



ISSN 2074-8566

ВЕСНІК

ВІЦЕБСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА
ЎНІВЕРСІТЭТА

2026 № 1(130)

ВЕСНІК

ВІЦЕБСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА ЎНІВЕРСІТЭТА

НАВУКОВА-ПРАКТЫЧНЫ ЧАСОПІС

Выдаецца з верасня 1996 года
Выходзіць чатыры разы на год

2026
№ 1 (130)

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

РЭДАКЦЫЙНАЯ КАЛЕГІЯ:

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

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

РЭДАКЦЫЙНЫ САВЕТ:

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

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

Адрас рэдакцыі:

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

Рэгістрацыйны № 750 ад 27.10.2009.
Падпісана ў друк 24.02.2026. Фармат 60×84 1/8. Папера друкарская.
Ум. друк. арк. 11,63. Ул.-выд. арк. 8,93. Тыраж 167 экз. Заказ 7.

© Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта, 2026

З М Е С Т

МАТЭМАТЫКА

Вислобоков Н.Ю. Численное моделирование влияния дисперсии на процесс филаментации оптических вихревых пучков ультракороткого излучения	5
Eshboyev E.A., Shodiyev F.Y., Klicheva F.G., Khalilov A.Z., Makhmasoatov M.G., Korchevskaya E.A., Zaleskaya E.N. Practical Application of Improved Support Vector Machine Algorithm in Cardiovascular Disease Diagnostics	13
Буткевич В.Г., Москалев Г.И., Дубаневич Д.Т., Юрченко О.Н. Силовой анализ кулисного механизма протяжки ленты	20
Бородич С.М. Об асимптотике решений одного неавтономного параболического уравнения, зависящего от параметра	27

БІЯЛОГІЯ

Жерносеков Д.Д., Толкачева Т.А., Павлова Е.Е., Лазаренко Я.В., Гурский И.А. Культивирование промышленного штамма <i>Pleurotus ostreatus</i> 186 и грибов рода <i>Trichoderma</i> с целью получения биологически активных веществ	36
Саварин А.А., Островский А.М. Находки рукокрылых (Chiroptera) в погадках совна территории заказника «Днепро-Сожский»	46
Морозова И.М., Морозов И.М., Торбенко А.Б. Галега восточная — чужеродный вид Витебска и Витебского района	52
Ранкович Е.В., Надыров Э.А., Высоцкая А.В., Рубченя И.Н. Сравнительный анализ антропометрических показателей мальчиков препубертатного периода, занимающихся разными видами спорта	57

ПЕДАГОГІКА

Мацькова В.Г., Навіцкі П.І. Даследаванне сфарміраванасці матывацыйна-каштоўнаснага кампанента фізічнай культуры асобы жанчын сталага ўзросту, якія займаюцца ў фітнес-цэнтрах	64
Иванова Д.В., Малах О.Н. Оценка эффективности комплексов специальных упражнений, направленных на развитие периферического зрения у спортсменов-волейболистов	71
Горегляд Е.Н., Кулиева О.Н. Методологические основы проведения занятий по межкультурной коммуникации в системе подготовки студентов-филологов	77
Трофимович И.И. Исследование соревновательных результатов в скоростно-силовых видах легкой атлетики (спринт, прыжки) на этапе высшего спортивного мастерства	84
Кавалевіч М.С., Леанюк Н.А. Матывацыя прафесійнай дзейнасці: дыягностыка і спосабы стымулявання	90
ЗВЕСТКІ ПРА АЎТАРАЎ	96

CONTENTS

M A T H E M A T I C S

Vislobokov N.Yu. Numerical Modeling of the Impact of Dispersion on the Filamentation Process of Ultrashort Radiation Optic Vor-tex Beams	5
Эшбоев Э.А., Шодиев Ф.Ю., Клычева Ф.Г., Халилов А.З., Махмасоатов М.Г., Корчевская Е.А., Залесская Е.Н. Практическое применение улучшенного алгоритма машины опорных векторов в диагностике сердечно-сосудистых заболеваний	13
Butkevich V.G., Moskalev G.I., Dubanevich D.T., Yurchenko O.N. Power Analysis of the Slide Block Fabric Broaching Mechanism	20
Borodich S.M. On the Asymptotics of Solutions of a Parameter Dependent Non-Autonomous Parabolic Equation	27

B I O L O G Y

Zhernosekov D.D., Tolkacheva T.A., Pavlova E.E., Lazarenka Ya.V., Gurski I.A. Cultivation of the Industrial Strain of <i>Pleurotus Ostreatus</i> 186 and <i>Trichoderma</i> Genus Fungi in Order to Obtain Biologically Active Substances.....	36
Savarin A.A., Ostrovsky A.M. Bat (Chiroptera) Findings in Owl Pellets in the Territory of the Dnepro-Sozhsky Nature Reserve	46
Morozova I.M., Morozov I.M., Torbenko A.B. Eastern Galega — an Alien Species of Vitebsk and Vitebsk Region	52
Rankovich E.V., Nadyrov E.A., Vysotskaya A.V., Rubchenya I.N. Comparative Analysis of Anthropometric Parameters of Prepubertal Boys Engaged in Different Sports	57

P E D A G O G Y

Matskova V.G., Navitsky P.I. Study of the Formation of Physical Training Motivation and Value Component of Dames Working out at Fitness Centers	64
Ivanova D.V., Malakh O.N. Evaluation of the Efficiency of Special Exercise Complexes Aimed at the Development of Volleyball Player Peripheral Vision	71
Goreglyad E.N., Kuliyeva O.N. Methodological Foundations of Conductiong Crosscultural Communication Classes in the System of Philology Student Training	77
Trofimovich I.I. Study of Competitive Results in Speed and Power Athletics (Sprint, Jumps) at the Stage of Higher Sports Mastery	84
Kavalevich M.S., Leanyuk N.A. Motivation of Professional Activities: Diagnostics and Methods of Stimulation	90
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS	96



МАТЭМАТЫКА

УДК 533.9-1 12+53.083.72

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРСИИ НА ПРОЦЕСС ФИЛАМЕНТАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ ВИХРЕВЫХ ПУЧКОВ УЛЬТРАКОРОТКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Н.Ю. Вислобоков

Витебский филиал Международного университета «МИТСО»

Одними из наиболее важных научно-исследовательских направлений сегодня являются численное исследование и моделирование. Особенно актуальны они в такой научно-исследовательской области, как фотоника, например, для изучения процессов, связанных с распространением и филаментацией импульсного лазерного излучения высокой интенсивности и оптических вихревых пучков ультракороткой длительности в диэлектрических средах. Результаты этих исследований могут быть востребованы в сверхскоростной передаче данных, спектроскопии, при производстве монохроматоров, для разработки других инновационных высокотехнологичных устройств.

Цель исследования — изучить влияние дисперсии групповой скорости на процесс филаментации оптических вихревых пучков ультракороткого излучения в кристаллах LiF.

Материал и методы. *В процессе распространения в кристалле диэлектрика импульсное оптическое излучение подвергается воздействию целого ряда эффектов и явлений, от обусловленных особенностями среды распространения до индуцированных электромагнитным полем импульса, влияние которых во многом определяется как мощностью и интенсивностью излучения, так и параметрами импульсного пучка. Численное моделирование и исследование влияния дисперсии на процесс филаментации будем проводить при помощи математической модели, основанной на модифицированных уравнении Шредингера и волновом уравнении, позволяющей учесть влияние всех необходимых эффектов и наблюдать эволюцию параметров и характеристик оптических вихревых пучков в процессе распространения и филаментации.*

Результаты и их обсуждение. *В данной статье приводятся основные результаты численного моделирования процесса филаментации оптических вихревых пучков фемтосекундного излучения в кристалле фторида лития, анализируется влияние дисперсии групповой скорости и индуцированной электронной плазмы на динамику распространения и эволюцию пространственно-временного профиля интенсивности, а также другие параметры рассматриваемых импульсных пучков.*

Заключение. *Выявлено, что для исследованных видов оптических пучков влияние индуцированной электронной плазмы не оказывает значимого влияния на параметры излучения, а дефокусировка обусловлена преимущественно дифракцией элементов дуги оптического вихря. Показано, что аномальная дисперсия групповой скорости оказывает значимое влияние и во многом определяет динамику процесса филаментации исследованных оптических вихревых пучков. Так, например, при распространении фемтосекундных вихревых пучков с топологическим зарядом $m=1$ в кристалле LiF в полосе сильной аномальной дисперсии наблюдалось формирование световых пульс с пиковой интенсивностью, достигающей 58 TWt/cm^2 , при этом первый нелинейный фокус формировался на расстоянии менее 1 см, а при уменьшении дисперсии расстояние до первого фокуса увеличивалось, значения же пиковых интенсивностей снижались.*

Ключевые слова: *численное исследование, численное моделирование, математическое моделирование, ультракороткий импульс, оптические вихревые пучки, дисперсия, индуцированная ионизация.*

NUMERICAL MODELING OF THE IMPACT OF DISPERSION ON THE FILAMENTATION PROCESS OF ULTRASHORT RADIATION OPTIC VOR-TEX BEAMS

N.Yu. Vislobokov

International University MITSO Vitebsk Branch

Numerical research and modeling is one of the most important research trends of today. They are most relevant in the research field of photonics, for example, in the study of the processes connected with the propagation and filamentation of high intensity pulse laser radiation and ultrashort radiation optic vortex beams in dielectric media. The research findings can be required in super speed data transfer, spectroscopy, in monochromator manufacture, in the development of other innovation high technology devices.

The research purpose is to study the impact of group speed dispersion on the process of ultrashort radiation optic vortex beams filamentation in LiF crystals.

Material and methods. *While propagating in the dielectric crystal pulse optic radiation is under the impact of a number of effects and phenomena, from those conditioned by the features of the propagation medium to those induced by the pulse electromagnetic field the influence of which is determined to a large extent both by the power and intensity of radiation, and by the parameters of the pulse beam. Numerical modeling and the study of the impact of dispersion on the filamentation process will be conducted with the help of a mathematic model based on the modified Schrödinger equation and wave equation which make it possible to take into account the influence of all necessary effects and watch the evolution of the parameters and characteristics of optic vortex beams in the process of propagation and filamentation.*

Findings and their discussion. *The article presents basic findings of the numerical modeling of the process of filamentation of femtosecond radiation optic vortex beams in the lithium fluoride crystal, the impact of the group speed dispersion and induced electron plasma on the propagation dynamics and the evolution of the space and time intensity profile as well as other parameters of the impulse beams under consideration.*

Conclusion. *It was found out that the impact of the induced electron plasma is not significant on the parameters of radiation for the studied types of optic beams while the defocusing is mainly due to the defraction of the elements of the optic vortex arc. It is shown that abnormal dispersion of group speed significantly influences and to a great extent determines the dynamics of the filamentation process of the studied optic vortex beams. Thus, for example, in the course of propagation of femtosecond vortex beams with the topological charge $m=1$ in LiF crystal the formation of light bullets with the peak intensity up to 58 TBm/cm^2 in the strip of heavy abnormal dispersion was observed; the first non-linear focus was formed at the distance of less than 1 cm, and with the reduction of dispersion the distance to the first focus increased while the peak intensity indications reduced.*

Key words: *numerical study, numerical modeling, mathematic modeling, ultra short pulse, optic vortex beams, dispersion, induced ionization.*

В настоящее время численное исследование и моделирование, основанные на построении математических моделей различных явлений и процессов, представляются одними из наиболее актуальных научно-исследовательских направлений. Обусловлено это тем, что при несомненной значимости экспериментальных изысканий на современном уровне технического развития диапазон различных параметров и условий для осуществления данных исследований слишком велик даже для реализации самых перспективных из них. В подобной ситуации численное исследование, по сути, позволяет проводить эксперименты в виртуальной среде, тем самым посредством анализа и интерпретации результатов расчетов значительно сужая круг научного поиска и направляя исследования экспериментальные. Особенно важно это в наше время в таких приоритетных научно-исследовательских областях, как сложные функциональные системы и фотоника, в частности, для изучения процессов, связанных с распространением и филаментацией импульсного лазерного излучения высокой интенсивности и оптических вихревых пучков ультракороткой (в первую очередь фемтосекундной) длительности, в том числе с топологическим зарядом, в твердотельных средах, широко используемых при изготовлении компонентов современных лазерных систем и оптических преобразователей.

Явление филаментации лазерного излучения представляет собой динамическую локализацию электромагнитного поля с высокой плотностью мощности, которая может сохраняться на достаточно большом расстоянии благодаря установлению динамического равновесия между фокусирующими (определяющимися особенностями среды распространения) и дефокусирующими эффектами,

обусловленными преимущественно наведенной плазмой свободных электронов, плотность которой заметно возрастает с ростом пиковой интенсивности импульсов [1; 2]. Роль и значимость различных эффектов зависит в том числе и от такого параметра, как длительность лазерных импульсов [3].

Например, при фемтосекундной длительности кроме керровской самофокусировки и индуцированной электронной плазмы заметное влияние на динамику распространения излучения оказывает дисперсия групповой скорости (ДГС). Как было показано в наших предыдущих исследованиях [4; 5], в средах с нормальной дисперсией гауссов на входе тераваттный импульсный пучок в большинстве случаев распадается на субимпульсы, которые некоторое время продолжают распространяться в непосредственной близости друг от друга, но со временем интервал между ними увеличивается и они разбегаются. При аномальной ДГС — наоборот: должна наблюдаться компрессия импульсных пучков по временной координате, что, например, в кристаллах Bk7 и CaF (как уже было продемонстрировано автором в работе [5]) при определенных благоприятствующих начальных параметрах излучения приводит к формированию отдельных или серий т.н. «световых пульс» с различными длинами пробега.

Следует отметить, что большинство исследований, посвященных изучению филаментации, рассматривает данное явление для гауссовских импульсных пучков ультракороткой длительности, в то же время современные лазерные системы позволяют генерировать излучение тераваттной мощности с гораздо более сложной формой пространственно-временного профиля. При этом для кольцевых пучков с винтовым фазовым фронтом волны, называемых оптическими вихрями, уже при топологическом заряде $m=1$ благодаря фазовой сингулярности критическая мощность самофокусировки будет в 4 раза выше таковой для обычного гауссова пучка, что делает их более перспективными для изучения явления филаментации.

Соответственно вопросы исследования условий стабильности параметров при распространении и изучения закономерностей процесса филаментации оптических вихревых пучков фемтосекундного излучения и влияния на него как нормальной, так и аномальной дисперсии групповой скорости в диэлектрике LiF являются открытыми и одними из интересных сегодня для изучения при помощи экспериментальных, и в первую очередь на основе численных, исследований. Обусловлено это широким спектром возможных применений результатов указанных исследований, например, они могут быть востребованы в сверхскоростной передаче данных, спектроскопии, при производстве монокроматоров и других компонентов лазерных систем (и для задержки старта множественной филаментации), для разработки высокотехнологичных устройств, а также совершенствования уже известных технологий [1; 2; 5].

В представленной статье приведены основные результаты численного моделирования процесса филаментации оптических вихревых пучков фемтосекундного излучения в кристалле фторида лития, анализируется влияние дисперсии групповой скорости и индуцированной электронной плазмы на динамику распространения, эволюцию пространственно-временного профиля интенсивности и другие параметры рассматриваемых импульсных пучков.

Цель исследования — изучить влияние дисперсии групповой скорости на процесс филаментации оптических вихревых пучков ультракороткого излучения в кристаллах LiF .

Материал и методы. Известно, что в процессе распространения в кристалле диэлектрика импульсное оптическое излучение подвергается воздействию целого ряда эффектов и явлений, от обусловленных особенностями среды распространения до индуцированных электромагнитным полем импульса, влияние которых во многом определяется как мощностью и интенсивностью излучения, так и параметрами импульсного пучка: его длительностью, шириной, формой профиля огибающей интенсивности и топологическим зарядом для вихревых пучков. Соответственно для излучения тераваттной мощности при построении математической модели необходимо учитывать керровскую самофокусировку, нелинейность среды, дисперсию, дифракцию и воздействие плазмы свободных электронов [5]. В процессе численного моделирования начальные параметры излучения будем варьировать в пределах возможностей существующих лазерных систем при длине волны в рамках полосы аномальной дисперсии. Кроме того, можно отметить, что в последнее время с экспериментальной точки зрения благодаря возможности записывать плазменные каналы филаментов

всё больший интерес представляют исследования по распространению лазерного излучения тераваттной интенсивности и ультракороткой длительности в кристаллах такого диэлектрика, как фторид лития (LiF), поэтому параметры среды распространения установим соответствующими характеристикам данного кристалла.

Результаты и их обсуждение. Численное моделирование и исследование процесса филаментации высокоинтенсивных фемтосекундных оптических вихревых пучков с учетом их топологического заряда будем проводить при помощи математической модели, основанной на модифицированных по специальным методикам уравнениям Шредингера и волновом уравнении, позволяющей учесть влияние всех необходимых эффектов и явлений и наблюдать эволюцию параметров и характеристик оптического вихря в процессе распространения и филаментации [5]. Соответственно уравнение, описывающее динамику изменения напряженности электромагнитного поля (E) оптического вихря с топологическим зарядом m , распространяющегося вдоль координаты z , можно записать следующим образом:

$$\frac{\partial E}{\partial z} = \frac{i}{2k} \left(1 + \frac{i}{\omega\tau_p} \frac{\partial}{\partial \tau} \right)^{-1} \left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} - \frac{m^2}{r^2} \right) E - , \quad (1)$$

$$-\hat{D}E + ik_0 n_2 \hat{T}E^3 + ik_0 n_4 \hat{T}E^5 - N_{PL}E$$

где k — волновой вектор, ω — частота излучения, а r и τ — радиальная и временная координаты соответственно, n_i — коэффициенты нелинейности $(i+1)$ -го порядка. Волновая нестационарность учтена через оператор \hat{T} :

$$\hat{T} = \left(\frac{i\partial}{\omega\tau_p\partial\tau} + 1 \right).$$

Влияние дисперсии групповой скорости в среде распространения (фториде лития) в уравнении (1) описывается через оператор \hat{D} , который и определяется формулой

$$\hat{D} = \left(\beta_1 - \frac{\alpha_1}{2} \right) \frac{\partial}{\partial t} + \sum_{m=2}^{\infty} \left[\left(\frac{\beta_m}{m!} + i \frac{\alpha_m}{2m!} \right) \left(i \frac{\partial}{\partial t} \right)^m \right],$$

$$\beta_m = \left(\frac{\partial\omega}{\partial k} \right)^{-m}.$$

Подчеркнем, что дефокусирующее влияние фотоионизации и индуцированной электронной плазмы на профиль огибающей интенсивности электромагнитного поля оптического вихря, распространяющегося в диэлектрической среде, в (1) характеризуется множителем N_{PL} , который должен учитывать влияние как туннельной ионизации N_{PL1} , определяющееся плотностью плазмы (ρ), интервалом между коллизиями электронов τ_c и характерным параметром тормозного излучения σ

$$N_{PL1} = \frac{\sigma}{2} \hat{T}^{-1} (1 + i\omega\tau_c) \rho ,$$

так и многофотонное поглощение N_{PL2} , напрямую зависящее от скорости фотонной ионизации W :

$$N_{PL2} = \frac{1}{2} \frac{W \cdot U}{I} ,$$

где U — ширина запрещенной зоны диэлектрика в эВ.

Исходя из результатов анализа динамики изменения W как функции интенсивности (I) лазерного импульса, проведенного автором в [5], можно отметить, что при рассматриваемых начальных и граничных параметрах данная скорость будет прямо пропорциональна плотности ρ и I^n (n — порядок многофотонного перехода) с коэффициентом пропорциональности σ_n , значение которого для LiF известно из экспериментальных исследований, соответственно

$$W = \sigma_n I^n \rho.$$

Тогда N_{PL} может быть определено по формуле:

$$N_{PL} = \frac{1}{2} \left(\sigma \hat{T}^{-1} (1 + i\omega\tau_c) \rho + \frac{\sigma_n I^n \rho \cdot U}{|E|^2} \right).$$

Одновременно нельзя забывать и о том, что плотность электронной плазмы изменяется при прохождении через кристалл диэлектрика мощного оптического излучения и при рассматриваемых здесь условиях численного исследования динамика изменения плотности электронной плазмы при движении вдоль временной координаты соответствует закономерностям, описанным в [5].

Учитывая повышенное внимание ученых к исследованиям по распространению и филаментации ультракоротких (фемтосекундной длительности) кольцевых оптических пучков с винтовым фазовым фронтом волны в кристаллах типа фторида лития (LiF), именно этот диэлектрик и определим в качестве среды распространения.

Одним из основных преимуществ вихревых (кольцевых) импульсных пучков является то, что вихревая фаза создает сингулярность, благодаря которой заметным становится интерференционный эффект, а также критическая мощность фокусировки для них в несколько раз выше, по сравнению с гауссовыми пучками. Так, например, если критическая мощность фокусировки, при которой неминуемо наступает коллапс, для гауссова пучка

$$P_{cr} = \frac{3,77\lambda^2}{8\pi n_0 n_2},$$

где λ — длина волны излучения), то для оптического вихря с аналогичными параметрами и $m=1$ эта мощность будет равна $P_{cr}^{(1)} = 4P_{cr}$.

Уравнение для начальной ($z = 0$) напряженности электромагнитного поля оптического осесимметричного вихря с топологическим зарядом m можно записать в виде:

$$E^{(m)}(r, z = 0, \tau) = E_0 \left(\frac{r}{w_0} \right)^m \exp \left[-\frac{r^2}{w_0^2} \right] \exp \left[-\frac{\tau^2}{\tau_p^2} \right] \exp[i m \varphi].$$

Максимальная интенсивность такого оптического пучка может быть определена как $I_{max} = 0.36I_0$, где начальная интенсивность

$$I_0 = \frac{cn_0 \varepsilon_0 |E_0|^2}{2}.$$

В процессе численного моделирования начальная длительность импульса варьировалась в пределах от $\tau_p = 10$ фс до $\tau_p = 100$ фс, начальная ширина пучка в пределах от $w_0 = 5$ мкм до $w_0 = 80$ мкм, начальные длины волны излучения изменялись в пределах от $\lambda = 1200$ нм до 1800 нм, а топологический заряд m считался равным 1. При $m = 1$ максимальная мощность такого излучения может быть вычислена как $P_{max} = \pi r_0^2 I_0$.

На рис. 1 приведены начальные пространственно-временной (рис. 1а) и пространственный (рис. 1б) профили огибающей нормированной интенсивности данного оптического вихревого пучка.

По изображению на рис. 1 отчетливо видно: специфической особенностью такого оптического пучка является то, что вдоль всего импульса интенсивность поля излучения на оптической оси нулевая. Благодаря фазовой сингулярности данная особенность сохраняется и под воздействием самофокусировки в процессе распространения.

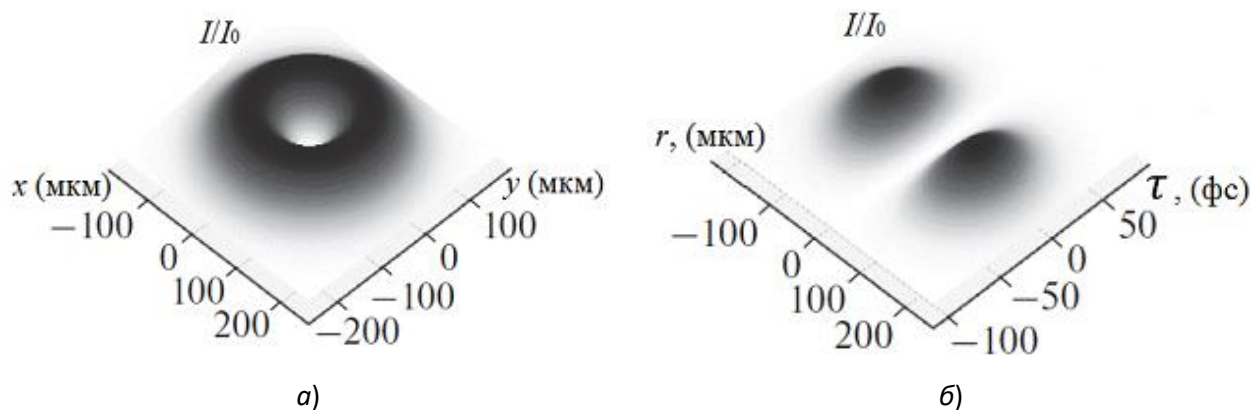


Рис. 1. Пространственно-временной (а) и пространственный (б) профили огибающей нормированной интенсивности вихревого оптического пучка

После попадания в диэлектрическую среду, например, кристалл LiF, ширина кольца вихревого импульсивного пучка под воздействием эффекта самофокусировки начинает сужаться. Кроме того, если несущая длина волны излучения соответствует полосе аномальной дисперсии, то оптический вихрь подвергается также эффекту самокомпрессии по временной координате τ . Соответственно пиковая интенсивность излучения значительно возрастает и достигает уровня порядка $40 \text{ ТВт}\cdot\text{см}^{-2}$, так формируется первый нелинейный фокус или кольцевая пространственно-временная локализация электромагнитной энергии, называемая также световой пулей. В процессе численных экспериментов ширина формировавшихся световых пульс составляла порядка 10 мкм при длительности от 1 до 2 оптических осцилляций (в среднем около 10 фс).

Причем если для гауссовских фемтосекундных импульсных пучков рост пиковой интенсивности приводил к значительному росту плотности плазмы свободных электронов ρ , оказывающей существенное дефокусирующее воздействие на распространяющееся излучение, то для вихревых пучков такой же длительности заметного увеличения плотности ρ , как мы видим на рис. 2, не наблюдалось, а значит дефокусировка в индуцированной полем электронной плазме в данном случае не может оказать существенного воздействия, а тем более остановить процесс фокусировки, и ее влияние на динамику изменения параметров излучения в целом будет незначительным.

При филаментации в указанных условиях основным эффектом, останавливающим коллапс, является линейная дифракция элементов дуги сфокусированного кольцевого оптического вихря, воздействие которой заметно возрастает с уменьшением ширины пучка.

На некотором расстоянии от первой световой пули, как правило, формировалась вторая с пиковой интенсивностью, достигающей $58 \text{ ТВт}\cdot\text{см}^{-2}$, и длительностью примерно такой же, как и у первой, однако переносимая ею энергия высокой плотности уже составляла только несколько процентов от начальной энергии импульса, соответственно третьей локализации энергии уже не наблюдалось, излучение постепенно поглощалось диэлектриком.

Далее более детально остановимся на влиянии аномальной дисперсии групповой скорости на процесс филаментации и формировании нелинейных фокусов оптических вихревых пучков.

Для этого рассмотрим эволюцию вихревого импульсивного излучения фемтосекундной длительности в одном и том же диэлектрике для разных начальных длин волн лазерного излучения, соответствующим разным значениям коэффициента дисперсии β : $\lambda = 1800 \text{ нм}$ (полоса сильной аномальной дисперсии), $\lambda = 1500 \text{ нм}$ (средняя аномальная дисперсия), $\lambda = 1235 \text{ нм}$ (нулевой уровень дисперсии). При этом для каждой из длин волн начальные параметры вихрей выберем так, чтобы у них была одинаковая

дифракционная длина, длительность импульса $\tau_p = 40$ фс и соотношение начальной и критической мощностей $\frac{P_{in}}{P_{cr}} = 5$. Динамика изменения пиковой интенсивности оптических вихрей с данными параметрами для перечисленных длин волн, соответствующих разным уровням дисперсии, распространяющихся во фториде лития вдоль продольной координаты z вблизи первого нелинейного фокуса, приведена на рис. 3.

