиональный или вариантный блок является специфическим для каждой профессиональной категории пользователей комплексом, включающим специализированные виды документов, аппаратные и программные средства, которые используются применительно только в одной или нескольких, смежных ей, профессиональных средах, что обеспечивает высокую конкурентоспособность будущего специалиста в узкой сфере его профессиональной деятельности.

С учетом специфики высшего технического образования на основе положений системного и деятельностного подходов нами обоснована структура информационной компетентности студентов технического университета, которая включает три компонента: мотивационный, профессионально-деятельностный и рефлексивный.

1. Мотивационный компонент характеризуется положительной мотивацией, опытом эмоционально-ценностного отношения к процессу и результату формирования ИК и личной

заинтересованностью в овладении ею, обеспечивает готовность студентов использовать информационные ресурсы в качестве источника знаний.

2. Профессионально-деятельностный компонент включает когнитивные действия по поиску, сбору, хранению и обработке информации соответствующей предметной области, разработку творческих проектов, владение методами аналитико-синтетической обработки и умениями технологизировать работу с информацией, обеспечивает приобретение опыта информационной деятельности, умений формировать систему знаний и представлений, составляющих ее содержательную основу.

3. Рефлексивный компонент проявляется в творческом применении информации, включает умение проводить самоанализ и саморегуляцию собственной информационной деятельности на основе всесторонней рефлексии результатов процесса работы с информацией и причин затруднений, а также заключается в правильном понимании и оценивании потенциальных возможностей и собственных способностей в отношении применения информационной компетентности в образовательной и будущей профессиональной деятельности.

Компоненты находятся в непрерывном развитии и взаимодействии, учитывают особенности будущей профессиональной деятельности и отражают генезис информационной компетентности, которая отражает разные уровни профессионализма личности, его профессиональной подготовки как относительно нового социокультурного феномена, что концентрируется в требованиях к современному специалисту [6] и обладает рядом свойств, раскрывающих ее специфику и сущность. Анализ научной литературы по проблемам информационной компетентности технического университета, практики профессиональной подготовки и деятельности будущего специалиста во внешней среде позволил уточнить сущностные свойства ИК, к которым мы отнесем:

1) интегративность: ИК позволяет объединить познавательные, коммуникативные и технологические аспекты информационной деятельности;

2) универсальность структуры: ИК присущи общие компоненты, составляющие ее содержательную основу независимо от направления подготовки и содержания образовательных программ, а также условий, в которых осуществляется работа с информацией;

3) контекстуальность содержательного наполнения: информационную компетентность студентов технического университета можно рассматривать в различных контекстах: инженерного сознания, мышления, деятельности, мировоззрения, а также в контексте профессиональной, образовательной, научно-исследовательской деятельности; в каждом из таких контекстов будут проявляться отдельные компоненты информационной компетентности, имеющие различное содержательное наполнение;

4) динамичность контента: набор знаний, умений и навыков, образующих информационную компетентность, изменяется под воздействием внешних факторов, что связано с появлением новых информационных источников и технологий;

5) двойственность: ИК можно рассмотреть с позиции компонента информационной культуры и профессиональной подготовки, а также в качестве самостоятельной компетентности;

6) надпредметность: формирование информационной компетентности осуществляется не только библиотечными средствами, но и в образовательном процессе, а также в ходе самостоятельной работы студентов;

7) незавершенность: процесс формирования ИК осуществляется с учетом изменений во внешней среде и, следовательно, влечет за собой постоянное расширение знаний и умений информационной деятельности, в связи с чем запускается механизм реализации принципа непрерывного образования;

8) свойство широты распространения: знания и умения, получаемые в рамках формирования ИК, могут использоваться при решении широкого круга теоретических задач, а также в практической деятельности, в этом также проявляется надпредметность информационной компетентности как научной категории.

Информационная компетентность является качественной характеристикой личности, так как именно данной категорией можно охарактеризовать уровень подготовки современного студента к работе с информацией

и, следовательно, поддается измерению. Существует большое разнообразие шкал для измерения компетентности, начиная от бинарных, когда фиксируется наличие положительного или отрицательного индикатора, и заканчивая многоуровневыми шкалами, деление в которых может быть любым. В научных работах встречается разное количество уровней ИК, которые составляют иерархию. О.Б. Зайцева выделяет два подхода: первый основывается на анализе компонентного состава этого понятия, второй – на анализе поэтапного развития (от знания разрозненных элементов к творческому овладению средствами вычислительной техники и информационными технологиями в системе профессиональной деятельности) [7]. Наиболее распространенным является деление на низкий, средний и высокий уровни. Для более полной характеристики целесообразно добавить еще один уровень ее освоения – нулевой. При этом, как правило, каждый последующий уровень включает особенности предыдущего и имеет собственные черты, отличающие его. По мнению А.В. Хуторского, «по мере продвижения по этой иерархической лестнице формируется новое мышление и как результат – информационная компетентность» [8]. Преимущественно трехуровневая градация может быть применена к определению уровней сформированности ИК студента технического университета, но с некоторыми уточнениями. Мы предлагаем выделить фрагментарный, допустимый и оптимальный уровни ее сформированности, которые имеют следующие характеристики. На фрагментарно-нейтральном уровне у студентов не сформированы информационные потребности и мотивы, они нечетко выражают информационный запрос, не владеют приемами постановки собственных целей информационной деятельности, алгоритмами поиска информации, испытывают затруднение в ее творческом применении при решении конкретных профессиональных задач. На допустимом уровне мотивация информационной деятельности студентов направлена на персональный успех и самоутверждение; они успешно используют полученную информацию при решении образовательных задач, находя собственные пути их решения; сформирована система интеллектуальных способностей, умение выявлять связи и отношения между отдельными элементами информационного знания, умение обобщать, систематизировать, логически выводить новое знание из уже усвоенного, оценивать полученную информацию с позиции имеющегося опыта. На оптимальном уровне студенты испытывают потребность в самопознании, саморазвитии и наиболее полной реализации своих творческих возможностей и индивидуальных способностей; смыслообразующими мотивами их информационной деятельности являются высокие профессиональные достижения, которые они рассматривают с точки зрения их максимальной полезности для окружающих и общества; имеют свой индивидуальный стиль работы с информационными источниками, свободно владеют навыками аналитико-синтетической обработки информации; обладают высоким уровнем культуры мышления, быстро и правильно оценивают новую информацию.