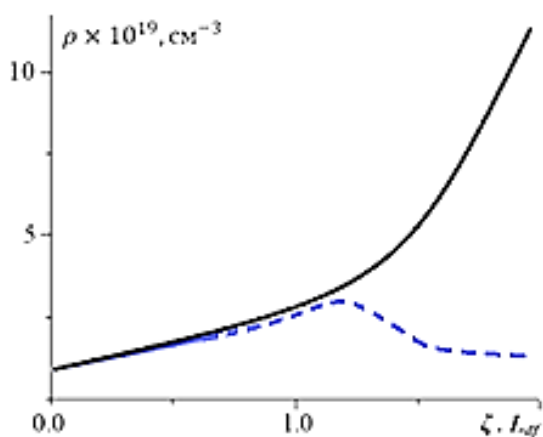


Рис. 2. Динамика изменения плотности плазмы свободных электронов в LiF для гауссова пучка (сплошная кривая) и вихревого оптического пучка (штриховая кривая) при распространении излучения вдоль нормированной на дифракционную длину продольной координаты ζ

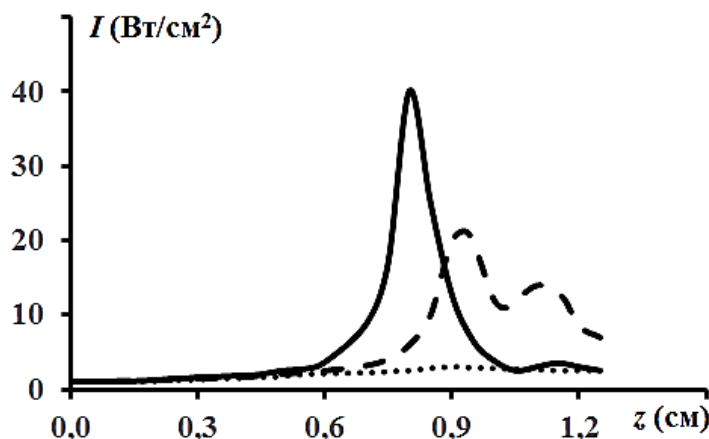


Рис. 3. Динамика изменения пиковой интенсивности вдоль продольной координаты z при распространении ультракоротких оптических вихрей во фториде лития при начальной длине волны излучения 1800 нм (сплошная кривая, сильная аномальная дисперсия), 1500 нм (штриховая кривая, средняя аномальная дисперсия) и 1235 нм (точечная кривая, нулевая дисперсия)

По графику на рис. 3 достаточно хорошо видно, что при начальной длине волны $\lambda = 1800$ нм, соответствующей полосе сильной аномальной дисперсии, в кристалле диэлектрика уже на расстоянии 0,8 см от входа в среду формируется нелинейный фокус, в котором пиковая интенсивность излучения достигает уровня порядка 40 ТВт/см². При $\lambda = 1500$ нм, соответствующей меньшей аномальной дисперсии, первый фокус наблюдается уже немного дальше — на интервале от 0,9 см до 1 см, при этом максимальная пиковая интенсивность достигает уровня только порядка половины от максимума предыдущего случая.

В то же время можно заметить, что при средней дисперсии вскоре после первого нелинейного фокуса формируется второй, в котором пиковая интенсивность достигает уровня порядка 15 ТВт/см².

Для излучения с $\lambda = 1235$ нм, соответствующей нулевой дисперсии (точечная кривая), после попадания в диэлектрическую среду будет наблюдаться самофокусировка, т.е. уменьшение ширины пучка, а вот дисперсионного сжатия импульса по временной координате τ фиксироваться не будет. Поэтому в данном случае заметных скачков интенсивности в процессе распространения наблюдаться не будет, а электромагнитная энергия оптического вихря будет перемещаться к оси импульсного пучка, что приведет к постепенному изменению формы профиля огибающей его интенсивности.

Кроме того, с уменьшением длины волны λ происходило и увеличение диаметра вихревого пучка, что обусловило усиление влияния дифракции на больших длинах волн.

Заключение. Таким образом, в данной работе получены основные результаты численного моделирования процесса филаментации оптических вихревых пучков фемтосекундного излучения в кристалле фторида лития, анализируется влияние дисперсии групповой скорости и индуцированной электронной плазмы на динамику распространения и эволюцию пространственно-временного профиля огибающей интенсивности, а также другие параметры лазерного излучения.

Выявлено, что для исследованных видов оптических пучков индуцированная электронная плазма не оказывает заметного воздействия на параметры излучения, а дефокусировка обусловлена преимущественно дифракцией элементов дуги оптического вихря. Показано, что аномальная дисперсия групповой скорости оказывает значимое влияние и во много определяет динамику процесса

филаментации исследованных оптических вихревых пучков. Так, например, при распространении фемтосекундных вихревых пучков с топологическим зарядом $m=1$ в кристалле LiF в полосе сильной аномальной дисперсии наблюдалось формирование световых пульс с пиковой интенсивностью, достигающей 58 ТВт/см^2 , при этом первый нелинейный фокус формировался на расстоянии менее 1 см, а при уменьшении дисперсии расстояние до первого фокуса увеличивалось, значения же пиковых интенсивностей снижались.

ЛИТЕРАТУРА

1. Spectral probing of an extremely compressed femtosecond wave packet in calcium fluoride / I.Y. Geints, V.O. Kompanets, A.A. Melnikov, S.V. Chekalin, A.E. Dormidonov, V.P. Kandidov // *Laser physics letters*. — 2023. — Vol. 20, № 1. — P. 015401–015405.
2. Fu, W. High-power femtosecond pulses without a modelocked laser / W. Fu, L.G. Wright, F.W. Wise // *JOSA Optica*. — 2023. — Vol. 12, № 7. — P. 831–834.
3. Распространение мощного светового импульса с учетом отражения от нелинейного фокуса / О.Х. Хасанов, Т.В. Смирнова, О.М. Федотова, А.П. Сухоруков, Н.Ю. Вислобоков // *Известия РАН. Серия физическая*. — 2006. — Т. 70, № 12. — С. 1740–1744.
4. Вислобоков, Н.Ю. Численное моделирование процесса формирования пульсирующего канала распространения мощного светового импульса в прозрачных диэлектриках / Н.Ю. Вислобоков // *Вестник Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта*. — 2018. — № 4(101). — С. 29–37.
5. Вислобоков, Н.Ю. Численное исследование процесса распространения оптических вихревых пучков фемтосекундного излучения в прозрачных диэлектриках / Н.Ю. Вислобоков // *Вестник Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта*. — 2025. — № 2(127). — С. 5–11.

REFERENCES

1. Spectral probing of an extremely compressed femtosecond wave packet in calcium fluoride / I.Y. Geints, V.O. Kompanets, A.A. Melnikov, S.V. Chekalin, A.E. Dormidonov, V.P. Kandidov // *Laser physics letters*. — 2023. — Vol. 20, № 1. — P. 015401–015405.
2. Fu, W. High-power femtosecond pulses without a modelocked laser / W. Fu, L.G. Wright, F.W. Wise // *JOSA Optica*. — 2023. — Vol. 12, № 7. — P. 831–834.
3. Khasanov O.Kh., Smirnova T.V., Fedotova O.M., Sukhorukov A.P., Vislobokov N.Yu. *Izvestiya RAN. Seriya fizicheskaya* [Journal of RAS. Physics], 2006, 70(12), pp. 1740–1744.
4. Vislobokov N.Yu. *Vesnik Vitsebskaga dziazhaunaga universiteta* [Journal of Vitebsk State University], 2018, 4(101), pp. 29–37.
5. Vislobokov N.Yu. *Vesnik Vitsebskaga dziazhaunaga universiteta* [Journal of Vitebsk State University], 2025, 2(127), pp. 5–11.

Поступила в редакцию 08.12.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: nkt_2004@mail.ru — Вислобоков Н.Ю.

УДК 004.8:004.93:616.1

PRACTICAL APPLICATION OF IMPROVED SUPPORT VECTOR MACHINE ALGORITHM IN CARDIOVASCULAR DISEASE DIAGNOSTICS

E.A. Eshboyev*, F.Y. Shodiyev*, F.G. Klicheva*, A.Z. Khalilov*,
M.G. Makhmasoatov*, E.A. Korchevskaya**, E.N. Zaleskaya**

*Educational Establishment "Karshi State University" (the Republic of Uzbekistan)

** Education Establishment "Vitebsk State P.M. Masherov University" (the Republic of Belarus)

In the article, the problem of improving the support vector method based on the hybrid approach, designed to solve the problem of diagnosis of cardiovascular diseases in the medical field, is considered. It is noted that the hybrid approach in adjusting the hyperparameters of this method allows to achieve better results compared to individual methods.

The aim of the work is to develop an improved support vector machine based on an evolutionary hybrid algorithm by adjusting hyperparameters.

Material and methods. *In this case, a hybrid algorithm was developed, which is a combination of particle swarm and artificial immune system algorithms, designed to adjust the hyperparameters of the support vector method.*

Findings and their discussion. *This hybrid algorithm combines the global search capabilities of the particle swarm algorithm and the local optimization capabilities of artificial immune systems. In order to conduct experimental research using the developed algorithm, cardiovascular diseases in the medical field were selected. By perfectly adjusting the hyperparameters of the support vector method, the classification results were improved.*

Conclusion. *Thus, the possibility of diagnosing several types of cardiovascular diseases with high accuracy was achieved. At the same time, results were obtained from the developed algorithm and existing algorithms, and they were compared and analyzed.*

Key words: *particle swarm, hyperparameter, artificial immune system, hybrid algorithm, fitness value.*

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ УЛУЧШЕННОГО АЛГОРИТМА МАШИНЫ ОПОРНЫХ ВЕКТОРОВ В ДИАГНОСТИКЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Э.А. Эшбоев*, Ф.Ю. Шодиев*, Ф.Г. Клычева*, А.З. Халилов*,
М.Г. Махмасоатов*, Е.А. Корчевская**, Е.Н. Залесская**

*Учреждение образования «Каршинский государственный университет»
(Республика Узбекистан)

**Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова» (Республика Беларусь)

В данной статье рассматривается проблема совершенствования метода опорных векторов посредством гибридного подхода, предназначенного для решения задачи диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. Отмечается, что гибридный подход к настройке гиперпараметров этого метода позволяет добиться лучших результатов по сравнению с индивидуальными методами.

Цель исследования — разработать улучшенный метод опорных векторов на основе эволюционного гибридного алгоритма путем корректировки гиперпараметров.

Материал и методы. *Авторами разработан гибридный алгоритм, представляющий собой комбинацию алгоритмов роя частиц и искусственного иммунитета, предназначенный для настройки гиперпараметров метода опорных векторов.*

Результаты и их обсуждение. Предложенный гибридный алгоритм сочетает в себе возможности глобального поиска алгоритма роя частиц и возможности локальной оптимизации искусственного иммунитета. Для проведения экспериментальных исследований с использованием разработанного алгоритма были выбраны сердечно-сосудистые заболевания. Благодаря идеальной настройке гиперпараметров метода опорных векторов улучшены результаты классификации.

Заключение. Таким образом, достигнута возможность диагностики нескольких видов сердечно-сосудистых заболеваний с высокой точностью. При этом получены результаты, достигнутые с помощью разработанного алгоритма и существующих алгоритмов, а также проведены их сравнение и анализ.

Ключевые слова: рой частиц, гиперпараметр, искусственная иммунная система, гибридный алгоритм, показатель приспособленности.

It is known that cardiovascular diseases (CVD) are among the most common diseases worldwide, and their complications can lead to serious negative consequences [1]. For this purpose, it is necessary to develop innovative methods that will be accurate and effective for early detection, prevention and treatment of these diseases [2; 3]. In this regard, automation and optimization of the medical diagnostics process using intelligent analysis methods, in particular support vectors and evolutionary algorithms, is one of the urgent issues. The article discusses the development of an improved support vector algorithm based on a hybrid approach for the diagnosis of several types of CVD.

Suppose that a set of weakly formed processes and objects (the research sample) is represented as follows: $x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pm_p} \in X_p, p = \overline{1, r}$. Here the object $x_{pi} = (x_{pi}^1, x_{pi}^2, \dots, x_{pi}^N), i = \overline{1, m_p}$ is considered in an N -dimensional data space, and $X_p, p = \overline{1, r}$ denotes a set of classes consisting of m_p objects x_{p1}, \dots, x_{pm_p} . At this time, it is necessary to determine to which class in a given training sample an object with an unknown class belongs $x_{m+t}^1, \dots, x_{m+t}^n, x_{m+t}^1, \dots, x_{m+t}^N$.

Purpose of the work: improve the support vector machine based on a hybrid approach designed to solve the problem of diagnosing cardiovascular diseases.

The aim of the work is to develop an improved support vector machine based on an evolutionary hybrid algorithm by adjusting hyperparameters.

Material and methods. Support Vector Machine (SVM) is widely used to analyze high-dimensional data in data mining problems. SVM is a data processing method that uses linear combinations of basis vectors to represent complex objects. One of the key aspects of working with SVM is the optimization of its hyperparameters, which improves the efficiency and quality of the model's predictions [4]. There are a number of parameter tuning methods, including gradient descent, genetic algorithms, particle swarm algorithms, artificial immune systems, and other widely used algorithms. A hybrid evolutionary approach to tuning the hyperparameters of an SVM model can achieve better results than individual methods [5; 6].

Below, we will consider the development of a hybrid algorithm formed by combining particle swarm optimization and artificial immune system algorithms for tuning SVM hyperparameters and its application to the problem of predicting SVM.

Brief description of the particle swarm algorithm. Particle swarm optimization (PSO) is an optimization algorithm that has been compared to the social behavior of birds and fish. The algorithm works by launching a swarm of particles into a motion space, where each particle represents a potential solution. The particles move through the search space toward the best position found by the swarm and toward their own best position, thereby approaching the optimal solution. It should be noted that the particle swarm algorithm is a popular evolutionary algorithm in the field of artificial intelligence and machine learning [7; 8].

In the particle swarm algorithm, particles (a swarm of agents) move through a search space in search of an optimal solution. Each particle in the swarm has three parameters: speed, position, and fitness value. Each particle keeps track of its best position. The global best position is the best value of any particle. Each particle in the swarm changes its direction depending on its current position, speed, and local and global best values [9; 10].

Brief description of the Artificial Immune System (AIS) algorithm. AIS is an adaptive computing system based on models, principles, mechanisms and functions described in theoretical immunology, used to solve practical problems.

Although natural immune systems have not been fully studied, today there are basic theories that explain the functioning of the immune system and describe the interaction of its elements, which are [11]:

- negative selection theory;
- clonal selection theory;
- immune network theory;

They served as the basis for the creation of four types of AIS algorithms (clonal selection algorithm, negative selection algorithm, immune network algorithm, dendritic algorithm) [12].

The main idea in creating the AIS algorithms was genetic and evolutionary computational algorithms. Both of these algorithms are evolutionary algorithms.

Below is information about AIS algorithms [13]:

1. Clonal selection algorithm. This type of AIS is based on the theory of clonal selection of the immune system. This involves creating a diverse set of antibodies and selecting the most effective ones through a process of clonal reproduction and mutation. This algorithm is often used to solve optimization, classification, and pattern recognition problems.
2. Negative selection algorithm: This algorithm is based on the immune system's concept of self-non-self differentiation. It involves creating a set of recognizable antibodies and comparing them with a set of other antigens to detect anomalies or deviations. The negative selection algorithm is commonly used to detect leaks and anomalies in computer networks.
3. Immune network algorithm: This algorithm is based on the interactions between immune cells of the immune system. It models the interactions as networks and uses network mechanisms such as immune network dynamics and immune network optimization to solve optimization and pattern recognition problems.
4. Dendritic cell algorithm: This algorithm is based on the behavior of dendritic cells of the immune system, which play an important role in antigen presentation and immune response. It involves collecting and processing information from antigens to generate appropriate responses. It is also used to solve various problems, including clustering and classification of data.

Almost all immune simulators are based on negative and clonal selection algorithms. Antigens are like bit strings — a sequence of zeros and ones. AIS must create antibody detectors that can quickly recognize anomalies in the data stream [14].

The algorithms of the AIS are used to find solutions to a number of complex mathematical and technological problems. Therefore, it can be considered one of the intelligent systems.

The above algorithms can be combined and used to tune the hyperparameters of the SVM algorithm. This provides increased diagnostic accuracy of the SVM classifier. The steps to implement an evolutionary hybrid algorithm designed to tune the hyperparameters of an SVM model for CVD prediction using particle swarm and artificial immune system algorithms are as follows:

1. Data input and standardization. Data about patients are read from the dataset used for CVD diagnosis and expressed as variables:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, \quad y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}.$$

Then they are standardized:

$$X' = \frac{X - \mu}{\sigma},$$

where μ is the mean value, σ is the variance.

2. Optimization of SVM hyperparameters using particle swarm algorithm. The optimal parameters \mathbf{C} and $\mathbf{\gamma}$ are determined using the particle swarm algorithm. The velocity of each particle is updated using the following formula:

$$v_i^{(t+1)} = wv_i^{(t)} + c_1r_1(p_i - x_i^{(t)}) + c_2r_2(g - x_i^{(t)}),$$

where w is the coefficient of inertia, c_1, c_2 is the velocity constant, r_1, r_2 is a random number in the range $[0,1]$, p_i — the best position of the particle, g — the global best position. The position of the particle is updated as follows:

$$x_i^{(t+1)} = x_i^{(t)} + v_i^{(t+1)}.$$

Fitness Function:

$$f(C, \gamma) = 1 - Accuracy(C, \gamma),$$

where $Accuracy(C, \gamma)$ — accuracy of the SVM model. Optimal C and γ are found as follows:

$$(C^*, \gamma^*) = \arg \min(C, \gamma).$$

3. Improve the identified hyperparameters using the artificial immune system algorithm. This algorithm further adapts C and γ through mutation:

$$\begin{aligned} C' &= C \cdot (1 + \beta \cdot (r - 0.5)), \\ \gamma' &= \gamma \cdot (1 + \beta \cdot (r - 0.5)), \end{aligned}$$

where β — mutation rate (≈ 0.1), and r — a random number in the range $[0,1]$. The model with the best parameters is selected:

$$(C_{final}, \gamma_{final}) = \arg \min(C, \gamma).$$

4. Classification with a SVM model with tuned hyperparameters. The SVM model operates with the following radial basis function (RBF kernel):

$$K(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \|x_i - x_j\|^2).$$

The SVM model performs classification using the following optimal hyperplane:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i K(x_i, x) + b.$$

Here

$$f(x) \geq 0 \Rightarrow y = 1, \quad f(x) < 0 \Rightarrow y = -1.$$

5. Iteration: Steps 2–4 are repeated until the specified iteration steps are completed or until high classification accuracy is achieved.

6. Predicting a new object. The new object X_{new} is standardized and fed to the SVM model:

$$\hat{y} = \text{sign}\left(\sum_{i=1}^n \alpha_i y_i K(x_i, X_{new}) + b\right).$$

7. End of the algorithm.

The goal of this hybrid algorithm is to create the best classifier by optimizing the hyperparameters of the SVM model, namely C and γ , using particle swarm and artificial immune system algorithms.

Results and their discussion. To test the developed algorithm, computational experiments were conducted on the CDD and ECG datasets used in the diagnosis of cardiovascular diseases (CVD). Datasets

were obtained that predict the presence or absence of cardiovascular diseases (cardiovascular disease dataset, <https://www.kaggle.com/datasets/jocelyndumlao/cardiovascular-disease-dataset>) and diagnose cardiovascular diseases based on ECG data (ECG dataset, <https://www.kaggle.com/code/thakursankalp/detecting-cardiac-ailments-ml-w-ecg-data>). The CDD study sample included data from 1000 patients who had 12 features. The last column of the dataset is a class column indicating whether the disease is present (represented by 1) or absent (represented by 0).

ECG dataset consisted of 1200 records from patients diagnosed with CVD, which were divided into 4 groups according to the diagnoses given to the patients, namely: ARR — arrhythmia (1–300), AFF — fibrillation atrial (301–600), CHF — congestive heart failure (601–900), and NSR — normal sinus rhythm (901–1200). The data is based on the MIT-BIH physiological network database. So, the file contains records of 1200 x 56. Column 1 contains the serial number of the record, and column 56 contains the type of disease. The remaining columns are features, which are the results of the ECG [10].

These datasets are used to determine the diagnostic capabilities of the SVM algorithm and improved SVM algorithms based on the hybrid approach.

Below are the results obtained by the SVM algorithm using the CDD and ECG datasets (Fig. 1–2).

Results for the CDD dataset:

Classification report:

precision recall f1-score support

0	0.96	0.95	0.96	83
1	0.97	0.97	0.97	117

<i>accuracy</i>		0.96	200
<i>macro avg</i>	0.96	0.96	0.96
<i>weighted avg</i>	0.96	0.96	0.96

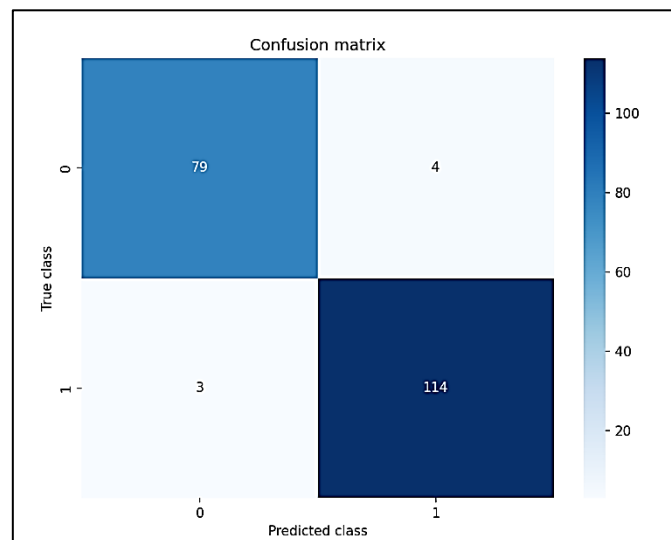


Fig. 1. Confusion matrix obtained using the SVM algorithm on the CDD dataset

Results for the ECG dataset:

Classification report:

precision recall f1-score support

AFF	0.91	0.80	0.85	60
ARR	1.00	1.00	1.00	62
CHF	0.82	0.93	0.88	60
NSR	1.00	0.98	0.99	58

<i>accuracy</i>		0.93	240
<i>macro avg</i>	0.93	0.93	0.93
<i>weighted avg</i>	0.93	0.93	0.93

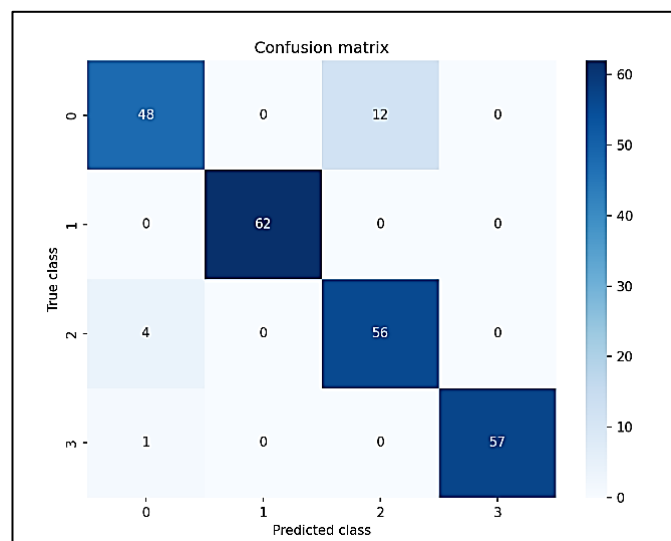


Fig. 2. Confusion matrix obtained using the SVM algorithm on the ECG dataset

The results obtained from the improved SVM algorithm based on the hybrid approach are presented below (Fig. 3–4).

Results for the CDD dataset:

Classification report:

precision recall f1-score support

0 0.99 0.99 0.99 83
 1 0.99 0.99 0.99 117

accuracy 0.99 200
macro avg 0.99 0.99 0.99 200
weighted avg 0.99 0.99 0.99 200

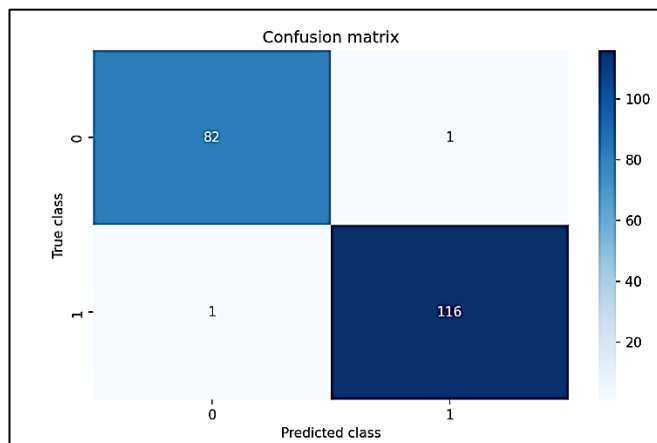


Fig. 3. Confusion matrix obtained using the improved SVM algorithm on the CDD dataset

Results for the ECG dataset:

Classification report:

precision recall f1-score support

AFF 1.00 0.93 0.97 60
 ARR 0.98 1.00 0.99 62
 CHF 0.94 1.00 0.97 60
 NSR 1.00 0.98 0.99 58

accuracy 0.98 240
macro avg 0.98 0.98 0.98 240
weighted avg 0.98 0.98 0.98 240

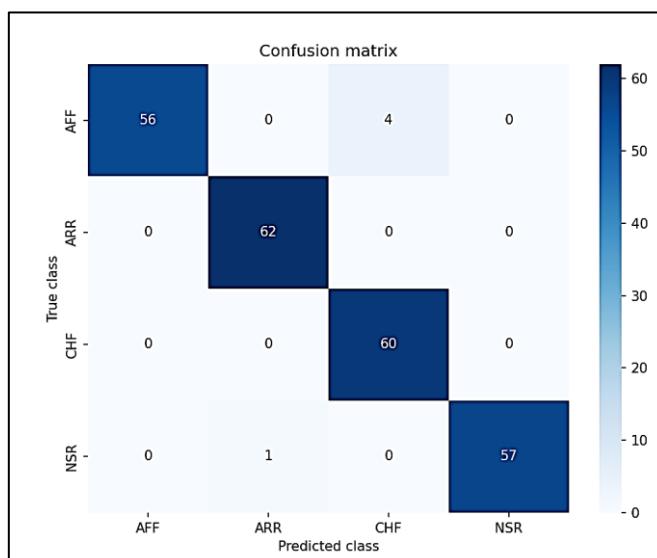


Fig. 4. Confusion matrix obtained using the improved SVM algorithm on the ECG dataset

The obtained results create the possibility of developing software tools with high diagnostic accuracy. The accuracy of the improved SVM algorithm is compared with the results obtained using existing classifiers in the WEKA and KNIME programs (Table).

Table

Classification accuracy of algorithms

	Naive Bayes	IBk	Random Forest	J48	S MO	Hybrid algorithm
In Weka	90.25%	97.33%	97.18%	97.28%	95.2%	98.0%
	Ada Boost	Logistic	Naive Bayes	SVM	Random Forest	Hybrid algorithm
In Knime	75.0%	93.33%	88.75%	93.75%	96.66%	98.0%

The table shows that the classification accuracy of the improved SVM algorithm is higher than that of other algorithms. This result was obtained by tuning the SVM hyperparameters using a combination of the PSO and AIS algorithms. The developed algorithm has the following advantages:

- Combines the global search capabilities of the particle swarm algorithm and the local optimization capabilities of artificial immune systems;
- The algorithm, developed using the mutation and selection mechanisms of the artificial immune system algorithm, increased its adaptability to various environments;
- The particle swarm algorithm approaches the optimal solution, while artificial immune systems improve it even more;
- Improving classification results by fine-tuning the hyperparameters of the SVM model.

Conclusion. The performance results of the proposed SVM algorithm itself and its improved version by adjusting the hyperparameters based on the evolutionary hybrid algorithm show that for the CDD dataset, the classification accuracy in the SVM algorithm was 96%, and in the improved algorithm — 99%. For the ECG dataset, the classification accuracy in the SVM algorithm was 93%, and in the improved algorithm — 98%. Accordingly, the accuracy was increased by 3% in the CDD dataset and by 5% in the ECG dataset by adjusting the hyperparameters. The application of the improved SVM algorithm to create software tools used to solve diagnostic problems significantly improves the diagnostic accuracy. Thus, it is possible to create a software tool with high diagnostic accuracy.

REFERENCES

1. Klicheva, F. Application of intelligent technologies in diagnostics of cardiovascular diseases / F. Klicheva // Scientific Collection "InterConf". — 2024. — Vol. 187. — P. 356–359.
2. Klicheva, F. Application of artificial immune systems in medical diagnostics / F. Klicheva, D. Mukhammedieva, E. Eshboev // Scientific Collection "InterConf". — 2024. — Vol. 196. — P. 380–384.
3. Klicheva, F. Implementation of prediction of cardiovascular diseases using features and linear regression / F.G. Klicheva, E.A. Eshboev, D.G. Ravshanov // Universum: technical sciences. — 2022. — Vol. 8, no. 101. — P. 14–17.
4. Shahzad, F. Probabilistic opposition-based particle swarm optimization with velocity clamping / F. Shahzad, S. Masood, N. Khan // Knowledge and Information Systems. — 2014. — Vol. 39, no. 3. — P. 703–737.
5. Syarif, I. SVM Parameter Optimization using Grid Search and Genetic Algorithm to Improve Classification Performance / I. Syarif, A. Prugel-Bennett, G. Wills // TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control). — 2016. — Vol. 14, no. 4. — P. 1502–1509.
6. Zhang, X. Optimization of SVM parameters based on PSO algorithm / X. Zhang, Y. Guo // Fifth International Conference on Natural Computation. — Tianjian, 2009. — P. 536–539.
7. Klicheva, F.G. Joint use of AI methods in the diagnosis of cardiovascular diseases / F.G. Klicheva, E.A. Eshboev // In Artificial Intelligence and Information Technologies. — 2024. — Vol. 2. — P. 251–256.
8. Klicheva, F.G. Creation of an intelligent system to support medical diagnosis / F.G. Klicheva, E.A. Eshboev // Innovative technologica-methodical research journal. — 2023. — Vol. 4. — P. 82–87.
9. Klicheva, F.G. Application of particle swarm optimization algorithm in medical diagnostics / F.G. Klicheva // IJARSET Journal. — 2024. — Vol. 11, iss. 11. — ISSN: 2350-0328. <http://www.ijarset.com/volume-11-issue-11.html#>.
10. Clerc, M. The particle swarm-explosion, stability, and convergence in a multidimensional complex space / M. Clerc, J. Kennedy // IEEE Transactions on Evolutionary Computation. — 2002. — Vol. 6, no. 1. — P. 58–73.
11. Artificial intelligence and its applications / Y. Zhang, S. Balochian, P. Agarwal, V. Bhatnagar, O. Housheya // Mathematical Problems in Engineering. — 2014. — Vol. 2014. — 10 p.
12. Dasgupta, D. Advances in artificial immune systems / D. Dasgupta // IEEE computational intelligence magazine. — 2006. — Vol. 1, no. 4. — P. 40–49.
13. Djabbarov, O. Sun'iy immun tizimlari algoritmlarining kasalliklarni aniqlash va tasniflash masalalarida qo'llanilishi: Sun'iy immun tizimlari algoritmlarining kasalliklarni aniqlash va tasniflash masalalarida qo'llanilishi / O. Djabbarov, E. Eshboev, F. Klicheva // Modern problems and prospects of applied mathematics. — 2024. — Vol. 1, no. 01.
14. Shodiyev, F. Prediction of disease resistance of high-quality wheat varieties using method of calculating generalized estimates / F. Shodiyev, E. Eshboev, A. Suyarova // E3S Web of Conferences 401, 04063. — 2023. — DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340104063>.

Received by the editor 03.10.2025

Address for correspondence: e-mail: Korchevskaya.Elena@gmail.com — Korchevskaya E.A.

СИЛОВОЙ АНАЛИЗ КУЛИСНОГО МЕХАНИЗМА ПРОТЯЖКИ ЛЕНТЫ

В.Г. Буткевич, Г.И. Москалев, Д.Т. Дубаневич, О.Н. Юрченко

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

Представленная статья посвящена изучению работы, проектированию и силовому расчету механизма протяжки ткани аналитическим и графоаналитическим методами. Особенностью данного механизма протяжки ленты является применение двухдиадного кулисного механизма для организации требуемого закона движения ткани. Предложенная работа актуальна, поскольку рассматриваемый способ изучения позволяет рассчитывать сложные механизмы аналитическим методом.

Цель исследования — определение кинематических и силовых параметров работы сложного дуального механизма с использованием передаточных отношений и функций. Кроме того, необходимо провести верификацию полученных результатов с последующей апробацией в производственных условиях.

Материал и методы. Для проведения теоретических исследований и практического расчета, а также дальнейшего проектирования оборудования был принят двухдиадный кулисный механизм, использовавшийся как основа для механизма подачи ткани. Указанный механизм исследовался аналитическим и графоаналитическим методами, проводился кинематический и силовой анализ.

Результаты и их обсуждение. Авторами применялись теоретические и практические методы исследований, представлен подробный анализ методики проектирования. В результате выполненных работ определены основные силы, действующие в опорах, а также скоростные режимы технологического процесса протяжки материала. Практическая значимость статьи заключается в использовании результатов исследования в действующем производстве при изготовлении текстильных изделий.

Заключение. Таким образом, получены основные математические зависимости усилий, действующие в механизме, в зависимости от скоростных режимов. Определены характер влияния скорости входного звена на значения усилий в опорах и критические параметры работы механизма протяжки ленты, а также положения механизма, при которых усилия в опорах принимают максимальные значения. Работоспособность математических моделей продемонстрировала возможность практического применения предложенной методики при проектировании сложных механизмов.

Ключевые слова: двухдиадный кулисный механизм, кинематика, скорость, ускорение, сила, звено, механизм протяжки ленты.

POWER ANALYSIS OF THE SLIDE BLOCK FABRIC BROACHING MECHANISM

V.G. Butkevich, G.I. Moskalev, D.T. Dubanevich, O.N. Yurchenko

Education Establishment "Vitebsk State Technological University"

This work is concerned with the study of the operation, design and force calculation of the mechanism of fabric broaching by analytical and graphoanalytical methods. A special feature of this fabric broaching mechanism is the use of a two-stage slide block mechanism to organize the required rule of motion of the fabric. The topic of the article is relevant, since the method of study under consideration allows you to calculate complex mechanisms using the analytical method.

The purpose of the research is to identify kinematic and force parameters of the operation of a complex dual mechanism using gear ratios and functions. In addition, it is necessary to verify the results obtained with subsequent testing in production conditions.

Materials and methods. To carry out theoretical research and practical calculations, as well as further design of the equipment, a two-stage slide block mechanism was adopted, which was used as the basis for the fabric feeding mechanism. The two-stage slide block mechanism was investigated by analytical and graphoanalytical methods, kinematic and force analysis was carried out.

Findings and their discussion. Theoretical and practical research methods were used in the work; a detailed analysis of the design methodology is presented. As a result of the work performed, the main forces acting in the supports, as well as the speed modes of the technological process of fabric broaching, were identified. The practical significance of the work lies in the use of the results of the work in the current manufacture of textiles.

Conclusion. As a result of the work, the basic mathematical dependences of the forces acting in the mechanism, depending on the speed modes, were obtained. The nature of the influence of the speed of the input link on the values of the forces in the supports and the critical parameters of the operation of the fabric broaching mechanism is determined. The positions of the mechanism at which the forces in the supports take maximum values are determined. The efficiency of mathematical models has shown the possibility of practical application of the developed methodology in the design of complex mechanisms.

Key words: slide block mechanism, kinematics, speed, acceleration, force, link, fabric broaching mechanism.

В настоящее время при изучении существующих и проектировании новых механизмов используют методы кинематического и силового анализа, применяя как аналитический, так и графоаналитический способы. Однако разрабатываемые современные механизмы не всегда можно спроектировать классическими методами. Приходится применять сочетание аналитического и графоаналитического методов изучения механизмов, используя передаточные отношения и передаточные функции. Этим же способом, сочетанием аналитического и графоаналитического методов, была решена актуальная практическая задача синтеза, проектирования и расчета отдельного механизма протяжки ткани лентопротяжного станка. Актуальность статьи подтверждается запросами предприятий на разработку новых механизмов, обеспечивающих высокую производительность и кинематическую точность выполняемых движений, в частности создание конструкции лентопротяжного механизма.

Цель настоящего исследования — определение кинематических и силовых параметров работы сложного дуального механизма с использованием передаточных отношений и функций. Кроме того, необходимо провести верификацию полученных результатов с последующей апробацией в производственных условиях.

Материал и методы. В настоящее время для верификации методов кинематического и силового анализа используются образцы различных механизмов, обладающих разнообразной структурой. За основу эксперимента принимают механизмы первого, второго и третьего классов. Повсеместно применяется известный метод замкнутых векторных контуров, позволяющий осуществить единый подход к различным механизмам, тем самым сделать единообразным алгоритм поиска кинематических параметров движения звеньев механизма. Кроме того, полученные результаты кинематического анализа в дальнейших расчетах являются входными параметрами для силового анализа механизма при определении сил инерции, активных сил и реакций связи [1; 2].

При проектировании и изучении процесса протяжки ленты был установлен закон подачи ткани к исполнительному механизму. В качестве базового механизма, наиболее полно отвечающего всем требованиям и обеспечивающим необходимый циклический знакопеременный закон движения ленты, был выбран двухдиадный кулисный механизм, рассмотренный в [3]. Кроме того, данный механизм наиболее полно подходил по конструктивным и технологическим признакам к действующему оборудованию поточной линии.

Двухдиадный кулисный механизм исследовался аналитическим и графоаналитическим методами, проводился кинематический и силовой анализ.

Результаты и их обсуждение. Последовательность действий аналитического метода поиска неизвестных сил, действующих в механизме, мало отличается от графоаналитического метода планов сил. Поэтому разработка алгоритма расчета сил в аналитическом виде не вызывает особых сложностей. Причем в силовом анализе, как и в кинематическом, графический метод выступает в качестве и тестового, и контрольного метода [4]. Последовательность действий силового анализа решена на примере двухдиадного кулисного механизма протяжки ленты (рис. 1).

Уравнение замкнутого контура O_1O_2A имеет вид:

$$\vec{l}_0 + \vec{l}_1 = \vec{l}_{3A}. \quad (1)$$

Уравнение замкнутости в проекциях на координатах оси X и Y:

$$\begin{aligned} 0 + l_1 \cdot \cos \varphi_1 &= l_{3A} \cdot \cos \varphi_3, \\ l_0 + l_1 \cdot \sin \varphi_1 &= l_{3A} \cdot \sin \varphi_3. \end{aligned} \quad (2)$$

Решая совместно систему уравнений (2), получим:

$$\operatorname{tg} \varphi_3 = \frac{l_0 + l_1 \sin \varphi_1}{l_1 \cos \varphi_1}. \quad (3)$$

Передаточное отношение между качающимися звеньями 3 и 1 U_{31} определяется дифференцированием уравнения (3) по углу φ_1 :

$$U_{31} = \frac{d\varphi_3}{d\varphi_1} = \cos^2 \varphi_3 \cdot \frac{l_1^2 + l_0 \cdot l_1 \sin \varphi_1}{l_1^2 \cos^2 \varphi_1} = \frac{l_1^2 + l_0 \cdot l_1 \sin \varphi_1}{l_1^2 + l_0^2 + 2 \cdot l_0 \cdot l_1 \sin \varphi_1}. \quad (4)$$

Передаточная функция ускорений рассчитывается уравнением (5):

$$U'_{31} = \frac{d^2 \varphi_3}{d\varphi_1^2} = \frac{l_0 \cdot l_1 \cdot \cos \varphi_1 \cdot (l_0^2 - l_1^2)}{(l_1^2 + l_0^2 + 2 \cdot l_0 \cdot l_1 \sin \varphi_1)^2}. \quad (5)$$

Тогда угловую скорость кулисы можно найти из выражения (6)

$$\omega_3 = \omega_1 \cdot U_{31}. \quad (6)$$

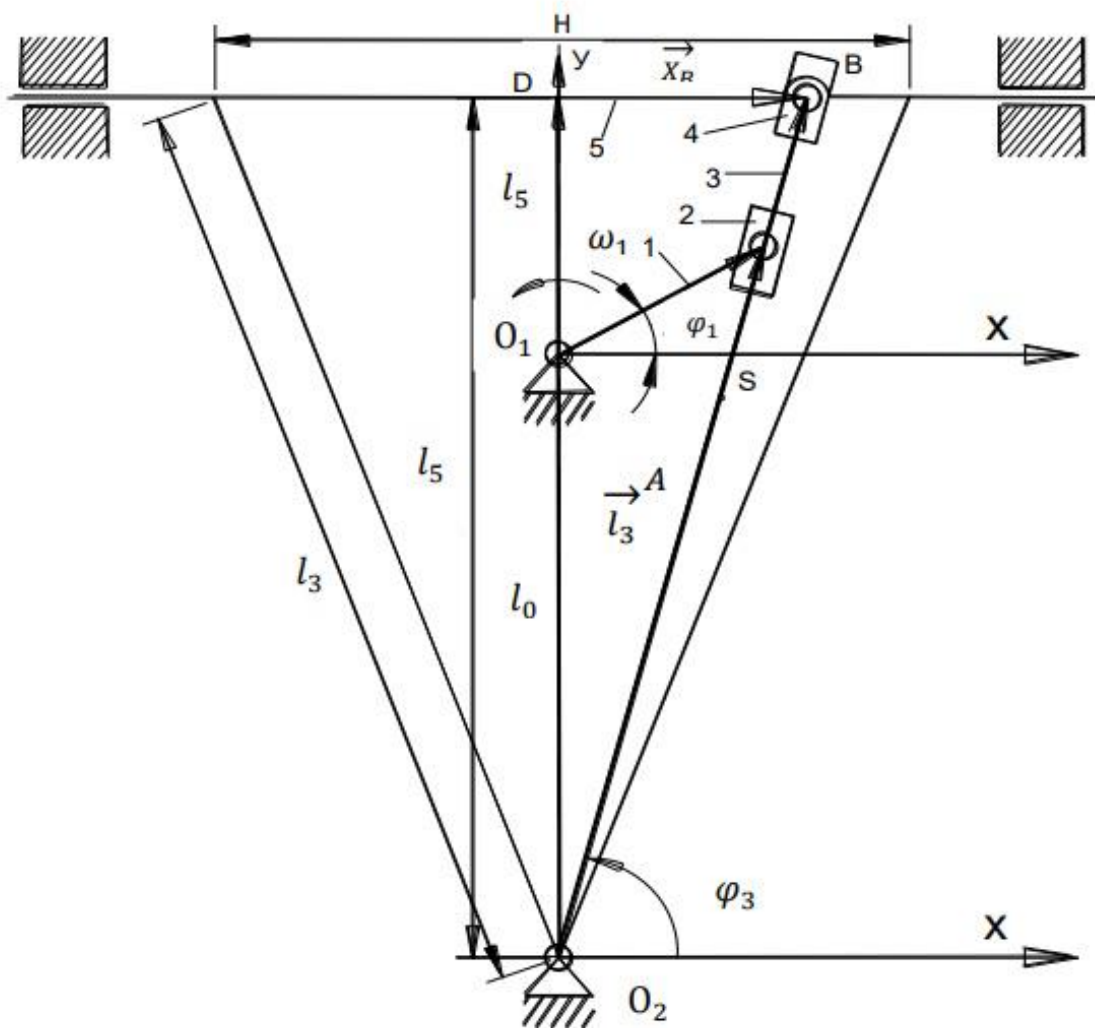


Рис. 1. Схема двухдвух кулисного механизма
1 — кривошип; 2, 4 — кулисные камни; 3 — кулиса; 5 — ползун

Входными параметрами кинематического анализа являются $l_0, l_1, l_5, H, \omega_1, \varphi_1$. Положение звеньев ориентировано в системе координат XY посредством векторов, связанных со звеньями, и углов φ_1, φ_3 . В механизме выделено два векторных контура O_1O_2A и DO_2B . Угловое ускорение кулисы определяется формулой (7):

$$\varepsilon_3 = \omega_1^2 * U'_{31} + \varepsilon_1 * U_{31} . \quad (7)$$

Уравнение замкнутого контура DO_2B имеет вид:

$$\bar{l}_3 + \bar{x}_B = \bar{l}_3 . \quad (8)$$

Уравнение замкнутости в проекциях на координатные оси X и Y принимает вид:

$$\begin{cases} 0 + x_B = l_3 * \cos\varphi_3 , \\ l_5 + 0 = l_3 * \sin\varphi_3 . \end{cases} \quad (9)$$

Решая совместно уравнения системы (9), получим:

$$x_B = l_5 * \operatorname{ctg} \varphi_3 . \quad (10)$$

Дифференцированием (11) по параметру j_3 получается передаточная функция скоростей U_{53} :

$$U_{53} = \frac{dx_B}{d\varphi_3} = \frac{l_5}{\sin^2\varphi_3} . \quad (11)$$

Передаточная функция ускорений определяется уравнением (12):

$$U'_{53} = \frac{d^2x_B}{d\varphi_3^2} = \frac{2 * l_5 * \cos\varphi_3}{\sin^3\varphi_3} . \quad (12)$$

Тогда скорость точки B ползуна можно рассчитать из уравнения (13):

$$v_B = \omega_3 * U_{53} . \quad (13)$$

Формула для нахождения ускорения точки B ползуна имеет вид:

$$a_B = \omega_3^2 * U'_{53} + \varepsilon_3 * U_{53} . \quad (14)$$

Входные параметры силового анализа: сила Q; массы звеньев m_3, m_5 ; момент инерции J_{S3} ; параметры, полученные в результате кинематического анализа.

Последовательность поиска реакций следующая [5, с. 63–64].

Определяются силы тяжести звеньев:

$$G_5 = m_5 * q, G_3 = m_3 * q, G_{5y} = -G_5, G_{3y} = -G_3 . \quad (15)$$

Затем устанавливается сила инерции звена 5 как произведение массы на ускорение:

$$U_5 = m_5 * a_B . \quad (16)$$

Составляется уравнение равновесия сил диады 4–5 в проекциях на ось X:

$$\begin{aligned} \sum X(4,5) &= 0 , \\ R_{43}^x + Q + U_5 &= 0 \Rightarrow R_{43}^x = -(Q + U_5) . \end{aligned} \quad (17)$$

Проекция реакции R_{43} на ось Y равна:

$$R_{43}^y = R_{43}^x * \operatorname{tg}(\varphi_3 + \pi/2) . \quad (18)$$

Силовой анализ механизма представлен на рис. 2.

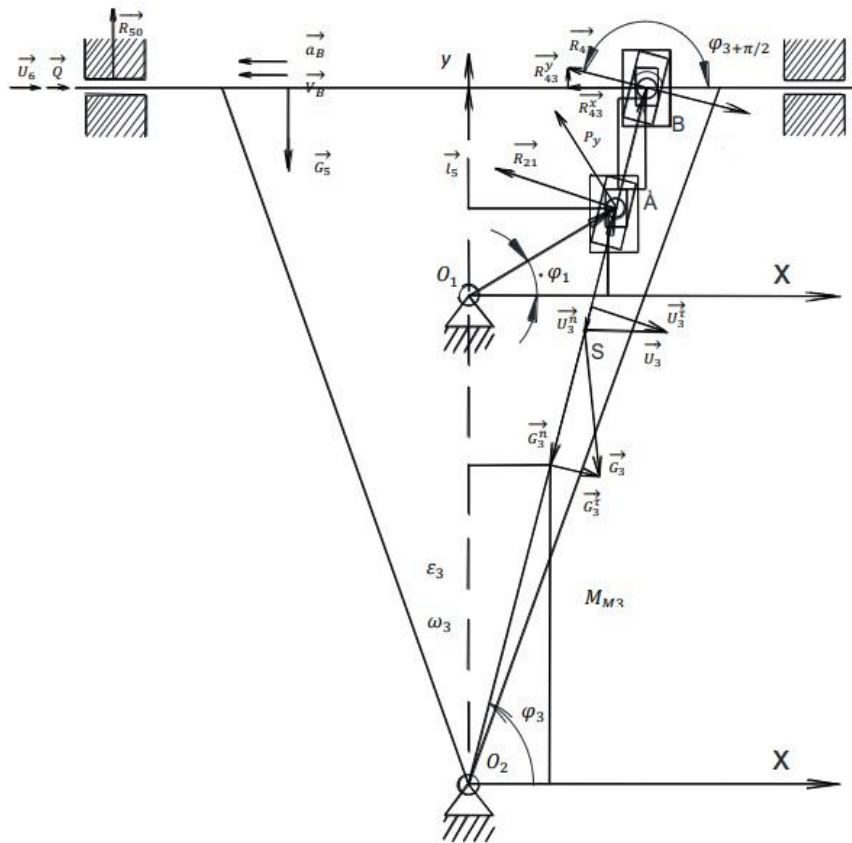


Рис. 2. Схема нагружения механизма силами:
 G_3, G_5 , — силы тяжести соответствующих звеньев; U_3, U_5 — силы инерции соответствующих звеньев;
 Q — сила полезного сопротивления

Реакция R_{43} определяется по следующей формуле:

$$R_{43} = \sqrt{(R_{43}^y)^2 + (R_{43}^x)^2}. \quad (19)$$

Уравнение равновесия сил диады 4–5 в проекциях на ось Y имеет вид:

$$\sum Y(4,5) = 0; \\ G_3 + R_{43}^y + R_{50} = 0, \Rightarrow R_{50} = -(G_3 + R_{43}^y). \quad (20)$$

Касательная и нормальная составляющая силы инерции U_3 вычисляются из следующих уравнений:

$$U_3^t = -\varepsilon_3 * l_s * m_3; U_3^n = -\omega_3^2 * l_s * m_3. \quad (21)$$

Касательная и нормальная составляющая силы тяжести G_3 равны соответственно:

$$G_3^t = G_{3y} * \sin(\varphi_3 + 3\pi/2), \\ G_3^n = G_{3y} * \cos(\varphi_3 + 3\pi/2). \quad (22)$$

Момент сил инерции M_{43} :

$$M_{43} = -\varepsilon_3 * J_{S3}. \quad (23)$$

Уравнения равновесия моментов сил, приложенных к диаде 2–3, относительно точки O_2 имеют вид:

$$\sum M_{O_2}(2,3)=0, \\ R_{34} * l_{3B} + U_3^T * l_3 + M_{u3} + R_{21} * l_{3A} = 0. \quad (24)$$

Реакция R_{21} определяется из уравнения (24):

$$R_{21} = - \left(\frac{R_{34} * l_{3B} + U_3^T * l_3 + M_{u3}}{l_{3A}} \right). \quad (25)$$

Уравнение равновесия сил диады 2–3 в проекциях на нормаль звена 3:

$$\sum P^T(2,3)=0; R_{34} + R_{21} + G_3^T + U_3^T + R_{30}^T = 0, \Rightarrow \\ \Rightarrow R_{30}^T = - (R_{34} + R_{21} + G_3^T + U_3^T). \quad (26)$$

Уравнение равновесия сил диады 2–3 в проекциях на звено 3:

$$\sum P^n(2,3)=0; G_3^n + U_3^n + R_{30}^n = 0, \Rightarrow \\ \Rightarrow R_{30}^n = - (G_3^n + U_3^n). \quad (27)$$

Тогда реакция R_{30} равна:

$$R_{30} = \sqrt{(R_{30}^T)^2 + (R_{30}^n)^2}. \quad (28)$$

Уравновешенная сила P_y находится из уравнения равновесия звена 1:

$$\sum M_{O_1}(1)=0; \\ P_y = R_{21} * (\cos\varphi_3 * \cos\varphi_1 + \sin\varphi_3 * \sin\varphi_1). \quad (29)$$

Реакция стойки на звено 1:

$$R_{10} = \sqrt{(R_{12}^2)^2 - (P_y)^2}. \quad (30)$$

Для практической проверки полученных формул был рассчитан и построен график зависимости реакции опоры от угла поворота ведущего звена, представленный на рис. 3.

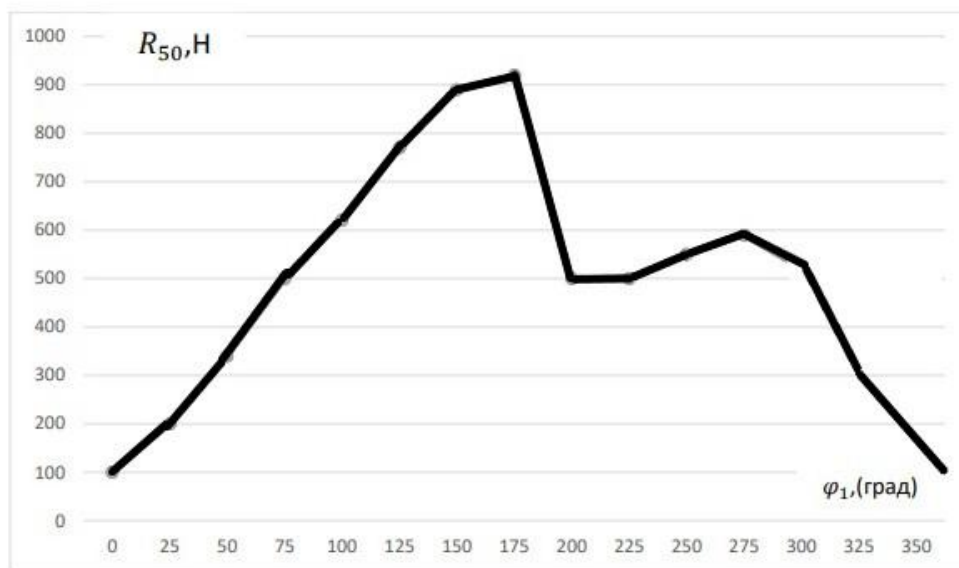


Рис. 3. График зависимости $R_{50}(\varphi_1)$

Данные, полученные в ходе расчета, использовались в дальнейшем при определении основных конструктивных размеров и практическом расчете конструкции опорного узла, в частности определении типоразмера подшипникового узла и конструктивных размеров направляющих, способных выдержать подобные нагрузки без деформаций.

Данную задачу определения неизвестных реакций опор также можно решить методом жесткого рычага Жуковского, используя полученные ранее результаты аналитических исследований.

Заключение. В результате выполнения работы были получены основные математические зависимости усилий, действующие в механизме, в зависимости от скоростных режимов. Определены характер влияния скорости входного звена на значения усилий в опорах и критические параметры работы механизма протяжки ткани. Установлены положения механизма, при которых усилия в опорах принимают максимальные значения.

Данная работа носит непосредственный практический характер. Полученные математические зависимости позволяют выполнить необходимые конструкторские расчеты исполнительных механизмов, работающих в реальных производственных условиях.

Проверка полученных результатов проведена при проектировании механизма протяжки ткани на модернизированном транспортирующем устройстве. Это спроектированное устройство реализовано в поточной линии действующего производства [6].

Работоспособность математических моделей показала возможность практического применения предложенной методики при проектировании сложных механизмов.

Представленная работа имеет научное и практическое значение, может использоваться специалистами при преподавании дисциплины технической механики и специальных расчетов при проектировании сложных механизмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теория механизмов и механика машин: учебник / Г.А. Тимофеев, А.К. Мусатов, С.А. Попов, К.В. Фролов; под ред. Г.А. Тимофеева. — 8-е изд., перераб. и доп. — М.: МГТУ им. Баумана, 2017. — 568 с. — ISBN 978-5-7038-4151-8. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1962503> (дата обращения: 12.06.2025).
2. Мамаев, А.Н. Теория механизмов и машин: учебник / А.Н. Мамаев, Т.А. Балабина. — М.: Экзамен, 2008. — 253 с.
3. Кинематический расчет рычажных механизмов методом замкнутых векторных контуров / А.В. Котович, В.Г. Буткевич, А.В. Ильющенко [и др.] // Материалы докладов 50-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной Году науки: в 2 т. / Вит. гос. техн. ун-т. — Витебск, 2017. — Т. 1. — С. 364–366.
4. Пейсах, Э.Е. Методика автоматизированного структурного синтеза плоских шарнирных механизмов / Э.Е. Пейсах // Проблемы машиностроения и надежности машин. — 2009. — № 1. — С. 73–82.
5. Стариков, С.П. Новые решения в задачах кинематического исследования плоских групп Ассур высоких классов / С.П. Стариков, Л.Т. Дворников // Сборник докладов международной конференции по теории механизмов и машин / Кубан. гос. технол. ун-т. — Краснодар, 2006. — 297 с.
6. Разработка технологического процесса производства одноразовых медицинских халатов / А.Г. Коган, В.Г. Буткевич, Г.И. Москалев [и др.] // Вестник Санкт-Петербургского университета технологии и дизайна. Серия № 4, Промышленные технологии. — 2024. — № 3. — С. 80–84.