Достигнутые уровни информационной компетентности определяются с помощью диагностики и мониторинга, за которыми следует их контроль и коррекция.

**Заключение.** Анализ научных работ в области библиотекведения и педагогики послужил основой для рассмотрения информационной компетентности как составляющей профессиональной подготовки студентов технического университета, с помощью которой формируется потребность в регулярном поиске и обработке информации, выстраивающейся в особый тип организации знаний. Принимая во внимание все вышеперечисленные характеристики, мы расширяем понимание информационной компетентности и формулируем его следующим образом. Информационная компетентность студентов технического университета – это интегративное качество личности, характеризующее ценностное отношение к информации, готовность личности к реализации определенных информационных потребностей, использованию адаптированных к специальности образовательных ресурсов и информационно-коммуникационных технологий, стимулирующее творчество, самооценку и саморефлексию будущих специалистов. На теоретическом этапе исследования разработана структура информационной компетентности студентов технического университета, что позволило представить ее как совокупность трех компонентов: мотивационного, профессионально-деятельностного и рефлексивного, единство которых и определяет сущность данного понятия, уточнены сущностные свойства, а также представлена трехуровневая градация определения уровней сформированности ИК студента технического университета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа «Образование и молодежная политика» на 2016–2020 годы: утв. пост. Совета Министров Респ. Беларусь, 28 марта 2016 г., № 250 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.edu.gov.by/doc-3999823>. – Дата доступа: 15.06.2019.
2. Кодекс Республики Беларусь об образовании: 13 янв. 2011 г. № 243-З: принят Палатой представителей 2 дек. 2010 г.: одобрен Советом Респ. 22 дек. 2010 г. // Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2014. – 398 с.
3. Паршукова, Г.Б. Библиотечные дисциплины: подготовка кадров: учеб.-метод. пособие / Г.Б. Паршукова. – М.: Либерея-Бибинформ, 2009. – 160 с.
4. Ивановская, М.Н. Некоторые аспекты внедрения модели формирования информационно-коммуникационной компетентности студента технического вуза / М.Н. Ивановская // Научный диалог. Психология. Педагогика. – 2014. – № 3(27). – С. 17–28.
5. Копытов, М.А. О ключевых компетентностях с позиции результата процесса образования / М.А. Копытов // Одаренные дети и совершенствование образования. – 2008. – № 2. – С. 57–61.
6. Темербекова, А.А. Информационное общество и информационная компетентность личности / А.А. Темербекова // Информация и образование: границы коммуникаций. – 2011. – № 3. – С. 14–19.
7. Зайцева, О.Б. Формирование информационной компетентности будущих учителей средствами инновационных технологий: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08 / О.Б. Зайцева. – Брянск, 2002. – 19 с.
8. Хуторской, А.В. Технология проектирования ключевых и предметных компетенций / А.В. Хуторской. – Режим доступа: <http://eidos.ru/journal/2005/1212.htm>. – Дата доступа: 18.06.2019.

REFERENCES

1. *Gosudarstvennaya programma «Obrazovaniye i molodezhnaya politika» na 2016–2020 gody: utv. Post. Soveta Ministrov Resp. Belarus, 28 marta 2016 g., No 250* [State Program «Education and Youth Policy» for the Years 2016–2020], Available at: <http://www.edu.gov.by/doc-3999823>. Accessed: 15.06.2019.
2. *Kodeks Respubliki Belarus ob obrazovanii: 13 yanv. 2011 g. No243-3: priniat Palatoi predstavitelei 2 dek. 2010 g: odobren Sovetom Resp. 22 dek. 2010 g., Nats. tsentr pravovoi inform. Resp. Belarus* [Code of the Republic of Belarus on Education: January 13, 2011, № 243-3], Minsk, 2014, 398 p.
3. Parshukova G.B. *Bibliotekniye distsipliny: podgotovka kadrov: ucheb.-metod. posobiye* [Library Disciplines: Training Staff: Textbook], M.: Libereya-Bibinform, 2009, 160 p.
4. Ivanovskaya M.N. *Nauchni dialog. Psikhologiya. Pedagogika*. [Scientific Dialogue. Psychology. Education], 2014, 3(27), pp. 17–28.
5. Kopytov M.A. *Odarenniye deti i sovershenstvovaniye obrazovaniya* [Gifted Children and Improvement of Education], 2008, 2, pp. 57–61.
6. Temerbekova A.A. *Informatsiya i obrazovaniye: granitsi kommunikatsii* [Information and Education: Borders of Communication], 2011, 3, pp. 14–19.
7. Zaitseva O.B. *Formirovaniye informatsionnoi kompetentnosti budushchikh uchitelei sredstvami innovatsionnykh tekhnologii: avtoref. dis. ... kand. ped. nauk* [Shaping Information Competence of Would-be Teachers by Means of Innovation Technologies: PhD (Education) Dissertation Summary], Briansk, 2002, 19 p.
8. Khutorskoi A.V. *Tekhnologiya proyektirovaniya kluchevykh i predmetnykh kompetentsii* [Design Technology of Key and Subject Competences], Available at: <http://eidos.ru/journal/2005/1212.htm>. Accessed: 18.06.2019.

Поступила в редакцию 19.06.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: lybchenko@mail.ru – Любченко О.А.

## ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫЕ ЗАНЯТИЯ ФИТНЕС-ДЖАМПИНГОМ С ЖЕНЩИНАМИ СРЕДНЕГО ВОЗРАСТА

**А.В. Каныгина\*\*, П.И. Новицкий\*\***

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

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

*Несмотря на растущую популярность фитнес-джампинга среди населения, вопросы организации и методики занятий с женщинами среднего возраста должного научно-методического сопровождения не получили.*

*Цель исследования – расширение практического опыта и научно-методического обеспечения оздоровительных занятий фитнес-джампингом населения, в том числе женщин среднего возраста (35–54 лет).*

**Материал и методы.** *В исследовании приняли участие женщины в возрасте 44,28±6,45 лет, не имеющие противопоказаний для занятий в «группе здоровья». Разработка модели, содержания и планирования занятий джампингом с женщинами среднего возраста, а также выявление оздоровительной эффективности занятий осуществлялись с использованием анализа научно-методической литературы, анкетирования, антропометрии, функциональных проб, педагогического тестирования, методов математической статистики.*

**Результаты и их обсуждение.** *Структура джампинг-занятия с женщинами среднего возраста включает подготовительную часть (разогревание и стретчинг); основную часть, состоящую из аэробной части (аэробная разминка, аэробный пик, первая аэробная заминка) и упражнений на полу для мышц бедра, туловища рук и плечевого пояса; заключительную часть (вторая аэробная заминка и глубокий стретчинг). Максимальный темп музыкального сопровождения для достижения оздоровительного эффекта занятия составляет 128 м.а./мин, средний – 125 м.а./мин и минимальный – 121 м.а./мин.*

**Заключение.** *Специально разработанные по содержанию и физической нагрузке занятия джампингом для женщин среднего возраста могут выступать эффективным средством решения актуальных оздоровительных задач.*

**Ключевые слова:** *женщины среднего возраста, джампинг, фитнес, здоровье, физическая нагрузка, занятия, здоровье.*

## FITNESS JUMPING WITH WOMEN OF MIDDLE AGE

**A.V. Kanygina\*, P.I. Novitsky\*\***

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

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

*Despite the growing popularity of fitness jumping among the population, the organization and methods of training for middle-aged women do not receive due scientific and methodological support.*

*The purpose of the study is to expand the practical experience and scientific and methodological support of recreational fitness training of the population, including women of middle age (35–54 year old).*

**Material and methods.** *The study involved women aged 44,28±6,45 years old who have no counter indications for training in the «health group». The development of the model, content and planning of jumping training with middle-aged women, as well as the identification of the recreational effectiveness of training were carried out using: analysis of scientific and methodological literature, questionnaires, anthropometry, functional tests, pedagogical testing, mathematical statistics methods.*

**Findings and their discussion.** *The structure of jumping training for middle-aged women includes: preparatory part (warming up and stretching); the main part, consisting of the aerobic part (aerobic workout, aerobic peak, first aerobic hitch) and exercises on the floor for the muscles of the thighs, trunk of the arms and shoulder girdle; the final part (the second aerobic hitch and deep stretching). The maximum tempo of musical accompaniment to achieve the health effect of the training is 128 m.a./min, the average is 125 m.a./min and the minimum 121 m.a./min.*

**Conclusion.** *Jumping training specially designed for the content and physical activity for middle-aged women can be an effective means of solving current health problems.*

**Key words:** *middle-aged women, jumping, fitness, health, physical load, training, health.*

**Ф**итнес с момента зарождения (1970-е годы в США) и по настоящее время относится к числу наиболее популярных видов физической активности у различных групп населения.

В частности, сегодня в Беларуси функционируют сотни фитнес-клубов и центров, реализующих разнообразные фитнес-программы для детей и взрослых: разновидности танцевальной аэробики, аквааэробики, силовой аэробики, аэробики с элементами боевых искусств, аэробные программы, основанные на циклических упражнениях и др. Популярность фитнес-программ среди женщин объясняется тем, что наряду с достаточно скорым (через 1–2 месяца регулярных занятий) проявлением оздоровительного эффекта в функциональном состоянии всего организма занимающимся удается добиться снижения лишнего веса, коррекции фигуры, увеличения гибкости и пластичности, способности к воспроизведению ритмических и танцевальных движений.

В последние годы (с 2015 г.) в фитнес-индустрии нашей страны все более заметное развитие получает джампинг (от английского «to jump» – прыгать). Фитнес-джампинг под брендом Jumping® как оздоровительная фитнес-программа, разработанная чехами Томасом Бурьянеком и Яном Свободовым, появилась в Европе в начале XXI века. Содержанием ее занятий являлась динамическая фитнес-тренировка на мини-батуте посредством непрерывного, продолжительного выполнения (в течение 20 и более минут) различных вариаций классических аэробных шагов, упражнений в сочетании с пружинистыми и прыжковыми движениями.

Первые исследования соответствия прыжков на мини-батутах к требованиям аэробной подготовки организма имели место в экспериментальных работах NASA, выполненных на астронавтах еще в 1978 году (Bhattacharya et al, 1978). Позже с приходом мини-батутов в фитнес-индустрию исследованиями McGlone, Kravitz и Janot (2002) было доказано отсутствие существенных различий в показателях сердечного ритма и максимального объема кислорода при занятиях фитнес-джампингом и на беговой дорожке [1]. В 2016 году John Porcari, Ph.D (2016) опубликовали результаты экспериментального исследования о влиянии занятий JumpSport на организм юношей и девушек молодого возраста. Было выявлено, что систематические занятия фитнес-джампингом в этом возрасте повышают аэробную выносливость организма и способствуют развитию координационных способностей [1].

Сегодня в сети Интернет можно встретить множество видеоматериалов и публикаций о методике и оздоровительном значении занятий фитнес-джампингом населения школьного, молодого и даже дошкольного возраста. В наибольшей степени видео и публикации по этой теме касаются девушек молодого возраста. В отношении женщин среднего и более старшего возраста таких материалов мы не встретили. Основными причинами этого могут быть сравнительно молодой возраст популярности данного вида фитнеса со времени его возникновения; не столь массовое распространение использования мини-батутов в постоянной практике организованных (тем более самостоятельных) занятий населения оздоровительной физкультурой; отсутствие методических разработок занятий джампингом, их целесообразности и эффективности для здоровья в этом возрасте.