REFERENCES

1. Timofeev G.A., Musatov A.K., Popov S.A., Frolov K.V. *Teoriya mekhanizmov i mekhanika mashin: uchebnik* [Theory of mechanisms and mechanics of machines: textbook], Moscow: MG TU im. Bauman, 2017, 568 p. — ISBN 978-5-7038-4151-8. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1962503> (Accessed: 12.06.2025).
2. Mamayev A.N., Balabina T.A. *Teoriya mekhanizmov i mashin: uchebnik* [Theory of mechanisms and machines: textbook], Moscow: Ekzamen, 2008, 254 p.
3. Kotovich A.V., Butkevich V.G., Ilyushchenko A.V. *Materialy докладov 50-i Mezhdunarodnoi nauchno-tekhneskoi konferentsii prepodavatelei i studentov, posviashchennoi godu nauki* [Proceedings of the reports of the 50th International scientific and technical conference of teachers and students in honor of the Year of Science], Vitebsk, 2017, 1, pp. 364–366.
4. Peisakh E.E. *Problemy mashinostroyeniya i nadezhnosti mashin* [Problems of mechanical engineering and machine reliability], 2009, 1, pp. 73–82.
5. Starikov S.P., Dvornikov L.T. *Sbornik докладov mezhdunarodnoi konferentsii po teorii mekhanizmov i mashin* [Collection of reports of the international conference on the theory of mechanisms and machines], Krasnodar, 2006, 297 p.
6. Kogan A.G., Butkevich V.G., Moskalov G.I. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta tekhnologii i dizaina. Seriya No. 4, Promyshlenniye tekhnologii* [Bulletin of St. Petersburg University of Technology and Design. Series No. 4, Industrial technologies], 2024, 3, pp. 80–84.

Поступила в редакцию 03.09.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: butkevich@mail.ru — Буткевич В.Г.

УДК 517.956.4

ОБ АСИМПТОТИКЕ РЕШЕНИЙ ОДНОГО НЕАВТОНОМНОГО ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ, ЗАВИСЯЩЕГО ОТ ПАРАМЕТРА

С.М. Бородич

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

В настоящей работе рассматривается неавтономное параболическое уравнение с малым (по модулю) параметром ε , которое становится автономным при $\varepsilon = 0$. Изучается асимптотическое поведение решений этого уравнения в зависимости от ε , при $\varepsilon \rightarrow 0$.

Цель работы — исследовать вопрос о возможности стабилизации при $t \rightarrow +\infty$ главного члена асимптотики решений.

Материал и методы. Материалом исследования является неавтономное параболическое уравнение, зависящее от параметра. Используются методы теории нелинейных уравнений математической физики, а также методы теории бесконечномерных динамических систем.

Результаты и их обсуждение. Для рассматриваемого неавтономного параболического уравнения, зависящего от малого параметра ε , установлен факт глобальной по t аппроксимации его решений кусочно-непрерывными функциями, состоящими из конечного числа кусков траекторий автономного уравнения, которое соответствует случаю $\varepsilon = 0$. Все эти куски, кроме первого, лежат на конечномерных гладких многообразиях.

Заключение. Изложенный подход к изучению асимптотики решений можно применить к различным классам неавтономных эволюционных уравнений, зависящих от малого параметра.

Ключевые слова: неавтономное параболическое уравнение, полугруппа операторов, функция Ляпунова, гиперболическая стационарная точка, составная предельная траектория.

ON THE ASYMPTOTICS OF SOLUTIONS OF A PARAMETER DEPENDENT NON-AUTONOMOUS PARABOLIC EQUATION

S.M. Borodich

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

In the paper, we consider a non-autonomous parabolic equation with a small (in absolute value) parameter ε , that becomes autonomous with $\varepsilon = 0$. The asymptotic behavior as $\varepsilon \rightarrow 0$ of solutions of this equation is studied.

The purpose of the work is to investigate the question of the possibility of stabilization as $t \rightarrow +\infty$ of the principal term of the asymptotics of solutions.

Material and methods. The material of the research is a non-autonomous parabolic equation which depends on a parameter. The methods of the theory of nonlinear equations of mathematical physics as well as the methods of the theory of infinite-dimensional dynamical systems are used.

Findings and its discussion. For the considered non-autonomous parabolic equation, depending on a small parameter ε , the fact of global in t approximation of its solutions by piecewise continuous functions consisting of a finite number of pieces of trajectories of the autonomous equation, which corresponds to the case $\varepsilon = 0$ is established. All these pieces, except the first, lie on finite-dimensional smooth manifolds.

Conclusion. The described approach to the study of the asymptotics of solutions can be applied to various classes of non-autonomous evolution equations which depend on a small parameter.

Key words: non-autonomous parabolic equation, semigroup of operators, Lyapunov function, hyperbolic stationary point, combined limit trajectory.

При математическом моделировании различных процессов и явлений нередко возникают нелинейные эволюционные уравнения, содержащие малый параметр. Важная задача — описание асимптотического поведения их решений при стремлении параметра к нулю. В работах А.В. Бабина, М.И. Вишика [1–3] изучалась равномерная по $t \geq 0$ асимптотика решений автономных эволюционных уравнений, зависящих от малого параметра.

В настоящей статье рассматривается неавтономное параболическое уравнение с малым (по модулю) параметром ε , которое становится автономным при $\varepsilon = 0$. Условия на функции, входящие в уравнение, обеспечивают существование единственного решения соответствующей начально-краевой задачи, определенного при всех $t \geq 0$. Изучается асимптотическое поведение решений данного уравнения в зависимости от ε при $\varepsilon \rightarrow 0$. Исследуется вопрос о возможности стабилизации при $t \rightarrow +\infty$ главного члена асимптотики решения.

Материал и методы. Материалом исследования является неавтономное параболическое уравнение, зависящее от параметра. Используются методы теории нелинейных уравнений математической физики, а также методы теории бесконечномерных динамических систем.

Результаты и их обсуждение. Пусть Ω — ограниченная область в \mathbf{R}^n с гладкой границей $\partial\Omega$. Рассматривается неавтономное параболическое уравнение

$$\partial_t u = \Delta u - f(u) - \varepsilon f_1(u, t) - g(x) - \varepsilon g_1(x, t), \quad (x, t) \in \Omega \times (0, +\infty), \quad (1)$$

с граничным условием

$$u|_{x \in \partial\Omega} = 0. \quad (2)$$

Здесь ε — числовой параметр, $|\varepsilon| \leq \varepsilon_0$, $\varepsilon_0 > 0$; $f(u) \in C^{1+\beta}(\mathbf{R})$, $0 < \beta < 1$; $f_1(u, t) \in C^{1,0}(\mathbf{R} \times [0, +\infty))$, $g(x) \in L_2(\Omega)$, $g_1(\cdot, t) \in L_\infty([0, +\infty); L_2(\Omega))$. Предполагается, что

$$(f(u) + \varepsilon f_1(u, t))u \geq \mu_0 |u|^{2+\rho} - C, \quad (3)$$

$$f'(u) + \varepsilon f'_{1u}(u, t) \geq -C, \quad (4)$$

$$|f'(u)| \leq C(1 + |u|^{p_0}), \quad |f'_{1u}(u, t)| \leq C(1 + |u|^{p_0}), \quad (5)$$

$$F(u) = \int_0^u f(s) ds \geq -C \quad (6)$$

для всех $u \in \mathbf{R}$, $t \geq 0$ и $\varepsilon \in [-\varepsilon_0, \varepsilon_0]$, где μ_0 , ρ , C , p_0 — некоторые положительные константы, причем $p_0 \leq \frac{2}{n-2}$.

Пусть $E = H_0^1(\Omega)$ — пространство начальных данных задачи (1), (2). При каждом ε , $|\varepsilon| \leq \varepsilon_0$, и любых $T > 0$ и $u_0 \in E$ задача (1), (2) имеет единственное решение $u(t, \varepsilon)$, принадлежащее классу

$$V = L_\infty([0, T]; L_2(\Omega)) \cap L_2([0, T]; E) \cap L_{2+\rho}([0, T]; L_{2+\rho}(\Omega))$$

и удовлетворяющее начальному условию

$$u|_{t=0} = u_0 \quad (7)$$

(см., например, [3; 4]). В силу произвольности $T > 0$ решение $u(t, \varepsilon)$ можно считать определенным при всех $t \geq 0$.

При $\varepsilon = 0$ уравнение (1) автономно. В этом случае задача (1), (2) порождает в пространстве E полугруппу операторов $\{S_t, t \geq 0\}$, сопоставляющих каждому u_0 из условия (7) значение соответствующего решения в момент времени t :

$$S_t : u_0 \rightarrow u(t, 0).$$

Через $\|\cdot\|_1$ и $\|\cdot\|$ будем обозначать нормы в пространствах E и $L_2(\Omega)$ соответственно.

Лемма 1. Пусть $u_0 \in E$, $\|u_0\|_1 \leq R$ для некоторого $R > 0$. Пусть $u(t) = u(t, \varepsilon)$ — решение задачи (1), (2) с начальным условием (7), определенное при $t \geq 0$. Тогда

$$\|u(t)\|_1 \leq C_1(R) \quad \forall t \geq 0,$$

где константа $C_1(R)$ зависит от R , но не зависит от u_0 и $\varepsilon \in [-\varepsilon_0, \varepsilon_0]$.

Доказательство. Умножив уравнение (1) скалярно в $L_2(\Omega)$ на u , с учетом оценки (3) получаем

$$\frac{1}{2} \partial_t \|u\|^2 + \|\nabla u\|^2 + \mu_0 \int_{\Omega} |u|^{2+\rho} dx \leq C_2 + \frac{1}{2\gamma} \|g\|^2 + \frac{\gamma}{2} \|u\|^2 + \frac{\varepsilon_0}{2\gamma} \|g_1\|^2 + \frac{\varepsilon_0 \gamma}{2} \|u\|^2, \quad (8)$$

где γ — произвольное положительное число. Учитывая, что $g_1(\cdot, t) \in L_{\infty}([0, +\infty); L_2(\Omega))$, из (8) при достаточно малом $\gamma > 0$ выводим

$$\partial_t \|u\|^2 + \mu \|u\|^2 \leq C_3 \quad (\mu > 0).$$

Отсюда легко следует, что

$$\|u(t)\| \leq C_4(R) \quad \forall t \geq 0.$$

Из этой оценки и из (8) вытекает:

$$\int_{\tau}^{\tau+1} \|\nabla u(t)\|^2 dt \leq C_5(R) \quad \forall \tau \geq 0. \quad (9)$$

После скалярного умножения в $L_2(\Omega)$ уравнения (1) на $-(t-\tau)\Delta u$ и применения оценки (4) получаем

$$\frac{1}{2} \partial_t ((t-\tau) \|\nabla u\|^2) - \frac{1}{2} \|\nabla u\|^2 \leq C(t-\tau) \|\nabla u\|^2 + C_6(t-\tau) \quad \forall t > \tau \geq 0.$$

Интегрируя это неравенство по t от τ до $\tau+1$, выводим:

$$\|\nabla u(\tau+1)\|^2 \leq (2C+1) \int_{\tau}^{\tau+1} \|\nabla u(t)\|^2 dt + C_6 \quad \forall \tau \geq 0.$$

Отсюда и из (9) следует, что

$$\|u(t)\|_1 \leq C_7(R) \quad \forall t \geq 1. \quad (10)$$

Умножив (1) скалярно в $L_2(\Omega)$ на $-\Delta u$, получим

$$\frac{1}{2} \partial_t \|\nabla u\|^2 \leq C \|\nabla u\|^2 + C_6 \quad \forall t \geq 0.$$

Проинтегрировав это неравенство по t от 0 до τ , где $0 < \tau < 1$, имеем:

$$\|\nabla u(\tau)\|^2 \leq \|\nabla u(0)\|^2 + 2C \int_{\tau}^{\tau+1} \|\nabla u(t)\|^2 dt + 2C_6.$$

Отсюда и из (9) вытекает, что

$$\|u(t)\|_1 \leq C_8(R) \quad \forall t, 0 \leq t \leq 1.$$

Вместе с (10) эта оценка дает утверждение леммы 1.

Ниже через $\langle \cdot, \cdot \rangle$ и $\langle \cdot, \cdot \rangle_1$ обозначаем скалярное произведение в пространствах $L_2(\Omega)$ и E соответственно.

Лемма 2. Пусть $u_0 \in E$, $u(t) = u(t, \varepsilon)$ — решение задачи (1), (2) с начальным условием (7), определенное при $t \geq 0$. Тогда $u(t)$ — непрерывная функция (по t) из $[0, +\infty)$ в E .

Доказательство. Пусть $T > 0$. Умножив уравнение (1) скалярно в $L_2(\Omega)$ на $\partial_t u$ и проинтегрировав затем получившееся равенство по t от τ до t , $0 \leq \tau < t \leq T$, выводим

$$\frac{1}{2} (\|\nabla u(t)\|^2 - \|\nabla u(\tau)\|^2) = - \int_{\tau}^t \|\partial_t u(t)\|^2 dt - \int_{\tau}^t \langle f(u) + \varepsilon f_1(u, t), \partial_t u \rangle dt - \int_{\tau}^t \langle g + \varepsilon g_1(t), \partial_t u \rangle dt. \quad (11)$$

Отсюда следует

$$\frac{1}{2} \|\nabla u(t)\|^2 + \eta \int_{\tau}^t \|\partial_t u(t)\|^2 dt \leq \frac{1}{2} \|\nabla u(\tau)\|^2 + C_9 \int_{\tau}^t (\|f(u)\|^2 + \|f_1(u, t)\|^2) dt + C_{10}(t-\tau) \quad (\eta > 0).$$

С учетом (5), непрерывного вложения $H_0^1(\Omega) \subset L_{p_0+2}(\Omega)$ и леммы 1 из последнего неравенства получаем

$$\int_0^T \|\partial_t u(t)\|^2 dt \leq C_{10}T + C_{11}. \quad (12)$$

Аналогичным образом из (11) выводится оценка

$$\left| \|\nabla u(t)\|^2 - \|\nabla u(\tau)\|^2 \right| \leq C_{12} \int_{\tau}^t \|\partial_t u(t)\|^2 dt + C_{13}(t - \tau).$$

В силу (12) отсюда вытекает, что

$$\|\nabla u(t)\| \rightarrow \|\nabla u(t_0)\| \text{ при } t \rightarrow t_0 \quad \forall t_0 \in [0, T]. \quad (13)$$

Заметим, что

$$u(t) \in L_2([0, T], E), \quad \partial_t u(t) \in L_2([0, T], L_2(\Omega)). \quad (14)$$

Поскольку вложение $E \subset L_2(\Omega)$ непрерывно, то из (14) следует, что u — непрерывная функция из $[0, T]$ в $L_2(\Omega)$ (см., например, [5, гл. III, лемма 1.2]). Отсюда и из (13) получаем

$$\|u(t)\|_1 \rightarrow \|u(t_0)\|_1 \text{ при } t \rightarrow t_0 \quad \forall t_0 \in [0, T]. \quad (15)$$

Кроме того, из непрерывности функции $u: [0, T] \rightarrow L_2(\Omega)$ и того, что $u(t) \in L_{\infty}([0, T], E)$ (в силу леммы 1), вытекает, что u — слабонепрерывная функция из $[0, T]$ в E (см. [6, гл. 3, лемма 8.1]).

Используя (15) и слабую непрерывность функции $u: [0, T] \rightarrow E$, выводим

$$\|u(t) - u(t_0)\|_1^2 = \|u(t)\|_1^2 + \|u(t_0)\|_1^2 - 2\langle u(t), u(t_0) \rangle_1 \rightarrow 0 \text{ при } t \rightarrow t_0 \quad \forall t_0 \in [0, T].$$

В силу произвольности $T > 0$ лемма 2 доказана.

Лемма 3. Пусть $v_0 \in E$, $\|v_0\|_1 \leq R$ для некоторого $R > 0$, $v(t) = S_t v_0$ — решение задачи (1), (2) при $\varepsilon = 0$ с начальным условием $v|_{t=0} = v_0$, определенное при $t \geq 0$. Пусть $\tau > 0$. Тогда

$$\|v(t)\|_2 \leq C_{14}(\tau, R) \quad \forall t \geq \tau$$

($\|\cdot\|_2$ — норма в пространстве $H^2(\Omega)$; константа $C_{14}(\tau, R)$ зависит от τ и R , но не зависит от v_0).

Доказательство. Запишем уравнение для $v(t)$:

$$\partial_t v = \Delta v - f(v) - g(x). \quad (16)$$

Умножим уравнение (16) скалярно в $L_2(\Omega)$ на $\partial_t v$. В результате простых преобразований получаем

$$\|\partial_t v\|^2 = -\frac{1}{2} \partial_t \|\nabla v\|^2 - \int_{\Omega} f(v) \partial_t v dx - \int_{\Omega} g \partial_t v dx. \quad (17)$$

Интегрируя это равенство по t от 0 до t и используя оценку (6) и лемму 1, выводим

$$\frac{1}{2} \|\nabla v(t)\|^2 + \int_0^t \|\partial_t v(t)\|^2 dt \leq \frac{1}{2} \|\nabla v(0)\|^2 + \int_{\Omega} F(v(0)) dx + C_{15}(R). \quad (18)$$

Из (5) следует, что

$$|F(u)| \leq C_{16}(|u|^{p_0+2} + 1).$$

Учитывая эту оценку и непрерывное вложение $H_0^1(\Omega) \subset L_{p_0+2}(\Omega)$, из (18) получаем

$$\int_0^t \|\partial_t v(t)\|^2 dt \leq C_{17}(R) \quad \forall t > 0. \quad (19)$$

Продифференцировав (16) по t и положив $v_1 = \partial_t v$, имеем

$$\partial_t v_1 = \Delta v_1 - f'(v)v_1.$$

Отсюда, после скалярного умножения в $L_2(\Omega)$ на $t v_1$ и применения оценки (4), выводим

$$\frac{1}{2} \partial_t (t \|v_1\|^2) - \frac{1}{2} \|v_1\|^2 + t \|\nabla v_1\|^2 \leq Ct \|v_1\|^2.$$

Проинтегрировав это неравенство по t от 0 до t , получаем

$$t \|v_1(t)\|^2 \leq (2Ct + 1) \int_0^t \|v_1(t)\|^2 dt \quad \forall t > 0.$$

Отсюда и из (19) вытекает, что

$$\|v_1(t)\|^2 \leq (2C + \frac{1}{t})C_{17}(R) \quad \forall t > 0.$$

Следовательно,

$$\|\partial_t v(t)\| \leq C_{18}(\tau, R) \quad \forall t \geq \tau. \tag{20}$$

В силу (5), леммы 1 и непрерывного вложения $H_0^1(\Omega) \subset L_{2p_0+2}(\Omega)$

$$\|f(v(t))\| \leq C_{19}(R) \quad \forall t \geq 0. \tag{21}$$

Поскольку

$$\Delta v = \partial_t v + f(v) + g(x)$$

и справедливы оценки (20) и (21), то

$$\|\Delta v(t)\| \leq C_{20}(\tau, R) \quad \forall t \geq \tau.$$

Отсюда и из леммы 1 следует утверждение леммы 3.

Лемма 4. Пусть $u_0, v_0 \in E$, $\|u_0\|_1 \leq R$, $\|v_0\|_1 \leq R$ для некоторого $R > 0$. Пусть $u(t) = u(t, \varepsilon)$ — решение задачи (1), (2) с начальным условием $u|_{t=0} = u_0$, $v(t) = S_t v_0$ — решение задачи (1), (2) при $\varepsilon = 0$ с начальным условием $v|_{t=0} = v_0$. Тогда найдутся такие положительные константы C_0 и α , зависящие от R и не зависящие от u_0, v_0 и $\varepsilon \in [-\varepsilon_0, \varepsilon_0]$, что

$$\|u(t, \varepsilon) - v(t - \tau)\|_1 \leq C_0 e^{\alpha(t-\tau)} (\|u(\tau, \varepsilon) - v_0\|_1 + |\varepsilon|) \quad \forall t, \tau \geq 0, t \geq \tau, \forall \varepsilon, |\varepsilon| \leq \varepsilon_0. \tag{22}$$

Доказательство. Пусть $\tau \geq 0$, $v_\tau(t) = v(t - \tau)$, $t \geq \tau$. Вычтем из уравнения для $u(t)$ уравнение для $v_\tau(t)$:

$$\partial_t(u - v_\tau) = \Delta(u - v_\tau) - (f(u) - f(v_\tau)) - \varepsilon f_1(u, t) - \varepsilon g_1(x, t).$$

Умножив это уравнение скалярно в $L_2(\Omega)$ на $-\Delta(u - v_\tau)$, получаем

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \partial_t \|\nabla(u - v_\tau)\|^2 + \|\Delta(u - v_\tau)\|^2 &\leq \langle f(u) - f(v_\tau), \Delta(u - v_\tau) \rangle + \langle \varepsilon f_1(u, t) + \varepsilon g_1(t), \Delta(u - v_\tau) \rangle \leq \\ &\leq \frac{1}{2} \|f(u) - f(v_\tau)\|^2 + \varepsilon^2 \|f_1(u, t)\|^2 + \varepsilon^2 \|g_1(t)\|^2 + \|\Delta(u - v_\tau)\|^2. \end{aligned}$$

Отсюда, используя (5) и учитывая непрерывное вложение $H_0^1(\Omega) \subset L_{2p_0+2}(\Omega)$, лемму 1 и то, что $g_1(t) \in L_\infty([0, +\infty); L_2(\Omega))$, выводим:

$$\partial_t \|\nabla(u - v_\tau)\|^2 \leq \varepsilon^2 C_{21}(R) + C_{22}(R) \|\nabla(u - v_\tau)\|^2.$$

Из этого неравенства следует утверждение леммы 4.

Предложение 1. $S_t v$ непрерывно по $(t, v) \in [0, +\infty) \times E$.

Доказательство. Пусть $u_0, v_0 \in E$; $u(t) = S_t u_0$, $v(t) = S_t v_0$ — решения задачи (1), (2) при $\varepsilon = 0$ с начальными условиями $u|_{t=0} = u_0$ и $v|_{t=0} = v_0$ соответственно. Тогда из (22) (при $\varepsilon = 0$ и $\tau = 0$) следует

$$\|u(t) - v(t)\|_1 \leq C_0 e^{\alpha t} \|u_0 - v_0\|_1 \quad \forall t \geq 0.$$

Отсюда вытекает равномерная по $t \in [0, T]$, $T > 0$, непрерывность $S_t v$ по $v \in E$. Из непрерывности $S_t v$ по t (лемма 2 с $\varepsilon = 0$) и равномерной по t непрерывности $S_t v$ по v следует непрерывность $S_t v$ по $(t, v) \in [0, T] \times E$. Ввиду произвольности $T > 0$ отсюда получаем утверждение предложения 1.

Определение 1. Точка $z \in E$ называется стационарной точкой полугруппы $\{S_t\}$, если $S_t z = z \quad \forall t \geq 0$.

Определение 2. Непрерывный функционал $\Phi: E \rightarrow \mathbf{R}$ называется функцией Ляпунова полугруппы $\{S_t\}$, если для любого $v_0 \in E$ функция $\Phi(S_t v_0)$ не возрастает по t , причем из равенства $\Phi(v_0) = \Phi(S_t v_0)$ при некотором $t > 0$ следует, что $v_0 = z$ — стационарная точка полугруппы $\{S_t\}$.

Легко проверить, что функционал

$$\Phi(v) = \int_{\Omega} (\frac{1}{2} |\nabla v|^2 + F(v) + g v) dx \tag{23}$$

является функцией Ляпунова полугруппы $\{S_t\}$. Действительно, после интегрирования равенства (17) по t от 0 до t получим

$$\Phi(v(t)) - \Phi(v(0)) = - \int_0^t \|\partial_t v(t)\|^2 dt, \quad (24)$$

откуда видно, что $\Phi(S_t v_0)$ не возрастает по t . При этом, если $\Phi(S_t v_0) = \Phi(v_0)$ при некотором $t > 0$, то из (24) вытекает, что $\partial_t v(\tau) = 0$ при $\tau \in [0, t]$; следовательно, $v(\tau) = v_0$ для любого $\tau \in [0, t]$, и значит, $v_0 = z$ — стационарная точка полугруппы $\{S_t\}$.

Из (5) следует, что

$$|F(u) - F(v)| \leq C_{23} |u - v| (1 + |u|^{p_0+1} + |v|^{p_0+1}).$$

Воспользовавшись этой оценкой и тем, что $H_0^1(\Omega) \subset L_{2p_0+2}(\Omega)$, выводим

$$\int_{\Omega} |F(u) - F(v)| dx \leq C_{24} \|u - v\| (1 + \|u\|_1^{p_0+1} + \|v\|_1^{p_0+1})$$

для любых $u, v \in E$. В силу последнего неравенства непрерывность функционала (23) на E очевидна. Таким образом, функционал $\Phi(v)$ удовлетворяет всем условиям определения 2.

Ниже через $U_{\varepsilon}(B)$ будем обозначать совокупность всех решений задачи (1), (2) с начальными условиями из множества $B \subset E$; через \mathfrak{N} — множество всех стационарных точек полугруппы $\{S_t\}$.

Лемма 5. Пусть $O_{\delta}(\mathfrak{N})$ — δ -окрестность множества \mathfrak{N} , B — ограниченное в E множество. Тогда существуют такие положительные числа ε' и T_0 (зависящие от B и от δ), что для любого $u(\cdot, \varepsilon) \in U_{\varepsilon}(B)$, где $|\varepsilon| \leq \varepsilon'$, и любого $\tau \geq 0$ найдется $t_0 \in [\tau, \tau + T_0]$ такое, что $u(t_0, \varepsilon) \in O_{\delta}(\mathfrak{N})$.

Доказательство. В силу леммы 1 найдется такое ограниченное в E множество B_1 , что $u(t, \varepsilon) \in B_1$ при $t \geq 0$ для любого $u(\cdot, \varepsilon) \in U_{\varepsilon}(B)$, где $|\varepsilon| \leq \varepsilon_0$.

Рассмотрим полугруппу операторов $\{S_t\}$, порожденную в пространстве E задачей (1), (2) при $\varepsilon = 0$. Как показано выше, полугруппа $\{S_t\}$ обладает функцией Ляпунова, заданной формулой (23). Из предложения 1 следует, что $S_t v$ непрерывно по v . Кроме того, в силу леммы 3 для любого $v_0 \in E$ множество $\bigcup_{t \geq 1} S_t v_0$ ограничено в $H_2(\Omega)$, и следовательно (с учетом компактности вложения $H_2(\Omega)$ в $H_1(\Omega)$), предкомпактно в E . Из леммы 3 вытекает также, что множество $B_0 = S_1 B_1$ компактно.

Установленные свойства полугруппы $\{S_t\}$ и компактность множества B_0 обеспечивают выполнение условий леммы, доказанной в [3], согласно которой существует такое $T_1 > 0$, что для любого $v_0 \in B_0$ найдется $\tau_0 \in [0, T_1]$ такое, что $S_{\tau_0} v_0 \in O_{\delta/2}(\mathfrak{N})$.