Одной из причин снижения объема и интенсивности физической активности в свободное время у многих женщин становятся наблюдаемые в среднем возрасте изменения и особенности физического и психического состояния организма. В онтогенезе женского организма 35–54-летний возраст относится к переломному в возрастном и репродуктивном аспектах, в показателях функционального состояния, двигательных способностей и состояния здоровья в целом. В то же время проведенный нами социологический опрос женщин зрелого возраста, занимающихся в группе здоровья «Оздоровительная аэробика», показывает достаточно высокую активность и заинтересованность в организованных занятиях оздоровительными системами. Ведущими мотивами занятий аэробикой выступают «желание улучшить фигуру, осанку, похудеть» (назвали 85% опрошенных), «укрепление своего здоровья» и «стремление к эмоциональной разгрузке» (78,4%). В реализации данных мотивов значительные потенциальные возможности заложены в фитнес-джампинге. Однако научно-исследовательских работ, связанных с методическими разработками по фитнес-джампингу и тренировочными программами занятий, именно для женщин среднего возраста мы не встретили в достаточно широко представленной в интернете и печати фитнес-информации. Эти и вышеизложенные обстоятельства актуализировали предмет выполненного нами исследования, связанного с разработкой для женщин среднего возраста программы занятий джампингом и обоснованием их оздоровительного влияния на физическое и психоэмоциональное состояние занимающихся.

Цель исследования – расширение практического опыта и научно-методического обеспечения оздоровительных занятий фитнес-джампингом различных возрастных групп женского населения, в том числе зрелого возраста (35–54 лет).

**Материал и методы.** В исследовании приняли участие женщины в возрасте  $44,28 \pm 6,45$  лет, не имеющие противопоказаний для занятий в «группе здоровья», являющиеся сотрудниками Витебского государственного медицинского университета (ВГМУ).

В основе разработки модели, содержания и планирования занятий джампингом с женщинами среднего возраста нами использовались методические принципы и рекомендации, действующие в области данного фитнеса [2; 3].

Реакция организма женщин на физическую и психоэмоциональную нагрузку во время джампинг-занятия определялась измерением частоты сердечных сокращений (ЧСС) после выполнения упражнений в подготовительной, основной и заключительной частях, методиками САН (самочувствие, активность, настроение), корректурным тестом. Для выявления адекватной интенсивности в основной части занятий, обеспечивающей оздоровительную направленность физических нагрузок, у занимающихся определялась ЧСС при различном музыкальном сопровождении упражнений, которое варьировалось частотой битов или музыкальных акцентов: количеством ударов в минуту (м.а./мин).

В результате были найдены максимально допустимый, минимальный и средний режимы музыкального сопровождения в основной части занятия джампингом, сопровождающиеся нагрузками оздоровительной направленности и их адекватной переносимостью женским организмом среднего возраста.

Расчет индивидуальных показателей ЧСС у занимающихся, соответствующих оптимальной (укрепляющей здоровье) реакции организма на физическую нагрузку, во время занятий джампингом осуществлялся по формуле Карвонена [4].

В соответствии с выбранной моделью структуры и содержания занятий джампингом, параметрами объема и интенсивности физических нагрузок, адекватных для принявшей участие в исследовании женской группы среднего возраста, была практически реализована программа занятий фитнес-джампингом и изучено ее влияние на физическое и психоэмоциональное состояние занимающихся. Занятия и врачебно-педагогический контроль осуществлялись в течение 16 недель с февраля по май 2018 года, женщины участвовали в физкультурно-оздоровительных занятиях два раза в неделю в фитнес-зале «Fortios» УО «ВГМУ». Отражение занятий джампингом на различных показателях физического развития и функционального состояния организма женщин определялось с помощью антропометрии, использованием индекса Робинсона, проб Ромберга, Штанге, Генчи, Мартине и двигательных тестов. Полученные данные математически обрабатывались и анализировались.

**Результаты и их обсуждение.** В результате проведенного исследования нами были определены структура и содержание программы занятий джампингом с «группой здоровья» женщин среднего возраста; установлены максимально допустимый, минимальный и средний режимы (темпы) музыкального сопровождения занятий (табл. 1) как основного регулятора физической нагрузки занятий, обеспечивающих оздоровительную направленность.

В табл. 1 представлены все составляющие подготовительной, основной и заключительной частей джампинг-занятий, их продолжительность и реакция ЧСС занимающихся при различных режимах интенсивности нагрузки в подготовительной, основной и заключительной части занятий, заданной музыкальным сопровождением.

Реакции ЧСС принявших в исследовании женщин при различных режимах интенсивности нагрузки легли в основу разработанной и прошедшей практическую апробацию программы занятий джампингом данного возрастного контингента.

При определении адекватной модели практического занятия фитнес-джампингом для средневозрастной женской «группы здоровья» анализ практического опыта и специальной литературы обусловил выбор традиционной, как и в других видах фитнеса, трехчастной структуры, включающей подготовительную, основную и заключительную части. Громкость воспроизведения аудиопрограммы на занятиях находится в границах 50–70% от max, не превышая 100–120 Дб. В ее содержании нами использовались современные эстрадные мелодии с отчетливо звучащими ритмическими акцентами, имеющими квадратное строение (музыкальная фраза имеет 4 части (такта), равные по длительности).