Пусть $\tau \geq 0$, $u(\cdot, \varepsilon) \in U_{\varepsilon}(B)$, $|\varepsilon| \leq \varepsilon_0$. Положим $T_0 = T_1 + 1$. Из леммы 4 следует, что

$$\|u(t, \varepsilon) - S_{t-\tau} u(\tau, \varepsilon)\|_1 \leq C_0 e^{\alpha T_0} |\varepsilon| \quad \forall t \in [\tau, \tau + T_0]$$

(C_0 и α зависят от B , но не зависят от $\varepsilon \in [-\varepsilon_0, \varepsilon_0]$ и $u(\cdot, \varepsilon) \in U_{\varepsilon}(B)$). Выберем $\varepsilon' > 0$ так, чтобы при $|\varepsilon| \leq \varepsilon'$ для любого $t \in [\tau, \tau + T_0]$ выполнялось неравенство

$$\|u(t, \varepsilon) - S_{t-\tau} u(\tau, \varepsilon)\|_1 < \frac{\delta}{2}. \quad (25)$$

Так как $u(\tau, \varepsilon) \in B_1$, то $S_1 u(\tau, \varepsilon) \in B_0$, и значит, найдется такое $\tau_0 \in [0, T_1]$, что

$$S_{\tau_0+1} u(\tau, \varepsilon) = S_{\tau_0} S_1 u(\tau, \varepsilon) \in O_{\delta/2}(\mathfrak{N}). \quad (26)$$

Положим $t_0 = \tau + \tau_0 + 1$. Поскольку $t_0 \in [\tau, \tau + T_0]$, то из (25) выводим

$$\|u(t_0, \varepsilon) - S_{\tau_0+1} u(\tau, \varepsilon)\|_1 < \frac{\delta}{2}.$$

Отсюда и из (26) следует, что $u(t_0, \varepsilon) \in O_{\delta}(\mathfrak{N})$, где $|\varepsilon| \leq \varepsilon'$. Лемма 5 доказана.

Определение 3. Стационарная точка z называется гиперболической, если выполнены следующие условия:

1) существует окрестность $O \subset E$ точки z , в которой операторы S_t дифференцируемы, причем дифференциал Фреше $S'_t(u)$ удовлетворяет по u условию Гёльдера с показателем γ , $0 < \gamma \leq 1$:

$$\|S'_t(u_1)v - S'_t(u_2)v\|_1 \leq C \|v\|_1 \|u_1 - u_2\|_1^\gamma \quad \forall u_1, u_2 \in O, \quad \forall v \in E;$$

2) спектр оператора $S'_t(z)$ при $t > 0$ не содержит точек единичной окружности $\{\xi \in \mathbb{C} : |\xi| = 1\}$, причем вне этой окружности находится конечное число точек спектра;

3) инвариантное подпространство $E_+(z)$ оператора $S'_t(z)$, соответствующее точкам спектра $S'_t(z)$, лежащим вне единичной окружности, а также дополнительное к нему инвариантное подпространство $E_-(z)$, соответствующее точкам спектра $S'_t(z)$, лежащим внутри этой окружности, не зависят от t .

Рассмотрим оператор

$$Av \equiv \Delta v - f(v), \tag{27}$$

заданный на $H_0^1(\Omega) \cap H^2(\Omega)$ и принимающий значения в $L_2(\Omega)$.

Определение 4. Функция $g(x) \in L_2(\Omega)$ называется регулярным значением оператора A , если для любого решения $z = z(x)$ уравнения $Av = g$ оператор $A'(z)$, определенный формулой $A'(z)v = \Delta v - f'(z)v$, обратим.

З а м е ч а н и е 1. Известно (см. [7]), что множество всех регулярных значений оператора A всюду плотно и открыто в $L_2(\Omega)$; кроме того, если $g(x)$ — регулярное значение оператора A , то полугруппа $\{S_t\}$ имеет конечное число стационарных точек и все они гиперболические.

Лемма 6. Пусть множество \mathfrak{N} стационарных точек полугруппы $\{S_t\}$ конечно, $\mathfrak{N} = \{z_1, \dots, z_N\}$, причем точки $z_j \in \mathfrak{N}$ занумерованы так, что $\Phi(z_1) \leq \dots \leq \Phi(z_N)$. Пусть все стационарные точки z_j — гиперболические. Пусть B — ограниченное в E множество. Тогда существуют такие $\varepsilon_2 > 0$ и $\delta > 0$, что любое $u(\cdot, \varepsilon) \in U_\varepsilon(B)$, где $|\varepsilon| \leq \varepsilon_2$, обладает следующим свойством:

$$\text{если } u(s, \varepsilon) \in O_\delta(z_i), \quad u(\tau, \varepsilon) \in O_\delta(z_j), \quad \text{где } \tau \geq s, \text{ то } j \leq i$$

($O_\delta(z_i)$, $O_\delta(z_j)$ — δ -окрестности точек z_i и z_j).

Д о к а з а т е л ь с т в о. Как было отмечено выше (см. доказательство леммы 5), для любого $v_0 \in E$ множество $\bigcup_{t \geq 1} S_t v_0$ предкомпактно в E . Кроме того, $S_t v$ непрерывно по $(t, v) \in [0, +\infty) \times E$ (предложение 1). Из этих свойств полугруппы $\{S_t\}$ и условия леммы 6 вытекает, что выполнены все условия леммы, доказанной в [2], согласно которой утверждение, аналогичное утверждению леммы 6, справедливо для совокупности всех решений задачи (1), (2) при $\varepsilon = 0$. Таким образом, существует такое $\delta_1 > 0$, что для любого $v_0 \in E$ решение $v(t) = S_t v_0$ задачи (1), (2) при $\varepsilon = 0$ обладает следующим свойством:

$$\text{если } v(s) \in O_{\delta_1}(z_i), \quad v(\tau) \in O_{\delta_1}(z_j), \quad \text{где } \tau \geq s, \text{ то } j \leq i. \tag{28}$$

Пусть $\delta = \delta_1/2$. Покажем, что утверждение леммы 6 выполняется при выбранном δ . Предположим противное. Тогда найдутся последовательности

$$\varepsilon_k \rightarrow 0, \quad u_k(\cdot, \varepsilon_k) \in U_{\varepsilon_k}(B), \quad s_k, \tau_k \in [0, +\infty), \quad j_k, i_k \in \{1, \dots, N\},$$

такие, что

$$u_k(\tau_k, \varepsilon_k) \in O_\delta(z_{j_k}), \quad u_k(s_k, \varepsilon_k) \in O_\delta(z_{i_k}), \quad \tau_k \geq s_k, \quad j_k > i_k, \quad k = 1, 2, \dots \tag{29}$$

Ввиду леммы 5 существуют такие $\varepsilon' > 0$ и $T_0 > 0$, что для любого $u(\cdot, \varepsilon) \in U_\varepsilon(B)$, где $|\varepsilon| \leq \varepsilon'$, и любого $\tau \geq 0$ найдется $t_0 \in [\tau, \tau + T_0]$ такое, что $u(t_0, \varepsilon) \in O_\delta(\mathfrak{N})$. Поскольку $\varepsilon_k \rightarrow 0$, то будем сразу полагать, что $|\varepsilon_k| < \varepsilon'$ для всех k .

Покажем, что в (29) можно считать, что $\tau_k - s_k \leq 2T_0$. Для произвольного фиксированного k возьмем такое $m \in \mathbb{N}$, чтобы выполнялось неравенство

$$s_k + (m-1)T_0 \leq \tau_k \leq s_k + mT_0.$$

Из вышесказанного следует, что для каждого $r \in \{1, \dots, m\}$ найдутся t_r и $z_{\alpha_r} \in \mathfrak{N}$ ($\alpha_r \in \{1, \dots, N\}$) такие, что

$$s_k + (r-1)T_0 \leq t_r \leq s_k + rT_0, \quad u_k(t_r, \varepsilon_k) \in O_\delta(z_{\alpha_r}),$$

при этом можно взять $t_1 = s_k$, $t_m = \tau_k$, $z_{\alpha_1} = z_{i_k}$, $z_{\alpha_m} = z_{j_k}$. Из того, что $\alpha_1 = i_k < j_k = \alpha_m$, вытекает существование такого $l \in \{1, \dots, m-1\}$, что $\alpha_l < \alpha_{l+1}$. Следовательно, имеем

$$u_k(t_{l+1}, \varepsilon_k) \in O_\delta(z_{\alpha_{l+1}}), \quad u_k(t_{l+1}, \varepsilon_k) \in O_\delta(z_{\alpha_{l+1}}), \quad t_l \leq t_{l+1} \leq t_l + 2T_0, \quad \alpha_{l+1} > \alpha_l.$$

Заменив τ_k и s_k соответственно на t_{l+1} и t_l , приходим к выводу, что в (29) можно считать $\tau_k - s_k \leq 2T_0$.

Поскольку последовательность $\{(j_k, i_k)\}$, где $j_k, i_k \in \{1, \dots, N\}$, принимает некоторое значение (j, i) бесконечное число раз, то, перейдя к подпоследовательности, можно положить в (29) $j_k = j$, $i_k = i$ для каждого k ($j > i$).

Пусть $v_k(t)$ — решение задачи (1), (2) при $\varepsilon=0$ с начальным условием $v|_{t=0} = u_k(s_k, \varepsilon_k)$, т.е. $v_k(t) = S_t u_k(s_k, \varepsilon_k)$. Заметим, что

$$v_k(0) = u_k(s_k, \varepsilon_k) \in O_\delta(z_i) \subset O_{\delta_1}(z_i).$$

Используя лемму 1, получаем оценку

$$\|v_k(\tau_k - s_k) - z_j\|_1 \leq \|u_k(\tau_k, \varepsilon_k) - v_k(\tau_k - s_k)\|_1 + \|u_k(\tau_k, \varepsilon_k) - z_j\|_1 \leq C_0 e^{2\alpha T_0} |\varepsilon_k| + \delta.$$

Отсюда следует, что при достаточно малом $|\varepsilon_k|$

$$\|v_k(\tau_k - s_k) - z_j\|_1 < 2\delta = \delta_1,$$

т.е. $v_k(\tau_k - s_k) \in O_{\delta_1}(z_j)$. Так как $j > i$ и $\tau_k - s_k \geq 0$, то делаем вывод, что $v_k(t)$, где k достаточно большое, не обладает свойством (28). Полученное противоречие доказывает лемму 6.

Пусть z — стационарная точка полугруппы $\{S_t\}$. Обозначим через $M^h(z)$ совокупность всех $v_0 \in E$, для которых траектория $S_t v_0$ продолжаема для всех $t < 0$, причем $S_t v_0 \rightarrow z$ в E при $t \rightarrow -\infty$. Другими словами, v_0 принадлежит множеству $M^h(z)$, если существует такая функция $v: (-\infty, 0] \rightarrow E$, что $v(0) = v_0$, $v(s) \rightarrow z$ при $s \rightarrow -\infty$ и $S_t v(s) = v(s+t)$, если $t \geq 0, s+t \leq 0$. При этом $S_t v_0$ при $t < 0$ определяется равенством $S_t v_0 = v(t)$.

З а м е ч а н и е 2. Если z — стационарная гиперболическая точка полугруппы $\{S_t\}$, то множество $M^h(z)$ является конечномерным гладким многообразием в E , причем размерность этого многообразия равна размерности инвариантного подпространства $E_+(z)$ оператора $S'_t(z)$, соответствующего части спектра этого оператора, лежащей вне единичной окружности $\{\xi \in \mathbb{C} : |\xi| = 1\}$ (см., например, [3]).

Определение 5. Пусть множество \mathfrak{N} стационарных точек полугруппы $\{S_t\}$ конечно: $\mathfrak{N} = \{z_1, \dots, z_N\}$, причем все стационарные точки z_j — гиперболические. Пусть $B \subset E$. Семейством составных предельных траекторий, соответствующих $U_\varepsilon(B)$, называется совокупность кусочно-непрерывных по t траекторий $\tilde{y}(t, \varepsilon)$ полугруппы $\{S_t\}$ таких, что:

1) $\tilde{y}(t, \varepsilon)$ непрерывна в E по t за исключением точек разрыва T_1, \dots, T_m , $T_1 < T_2 < \dots < T_m$, $m \leq N$ (m и T_i зависят от $\tilde{y}(\cdot, \varepsilon)$);

2) значения $\tilde{y}(T_i - 0, \varepsilon)$ и $\tilde{y}(T_i + 0, \varepsilon)$ лежат в некоторой малой δ -окрестности $O_\delta(\mathfrak{N})$ множества \mathfrak{N} , причем оба принадлежат δ -окрестности одной и той же стационарной точки (δ не зависит от i);

3) в δ -окрестности каждой стационарной точки могут лежать значения $\tilde{u}(T_i \pm 0, \varepsilon)$ не более чем в одной точке разрыва T_i , при этом, если $\tilde{u}(T_i + 0, \varepsilon) \in O_\delta(z_{k_i})$ ($k_i \in \{1, \dots, N\}$), то

$$\tilde{u}(T_i + 0, \varepsilon) \in M^h(z_{k_i}), \quad \tilde{u}(t, \varepsilon) = S_{t-T_i} \tilde{u}(T_i + 0, \varepsilon) \text{ при } T_i \leq t < T_{i+1} \quad (T_{m+1} = +\infty);$$

4) $\tilde{u}(0, \varepsilon) = u(0, \varepsilon)$ для некоторого $u(\cdot, \varepsilon) \in U_\varepsilon(B)$.

З а м е ч а н и е 3. Очевидно, что на интервале (T_i, T_{i+1}) $\tilde{u}(t, \varepsilon)$ принадлежит множеству $M^h(z_{k_i})$.

В [3] изучалось асимптотическое поведение при всех $t \geq 0$ решений автономных эволюционных уравнений, зависящих от параметра, вида

$$\partial_t u = A(u, \varepsilon), \quad |\varepsilon| \leq \varepsilon_0; \quad (30)$$

при определенных условиях доказана теорема о стабилизации при $t \rightarrow +\infty$ главного члена асимптотики траекторий полугруппы $\{S_t(\varepsilon)\}$, соответствующей (30) (см. [3, с. 246–253, теорема 1]). Доказанные выше леммы 1–6 позволяют перенести доказательство этой теоремы на наш неавтономный случай: соответствующая теорема для задачи (1), (2) доказывается совершенно аналогично, при этом следует заменить траектории полугруппы $\{S_t(\varepsilon)\}$ на решения $u(t, \varepsilon)$ задачи (1), (2). Таким образом, в нашем случае справедлива следующая теорема.

Теорема. Пусть $g(x)$ — регулярное значение оператора A , определенного равенством (27). Пусть B — ограниченное в E множество. Тогда найдутся такие малые числа $\varepsilon_1 > 0$ и $q > 0$ и достаточно большое число C_0 , что при $|\varepsilon| \leq \varepsilon_1$ для любого $u(\cdot, \varepsilon) \in U_\varepsilon(B)$ существует составная предельная траектория $\tilde{u}(t, \varepsilon)$, для которой

$$\sup_{t \geq 0} \|u(t, \varepsilon) - \tilde{u}(t, \varepsilon)\|_1 \leq C_0 |\varepsilon|^q.$$

Итак, для рассмотренного неавтономного параболического уравнения, зависящего от малого параметра ε , установлен факт глобальной по t аппроксимации его решений кусочно-непрерывными функциями, состоящими из конечного числа кусков траекторий автономного уравнения, которое соответствует случаю $\varepsilon = 0$. Все эти куски, кроме первого, лежат на конечномерных гладких многообразиях.

Заключение. Изложенный подход к изучению асимптотики решений можно применить и к другим классам неавтономных эволюционных уравнений, зависящих от малого параметра.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Babin, A.V. Uniform finite-parameter asymptotics of solutions of nonlinear evolutionary equations / A.V. Babin, M.I. Vishik // Journal de Mathématiques Pures et Appliquées. — 1989. — Vol. 68, № 4. — P. 399–455.
2. Бабин, А.В. Спектральное и стабилизированное асимптотическое поведение решений нелинейных эволюционных уравнений / А.В. Бабин, М.И. Вишик // Успехи математических наук. — 1988. — Т. 43, вып. 5(263). — С. 99–132.
3. Бабин, А.В. Аттракторы эволюционных уравнений / А.В. Бабин, М.И. Вишик. — М.: Наука, 1989. — 294 с.
4. Лионс, Ж.-Л. Некоторые методы решения нелинейных краевых задач / Ж.-Л. Лионс. — М.: Мир, 1972. — 588 с.
5. Темам, Р. Уравнения Навье — Стокса. Теория и численный анализ / Р. Темам. — М.: Мир, 1981. — 408 с.
6. Лионс, Ж.-Л. Неоднородные граничные задачи и их приложения / Ж.-Л. Лионс, Е. Мадженес. — М.: Наука, 1971. — 371 с.
7. Babin, A.V. Regular attractors of semigroups and evolution equations / A.V. Babin, M.I. Vishik // Journal de Mathématiques Pures et Appliquées. — 1983. — Vol. 62, № 4. — P. 441–491.

R E F E R E N C E S

1. Babin, A.V. Uniform finite-parameter asymptotics of solutions of nonlinear evolutionary equations / A.V. Babin, M.I. Vishik // Journal de Mathématiques Pures et Appliquées. — 1989. — Vol. 68, № 4. — P. 399–455.
2. Babin A.V., Vishik M.I. *Uspekhi matematicheskikh nauk* [Advances of Mathematical Sciences], 1988, 43 (5(263)), pp. 99–132.
3. Babin A.V., Vishik M.I. *Attraktory evoliutsionnykh uravneni* [Evolution Equation Attractors], M.: Nauka, 1989, 294 p.
4. Lions J.-L. *Nekotoryye metody resheniya nelineinykh krayevykh zadach* [Some Methods of Solving Non-Linear Boundary Value Problems], M.: Mir, 1972, 588 p.
5. Temam R. *Uravneniye Navye — Stoksa. Teoriya i chislenny analiz* [Navier — Stokes Equation. Theory and Numerical Analysis], M.: Mir, 1981, 408 p.
6. Lions J.-L., Majenes E. *Neodnorodniye granichniye zadachi i ikh prilozheniya* [Inhomogeneous Boundary Value Problems and their Applications], M.: Nauka, 1971, 371 p.
7. Babin, A.V. Regular attractors of semigroups and evolution equations / A.V. Babin, M.I. Vishik // Journal de Mathématiques Pures et Appliquées. — 1983. — Vol. 62, № 4. — P. 441–491.

Поступила в редакцию 24.11.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: sirius722@rambler.ru — Бородич С.М.



УДК 582.28:635.8:577.19

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ШТАММА *PLEUROTUS OSTREATUS* 186 И ГРИБОВ РОДА *TRICHODERMA* С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Д.Д. Жерносеков, Т.А. Толкачева, Е.Е. Павлова, Я.В. Лазаренко, И.А. Гурский

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

Современная тенденция к использованию биологического сырья и разработке уникальных технологий, востребованных в сельском хозяйстве, экологии, медицине и пищевой промышленности, привела к стремительному росту интереса к представителям ксилотрофных грибов. Эти грибы являются одним из ключевых биологических ресурсов, который может быть внедрен для разработки широкого спектра экологически чистых продуктов с многообещающими возможностями применения. Среди обширной группы ксилотрофных грибов особое положение занимают грибы рода *Trichoderma* и *Pleurotus*. Они проявляют высокую активность в разложении сложных полимеров, а в условиях лабораторного культивирования выделяют в среду ферменты, которые находят успешное использование в пищевой, текстильной и фармацевтической промышленности.

Цель исследования — провести глубинное культивирование ксилотрофных грибов рода *Trichoderma* и промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186, исследовать ферментативную активность культуральной жидкости, а также изучить влияние мицелия ксилотрофных грибов на рост сельскохозяйственных и декоративных растений.

Материал и методы. Объектами исследования послужили мицелий и культуральная жидкость грибов рода *Trichoderma* и промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186. В культуральной жидкости определяли целлюлолитическую и молоковертывающую активность. Мицелий, полученный в результате культивирования, брали для стимуляции роста сельскохозяйственных и декоративных растений. Эффект влияния мицелия ксилотрофных грибов на рост растений сравнивали с коммерческими препаратами.

Результаты и их обсуждение. В лабораторных условиях были получены образцы мицелия грибов рода *Trichoderma* и промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186. Исследована ферментативная активность культуральной жидкости промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186 и грибов рода *Trichoderma*. В культуральной жидкости *Pleurotus ostreatus* наблюдалась достаточно высокая молоковертывающая активность. В культуральной жидкости грибов рода *Trichoderma* в течение всего периода инкубации молоковертывающая активность зафиксирована не была, при этом отмечена целлюлолитическая активность, которая увеличивалась в присутствии фторида натрия. Изучено влияние коммерческих препаратов триходермы и полученного в лаборатории мицелия данного гриба на прорастание семян и укоренение черенков, а также влияние мицелия промышленного штамма вёшенки на прорастание семян томата.

Заключение. Штаммы грибов рода *Trichoderma* из Витебского региона могут служить источником целлюлаз, применяемых в пищевой и текстильной промышленности. Культуральную жидкость промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186 целесообразно использовать как источник молоковертывающего фермента. Мицелий промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186 и грибов рода *Trichoderma* оказывает положительное влияние на рост сельскохозяйственных и декоративных растений.

Ключевые слова: ксилотрофные грибы, культивирование, ферментативная активность, проращивание и укоренение растений.

CULTIVATION OF THE INDUSTRIAL STRAIN OF *PLEUROTUS OSTREATUS* 186 AND *TRICHODERMA* GENUS FUNGI IN ORDER TO OBTAIN BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

D.D. Zhernosekov, T.A. Tolkacheva, E.E. Pavlova, Ya.V. Lazarenka, I.A. Gurski
Education Establishment "Vitebsk State P.M. Masherov University"

The current trend towards the use of biological raw materials and the development of unique technologies in demand in agriculture, ecology, medicine and the food industry has led to a rapid increase in interest in representatives of xylophilic fungi. These fungi are one of the key biological resources that can be used to develop a wide range of environmentally friendly products with promising application possibilities. Fungi of the genus *Trichoderma* and *Pleurotus* occupy a special position among the extensive group of xylophilic fungi. They exhibit high activity in the decomposition of complex polymers, and in laboratory cultivation they release enzymes into the medium that are successfully used in the food, textile and pharmaceutical industries.

The aim of the study was to carry out deep cultivation of xylophilic fungi of the genus *Trichoderma* and the industrial strain *Pleurotus ostreatus* 186, to study the enzymatic activity of the culture fluid, and to study the effect of the mycelium of xylophilic fungi on the growth of agricultural and ornamental plants.

Materials and methods. The objects of the study were mycelium and culture fluid of fungi of the genus *Trichoderma* and the industrial strain *Pleurotus ostreatus* 186. The cellulolytic and milk-clotting activity was identified in the culture fluid. The mycelium obtained as a result of cultivation was used to stimulate the growth of agricultural and ornamental plants. The effect of the mycelium of xylophilic fungi on plant growth was compared with commercial preparations.

Findings and their discussion. Mycelium samples of fungi of the genus *Trichoderma* and the industrial strain *Pleurotus ostreatus* 186 were obtained in laboratory conditions. The enzymatic activity of the culture fluid of the industrial strain *Pleurotus ostreatus* 186 and fungi of the genus *Trichoderma* was studied. A sufficiently high milk-clotting activity was recorded in the culture fluid of *Pleurotus ostreatus*. No milk-clotting activity was detected in the culture fluid of *Trichoderma* fungi during the entire incubation period, while cellulolytic activity was noted, which increased in the presence of sodium fluoride. The effect of commercial preparations of *Trichoderma* and the mycelium of this fungus obtained in the laboratory on seed germination and rooting of cuttings, as well as the effect of the mycelium of the industrial oyster mushroom strain on the germination of tomato seeds, was studied.

Conclusion. Strains of *Trichoderma* genus fungi from Vitebsk region can serve as a source of cellulases used in the food and textile industries. The culture fluid of the industrial strain *Pleurotus ostreatus* 186 can be used as a source of milk-clotting enzyme. The mycelium of the industrial strain *Pleurotus ostreatus* 186 and *Trichoderma* genus fungi has a positive effect on the growth of agricultural and ornamental plants.

Key words: xylophilic fungi, cultivation, enzymatic activity, germination and rooting of plants.

Актуальность применения ксилотрофных грибов в интересах агропромышленного комплекса обусловлена их свойством быстро расти на дешевых питательных средах, превращать содержащиеся в среде соединения и обогащать культуральную жидкость разнообразными экзоферментами.

Способность ксилотрофных грибов эффективно расти на природных субстратах и осуществлять различные процессы биотрансформации, в сочетании с достижениями в области рекомбинантной ДНК-технологии, метаболомики и протеомики, привела к изучению их огромного потенциала в большинстве промышленных ферментативных процессов. Кроме того, благодаря возможности адаптации к более дешевым субстратам для роста ксилотрофные грибы могут обеспечить альтернативный подход к экономически эффективной разработке продукта. В настоящее время ксилотрофные грибы нашли применение в производстве различных соединений, включая органические кислоты, ферменты, липиды, красители, гликолипиды и другие ценные продукты в промышленных масштабах [1]. Особое положение среди ксилотрофных грибов занимают грибы рода *Pleurotus* и *Trichoderma*. Как показали недавние исследования, эти грибы способны к полной биоконверсии сельскохозяйственных растительных отходов [2]. В нашей работе проведено культивирование вышеуказанных грибов, определение целлюлолитической и молокосвертывающей активностей в культуральной жидкости и обосновано использование мицелия, полученного в результате глубинного культивирования, для стимуляции роста сельскохозяйственных и декоративных растений.

Материал и методы. опыты были выполнены в научно-исследовательских лабораториях ПЦР-анализа и структурно-функциональных исследований ВГУ имени П.М. Машерова. Штамм гриба рода *Trichoderma* был выделен из почвы, взятой в ботаническом саду университета. Забор почвы

и получение маточной культуры грибов рода *Trichoderma* делали согласно методике, описанной в [3]. Для получения инокулюма выросшие колонии триходермальных грибов пересаживали микробиологической петлей на чашки Петри со средой Чапека — Докса (рН 5,0±0,2) и инкубировали в термостате на протяжении 7 дней при 26 °С. Опыт проводили в трех повторностях. Мицелий в виде нескольких фрагментов площадью 1 см² переносили в стерильную колбу с питательной средой. Глубинное культивирование грибов рода *Trichoderma* осуществлялось на среде Чапека — Докса в двух вариантах: с использованием в качестве источников углерода целлюлозы и винассированного жома. По истечении срока культивирования мицелий гриба отделяли от среды.

Для поверхностного культивирования промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186 брали первичный мицелий данного промышленного штамма, выращенный на сусло-агаровой среде. Промышленный штамм был предоставлен Государственным научным учреждением «Институт леса НАН Беларуси» (С.А. Коваленко). Для получения инокулюма культуру, выросшую на сусло-агаровой среде, пересаживали на чашки Петри фрагментом ковра сток-культуры мицелия площадью 1 см² на картофельно-сахарозную агаровую среду (рН 6,0±0,2) под ламинарным боксом для исключения риска контаминации. Инкубировали при комнатной температуре на протяжении 10 дней. Для глубинного культивирования промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186 мицелий переносили в колбу с картофельно-сахарозной средой или с модифицированной средой Чапека — Докса (рН 6,0±0,2) с добавлением винассированного жома в качестве источника углерода.

Расчет молокосвертывающей активности культуральной жидкости изучаемых штаммов производился по формуле (1), предлагаемой в [4]:

$$SU = (M \times 2400) / (E \times t), \quad (1)$$

где SU — единицы молокосвертывающей активности, ед/см³;

M — объем субстрата, см³;

E — количество ферментного экстракта, см³,

t — время свертывания, сек.

Целлюлолитическая активность и концентрация белка определялись феррицианидным методом из ГОСТа 31662-2012 и по методу Брэдфорда [5; 6]. По завершении культивирования культуральную жидкость *Pleurotus ostreatus* 186 и грибов рода *Trichoderma* применяли для исследования ферментативной активности, а мицелий использовался в дальнейшем эксперименте. Расход мицелия промышленного штамма вёшенки *Pleurotus ostreatus* 186, выращенного на картофельно-сахарозной среде, составил 20 г/дм³, в то время как мицелий гриба рода *Trichoderma*, полученный методом глубинного культивирования на среде Чапека — Докса с винассированным жомом, вносили из расчета 60 г/дм³ почвенного грунта. Коммерческие препараты триходермы «Триходерма Profit» («Энергия роста», Беларусь), «Trichoderma veride» («Ваше хозяйство», Россия), а также мицелий грибов рода *Glomus* «Микориза для рассады» («Зеленое сечение», Россия) и «Биомикориза» («Ортон», Россия) вносили в почву, как указано в инструкциях к препаратам.

Прозрачные пластиковые контейнеры наполняли землей, смешанной с коммерческими препаратами, согласно инструкции (Триходерма вериде, Profit, Биомикориза, Микориза для рассады), и с выращенным нами в лаборатории мицелием. Зерновки ржи и пшеницы предварительно ничем не протравливали, раскладывали на проращивание и присыпали землей слоем в 0,5 см. Учитывали энергию прорастания и измеряли длину образовавшихся листьев.