Реакции ЧСС у женщин среднего возраста (44,28±6,45 лет) при различном темпе музыкального сопровождения в основной части занятия фитнес-джампингом

Основные компоненты содержания джампинг-занятия		Время снятия ЧСС	Темп музыкального сопровождения			
			ЧСС, $\bar{X} \pm \sigma$			
			121 м.а./мин	125 м.а./мин.	128 м.а./мин	
		0	76,36±12,58	76,6±14,08	74,1±25,6	
Подготовительная часть	Разогревание	5'	115,76±17,01	120,46±16,25	127,27±20,24	
	Стретчинг	8'	100,00±17,67	100,60±18,41	104,00±23,46	
Основная часть	Аэробная часть	Аэробная разминка	12'	100,20±15,39	104,20±14,38	108,00±18,68
			20'	118,26±17,28	124,31±18,14	128,36±20,12
		Аэробный пик	25'	130,36±10,57	136,30±12,48	140,00±20,49
			30'	132,25±19,87	142,53±20,11	156,18±25,87
			35'	128,96±18,48	136,00±15,40	140,21±21,50
	Первая аэробная «заминка»	39'	106,54±16,87	108,10±17,46	112,00±25,74	
	Упражнения на полу	Упражнения для мышц бедра	44'	94,11±16,48	100,90±21,32	98,90±26,36
		Упражнения для мышц туловища	50'	93,10±17,16	92,38±21,50	94,18±23,55
		Упражнения для мышц рук и плечевого пояса	52'	92,10±14,10	90,00±24,18	90,18±26,07
Заключительная часть	Вторая аэробная «заминка»	56'	85,26±21,27	88,90±25,24	94,90±23,19	
	Глубокий стретч					
	Общая «заминка»					
Пульс в конце занятия		60'	78,30±15,15	80,30±17,01	88,00±17,06	

Подготовительную часть занятия составляют общеразвивающие упражнения в сочетании с базовыми аэробными шагами (Knee lift, Kneeup, March, openStep, Step-Touch, Mambo, V-Step и др.), полуприседы, выпады, движения туловищем в сочетании с движениями руками, растягивание мышц голени, передней и задней поверхностей бедра, поясничного отдела позвоночного столба и др. Темп музыкального сопровождения составляет 80–100 м.а./мин, с небольшой амплитудой движений. Продолжительность подготовительной части – от 5 до 10 минут.

Основная часть занятия состоит из следующих друг за другом блоков ритмических действий, сопровождающихся продолжительной, в течение 20–40 минут непрерывной аэробной нагрузкой (аэробная часть) и выполнением упражнений силового характера на полу (в партере) в течение 5–10 минут. Оптимальный темп

музыкального сопровождения, обеспечивающий оздоровительную направленность упражнений этой части занятий, составляет 121–125 м.а./мин. Максимальный темп не должен превышать 128 м.а./мин.

Аэробная часть включает:

- *аэробную разминку* – 3–10 минут (базовые элементы в сочетании с движениями руками, такими как Kneelift, Kneeur, March, openStep, Step-Touch, Mambo, V Step и др.);
- *«аэробный пик»* – 15–20 минут (интенсивные упражнения, состоящие из танцевальных комбинаций аэробных прыжков и их вариантов, в сочетании с движениями рук: Sideto Side, Curl, Jumpingjack, Jog, kick, Hampelmann и др.);
- *первую аэробную «заминку»* – 2–5 минут (базовые аэробные шаги, типа March, openStep, Step-Touch, Mambo, V-Step и др., переходящие на более медленный темп в сочетании с упражнениями для восстановления дыхания).

Упражнения силового характера на полу (в партере):

- упражнения для мышц туловища;
- упражнения для мышц бедра;
- упражнения для мышц рук и плечевого пояса.

Заключительная часть занятия (2–5 минут) предусматривает снижение нагрузки посредством *второй (или общей) «заминки»*. Темп музыкального сопровождения снижается до 60–80 м.а./мин. Выполняются глубокий стретчинг и дыхательные упражнения.

С учетом уровня физической подготовленности и функционального состояния занимающихся (при стандартной общей длительности занятия 60 минут) на первых 4–6 занятиях предусматриваются их сокращение до 45 мин, отсутствие упражнений на полу, удлинение аэробной части, а также применение специального оборудования, инвентаря и снарядов.

Анализ данных антропометрических измерений, функциональных проб и их производных у женщин, занимавшихся джампингом в течение 14 недель, констатировал ряд произошедших изменений, в том числе статистически достоверных. Существенные изменения коснулись таких показателей, как вес, индекс массы тела (ИМТ), силовой индекс (СИ), функциональное состояние системы внешнего дыхания по данным проб Штанге и Генче (табл. 2).

Таблица 2

### Изменение показателей физического развития женщин исследуемой «группы здоровья», занимающейся по программе фитнес-джампинга

Показатели	Данные до начала занятий (февраль) и после 14 недель занятий (май)						
	Февраль (n=18)			p	Май (n=18)		
	$\bar{X} \pm \sigma$	min	max		$\bar{X} \pm \sigma$	min	max
Вес, кг	70,83±7,83	65	95	<b>p&lt;0,05</b>	65,17±7,64	54	87
ДМК, кг	31,06±3,80	25	40	p>0,05	31,56±3,85	25	40
ЧСС, уд./мин	77,67±7,40	66	90	p>0,05	77,22±8,03	60	90
САД, (мл. рт. ст.)	121,00±7,42	105	130	p>0,05	120,42±5,35	105	130
ИМТ, ус.ед.	25,02±2,55	22,22	31,38	<b>p&lt;0,05</b>	23,03±2,63	18,47	28,74
СИ, кг	43,99±4,56	37,5	52,31	<b>p&lt;0,05</b>	48,68±5,52	39,39	57,63
Проба Мартине, с	80,67±17,24	59	119	p>0,05	75,67±18,47	59	119
Индекс Робинсона, баллы	93,87±9,73	75,9	112,5	p>0,05	93,31±10,28	75,9	112,5
Проба Ромберга, с	9,33±3,88	5	20	p>0,05	11,11±3,46	7	21
Проба Штанге, с	36,33±9,83	20	54	<b>p&lt;0,05</b>	40,89±9,71	25	59
Проба Генче, с	19,56±4,51	15	31	<b>p&lt;0,05</b>	23,83±5,90	17	35

В положительную сторону изменились и показатели физической подготовленности женщин по результатам тестов: сгибание и разгибание ног в коленных суставах из исходного положения лежа на спине; поднятие верхней части туловища из исходного положения лежа на животе и частоты движений в беге на месте за 10 с с опорой руками о стену [5] (табл. 3).