Для укоренения кустарников самшита и крупнолистной гортензии были отобраны черенки методом срезки верхушечных побегов с растений, растущих в открытом грунте (молодые, без видимых повреждений, крепкие, но не до конца одревесневшие побеги длиной 10–13 см). Черенки были разделены на 3 группы: 1 группа — контрольная, 2 — с применением мицелия выращенной в лабораторных условиях триходермы, 3 — с использованием препарата, наиболее распространенного в продаже, — «Триходерма вериде». Для каждой группы были взяты пластиковые кассеты, наполненные рыхлым грунтом. Черенки во 2-й и 3-й группах предварительно обрабатывали мицелием или порошком

триходермы, затем высаживали в почву. Кассеты накрывали пленкой для уменьшения испарения влаги. Досвечивали до 12-часового светового дня фитолампами.

При анализе влияния грибов рода *Trichoderma* и *Pleurotus ostreatus* 186 на прорастание семян определяли энергию прорастания семян (число проросших семян (в %) в течение установленного для каждой культуры срока).

Статистическую обработку данных проводили в компьютерной программе Microsoft Excel 2019. Весь цифровой материал вводили для хранения и обработки в таблицы Microsoft Excel. При нормальном распределении данные представляли как среднее (M) \pm стандартная ошибка среднего (m). Для проверки гипотез о различии средних значений изучаемого признака в исследуемых группах применяли t -критерий Стьюдента. Критический уровень значимости (P) при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05.

Результаты и их обсуждение. Нами была проведена идентификация грибов рода *Trichoderma* при помощи микроскопического анализа мицелия. Колонии на среде Чапека — Докса при температуре 26 °С растут быстро, видимый рост наблюдается на 1-й день инкубирования. Гриб достиг окончательного этапа развития на 5-й день инкубирования. Профиль — выпуклый. Текстура — бархатистая. Мицелий бесцветный, стелющийся, ватообразный. Спороношение появляется на 4-й день роста. Колонии достигли краев чашки. Пигмент в среду не выделяется. Экссудат не наблюдался. Запах резкий плесневый, землистый. Гифы бесцветные. Конидиеносцы неокрашенные, гладкие, извилистые. Ветвятся часто, регулярно, веточки расположены по две-три, редко по одной, прямые, иногда согнутые. Фиалиды ампуловидные, расположены на веточках мутовками по 2–5, реже поодиночке. Шейка вытянутая, узкая. Хламидоспоры округлые или грушевидные, гладкостенные, бесцветные. Конидии бесцветные, собраны в слизистые головки, округлые, гладкие. Результаты исследования приведены на рис. 1.

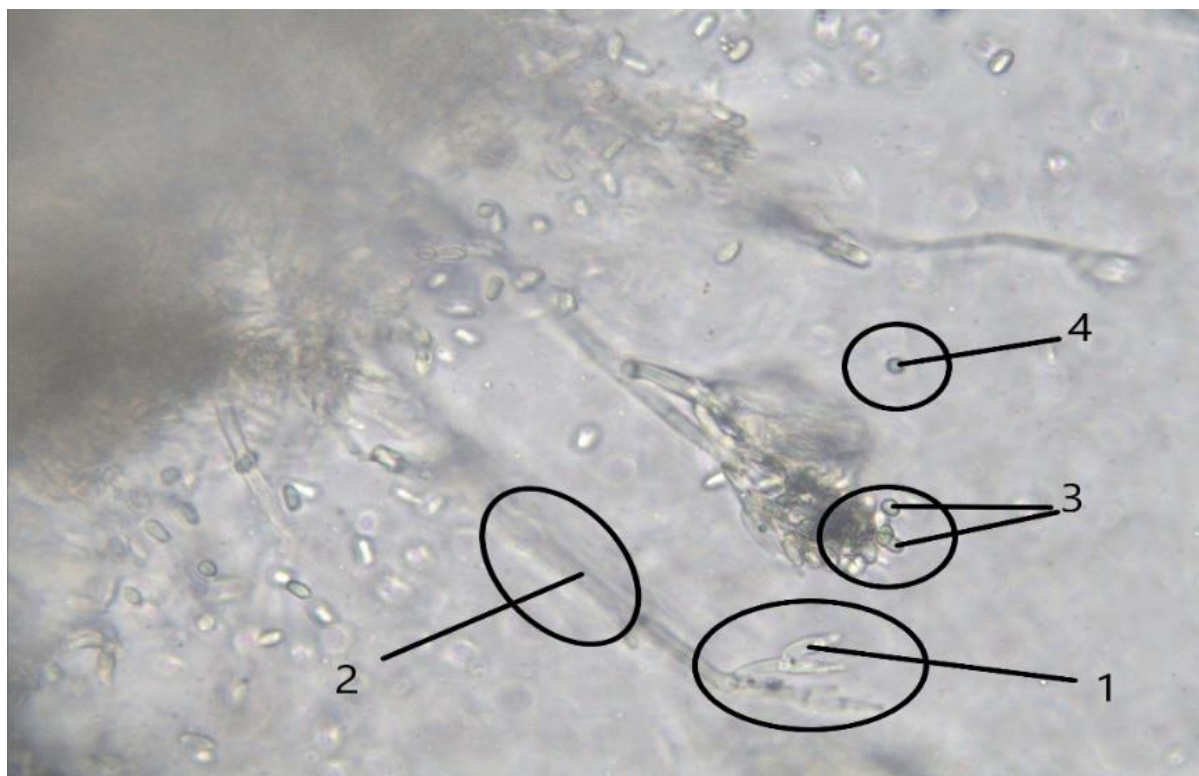


Рис. 1. Микроскопическое исследование грибов рода *Trichoderma* из почвы Витебского региона под микроскопом Levenhuk (увеличение $\times 400$).
(1 — фиалиды на конидиеносцах; 2 — конидиеносцы; 3 — хламидоспоры; 4 — конидии)

Динамику роста мицелия триходермы при глубинном культивировании можно видеть на рис. 2. Показаны результаты роста мицелия на 1, 3, 5 и 7 сутки.

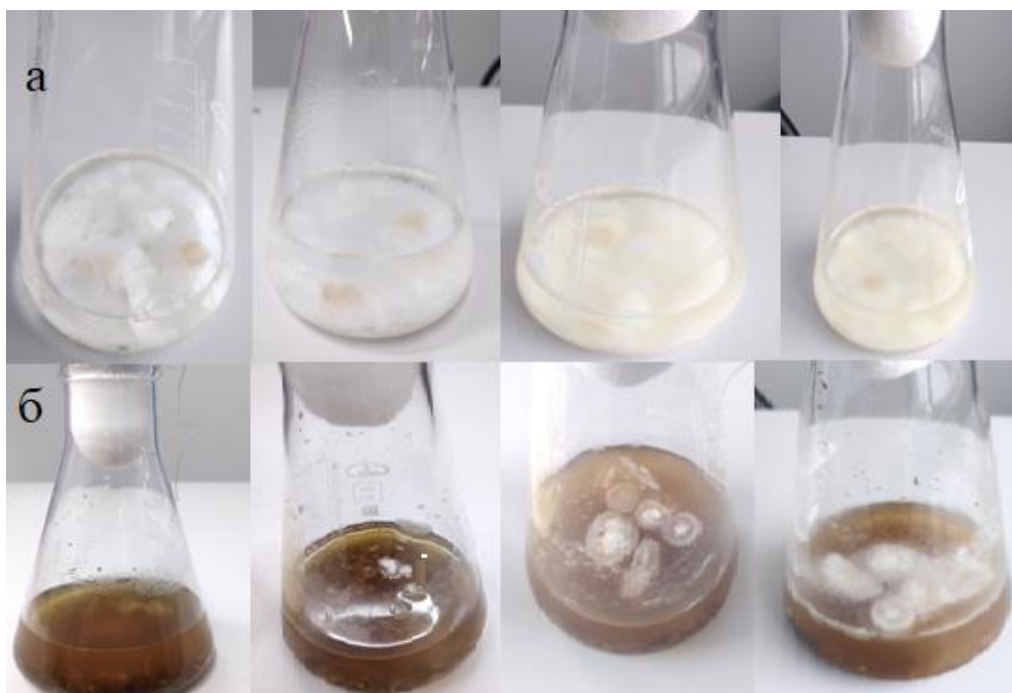


Рис. 2. Рост мицелия грибов рода *Trichoderma* на среде Чапека — Докса: а — с целлюлозой в качестве источника углерода; б — с винассированным жомом в качестве источника углерода

Целлюлолитическую активность грибов рода *Trichoderma* определяли на 3, 5, 7, 10 и 14 сутки. Минимальная целлюлолитическая активность фиксировалась на седьмые сутки, а максимальная активность — на 14 сутки глубинного культивирования. Результаты исследования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Целлюлолитическая активность гриба рода *Trichoderma* на 14-й день инкубирования (n=3)

Среда культивирования на 14-е сутки	Концентрация белка (мг/см ³)	Общая активность (единицы активности) на см ³	Удельная активность (на мг белка)
Чапека — Докса с целлюлозой	0,47±0,02	0,353±0,020	0,751±0,020
Чапека — Докса с целлюлозой с добавлением фторида натрия	0,47±0,02	0,493±0,015	1,048±0,015
Чапека — Докса с винассированным жомом	0,430±0,040	0,412±0,030	0,96±0,03
Чапека — Докса с винассированным жомом с добавлением фторида натрия	0,430±0,040	0,551±0,030	1,28±0,03

Ранее в научной литературе было показано, что целлюлолитическая активность триходермальных грибов может стимулироваться добавлением фторида натрия [7]. В своем исследовании мы проверили это утверждение. Данные, представленные в табл. 1, свидетельствуют о том, что фторид натрия в конечной концентрации 100 мг/дм³ стимулирует целлюлолитическую активность культуральной жидкости грибов рода *Trichoderma* на среде с целлюлозой в среднем на 40%, а на среде с винассированным жомом — в среднем на 34%. Полученные результаты согласуются с теми, которые получили авторы [7]. В работе было показано, что при использовании фильтровальной бумаги в качестве субстрата целлюлолитическая активность культуральной жидкости *Trichoderma viride* в присутствии фторида натрия в конечной концентрации 100 мг/дм³ возрастала в среднем на 50%.

Действие фторида на активность целлюлаз изучено еще недостаточно. Эффект влияния фторида можно объяснить его вмешательством в процесс кислотно-основного катализа: взаимодействуя со специфическими лигандами в области активного центра фермента, анион может менять степень поляризации аминокислотных остатков аспарагиновой и глутаминовой кислот и молекул воды. В зависимости от особенностей строения активного центра это может сопровождаться изменением активности целлюлолитического фермента. Авторы [7] считают, что аналогичная картина наблюдается при активации хлоридом альфа-амилазы [8].

Эти результаты по влиянию фторида натрия могут оказаться полезными при использовании целлюлолитических ферментов для непищевых целей (например, в текстильной промышленности). Известно, что целлюлазы в текстильной промышленности применяют для разрушения целлюлозы с целью улучшения качества тканей: для биополировки (удаление ворса), создания эффекта «вареных» джинсов (биостоунинг), биоотпарки (обработка хлопка, льна) и повышения стойкости к истиранию, что делает процесс экологичнее и экономичнее, чем традиционные методы.

В своей работе мы проверили также наличие молокосвертывающей активности в культуральной жидкости промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186 и грибов рода *Trichoderma* (рис. 3).



Рис. 3. Молочный сгусток, полученный при использовании культуральной жидкости *Pleurotus ostreatus* 186, картофельно-сахарозная среда, 14 сутки культивирования

Время образования сгустка на картофельно-сахарозной среде в случае использования промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186 составляло в среднем 20 минут. По формуле (1) рассчитали значение активности молокосвертывающего фермента:

$$U = (10/2400) \times (2/1200) = 10 \text{ ед/см}^3.$$

Культуральная жидкость промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186, выращенного на среде Чапека — Докса с винассированным жомом, имела молокосвертывающую активность в среднем на 15% ниже, чем при использовании картофельно-сахарозной среды. На 20-е сутки культивирования фиксируется значительный спад молокосвертывающей активности полученных ферментных препаратов, выращенных на обоих субстратах (на среде Чапека — Докса с винассированным жомом и на картофельно-сахарозной среде, в среднем — на 20%).

Полученные данные отличаются от результатов предыдущих исследований промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* x *floridanus* 462, культивируемого на среде Чапека — Докса с винассированным жомом [9]. По-видимому, для штамма *Pleurotus ostreatus* x *floridanus* 462 характерна более высокая молокосвертывающая активность.

При определении молокосвертывающей активности нами применялись две различные концентрации хлорида кальция (0,0015 Моль и 0,02 Моль). Следует отметить, что наиболее выраженное

образование молочных сгустков фиксировалось при использовании хлорида кальция в конечной концентрации 0,02 Моль. Кроме того, в ходе эксперимента молокосвертывающая активность проверялась при различных значениях кислотности среды. Установлено, что наиболее высокая активность наблюдалась, когда значение pH инкубационной среды было равно 5.

Анализ культуральной жидкости грибов рода *Trichoderma* не выявил наличия молокосвертывающей активности на всех сроках культивирования при росте на питательных средах с различными источниками углерода (винассированный жом и целлюлоза).

В работе было проверено влияние мицелия промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186 и грибов рода *Trichoderma* на рост сельскохозяйственных и декоративных растений. Актуальность данного исследования обусловлена тем, что при использовании препаратов грибного мицелия триходермы для стимуляции роста сельскохозяйственных растений отечественные и зарубежные потребители зачастую сталкиваются с низкой эффективностью коммерческих препаратов. Так, например, авторы [10] отмечают, что они обнаружили существенные различия в количестве колониеобразующих единиц (КОЕ) между различными продуктами, при этом во всех продуктах количество КОЕ было меньше, чем заявлено. Степень подобного несоответствия была особенно высока в случае биоудобрений. Этими же авторами была определена видовая принадлежность изолятов, выделенных из коммерческих препаратов. Оказалось, что для большинства продуктов результаты идентификации видов показали несоответствие с таксономической классификацией, приведенной на этикетках продуктов, или не подтвердили их таксономический статус.

В нашем случае при тестировании мицелия, полученного методом глубинного культивирования, на семенах ржи энергия прорастания составила 100%, в отличие от коммерческих препаратов «Profit» и «Микориза для рассады». Средняя длина листьев проростков ржи при добавлении в почву мицелия, выросшего в лабораторных условиях, выше, чем при добавлении препарата «Триходерма вериде», в 1,5 раза; препарата Profit — в 1,4 раза; препарата Биомикориза — в 1,1 раза; препарата «Микориза для рассады» — в 1,6 раза. Энергия прорастания пшеницы не достигла 100% ни в одном из случаев. При этом среднее значение длины листьев проростков пшеницы при добавлении в почву микоризы, выросшей в лабораторных условиях, выше, чем при добавлении препарата «Триходерма вериде», в 1,7 раза; препарата «Profit» — также в 1,7 раза; препарата Биомикориза — в 1,2 раза; препарата Микориза для рассады — в 1,7 раза. Таким образом, была доказана большая эффективность полученного в лаборатории мицелия триходермы. Энергия прорастания и средняя длина листьев тестируемых растений при действии самого распространенного коммерческого препарата отражены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние препарата «Триходерма вериде» на прорастание зерновых культур

Показатель	Энергия прорастания (%)	Средняя длина листьев (мм), M±m
рожь		
Опытная группа	100	10,7±1,5*
Контроль	90	14,6±1,2
пшеница		
Опытная группа	40	7,4±1,9
Контроль	60	10,7±1,7

Примечание*: $p \leq 0,05$.

Предположительно выделяемые в процессе жизнедеятельности гриба природные метаболиты способны подавлять вокруг себя рост возбудителей корневой, семенной и почвенной инфекции. Кроме того, *Trichoderma* может вступать в симбиоз с корнями растений, усиливая приток к ним азота, ассимилированного из воздуха (по принципу микоризных грибов).

В нашей работе мы также использовали мицелий триходермы, полученный в лабораторных условиях, и коммерческие препараты триходермы для укоренения черенков декоративных кустарников. В результате проведенного эксперимента по укоренению черенков были измерены и проанализированы следующие показатели: % укореняемости, количество и длина корней (табл. 3).

Таблица 3

Укоренение черенков самшита *Buxus sempervirens* и гортензии *Hydrangea macrophylla* при действии биопрепарата «Триходерма вериде»

Показатель	% укорененности	Количество корней, шт., М±m	Длина корней, М±m
самшит			
Опытная группа	100	17,2±2,6	37,7± 4
Контроль	80	13,63±3,7	32,5± 8,77
гортензия			
Опытная группа	90	7,0±0,5*	23,3±0,8*
Контроль	30	4,3±0,7	7,6±0,7

Примечание*: p ≤ 0,05.

Из данных таблиц видно, что применение препарата триходермы привело к 100% укореняемости черенков самшита и 90% укореняемости черенков гортензии. Количество корней у черенков самшита при обработке «Триходерма вериде» больше в 1,3 раза по сравнению с контролем, у гортензии в 1,6 раза больше контроля. Средняя длина корней самшита в группе, где черенки обработаны коммерческим препаратом, в 1,2 раза больше, чем в контрольной группе. Средняя длина корней гортензии в 3 раза больше, чем в контрольной группе.

Чтобы сделать заключение об эффективности полученного в лаборатории мицелия триходермы по сравнению с коммерческим препаратом «Триходерма вериде», параллельно был заложен опыт по укоренению самшита (результаты исследования приведены в табл. 4).

Таблица 4

Укоренение черенков самшита *Buxus sempervirens* при действии препаратов триходермы

Опытная группа	% укорененности	Количество корней, шт., М±m	Длина корней, М±m	Количество вегетативных приростов, шт., М±m	Длина вегетативных приростов, см, М±m
Контроль	80	13,63±3,7	32,5± 8,77	1,88±0,35	17,75±2,71
Коммерческий препарат «Триходерма вериде»	100	17,2±2,6	37,7± 4	2,9±0,54	22,5±1,11
Мицелий триходермы, полученный в лабораторных условиях	100	25,9±2,35*	46,7± 3,93	2,7±0,33	12,5±0,67

Примечание*: p ≤ 0,05.

Как видно из приведенных данных, использование коммерческого препарата и мицелия триходермы способствовало 100% укореняемости черенков самшита. Количество корней у черенков самшита при обработке препаратом «Триходерма вериде» больше в 1,2 раза по сравнению с контролем,

при обработке мицелием триходермы статистически значимо больше в 1,9 раза по сравнению с контролем. Средняя длина корней в группе, где черенки обработаны коммерческим препаратом, в 1,16 раза, а в группе, где черенки обработаны мицелием, — в 1,4 раза больше, чем в контрольной группе. Количество вегетативных приростов в 1,5 раза больше во 2 группе и в 1,4 раза — в 3 группе по сравнению с контролем. Длина вегетативного прироста в 1,3 раза больше у черенков в группе, обработанной «Триходермой вериде», по сравнению с контролем, и в 0,7 раза меньше в группе, обработанной выращенным мицелием, по сравнению с контролем. Отмечено, что в группе, где наблюдается большее количество корней и большая средняя их длина, — меньший вегетативный прирост, что может быть обусловлено интенсивным корнеобразованием. Таким образом, можно сделать вывод, что использование мицелия триходермы, выращенного в лабораторных условиях, более эффективно по сравнению с имеющимися коммерческими препаратами.

В дальнейшей работе мы также проверили влияние мицелия промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186 на проращивание семян томата, сорт «Снегирёк» (табл. 5). По литературным данным мицелий вёшенки обыкновенной оказывает стимулирующее действие на рост растений из семейства паслёновых [11]. Кроме того, в экспериментах других авторов было выявлено, что мицелий вёшенки оказывает антагонистическое действие на мицелий грибов, вызывающих болезни сельскохозяйственных злаковых культур [12].

Таблица 5

Влияние мицелия промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186 на проращивание семян томата, сорт «Снегирёк», 36 дней проращивания

Показатель	Энергия прорастания (%)	Длина надземного побега, мм	Длина корней, мм
Опытная группа	100	57,5±4,5	57,6±4,3
Контроль	90	42,6±3,0	45,5±3,5

Из данных табл. 5 видно, что при использовании мицелия промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186 длина побега томатов увеличивается в среднем на 35%, а длина корней — в среднем на 24%.

Следовательно, мы доказали, что мицелий промышленного штамма вёшенки *Pleurotus ostreatus* 186 может быть рекомендован для стимуляции роста сельскохозяйственных культур семейства паслёновых.

Заключение. Проведено глубинное культивирование промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186 и грибов рода *Trichoderma*. Показано, что для культивирования вёшенки целесообразно применять картофельно-сахарозную среду, а при культивировании триходермы — среду Чапека — Докса. В последнем случае неплохой результат был достигнут при использовании среды Чапека — Докса с винассированным жомом в качестве источника углерода.

Исследована ферментативная активность культуральной жидкости промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186 и гриба рода *Trichoderma*. В культуральной жидкости *Pleurotus ostreatus* на 14 сутки инкубирования зафиксирована молокосвертывающая активность 10 ед/см³. В культуральной жидкости грибов рода *Trichoderma* в течение всего периода инкубации молокосвертывающая активность обнаружена не была, при этом отмечена целлюлолитическая активность, которая увеличивалась в присутствии фторида натрия в конечной концентрации 100 мг/дм³.

Установлено влияние мицелия грибов рода *Trichoderma* и промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186 на рост сельскохозяйственных и декоративных растений. Мицелий *Trichoderma*, полученный в лабораторных условиях, оказывал более выраженное положительное влияние на проращивание ржи, пшеницы и укоренение черенков самшита и гортензии по сравнению с коммерческими препаратами триходермы и препаратами грибов рода *Glomus*. Мицелий промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* 186 оказывал положительное влияние на проращивание семян томата.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Entrepreneurship with microorganisms / comp. by A.C. Shukla. — Academic Press, 2023. — 508 p.
2. A targeted fungal bioconversion strategy for renewable plant waste: solid-state fermentation with *Pleurotus ostreatus* (MBI-2022) and residual biomass valorization with *Trichoderma* spp. / K.F. Bakhshaliyeva, S.A. Jafarzadeh, V.V. Musayeva [et al.] // International Journal of Agriculture and Biosciences. — 2026. — Vol. 15, № 2. — P. 466–478.
3. Лицкевич, Т.Н. Грибы рода *Trichoderma*: глубинное культивирование, целлюлазная активность, влияние фторида натрия / Т.Н. Лицкевич, М.П. Подковенко, Н.А. Новицкий // Природа, человек и экология: сб. материалов X Респ. науч.-практ. конф. молодых ученых, Брест, 30 марта 2023 г. / Брест. гос. ун-т; редкол.: С.Э. Кароза (отв. ред.) [и др.]. — Брест, 2023. — С. 95–96.
4. Purification and characterization of milk-clotting enzyme from edible mushroom *Pleurotus florida* / A. Bakr, O. Ibrahim, Abd El-Sattar El-Ghandour [et al.] // Letters in Applied NanoBioScience. — 2022. — Vol. 11, № 2. — P. 3362–3373.
5. ГОСТ 31662-2012. Методы определения ферментативной активности целлюлазы. — М.: Стандартиформ, 2012. — 13 с.
6. Bradford, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding / M.M. Bradford // Anal. Biochem. — 1976. — Vol. 72, № 1–2. — P. 248–254.
7. Гидролиз целлюлозы ферментным комплексом *Trichoderma viride* в присутствии фторида натрия: влияние структуры субстрата и сорбционной активности целлюлаз / Е.Р. Чашина, З.А. Ефременко, В.П. Саловарова [и др.] // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. — 2020. — Т. 10, № 2. — С. 261–273.
8. Structural basis of alpha-amylase activation by chloride / N. Aghajari, G. Feller, C. Gerday, R. Haser // Protein Sci. — 2002. — Vol. 11, № 6. — P. 1435–1441.
9. Подбор условий для поверхностного и глубинного культивирования промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* с целью получения молокосвертывающего фермента / Д.Д. Жерносеков, Е.Е. Павлова, А.А. Литенкова [и др.] // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. — 2023. — № 4. — С. 11–16.
10. In-depth comparison of commercial *Trichoderma*-based products: integrative approaches to quantitative analysis, taxonomy and efficacy / T. Kulik, P. Staniszewska, P. Wiśniewski [et al.] // Front Microbiol. — 2025. — Vol. 16. — P. 1–7.
11. Sarkar, R. Efficacy of *Pleurotus ostreatus* mycelia as bioinoculant to improve growth of pepper plant and protect against wilt causing *Fusarium oxysporum* / R. Sarkar, B. Datta // Physiological and Molecular Plant Pathology. — 2024. — Vol. 134. — P. 96–104.
12. Innocenti, G. Antagonistic activity of xylotrophic mushrooms against pathogenic fungi of cereals in dual culture / G. Innocenti, N.G. Garibyan, S.M. Badalyan // Phytopathologia Mediterranea. — 2002. — Vol. 41, № 3. — P. 220–225.

R E F E R E N C E S

1. Entrepreneurship with microorganisms / comp. by A.C. Shukla. — Academic Press, 2023. — 508 p.
2. A targeted fungal bioconversion strategy for renewable plant waste: solid-state fermentation with *Pleurotus ostreatus* (MBI-2022) and residual biomass valorization with *Trichoderma* spp. / K.F. Bakhshaliyeva, S.A. Jafarzadeh, V.V. Musayeva [et al.] // International Journal of Agriculture and Biosciences. — 2026. — Vol. 15, № 2. — P. 466–478.
3. Litskevich T.N., Podkovenko M.P., Novitski N.A. *Priroda, chelovek i ekologiya: sb. materialov X Rosp. nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh, Brest, 30 marta 2023 g.* [Nature, Man and Ecology: Proceedings of the 10th Republic Scientific and Practical Conference of Young Scholars, Brest, March 30, 2023], Brest, 2023, pp. 95–96.
4. Purification and characterization of milk-clotting enzyme from edible mushroom *Pleurotus florida* / A. Bakr, O. Ibrahim, Abd El-Sattar El-Ghandour [et al.] // Letters in Applied NanoBioScience. — 2022. — Vol. 11, № 2. — P. 3362–3373.
5. *GOST 31662-2012. Metody opredeleniya fermentativnoi aktivnosti tsellulazy* [State Standard 31662-2012. Identification Methods of Cellulase Enzyme Activity], M.: Standartinform, 2012, 13 p.
6. Bradford, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding / M.M. Bradford // Anal. Biochem. — 1976. — Vol. 72, № 1–2. — P. 248–254.
7. Chashina E.R., Yefremenko Z.A., Salovarova V.P. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya*. [University Journal. Applied Chemistry and Biotechnology], 2020, 10, 2, pp. 261–273.
8. Structural basis of alpha-amylase activation by chloride / N. Aghajari, G. Feller, C. Gerday, R. Haser // Protein Sci. — 2002. — Vol. 11, № 6. — P. 1435–1441.
9. Zhernosekov D.D., Pavlova E.E., Litenkova A.A. *Vesnik Vetsebskaga dzharzhavna univertsiteta* [Journal of Vitsebsk State University], 2023, 4, pp. 11–16.
10. In-depth comparison of commercial *Trichoderma*-based products: integrative approaches to quantitative analysis, taxonomy and efficacy / T. Kulik, P. Staniszewska, P. Wiśniewski [et al.] // Front Microbiol. — 2025. — Vol. 16. — P. 1–7.
11. Sarkar, R. Efficacy of *Pleurotus ostreatus* mycelia as bioinoculant to improve growth of pepper plant and protect against wilt causing *Fusarium oxysporum* / R. Sarkar, B. Datta // Physiological and Molecular Plant Pathology. — 2024. — Vol. 134. — P. 96–104.
12. Innocenti, G. Antagonistic activity of xylotrophic mushrooms against pathogenic fungi of cereals in dual culture / G. Innocenti, N.G. Garibyan, S.M. Badalyan // Phytopathologia Mediterranea. — 2002. — Vol. 41, № 3. — P. 220–225.

Поступила в редакцию 12.01.2026

Адрес для корреспонденции: e-mail: chemikdd@mail.ru — Жерносеков Д.Д.

НАХОДКИ РУКОКРЫЛЫХ (CHIROPTERA) В ПОГАДКАХ СОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАКАЗНИКА «ДНЕПРО-СОЖСКИЙ»

А.А. Саварин*, А.М. Островский**

*Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»

**Учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет»

Уникальная пойменная экосистема заказника «Днепро-Сожский» важна для понимания изменений териокомплекса юго-востока Беларуси с точки зрения фауногенеза и зоогеографии. Научные исследования на этой ООПТ должны соответствовать экологической этике.

Цель работы — уточнить список рукокрылых, обитающих в летний период на территории заказника «Днепро-Сожский», обратить внимание специалистов на необходимость мониторинговых исследований в этом регионе.

Материал и методы. Сбор материала осуществлялся в июне — июле 2022–2024 гг. на двух стационарах в Лоевском районе (пос. Кошовое и д. Карповка) Гомельской области. Были собраны погадки неясити серой (*Strix aluco*). Общее их количество составляло около 150–170 шт. Точное количество определить было невозможно ввиду рассыпания погадок.

Результаты и их обсуждение. В погадках были найдены 5 черепов рукокрылых, в том числе 3 — кожана позднего (*Eptesicus serotinus*), 1 — вечерницы рыжей (*Nyctalus noctula*) и 1 — кожанка северного (*Eptesicus nilssonii*). Рукокрылые составили 2,3% от общего количества всех пищевых объектов серой неясити. В списке редких видов млекопитающих заказника «Днепро-Сожский» кожанок северный ранее не указан. В черепе рыжей вечерницы обнаружены патологии мозгового отдела, сходные с таковыми в черепе позднего кожана.

Заключение. В погадках серой неясити найдены черепа трех видов рукокрылых, два вида из которых являются обычными для Беларуси (кожан поздний и вечерница рыжая), а один — редкий (кожанок северный). Учитывая ландшафтное разнообразие данной ООПТ, можно предполагать обитание здесь и других видов, занесенных в Красную книгу. Выявленные патоморфологические изменения мозгового отдела в двух черепах представляют интерес в дальнейших исследованиях для поиска патогенных факторов.

Ключевые слова: Лоевский район, заказник «Днепро-Сожский», погадки серой неясити, черепа рукокрылых, видовая диагностика, экстерьерные и краниометрические характеристики.

BAT (CHIROPTERA) FINDINGS IN OWL PELLETS IN THE TERRITORY OF THE DNEPRO-SOZHISKY NATURE RESERVE

A.A. Savarin*, A.M. Ostrovsky**

*Education Establishment “Gomel State Francisk Skorina University”

**Education Establishment “Gomel State Medical University”

The unique floodplain ecosystem of the Dnepro-Sozhsky Nature Reserve is important for the understanding of the transformations of the theriocomplex of south-eastern Belarus from the point of view of fauna genesis and zoo geography. The research at this OOPT should meet ecological ethics.

The purpose of the work is to clarify the list of bats that live in the summer in the territory of the Dnepro-Sozhsky Nature Reserve, to draw the attention of specialists to the need for monitoring researches in this region.

Material and methods. The material was collected in June — July 2022–2024 at two stations in Loyev District (Koshevoye and Karpovka villages) Gomel Region, and consisted of the gray owl (*Strix aluco*) pellets. The total number of pellets was approximately 150–170. However, it was not possible to determine the exact number due to the scattering of the pellets.

Findings and their discussion. 5 bat skulls were found in the pellets, incl. 3 of the Serotine bat (*Eptesicus serotinus*), 1 of the Noctule bat (*Nyctalus noctula*), and 1 of the Northern bat (*Eptesicus nilssonii*). Bats accounted for 2,3% of the total number of food items consumed by the gray owl. The Northern bat was previously not listed in the list of rare mammal species in the Dnepro-Sozhsky Nature Reserve. Pathologies of the brain section of the Noctule bat skull similar to those have been found in the Serotine bat skull.

Conclusion. The skulls of three species of bats were found in the gray owl pellets: two species are common in Belarus (Serotine bat and Noctule bat), and one is rare (Northern bat). Given the landscape diversity of this Nature Reserve, it is possible that other species listed in the Red Book are also present. The identified pathomorphological changes in the brain section of two skulls are of interest for further researches to identify pathogenic factors.

Key words: Loyev District, the Dnepro-Sozhsky Nature Reserve, gray owl pellets, bat skulls, species diagnostics, exterior and craniometric characteristics.

Заказник рэспубліканскага значэння «Днепро-Сожскі», разположаны на прыгранічнай тэрыторыі з Украінай, прадстаўляе асобны інтарэс для зоолагаў і экалагаў. Унікальная пойменная экосістэма ў междурэччы р. Днепр і Сож важна для разумення змяненняў тэрыокомплекса юга-ўсходу Беларусі з пункту гледжання фаўнагенеза і зоагеаграфіі.

С улічэннем значэння гэтай асабліва ахоўнага прыроднага тэрыторыі [1] існуючыя метады вывучэння біялагічнага разнастайнасці павінны адпавядаць экалагічнай этыцы. У гэтым сувязі аналіз пагадак ночных хішчых птуш (сов) ў поўнай меры адпавядае паставленай задачы. Даследаванне супольнасці мелкіх млекапитаючых, якія жывуць на даннай ООПТ, праводзіцца намі з 2022 г. Вынікі полевых работ часткова апублікаваны [2; 3] і ўнеслі дапаўненні ў разуменне асаблівасцей сучаснага распаўсюджвання некаторых відаў мелкіх млекапитаючых на тэрыторыі юга-ўсходу Беларусі. У асаблівасці, было даказана існаванне на тэрыторыі заказніка белазубкі малой (*Crocidura suaveolens*) і пацверджана існаванне сони орэшнікавай (*Muscardinus avellanarius*), занесенай ў Чырную кнігу Рэспублікі Беларусь [4].

Як вядома, прадстаўнікі атрада рукокрылыя (Chiroptera) не з'яўляюцца важнымі ежовымі аб'ектамі ў харчаванні сов Паўночнай Еўразіі [5]. Аднак многалетні збор і аналіз зместу пагадак гэтых птуш дазволіць унесці дапаўненні ў цэлы комплекс пытанняў біялогіі і экалогіі лятучых мышэй: тэрыторыя распаўсюджвання відаў, месца зімовак, працяканне патофізіялагічных працэсаў і др. Сярод іншага, трэба зазначыць, што з існуючых у Беларусі 18 відаў рукокрылых сямейства гладносыя (*Vespertilionidae*) 9 занесены ў Чырную кнігу Рэспублікі Беларусь [4].

Мэта работы — дакладна вызначыць спіс рукокрылых, якія жывуць у летні перыяд на тэрыторыі заказніка «Днепро-Сожскі», а таксама звярнуць увагу спецыялістаў на неабходнасць моніторинговых даследаванняў мікротэрыофаўны ў гэтым пагранічным рэгіёне.

Матэрыял і метады. Збор матэрыяла ажыццяўляўся ў чэрні — ліпені 2022–2024 гг. на двух статыянарах. Ст. 1 — пас. Кошовае Лоеўскага раёна. Пагадкі збіраліся пад навісам зброшчанага сараю (геаграфічныя каардынаты аб'екта 52°03'35"N 30°46'22"E), а таксама ўнутры паўразрушанага сенага дрэвянага дома (52°03'07"N 30°47'03"E). У навакольных населеных пунктаў — сумішаны і соснавы лес, суходольны луг (рис. 1а). Ст. 2 — д. Карповка Лоеўскага раёна. Пагадкі збіраліся ўнутры зброшчанага фермы (52°01'18"N 30°53'57"E) (рис. 1б). У навакольных дрэвіны — соснавы лес і пойменны луг. Дыстанцыя паміж двума населенымі пунктамі — каля 10 км.



а



б

Рис. 1. Места исследований и сбора погадок:
а — окрестности пос. Кошовое, б — заброшенная ферма в д. Карповка

Пагадкі з двух статыянараў належаў неясці серой (*Strix aluco*), звычайнага і шырока распаўсюджанага ў Беларусі віда сов. Відавая належаўнасць птуш устанавлена па фатаграфіі і знайденным пер'ям. Кансультацыйную дапамогу аказаў орнітолаг Д.А. Кітэль. Зборныя пагадкі былі як цэлымі, так і часткова разбуранымі. Значыцца частка матэрыяла з абодвух статыянараў

представляла также «крошку», что затрудняло определение точного количества погадок. По нашей оценке общее их количество составляло около 150–170 шт. Черепа мелких млекопитающих после промывки водой помещались кратковременно (до 5 минут) в стандартный раствор перекиси водорода для стерилизации и частичного отбеливания костной ткани. Краниометрические характеристики снимались электронным штангенциркулем. Собранный материал находится в коллекции авторов.

Результаты и их обсуждение. Жертвами серой неясыти стали представители 3 отрядов (насекомоядные, грызуны и рукокрылые), 12 родов и 15 видов мелких млекопитающих (табл.). Основные пищевые объекты совы — 4 вида (выделено в табл.): полевка обыкновенная (38,60% всех жертв), мышь желтогорлая (19,53%), мышь полевая (13,20%) и бурозубка обыкновенная (12,56%). Данный факт свидетельствует о том, что серая неясыть большую часть жертв находит на открытых пространствах (лугах). Лесные виды, мышь желтогорлая и бурозубка обыкновенная, как известно, способны совершать значительные перемещения в поисках пищи. Список жертв серой неясыти на территории заказника «Днепро-Сожский» в достаточной степени соответствует пищевому спектру этого хищника в Черниговском Полесье [5]. Так, из 12 видов представителей отрядов Eulipotyphla и Rodentia (табл., наши данные) 11 определено и украинскими специалистами в погадках совы, а в списке основных жертв также были бурозубки и мыши.

Таблица

Состав и количественное соотношение пищевых объектов серой неясыти

Отряд млекопитающих	№	Вид млекопитающих	Экз.	%
Насекомоядные (Eulipotyphla)	1	<i>Крот европейский (Talpa europaea)</i>	4	1,86
	2	<i>Бурозубка обыкновенная (Sorex araneus)</i>	27	12,56
	3	<i>Бурозубка малая (S. minutus)</i>	9	4,19
	4	<i>Кутора обыкновенная (Neomys fodiens)</i>	1	0,47
	5	<i>Белозубка малая (Crocidura suaveolens)</i>	9	4,19
Грызуны (Rodentia)	6	<i>Соня орешниковая (Muscardinus avellanarius)</i>	1	0,47
	7	<i>Мышь полевая (Apodemus agrarius)</i>	28	13,20
	8	<i>Мышь желтогорлая (Sylvaemus flavicollis)</i>	42	19,53
	9	<i>Мышь лесная (S. sylvaticus)</i>	3	1,40
	10	<i>Полевка обыкновенная (Microtus arvalis)</i>	83	38,60
	11	<i>Полевка темная (Agricola agrestis)</i>	1	0,47
	12	<i>Полевка рыжая (Myodes glareolus)</i>	2	0,93
Рукокрылые (Chiroptera)	13	<i>Кожан поздний (Eptesicus serotinus)</i>	3	1,40
	14	<i>Кожанок северный (E. nilssonii)</i>	1	0,47
	15	<i>Вечерница рыжая (Nyctalus noctula)</i>	1	0,47
Всего			215	100

В погадках *S. aluco*, собранных в заказнике «Днепро-Сожский», было найдено и 5 черепов рукокрылых, в том числе: 3 — кожана позднего (*Eptesicus serotinus*), 1 — кожанка северного (*E. nilssonii*) и 1 — вечерницы рыжей (*Nyctalus noctula*) (рис. 2, 3). Учитывая, что во всех погадках общее количество мелких млекопитающих составило 215 особей, то доля рукокрылых — 2,3%. Полученные результаты согласуются с исследованиями других авторов по питанию сов [6]: рукокрылые не имеют большого значения в питании этих хищных птиц — всего 1–2% поедаемых объектов. Отметим следующее: череп рукокрылых был обнаружен в одной из 30 погадок, что является статистически значимым: при большом количестве собранных погадок увеличиваться будет и вероятность обнаружения других видов рукокрылых. Этот методический аспект важен и для регистрации мест обитания малочисленных и редких видов.

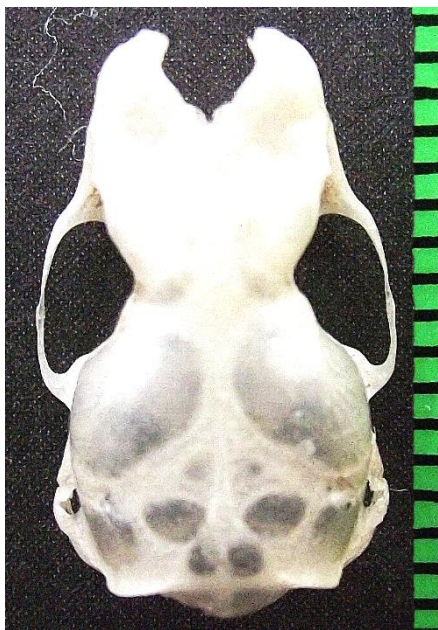


а



б

Рис. 2. Череп вечерницы рыжей: дорзальная (а) и вентральная (б) стороны



а



б

Рис. 3. Череп кожанка северного: дорзальная (а) и вентральная (б) стороны

Метрические и фенетические особенности черепа позднего кожана ранее анализировались, в частности: кондилобазальная длина, скуловая и межглазничная ширина, высота нижней челюсти и форма выемки переднего края нёба [3]. Уместно сказать, что форма выемки переднего края нёба, наряду с другими признаками (промерами черепа и его конфигурацией), является одной из основных в видовой диагностике рукокрылых.

Краниологические характеристики особи рыжей вечерницы (рис. 2): кондилобазальная длина — 18,06 мм, ширина черепа — 11,27 мм, межглазничная ширина — 5,46 мм; выемка переднего края нёба — ровная и широкая, заднего края — с острым и длинным шипом. Сравнение указанных и других характеристик с известными литературными данными [7; 8] позволяет утверждать, что найденный череп соответствует виду *N. noctula*.

В этом черепе рыжей вечерницы диагностированы и некоторые, по нашему мнению, патоморфологические особенности, в частности: области истончения теменных костей, наличие в них многочисленных отверстий и широких вдавлений от кровеносных сосудов в костной ткани. Данный факт соответствует и ранее обнаруженным сходным характеристикам в черепе позднего кожана, обитавшего на территории Днепро-Сожского заказника [3]. Анализ патоморфологических характеристик черепа необходим для общей оценки жизнеспособности особей (включая и элиминацию) и популяции в целом.

Согласно ряду публикаций белорусских специалистов [9–11], рыжая вечерница является многочисленным видом рукокрылых и распространена по всей территории страны.

Краниологические характеристики особи кожанка северного (рис. 3): кондилобазальная длина — 14,90 мм, ширина черепа — 8,86 мм, межглазничная ширина — 4,35 мм; выемка переднего края нёба — округлая с небольшим углублением, заднего края — с острым и длинным шипом; скуловая кость с вертикальным расширением в средней части; верхняя линия профиля черепа — почти прямая. Совокупность признаков дает основание полагать [12, с. 113–115; 13], что рассматриваемый череп соответствует особи вида *E. nilssonii*.

Данный вид рукокрылых занесен в Красную книгу Республики Беларусь (IV категория национальной природоохранной значимости) [4]. Отметим, что в списке редких видов млекопитающих заказника «Днепро-Сожский» кожанок северный не указан [1].

Заключение. В погадках серой неясыти, собранных на территории заказника «Днепро-Сожский», найдены черепа трех видов рукокрылых, два вида из которых являются обычными для Беларуси (кожан поздний и вечерница рыжая), а один – редкий (кожанок северный). Учитывая ландшафтное разнообразие данной ООПТ (прежде всего, обширные пойменные территории, значительный перепад высот на террасах, произрастание старовозрастных широколиственных лесов), можно предполагать обитание здесь и других видов, занесенных в Красную книгу Беларуси (2025).

Доля рукокрылых от общего количества поедаемых соевой объектов составила 2,3%. Основную роль в питании серой неясыти играют 4 вида широко распространенных и многочисленных мелких млекопитающих: *Microtus arvalis*, *Sylvaemus flavicollis*, *Apodemus agrarius* и *Sorex araneus*. Данная пищевая стратегия является энергетически выгодной.

Статистически череп рукокрылых был найден в одной из 30 погадок. В этой связи целесообразно продолжать мониторинговые исследования рукокрылых на данной территории методом анализа погадок сов. Уместно подчеркнуть, что этот научный метод, соответствующий экологической этике, должен более широко использоваться в териологических исследованиях не только на ООПТ. Собранный краниологический материал представляет как чисто научный интерес, так и может применяться в учебных целях при преподавании экологических дисциплин.

Считаем также, что обнаруженные ранее в одном черепе позднего кожана [3] и одном черепе рыжей вечерницы (рис. 2а) сходные патоморфологические изменения дают основание предполагать влияние на их образование одних и тех же патогенных факторов. Известно, что рукокрылые, являясь резервуаром природно-очаговых заболеваний, участвуют в циркуляции целого ряда эндо- и эктопаразитов [14]. Эти инфекции могут вызвать протекание патофизиологических процессов и в костной ткани. Остается актуальным решение вопроса о влиянии патологий в черепе рукокрылых на этологические особенности этих млекопитающих: пробуждение их в зимний период. По устоявшемуся мнению териологов, пробуждение рукокрылых вызвано выведением продуктов обмена и поиском других убежищ при резком понижении температуры. Для решения поставленных актуальных задач требуется сотрудничество специалистов разного профиля. Перспективным являлось бы создание каталога аномалий и патологий в черепе рукокрылых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка плана управления республиканским заказником «Днепро-Сожский». — Мн.: ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», 2021. — 95 с.
2. Саварин, А.А. О находке белозубки малой (*Crocidura suaveolens*) в Лоевском районе Гомельской области / А.А. Саварин, А.М. Островский // Актуальные проблемы охраны животного мира в Беларуси и сопредельных территориях: материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 11–14 окт. 2022 г. / ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам»; редкол.: А.В. Кулак [и др.]. — Минск: А.Н. Вараксин, 2022. — С. 372–374.
3. Саварин, А.А. К вопросу о краниологическом патоморфологическом мониторинге рукокрылых / А.А. Саварин, А.М. Островский // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. — 2025. — № 3(150). — С. 128–130.

4. О редких и находящихся под угрозой исчезновения видах диких животных и дикорастущих растений, включаемых в Красную книгу Республики Беларусь: постановление М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 14 марта 2025 г. № 10 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22543109> (дата обращения: 30.07.2025).
5. Зайцева, Г. Трофічні зв'язки сови сірої (*Strix aluco*) з мікромамалямі на території Чернігівського Полісся / Г. Зайцева, О. Гнатина // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. — 2010. — Вип. 54. — С. 132–137.
6. Шариков, А.В. Рукокрылые в питании сов Северной Евразии / А.В. Шариков, Т.В. Макарова // *Plecotus et al.* — 2014. — № 17. — С. 30–36.
7. Стрелков, П.П. Географическая изменчивость краниометрических признаков у рыжей вечерницы, *Nyctalus noctula* (Chiroptera), в связи с особенностями ее образа жизни / П.П. Стрелков, Н.И. Абрамсон, И.И. Дзевежин // Зоологический журнал. — 2002. — № 7. — С. 850–863.
8. Common Noctule *Nyctalus noctule* (Schreber, 1774) / O. Lindecke, S.E. Currie, N.J. Fasel [et al.] // Handbook of the Mammals of Europe / K. Hackländer, F.E. Zachos (eds.). — Cham., 2022. — P. 1–25.
9. Фауна млекопитающих Беларуси и ее изменения в 1961–2022 гг. / В.В. Шакун, И.А. Соловей, И.А. Кришук [и др.] // Природные ресурсы. — 2023. — № 1. — С. 38–45.
10. Shpak, A. Hibernating bat species of Belarus: results of the work of the Minsk bat contact centre 'Kazhanapolis' (2018–2022) / A. Shpak // *Theriologia Ukrainica*. — 2023. — № 25. — P. 55–67.
11. Годлевская, Е.В. Рукокрылые в коллекции Зоологического музея Белорусского государственного университета / Е.В. Годлевская, А.В. Шпак // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. — 2020. — № 4. — С. 412–420.
12. Тиунов, М.П. Рукокрылые Дальнего Востока России и их эктопаразиты / М.П. Тиунов, С.В. Крускоп, М.В. Орлова. — М.: Перо, 2021. — 191 с.
13. Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Part 10. Bat fauna of Iran / P. Benda, K. Faizolâhi, M. Andreas [et al.] // *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*. — 2012. — Vol. 76. — P. 163–582.
14. Шималов, В.В. Трематоды рода *Plagiorchis* (Трематоды, Plagiorchiidae) у летучих мышей в Беларуси и их медицинское значение / В.В. Шималов // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. — 2022. — № 3. — С. 6–9.

REFERENCES

1. *Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote "Razrabotka plana upravleniya respublikanskim zakaznikom «Dnepro-Sozhsky»* [Report on the Research "Development of the Republic Dnepro-Sozhsky Nature Reserve Management Plan"], Minsk: GNPO "NPTS NAN Belarusi po bioresursam", 2021, 95 p.
2. Savarin A.A., Ostrovsky A.M. *Aktualniye problemy okhrany zhivotnogo mira v Belarusi i sopedelnykh territoriyakh: materialy II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Minsk, 11–14 oktiabria 2022 g.* [Proceedings of the II International scientific and practical conference, Minsk, October 11–14, 2022, Minsk, 2022, pp. 372–374.
3. Savarin A.A., Ostrovsky A.M. *Izvestiya Gomel. gos. un-ta im. F. Skoryny* [Proceedings of Francisk Skorina Gomel State University], 2025, 3(150), pp. 128–130.
4. *O redkikh i nakhodyaschikhsya pod ugrozoy ischeznoveniya vidakh dikikh zhivotnykh i dikorastuschikh rasteniy, vključaemykh v Krasnyyu knigu Respubliki Belarus: postanovleniye M-va prirodnikh resursov i okhrany okružhayushchei sredy Resp. Belarus ot 14 marta 2025 g. No. 10* [About Rare and Endangered Species of Wild Animals and Wild Plants Included into the Red Book of the Republic of Belarus: Ministry of Natural Resources and Environmental Protection Decree No. 10 of March 14, 2025], <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22543109> (Accessed: 30.07.2025).
5. Zaytseva H., Hnatyna O. *Visnik Lviv. un-tu* [Journal of Lviv University], 2010, 54, pp. 132–137.
6. Sharikov A.V., Makarova T.V. *Plecotus i dr.* [Plecotus et al.], 2014, 17, pp. 30–36.
7. Strelkov P.P., Abramson N.I., Dzeverin I.I. *Zoologicheskii zhurnal* [Zoological Journal], 2002, 7, pp. 850–863.
8. Lindecke, O. Common Noctule *Nyctalus noctule* (Schreber, 1774) / O. Lindecke, S.E. Currie, N.J. Fasel [et al.] // Handbook of the Mammals of Europe / K. Hackländer, F.E. Zachos (eds.). — Cham., 2022. — P. 1–25.
9. Shakun V.V., Solovey I.A., Kryshchuk I.A., Velihurau P.A., Mashkov E.I., Larchanka A.I. *Prirodnye resursy* [Natural resources], 2023, 1, pp. 38–45.
10. Shpak, A. Hibernating bat species of Belarus: results of the work of the Minsk bat contact centre 'Kazhanapolis' (2018–2022) / A. Shpak // *Theriologia Ukrainica*. — 2023. — № 25. — P. 55–67.
11. Godlevska L.V., Shpak A.V. *Vesti natsiyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seriya biyalagichnykh navuk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series], 2020, 4, pp. 412–420.
12. Tiunov M.P., Krusokop S.V., Orlova M.V. *Rukokrylye Dalnego Vostoka i ikh ektoparazity* [Bats of the Russian Far East and their ectoparasites], M.: Pero, 2021, 191 p.
13. Benda P., Faizolâhi K., Andreas M. [et al.] Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Part 10. Bat fauna of Iran. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 2012, vol. 76, pp. 163–582.
14. Shimalov V.V. *Meditsinskaya parazitologiya i parasitarnye bolezni* [Medical parasitology and parasitic diseases], 2022, 3, pp. 6–9.

Поступила в редакцию 19.08.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: gomelsavarin@gmail.com — Саварин А.А.

ГАЛЕГА ВОСТОЧНАЯ — ЧУЖЕРОДНЫЙ ВИД ВИТЕБСКА И ВИТЕБСКОГО РАЙОНА

И.М. Морозова, И.М. Морозов, А.Б. Торбенко

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

В статье приведены сведения о местах произрастания старовозрастных популяций галеги восточной (*Galega orientalis* Lam.) в Витебском районе Витебской области, проведено геоботаническое описание приведенных ценопопуляций.

Цель исследования — изучение распространения некоторых старовозрастных популяций галеги восточной на территории Витебского района.

Материал и методы. Материалом послужили указанные популяции галеги восточной, произрастающие в данном регионе.

Авторы применяли детально-маршрутный метод с GPS-навигацией, обработка результатов осуществлялась с использованием ГИС-технологий и ГИС-картографирования.

Результаты и их обсуждение. Представлены результаты исследования произрастания популяций галеги восточной в Витебском районе Витебской области. Сделано описание обнаруженных популяций и данного вида. Создана картографическая база распространения галеги восточной в программах OziExplorer и Google Планета Земля.

Заключение. Зафиксированы координаты восьми мест произрастания старовозрастных ценопопуляций галеги восточной на территории Витебского района. Установлено, что данный вид произрастает на ранее возделываемых полях по окраинам полей, полям, склонам мелиоративных каналов, на обочинах дорог.

Ключевые слова: галега восточная, сельскохозяйственная культура, чужеродный вид, GPS-навигация, ГИС-технология, ценопопуляция.

EASTERN GALEGA — AN ALIEN SPECIES OF VITEBSK AND VITEBSK REGION

I.M. Morozova, I.M. Morozov, A.B. Torbenko

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

This article presents information on the habitats of old-growth populations of Eastern galega (*Galega orientalis* Lam.) in Vitebsk District of Vitebsk Region, and provides a geobotanical description of these populations.

The aim of the study was to investigate the distribution of certain old-growth populations of Eastern galega in Vitebsk District of Vitebsk Region.

Material and methods. The material was selected from certain old-growth populations of Eastern galega growing in Vitebsk District of Vitebsk Region. The study was conducted using a detailed route-based method with GPS navigation; the results were processed using GIS technologies and GIS mapping.

Findings and their discussion. The authors present the results of a study on the growth of *Galega orientalis* populations in Vitebsk District of Vitebsk Region. A description of the identified populations and foci of this species is provided. A mapping database of the spread of *Galega orientalis* was created using OziExplorer and Google Earth.

Conclusion. The coordinates of eight locations of old-growth *Galega orientalis* populations in Vitebsk District of Vitebsk Region were recorded. It was established that this species grows in previously cultivated areas along the edges of fields, within fields, on the slopes of drainage canals, and on roadsides.

Key words: Eastern galega, agricultural crop, alien species, GPS-navigation, GIS-technology, coenopopulation.

Проблема распространения чужеродных (адвентивных, заносных) видов во флоре любого региона — одна из важных угроз биологическому разнообразию [1; 2]. Данный процесс осуществляется как правило при прямом влиянии на популяции и аборигенные виды, так и опосредованно путем агрессии относительно среды обитания. Указанные виды растений воздействуют на природные фитоценозы по-разному: снижают численность и обилие местных растений, изменяют структуру и химический состав почвы, гидрологический режим, часто гибридизируют с природными видами и др. По числу и силе влияния, по степени отрицательных последствий чужеродных растений семейства

Бобовые являются лидирующими представителями. Это семейство занимает в Европе четвертое место по числу чужеродных видов (323 вида). Ю.К. Виноградова подчеркивает, что «беженцами» из культуры сем. Бобовые являются *Lupinus polyphyllus*, *Galega orientalis* и др. Агрессивность растений семейства *Fabaceae* объясняется их широким введением в культуру для получения кормов, но, главным образом, для повышения плодородия почвы. Как известно, бобовые обогащают почву азотом, соответственно, делают ее пригодной для заселения другими чужеродными сорными видами [3].