Таблица 3

**Изменение уровня развития двигательных способностей женщин «группы здоровья», занимающейся по программе фитнес-джампинга**

Тесты	Результаты до начала занятий (февраль) и после 14 недель занятий						
	Февраль (n=18)			p	Май (n=18)		
	$\bar{X} \pm \sigma$	min	max		$\bar{X} \pm \sigma$	min	max
Сгибание и разгибание ног в коленных суставах, и.п. лежа на спине, раз в минуту	36,33±3,68	28	42	p<0,05	39,56±4,34	31	46
Поднимание верхней части туловища, и.п. лежа на животе, раз в минуту	41,44±5,11	34	51	p<0,05	44,11±5,23	35	53
Бега на месте за 10 с, раз	25,89±4,87	20	36	p<0,05	31,56±5,96	24	46
Наклон вперед из и.п. сидя, см	12,22±5,35	4	22	p>0,05	13,11±5,09	5	22

Проведение занятий сопровождалось повышением эмоционального состояния занимающихся (по данным методики «САН»), позитивно и стимулирующе отражалось на состоянии центральной нервной системы, что можно связать с повышением количественных и качественных показателей работоспособности зрительного анализатора и коэффициента умственной продуктивности, выявленных корректурными тестами (табл. 4).

Таблица 4

**Изменение у занимающихся показателей корректурного теста после джампинг-занятия (n=18)**

Показатели	Перед занятием	После занятия	p	% прирост
	$\bar{X} \pm \sigma$	$\bar{X} \pm \sigma$		
Количество вычеркнутых букв	231,61±40,72	269,01±42,04	p<0,05	16
Количество просмотренных знаков	1034,44±199,14	1167,11±187,97	p<0,05	12
Количество допущенных ошибок	13,77±9,30	13,40±9,64	p>0,05	2
Коэффициент точности выполнения задания	0,61±0,10	0,67±0,10	p<0,05	16
Коэффициент умственной продуктивности	643,97±223,66	838,67±253,65	p<0,05	30
Объем зрительной информации	614,65±118,23	692,82±111,57	p<0,05	12
Скорость переработки информации	1,98±0,38	2,17±0,33	p<0,05	13
Устойчивость внимания	138,10±181,07	157,96±199,73	p>0,05	14

**Заклучение.** В оздоровительной физической культуре занятия фитнес-джампингом в «группах здоровья» с женщинами среднего возраста являются сравнительно новым, недостаточно изученным и описанным в специальной литературе направлением индустрии фитнеса. Установленный оздоровительно-развивающий потенциал фитнес-джампинга в целом актуализирует теоретико-экспериментальное обоснование таких занятий с женщинами среднего возраста.

В результате проведенного исследования установлено, что максимальный темп музыкального сопровождения для достижения оздоровительного эффекта упражнений фитнес-джампинга с женщинами среднего возраста составляет 128 м.а./мин, средний – 125 м.а./мин и минимальный – 121 м.а./мин.

Результаты исследования практической апробации фитнес-джампинга в наблюдаемой «группе здоровья» с женщинами среднего возраста показали, что специально разработанное для данного контингента содержание таких занятий может выступать эффективным средством решения актуальных оздоровительных задач: укрепления здоровья, повышения функционального состояния организма и показателей физической подготовленности, профилактики и коррекции психолого-эмоционального напряжения в послетрудовой период.

### ЛИТЕРАТУРА

1. By Paige Burandt, B.S. Putting minitrampolines to the test / B.S. By Paige Burandt [et al.] // Ace prosource: exclusive ace-sponsored research [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://acewebcontent.azureedge.net/certifiednews/images/article/pdfs/ACE\\_MiniTrampoline.pdf](https://acewebcontent.azureedge.net/certifiednews/images/article/pdfs/ACE_MiniTrampoline.pdf). – Дата доступа: 18.06.2018.
2. Аэробика: Теория и методика проведения занятий: учеб. пособие / под ред. Е.Б. Мякиченко, М.П. Шестакова. – М.: СпортАкадемПресс, 2002. – 303 с.
3. Аэробика: учеб.-метод. пособие / Бел. гос. ун-т физ. культуры; сост.: Л.А. Юсупова, В.М. Миронов. – Минск: БГУФК, 2005. – 100 с.
4. Фурманов, А.Г. Оздоровительная физическая культура: учебник для студентов вузов / А.Г. Фурманов, М.Б. Юспа. – Минск: Тесей, 2003. – 528 с.
5. Общие основы теории и методики физического воспитания: в 2 т. / под ред. Т.Ю. Круцевич. – Киев: Олимпийская литература, 2003. – Т. 1. – 346 с.

### REFERENCES

1. By Paige Burandt, B.S. Putting minitrampolines to the test / B.S. By Paige Burandt [et al.] // Ace prosource: exclusive ace-sponsored research [Electronic resource]. – Available at: [https://acewebcontent.azureedge.net/certifiednews/images/article/pdfs/ACE\\_MiniTrampoline.pdf](https://acewebcontent.azureedge.net/certifiednews/images/article/pdfs/ACE_MiniTrampoline.pdf). – Accessed: 18.06.2018.
2. Myakichenko E.B., Shestakova M.P. *Aerobika: teoriya i metodika provedeniya zaniatii: ucheb. posobiye* [Aerobics: Theory and methods of Conducting Classes: Manual], M.: Sport Akadem Press, 2002, 303 p.
3. Yusupova L.A., Mironov V.M. *Aerobika: ucheb.-metod. posobiye* [Aerobics: Textbook], Minsk: BGUFK, 2005, 100 p.
4. Furmanov A.G., Yuspa M.B. *Ozдорovitel'naya fizicheskaya kultura: uchebnik dlia studentov vuzov* [Health Improving Physical Training: University Student Textbook], Mn.: Tesei, 2003, 528 p.
5. Krutsevich T.Yu. *Obshchiye osnovi teorii i metodiki fizicheskogo vospitaniya: v 2 t.* [General Principles of the Theory and Methodology of Physical Education: in 2 volumes], Kiev: Olimpiiskaya literatura, 2003, 1, 346 p.

Поступила в редакцию 26.08.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: n Pavel@tut.by – Новицкий П.И.

## ПРАВИЛЫ ДЛЯ АЎТАРАЎ

1. «Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта» публікуе вынікі навуковых даследаванняў, якія праводзяцца ў Віцебскім дзяржаўным універсітэце, навуковых установах і ВНУ рэспублікі, СНД і іншых краін. Асноўным крытэрыем мэтазгоднасці публікацыі з'яўляецца навізна і арыгінальнасць артыкула. Навуковы часопіс уключаны ў Пералік навуковых выданняў, рэкамендаваных ВАК Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў па біялагічных, педагагічных, фізіка-матэматычных навук. Па-за чаргой публікуюцца навуковыя артыкулы аспірантаў апошняга года навучання (уключаючы артыкулы, якія падрыхтаваны імі ў сааўтарстве) пры ўмове іх поўнай адпаведнасці патрабаванням, што прад'яўляюцца да навуковых публікацый выдання.

2. Патрабаванні да афармлення артыкула:

2.1. Рукапісы артыкулаў прадстаўляюцца на беларускай, рускай ці англійскай мове.

2.2. Кожны артыкул павінен утрымліваць наступныя элементы:

- індэкс УДК;
- назва артыкула;
- прозвішча і ініцыялы аўтара (аўтараў);
- арганізацыя, якую ен (яны) прадстаўляе;
- уводзіны;
- раздзел «Матэрыял і метады»;
- раздзел «Вынікі і іх абмеркаванне»;
- заключэнне;
- спіс выкарыстанай літаратуры.

2.3. Назва артыкула павінна адлюстроўваць яго змест, быць па магчымасці лаканічнай, утрымліваць ключавыя словы, што дазволіць індэксаваць артыкул.

2.4. Ва ўводзінах даецца кароткі агляд літаратуры па праблеме, указваюцца не вырашаныя раней пытанні, фармулюецца і абгрунтоўваецца мэта, падаюцца спасылкі на працы іншых аўтараў за апошнія гады, а таксама на замежныя публікацыі.

2.5. Раздзел «*Матэрыял і метады*» ўключае апісанне метадыкі, тэхнічных сродкаў, аб'ектаў і зместу даследаванняў, праведзеных аўтарам (аўтарамі).

2.6. У раздзеле «*Вынікі і іх абмеркаванне*» аўтар павінен зрабіць высновы з пункту гледжання іх навуковай навізны і супаставіць з адпаведнымі вядомымі дадзенымі. Гэты раздзел можа дзяліцца на падраздзелы з паясняльнымі падзагалюкмі.

2.7. У *заключэнні* ў сціслым выглядзе павінны быць сфармуляваны атрыманыя вынікі, з указаннем на дасягненне пастаўленай мэты, навізну і магчымасці прымянення на практыцы.

2.8. Спіс літаратуры павінен уключаць не больш за 12 спасылак. Спасылкі нумаруюцца адпаведна з парадкам іх цытавання ў тэксце. Парадкавыя нумары спасылак пішуцца ў квадратных дужках па схеме: [1], [2]. Спіс літаратуры афармляецца ў адпаведнасці з патрабаваннямі ДАСТ – 7.1-2003. Спасылкі на неапублікаваныя працы, дысертацыі не дапускаюцца. Указваецца поўная назва аўтарскага пасведчання і дэпаніраванага рукапісу, а таксама арганізацыя, якая прад'явіла рукапіс да дэпаніравання.

2.9. Артыкулы падаюцца ў рэдакцыю аб'ёмам не менш за 0,35 аўтарскага аркуша 14000 друкаваных знакаў, з прабеламі паміж словамі, знакамі прыпынку, лічбамі і інш.), надрукаваных праз адзін інтэрвал, шрыфт Times New Roman памерам 11 пт. У гэты аб'ём уваходзяць тэкст, табліцы, спіс літаратуры. Колькасць малюнкаў не павінна перавышаць трох. Малюнкi і схемы павінны падавацца асобнымі файламі ў фармаце jpg. Фатаграфіі ў друк не прымаюцца. Артыкулы павінны быць падрыхтаваны ў рэдактары Word для Windows. Простыя формулы і літарныя абазначэнні велічынь трэба ўстаўляць, выкарыстоўваючы Symbol (напрыклад, ∞, A<sub>1</sub>, β<sup>k</sup>, °C). Складаныя формулы набіраюцца тым жа шрыфтам і памерам, што і асноўны тэкст, пры дапамозе рэдактара формул Equation.

2.10. У дадатак да папяровай версіі артыкула ў рэдакцыю здаецца электронная версія матэрыялаў. Электронная і папяровая версіі артыкула павінны быць ідэнтычнымі. Адрас электроннай пошты ўніверсітэта (наука@vsu.by).

3. Да артыкула дадаюцца наступныя матэрыялы (на асобных лістах):

– рэферат (100–250 слоў), які павінен дакладна перадаваць змест артыкула і быць прыдатным для апублікавання ў анатацыях да часопісаў асобна ад артыкула, і ключавыя словы на мове арыгінала. Ен павінен мець наступную структуру: уводзіны, мэту, матэрыял і метады, вынікі і іх абмеркаванне, заключэнне;

– назва артыкула, прозвішча, імя, імя па бацьку аўтара (поўнасцю), месца яго працы, рэферат, ключавыя словы і спіс літаратуры на англійскай мове;

– нумар тэлефона, адрас электроннай пошты аўтара;

– рэкамендацыя кафедры (навуковай лабараторыі) да друку;

– экспертнае заключэнне аб магчымасці апублікавання матэрыялаў у друку;

4. Артыкулы, якія дасылаюцца ў рэдакцыю часопіса, падлягаюць абавязковай праверцы на арыгінальнасць і карэктнасць запазычанняў сістэмай «Антыплагіят.ВНУ». Для арыгінальных навуковых артыкулаў ступень арыгінальнасці павінна быць не менш за 85%, для аглядаў – не менш за 75%.

5. Па рашэнні рэдкалегіі артыкул накіроўваецца на рэцэнзію, затым візіруецца членам рэдкалегіі. Вяртанне артыкула аўтару на дапрацоўку не азначае, што ен прыняты да друку. Перапрацаваны варыянт артыкула зноў разглядаецца рэдкалегіяй. Датай паступлення лічыцца дзень атрымання рэдакцыйнай канчатковага варыянта артыкула.

6. Накіраванне ў рэдакцыю раней апублікаваных або прынятых да друку ў іншых выданнях работ не дапускаецца.

7. Адказнасць за прыведзеныя ў матэрыялах факты, змест і дакладнасць інфармацыі нясуць аўтары.

---

---

## UIDELINES FOR AUTHORS

1. «Vesnik of Vitebsk State University» publishes results of scientific research conducted at Vitebsk State University as well as at scientific institutions and universities, CIS and other countries. The main criterion for the publication is novelty and specificity of the article. The scientific journal is included into the List of scientific publications recommended by Supreme Qualification Commission (VAK) of the Republic of Belarus for publishing the results of dissertation research in biological, pedagogical, physical and mathematical sciences. The priority for publication is given to scientific articles by postgraduates in their last year (including their articles written with co-authors) on condition these articles correspond the requirements for scientific articles of the journal.

2. Guidelines for the layout of a publication:

2.1. Articles are to be in Belarusian, Russian or English.

2.2. Each article is to include the following elements:

- UDK index;
- title of the article;
- name and initial of the author (authors);
- institution he (she) represents;
- introduction;
- «Material and methods» section;
- «Findings and their discussion» section;
- conclusion;
- list of applied literature.

2.3. *The title* of the article should reflect its contents, be laconic and contain key words which will make it possible to classify the article.

2.4. *The introduction* should contain a brief review of the literature on the problem. It should indicate not yet solved problems. It should formulate the aim; give references to the recent articles of other authors including foreign publications.

2.5. «*Material and methods*» section» includes the description of the method, technical aids, objects and contents of the author's (authors') research.

2.6. In «*Findings and their discussion*» section the author should draw conclusions from the point of view of their scientific novelty and compare them with the corresponding well-known data. This section can be divided into sub-sections with explanatory subtitles.

2.7. *The conclusion* should contain a brief review of the findings, indicating the achievement of this goal, their novelty and possibility of practical application.

2.8. The list of literature shouldn't include more than 12 references. The references are to be numerated in the order of their citation in the text. The order number of a reference is given in square brackets e.g. [1], [2]. The layout of the literature list layout is to correspond State Standard (GOST) – 7.1-2003. References to articles and theses which were not published earlier are not permitted. A complete name of the author's certificate and the deposited copy is indicated as well as the institution which presented the copy for depositing.

2.9. Two copies of articles of at least 0,35 of an author sheet size (14000 printing symbols with blanks, punctuation marks, numbers etc.), interval 1, Times New Roman 11 pt are sent to the editorial office. This size includes the text, charts and list of literature. Not more than three pictures are allowed. Pictures and schemes are to be presented in individual *jpg* files. Photos are not allowed. Articles should be typed in Word for Windows. Simple formulas and alphabetical symbols of dimensions should be put by using Symbol (e.g.  $\infty$ ,  $A_1$ ,  $\beta^k$ ,  $^{\circ}C$ ). Complicated formulas are typed by the same point and size as the basic text with the help of formula's editor Equation.

2.10. The electronic version should be attached to the paper copy of the article submitted to the editorial board. The electronic and the paper copies of the article should be identical. The university e-mail address is nauka@vsu.by).

3. Following materials (on separate sheets) are attached to the article:

- summary (100–250 words), which should precisely present the contents of the article, should be liable for being published in magazine summaries separately from the article as well as the key words in the language of the original. The structure of the summary is the following: introduction, objective, material and methods, findings and their discussion, conclusion;
- title of the article, surname, first and second names of the author (without being shortened), place of work, summary, key words and the list of literature should be in English;
- author's telephone number, e-mail address;
- recommendation of the department (scientific laboratory) to publish the article;
- expert conclusion on the feasibility of the publication;

4. All articles submitted to the editorial office of the journal are subject to mandatory verification of originality and correctness of borrowings by the Antiplagiat.VUZ system. For original scientific articles the degree of originality should be at least 85%, for reviews - at least 75%.

5. On the decision of the editorial board the article is sent for a review, and then it is signed by the members of the editorial board. If the article is sent back to the author for improvement it doesn't mean that it has been accepted for publication. The improved variant of the article is reconsidered by the editorial board. The article is considered to be accepted on the day when the editorial office receives the final variant.

6. Earlier published articles as well as articles accepted for publication in other editions are not admitted.

7. The authors carry responsibility for the facts provided in the articles, the content and the accuracy of the information.

---

Выдавец і паліграфічнае выкананне – установа адукацыі  
«Віцебскі дзяржаўны ўніверсітэт імя П.М. Машэрава».

Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі ў якасці выдаўца,  
вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў  
№ 1/255 ад 31.03.2014 г.

Надрукавана на рызографе ўстанова адукацыі  
«Віцебскі дзяржаўны ўніверсітэт імя П.М. Машэрава».  
210038, г. Віцебск, Маскоўскі праспект, 33.

Пры перадрукаванні матэрыялаў спасылка  
на «Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта» з'яўляецца абавязковай.

---