Известно, что галега восточная применяется как кормовая культура уже давно и зарекомендовала себя как растение с большим содержанием белка, высокой семенной продуктивностью и зеленой массой, высокой облиственностью, а также ранним отрастанием, хорошей поедаемостью животными, многолетностью использования. Важная особенность галеги восточной — способность к симбиотической азотфиксации, в результате чего почва обогащается органическим веществом, улучшаются ее физические свойства, структура, пищевой режим и плодородие. Все вышеуказанные свойства культуры, несомненно, влияют на продуктивность растений фитоценоза. Агротехническая роль галеги восточной состоит также и в том, что она очищает почву от сорняков, возбудителей болезней и вредителей [4–6].

В естественном ареале галега восточная — эндемик флоры Кавказа, где она растет в лесном и субальпийском поясе; на злаково-разнотравных лугах, по берегам рек, кустарникам и буково-дубовым лесам на высоте от 305 до 1820 м над уровнем моря. На горных лугах Кавказа обычно входит в состав разнотравных фитоценозов, представленных крапивой двудомной, борщевиком Сосновского и другими видами. Кроме того, у себя на родине она встречается по опушкам леса и склонам гор, иногда вдоль дорог [7].

Галега восточная натурализовалась в Австралии, Франции, Прибалтике, Беларуси, Украине, Молдове. Опасный инвазионный вид в Эстонии. В СССР данное растение выращивалось как перспективная медоносная и сельскохозяйственная культура с 1960-х гг. в 75 регионах, а после массовых посадок в 1980-х гг. козлятник стал «убегать из культуры» [3]. В литературе описаны пути и способы заноса галеги восточной: эргазиофитогит и колонофит-агриофит. Длительно удерживается в местах посадки, распространяется с помощью семян [8].

Интродукция галеги восточной в Республике Беларусь проводилась достаточно давно: еще до Великой Отечественной войны. Первые опыты с данным видом растений были заложены в ботаническом саду Горецкой сельскохозяйственной академии в 1931 году. В то время были проведены испытания в колхозах и совхозах Горецкого района по выращиванию этой культуры [6; 9].

В 1980-х годах в хозяйствах Витебского района под руководством Е.П. Солдатенкова изучалось влияние различных доз и способов внесения минеральных удобрений на продуктивность и химический состав галеги восточной. С 1990 года Н.Н. Зенькова из Витебской государственной академии ветеринарной медицины продолжает исследования по технологии возделывания и использования галеги восточной в хозяйствах Витебщины [4; 10].

В литературе имеются сведения о том, что галега восточная является инвазионным видом на территории Беларуси [11]. В России данный вид занесен в Черную книгу Тверской (статус 3), включен в мониторинговый список Черной книги Калужской области [12]. В Московской, Владимирской, Тульской областях — агриофит, в Рязанской — колонофит [3].

Цель статьи — выявить места произрастания старовозрастных посевов галеги восточной, определить распространение, провести геоботаническое описание для получения характеристики ценопопуляций галеги восточной в Витебском районе Витебской области.

Объектами исследования явились указанные ценопопуляции галеги восточной г. Витебска и Витебского района.

Материал и методы. Показано, что в связи с интродукцией сельскохозяйственных культур, а также его возделывания наблюдается их быстрое распространение [1].

Материал: выявленные в ходе полевых исследований старовозрастных популяции галеги восточной на территории г. Витебска и Витебского района. Все найденные нами ценопопуляции Витебского района вышеназванного вида — остатки посевов или популяции «сбежавших» растений десяти и более 10 лет произрастания. Возраст популяций галеги восточной устанавливали по документам или по личным сообщениям агрономов хозяйств. Подобные исследования посредством детально-маршрутного метода с применением GPS-навигации проводились впервые в областном центре

и Витебском районе; обработка результатов осуществлялась с использованием ГИС-технологий и ГИС-картографирования.

Результаты и их обсуждение. Обследовали фитоценозы, где ранее возделывали галегу восточную. В ходе полевых работ прибором спутниковой навигации GARMIN GPSmap60CSx зафиксированы географические координаты выявленных мест произрастания старовозрастных ценопопуляций галеги восточной. Сделано описание обнаруженных ценопопуляций. Создана картографическая база распространения чужеродного вида галеги восточной в программах OziExplorer и Google Планета Земля. Ниже представлены список зафиксированных точек *GPS* и краткое геоботаническое описание найденных популяций галеги на территории г. Витебска и Витебского района. Изучалось среднее проективное покрытие, встречаемость, жизненность, среднюю высоту и фенофазу растений на момент исследования. Находилось обилие в баллах по встречаемости и проективному покрытию, по Друде и по Браун-Бланке в баллах по общепринятой методике [13]. Нами установлено, что среднее проективное покрытие галеги восточной составило от 90,5 до 100%. Шкала обилия (по встречаемости и проективному покрытию) — 6 баллов у всех ценопопуляций, кроме ценопопуляции 5; жизненность 4 балла. Фенофаза на момент описания — плодоношение. Общее проективное покрытие наземного травянистого покрова — от 36% в ценопопуляции № 8 до 79,5% в ценопопуляции № 7 (табл.). Состояние всех популяций галеги восточной хорошее.

Таблица

Геоботаническая характеристика ценопопуляций галеги восточной

Ценопопуляция	Период дичания, в годах	Площадь, га	Среднее проективное покрытие, %	Встречаемость, %	Обилие			Средняя высота, см	Жизненность, балл	Фенофаза
					По встречаемости и проективному покрытию, балл	По Друде, балл	По Браун-Бланке, балл			
№ 1	10	18,111	79,5	100	6	Soc	5	142,57±3,68	4	пл.
№ 2	17	0,684	62,5	100	6	Sop 3	5	158,8±6,7	4	пл.
№ 3	18	0,5	52,5	90,5	6	Sop 3	5	131,97±9,8	4	пл.
№ 4	20	0,949	63,18	100	6	Soc	5	134,5±4,45	4	пл.
№ 5	20	0,361	50,6	92,5	5	Sop 2	4	153,3±4,63	4	пл.
№ 6	30	0,168	54,58	91,7	6	Sop 3	5	133,5±5,11	4	пл.
№ 7	30	0,337	75,91	100	6	Soc	5	138,5±4,27	4	пл.
№ 8	35	0,727	36	100	6	Sop 2	4	143,56±10,2	4	пл.

Ценопопуляция 1, N 30, 207597°, E 55, 276467°, обнаружена нами севернее д. Тетерки Витебского района Витебской области на участке плодового питомника ГСХУ «Лужеснянская сортоиспытательная станция». Растения галеги восточной как кормовой культуры на данном поле высевались 10 лет назад. Сейчас на этом поле произрастают плодовые культуры, такие как черная смородина, черноплодная рябина. Нами обнаружены растения галеги восточной на территории 18,11 га, повсеместно, между рядами, внутри кустов плодовых культур черной смородины, черноплодной рябины, густота стеблестоя галеги достигает 76 шт/м². Следует отметить, что растения галеги восточной вдоль леса не подкашиваются и они подходят на этом участке близко к опушке леса, растут под пологом деревьев. В лесу растения галеги не обнаружены, т.к. рассматриваемая культура, на наш взгляд, является светолюбивой.

Ценопопуляция 2, N 30, 158706°, E 55, 223525°, произрастает на территории агробиостанции Витебского государственного университета имени П.М. Машерова. Растения галеги восточной высевались для научного эксперимента в 2008 году, они остались на опытном участке и сейчас имеют высокую жизненность, плодоносят и захватывают близлежащую территорию. Площадь ценопопуляции 0,684 м², густота стеблестоя составляет 125,8 шт/м.

Ценопопуляция 3, N 55, 11°, E 30,12°, произрастает на территории ботанического сада ВГУ имени П.М. Машерова площадью 0,5 га. Впервые данная культура высевалась при проведении научного эксперимента в 2007 году. В настоящее время растения дают обильный самосев по всей территории ботанического сада, распространяются как типичный агрессивный сорняк, вытесняют культурные растения, густота стеблестоя галеги составила 57 шт/м². Нами отмечено, что на территории ботанического сада угнетают галегу восточную гречишка сахалинская, а также агротехнические мероприятия.

Ценопопуляция 4, N 30, 202220°, E 55, 248496°, обнаружена нами вдоль дороги при въезде в д. Подберезье, справа, на краю колхозного поля. Высевалась данная культура в 2005 году. Площадь 0,949 м², густота стеблестоя галеги составляет 89 шт/м². В настоящее время растения нормально себя чувствуют, плодоносят, дают самосев. Сдерживают расселение галеги агротехнические работы со стороны сельскохозяйственного поля.

Ценопопуляция 5, N 30, 197907°, E 55, 253337°, произрастает возле фермы в д. Подберезье, на территории навозохранилища, а также найдены растения, произрастающие мелкими фрагментами, вдоль дороги, под высоковольтной линией площадью 0,361 м², густота стеблестоя галеги составляет 57 шт/м². Со слов агронома в 2002 году галег восточная на данном поле высевалась как сельскохозяйственная культура, растения несколько угнетены, т.к. идут периодические сельскохозяйственные работы (вспашка, скашивание, перевозка корма).

Ценопопуляция 6, N 30, 733585°, E 55, 280464°. Обнаружена нами на северо-западной окраине д. Вальки Витебского района Витебской области. Посев галеги восточной осуществлен в 1996 году. В настоящее время растения произрастают по правому берегу мелиоративного канала, вдоль колхозного поля площадью 0,168 м² 120 шт/м. Растения галеги хорошо себя чувствуют, размножаются.

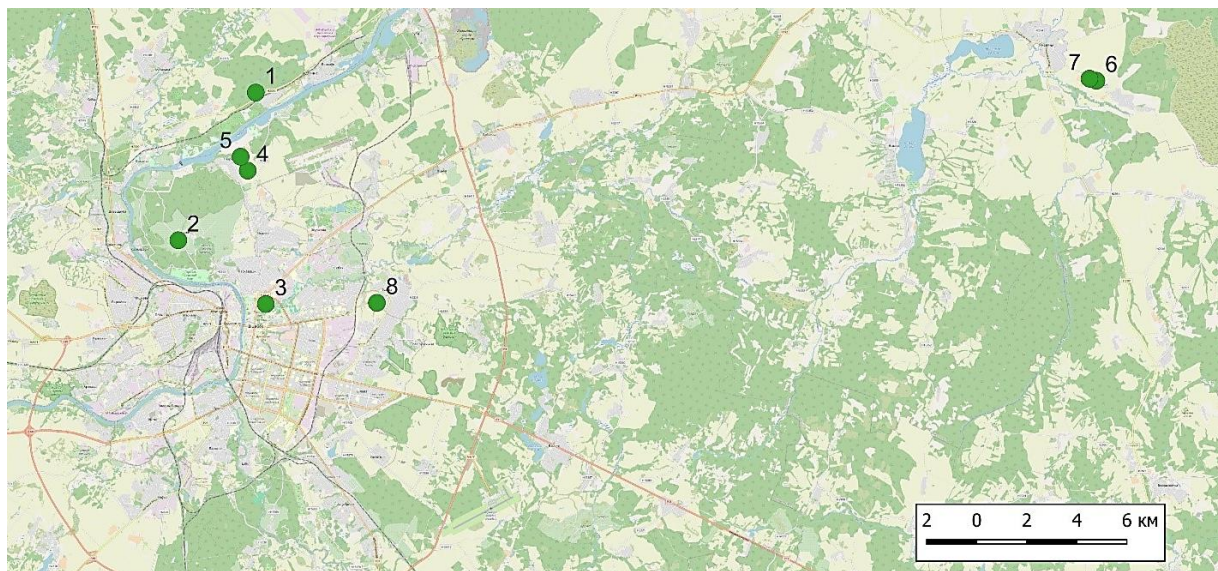


Рис. Некоторые места произрастания галеги восточной в Витебске и Витебском районе

Ценопопуляция 7, N 30, 729257°, E 55, 281361°. Находится на северо-западной окраине д. Вальки Витебского района Витебской области, произрастает галег восточная по левому и правому берегам мелиоративного канала, по краю сельскохозяйственного поля площадью 0,337 м². Нами установлено, что при отсутствии конкурентных видов количество побегов галеги восточной составляет до 126 шт/м². Посев был осуществлен в 1996 году. Растения нормально себя чувствуют, размножаются, семена разносятся водой по мелиоративному каналу. Возле зарослей ивы на левом берегу канала обнаружена полоса галеги восточной площадью 20 м² в виде сплошных зарослей, хозяйственная деятельность человека на данной территории не ведется. После полегания растения дают вторичный рост, что обеспечивает второе цветение и, соответственно, образование второго урожая семян. Одновременно в полегшей галеге восточной наблюдали вторичное цветение, образование плодов в фазах восковой и полной спелости. Такая особенность галеги восточной, как вторичный рост, увеличивает способность ее выживать за счет большего количества семян. На обочине дороги, при въезде в д. Вальки, справа нами обнаружены одиночные взрослые

растения, а также проростки галеги восточной, что свидетельствует о распространении данной культуры семенами при помощи транспорта и, возможно, птиц.

Ценопопуляция 8, N 30, 282952°, E 55, 201215°, находится на краю поля РУП «Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси». Посев галеги восточной осуществлен на колхозном поле 35 лет назад (в 1990 г.). Растения произрастают протяженностью 300–350 м вдоль оврага, площадью 0,727 га, густота стеблестоя галеги составляет 89 шт/м². Следует отметить, что увеличение площади произрастания галеги восточной сдерживают агротехнические обработки почв со стороны сельскохозяйственного поля. В овраге галеге восточной не дают распространяться такие древесные растения, как клен ясенелистный, осина, ольха серая, которые затеняют и создают межвидовую конкуренцию.

Заключение. Нами установлено, что галега восточная обладает высокой пластичностью и адаптивностью. На территории Витебского района данная культура встречается по окраинам полей, краям мелиоративных каналов, на обочинах дорог. Практически во всех популяциях совместно с галеей восточной произрастают полынь обыкновенная, тимофеевка луговая, золотарник обыкновенный, осот полевой, фиалка полевая, кипрей болотный, борщевик Сосновского, мятлик луговой, подмаренник цепкий, лопух войлочный, латук компактный, пикульник обыкновенный и др.

Основной причиной, позволяющей галее восточной внедряться в естественные ценозы, на наш взгляд, является использование данного вида в культуре возделывания, несоблюдение правил агротехники и наличие заброшенных земель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградова, Ю.К. Влияние чужеродных видов растений на динамику флоры территории Главного ботанического сада РАН / Ю.К. Виноградова, С.Р. Майоров, В.Д. Бочкин // Российский журнал биологических инвазий. — 2015. — Т. 8, № 4. — С. 22–41.
2. Майоров, С.Р. Введение в инвазионную биологию растений / С.Р. Майоров, Ю.К. Виноградова. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2024. — 165 с.
3. Виноградова, Ю.К. Инвазионные виды растений семейства Бобовые: Люпин, Галега, Робиния, Аморфа, Карагана / Ю.К. Виноградова, А.Г. Куклина, Е.В. Ткачева. — М.: АБФ, 2014. — 303 с.
4. Зенькова, Н.Н. Кормовые достоинства галеги восточной / Н.Н. Зенькова // Наше сельское хозяйство. — 2018. — № 22. — С. 55–58.
5. Кшникаткина, А.Н. Козлятник восточный / А.Н. Кшникаткина. — Пенза: РИО ПГСХА, 2001. — 287 с.
6. Бушуева, В.И. Галега восточная: монография / В.И. Бушуева, Г.И. Тарануха. — 2-е изд., доп. — Минск: Эксперспектива, 2009. — 204 с.
7. Роллов, А.Х. Дикорастущие растения Кавказа, их распространение, свойства и применение / А.Х. Роллов. — Тифлис, 1908. — 559 с.
8. Панасенко, Н.Н. Роль инвазионных растений в современных процессах преобразования растительного покрова: дис. ... д-ра биол. наук: 1.5.9 / Панасенко Николай Николаевич; Гл. ботанический сад имени Н.В. Цицина Рос. акад. наук. — Брянск, 2021. — 390 л.
9. Симонов, С.Н. Галега восточная — новая кормовая культура / С.Н. Симонов. — М., 1938. — 67 с.
10. Солдатенков, Е.П. Действие минеральных удобрений на козлятник восточный / Е.П. Солдатенков, А.П. Шпаков, И.Я. Пахомов // Химизация сельского хозяйства. — 1988. — № 3. — С. 55–56.
11. Государственный кадастр растительного мира Республики Беларусь. Основы кадастра. Первичное обследование 2002–2017 гг. / О.М. Масловский [и др.]; науч. ред. А.В. Пугачевский. — Мн.: Беларуская навука, 2019. — 599 с.
12. Решетникова, Н.М. Черная книга Калужской области. Сосудистые растения / Н.М. Решетникова, С.Р. Майоров, А.В. Крылов. — Калуга: ООО «Ваш Дом», Калуга, 2019. — 342 с.
13. Ипатов, В.С. Описание фитоценоза: метод. рекомендации / В.С. Ипатов. — СПбГУ, 2008. — 68 с.

REFERENCES

1. Vinogradova Yu.K., Mayorov S.R., Bochkin V.D. *Rossiiski zhurnal biologicheskikh invazi* [Russian Journal of Biological Invasions], 2015, 8(4), pp. 22–41.
2. Mayorov S.R., Vinogradova Yu.K. *Vvedeniye v invazivnyuyu biologiyu rasteni* [Introduction to Invasion Biology of Plants], M.: Tovarishchestvo nauchnykh izdani KMK, 2024, 165 p.
3. Vinogradova Yu.K., Kuklina A.G., Tkacheva E.V. *Invasivniye vidy rasteni semeystva Bobovyye: Lupin, Galega, Robiniya, Amorfa, Karagana* [Invasion Species of the Legume Family: Lupine, Galega, Locust, Amorpha, Caragana], M.: ABF, 2014, 303 p.
4. Zenkova N.N. *Nashe selskoye khoziaistvo* [Our Agriculture], 2018, 22, pp. 55–58.
5. Kshnikatkina A.N. *Kozlyatnik vostochny* [Galega Orientalis Lam], Penza: RIO PGSKhA, 2001, 287 p.
6. Bushuyeva V.I., Taranukho G.I. *Galega vostochnaya: monografiya* [Galega Orientalis Lam], Minsk: Ekoperspektiva, 2009, 204 p.
7. Rollov A.Kh. *Dikorastushchiye rasteniya Kavkaza, ikh rasprostraneniye, svoystva i primeneniye* [Wild Plants of Caucasus, their Distribution, Features and Application], Tiflis, 1908, 559 p.
8. Panasenko N.N. *Rol invazivnykh rasteni v sovremennykh protsessakh preobrazovaniya rastitel'nogo pokrova: dis. ... d-ra biol. nauk* [Role of Invasive Plants in the Contemporary Processes of the Transformation of Vegetation Cover: Dr.Sc. (Biology) Dissertation], Briansk, 2021, 390 sh.
9. Simonov S.N. *Galega vostochnaya — novaya kormovaya kultura* [Galega Orientalis — a New Fodder Crop], M., 1938, 67 p.
10. Soldatenkov E.P., Shpakov A.P., Pakhomov I.Ya. *Khimizatsiya selskogo khoziaistva* [Chemicalization of Agriculture], 1988, 3, pp. 55–56.
11. Maslovski O.M. *Gosudarstvennyy kadastr rastitel'nogo mira Respubliki Belarus. Osnovy kadastra. Pervichnoye obsledovaniye 2002–2017 gg.* [State Cadastre of the Flora of the Republic of Belarus. The Cadstre Basics. Primary Study of 2002–2017], Minsk: Belaruskaya navuka, 2019, 599 p.
12. Reshetnikova N.M., Mayorov S.R., Krylov A.V. *Chernaya kniga Kaluzhskoi oblasti. Sosudistiye rasteniya* [The Black Book of Kaluga Region. Vessel Plants], Kaluga: ООО «Vash Dom», 2019, 342 p.
13. Ipatov V.S. *Opisaniye fitotsenoza: metod. rekomendatsii* [Phytocenosis Description: Guidelines], SPbGU, 2008, 68 p.

Поступила в редакцию 16.12.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: morozovainna889@gmail.com — Морозова И.М.

УДК 572.087:612.6-055.15]:796.071

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАЛЬЧИКОВ ПРЕПУБЕРТАТНОГО ПЕРИОДА, ЗАНИМАЮЩИХСЯ РАЗНЫМИ ВИДАМИ СПОРТА

Е.В. Ранкович**, Э.А. Надыров*, А.В. Высоцкая*, И.Н. Рубченя**

*Учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет»

**Учреждение образования «Белорусский государственный университет физической культуры»

В проведенном исследовании мальчиков препубертатного возраста, занимающихся спортивными единоборствами (борьба, каратэ), сложнокоординационными (акробатика, гимнастика), игровыми (футбол) и циклическими (плавание) видами спорта, антропометрические показатели в целом соответствовали параметрам, предъявляемым к представителям этих видов спорта. Такая закономерность свидетельствует о корректном подходе спортивных тренеров к выбору спортивной специализации. В то же время антропометрические данные следует оценивать в комплексе с функциональными тестами и психофизиологическими характеристиками.

Цель работы — провести сравнительный анализ антропометрических показателей мальчиков препубертатного периода, занимающихся разными видами спорта.

Материал и методы. На базе УЗ «Гомельский областной диспансер спортивной медицины» было обследовано 228 спортсменов 8–10 лет (мальчики), занимающихся спортивными единоборствами, сложнокоординационными, игровыми и циклическими видами спорта.

Для оценки антропометрических показателей измеряли массу и длину тела, диаметры дистальных эпифизов (плеча, предплечья, бедра, голени), а также объемы плеча, предплечья, бедра и голени. Кистевая динамометрия проводилась для обеих рук. Обработка данных выполнялась с применением электронных таблиц Microsoft Excel и пакета статистических программ Statistica 12.0.

Результаты и их обсуждение. В ходе исследования были проанализированы антропометрические и функциональные показатели мальчиков препубертатного возраста, занимающихся акробатикой, гимнастикой, борьбой, каратэ/дзюдо, плаванием и футболом. Выявлены существенные различия в массе и длине тела, силе кисти и размерах основных сегментов конечностей в зависимости от спортивной специализации. Установленные показатели подчеркивают важность учета морфофункциональных особенностей при отборе и подготовке юных спортсменов в зависимости от вида спорта.

Заключение. Отбор юных спортсменов в спортивную секцию и дальнейшая их специализация — значимый этап подготовки, который во многом определяет дальнейшие перспективы обучающихся. Антропометрические показатели (рост, масса тела, динамометрия, линейные размеры трубчатых костей, объемы конечностей и др.) являются одними из ключевых критериев отбора, поскольку они отражают анатомические особенности, необходимые для успешной специализации в конкретном виде спорта.

Ключевые слова: антропометрия, препубертатный период, физическое развитие, детский спорт.

COMPARATIVE ANALYSIS OF ANTHROPOMETRIC PARAMETERS OF PREPUBERTAL BOYS ENGAGED IN DIFFERENT SPORTS

E.V. Rankovich**, E.A. Nadyrov*, A.V. Vysotskaya*, I.N. Rubchenya**

*Education Establishment "Gomel State Medical University"

**Education Establishment "Belarusian State University of Physical Education"

In the study of prepubertal boys engaged in various sports — combat sports (wrestling, karate), complex coordination sports (acrobatics, gymnastics), game sports (football), and cyclic sports (swimming) — the anthropometric parameters generally corresponded to the requirements typical for each sport. This pattern indicates an appropriate approach by coaches in determining sports specialization. However, anthropometric data should be assessed in conjunction with functional tests and psychophysiological characteristics.

The research objective is to conduct a comparative analysis of anthropometric parameters of prepubertal boys engaged in different sports.

Material and methods. *The study was conducted at Gomel Region Sports Medicine Dispensary and included 228 male athletes aged 8–10 engaged in combat, complex coordination, game, and cyclic sports.*

The assessment included measurements of body mass and height, diameters of distal epiphyses (humerus, forearm, thigh, shin), as well as circumferences of the shoulder, forearm, thigh, and lower leg. Handgrip strength was measured in both hands. Statistical analysis was carried out using Microsoft Excel and Statistica 12.0.

Findings and their discussion. *In the course of the study anthropometric and functional parameters of prepubertal boys engaged in various sports: acrobatics, gymnastics, wrestling, karate, swimming, football were analyzed. The analysis revealed significant differences in body mass, height, grip strength, and dimensions of limb segments depending on the type of sport. These differences highlight the importance of considering morphofunctional characteristics when selecting and training young athletes in various sport disciplines.*

Conclusion. *The selection of young athletes and their subsequent specialization is a crucial step that significantly affects future performance. Anthropometric indicators (height, weight, grip strength, bone dimensions, limb circumferences, etc.) serve as key selection criteria, as they reflect anatomical features necessary for success in specific sports.*

Key words: *anthropometry, prepubertal period, physical development, youth sports.*

В последние десятилетия наблюдается устойчивая тенденция к изучению антропометрических характеристик детей и подростков, в частности в контексте их физического развития и спортивной подготовки. Это особенно актуально для мальчиков предпубертатного возраста, поскольку именно данный период характеризуется совершенствованием основных функций детского организма, когда активно развивается мышечная система и опорно-двигательный аппарат [1].

Занятия различными видами спорта в предпубертатный период значительно улучшают здоровье детей, а также положительно влияют на развитие двигательных навыков и когнитивных функций [2]. Так, многочисленные исследования показали, что дети этого возраста, занимающиеся спортом, имеют лучшую переносимость физических нагрузок, более низкую частоту сердечных сокращений в состоянии покоя и более высокую мышечную массу по сравнению со сверстниками, не занимающимися спортом [3].

Однако не все виды спорта одинаково влияют на физическое развитие ребенка. В зависимости от характера тренировок, их продолжительности, интенсивности и исходного физического состояния организма антропометрические показатели детей могут существенно различаться [4]. Например, акробатика и гимнастика предполагают высокую степень гибкости и координации движений, что отражается на антропометрических характеристиках спортсменов. Футбол же в первую очередь концентрируется на выносливости и силе ног, что также влияет на пропорции тела юных футболистов. Борьба акцентирует внимание на развитии мышечной массы и силы, а это делает антропометрические параметры борцов уникальными по сравнению с представителями других видов спорта [5; 6].

Циклические виды спорта отличает прежде всего высокая требовательность к выносливости, продолжительности выполнения движений и скорости перемещения. Немаловажную роль играют и психологические качества юных спортсменов — высокая концентрация внимания, умение рационально распределять силы на дистанции, а также терпеливость и самообладание. Результаты множественного регрессионного анализа свидетельствуют, что такие антропометрические параметры, как длина тела и стопы, окружность лодыжки, ширина плеч, а также процент жира в организме, оказывают немалое влияние на среднюю скорость плавания.

При отборе спортсменов в конкретный вид спорта тренеры оценивают, соответствуют ли их физические характеристики «эталонному» соматическому паттерну, присущему данной дисциплине. Эта модель базируется на соматотипах спортсменов, достигавших высоких результатов. Оценка состава тела включает анализ соматотипа, основанного на соотношении жировых отложений, степени развития мускулатуры и прочности костной системы. Соматотип отражает генетически обусловленные морфоконституциональные особенности [7].

Результаты данного сравнительного анализа позволят выявить специфику физического развития юных спортсменов и определить влияние конкретного вида спорта на их антропометрические характеристики. Понимание этих аспектов поможет разрабатывать более эффективные тренировочные программы и будет способствовать гармоничному развитию детей, занимающихся спортом.

Цель работы — провести сравнительный анализ антропометрических показателей мальчиков предпубертатного периода, занимающихся разными видами спорта.

Материал и методы. На базе УЗ «Гомельский областной диспансер спортивной медицины» было обследовано 228 спортсменов 8–10 лет (мальчики), занимающихся спортивными единоборствами (борьба, каратэ), сложнокоординационными (акробатика, гимнастика), игровыми (футбол) и циклическими (плавание) видами спорта. В зависимости от спортивной специализации дети были разделены на группы: группа 1 — акробатика (9 мальчиков), группа 2 — гимнастика (22 мальчика), группа 3 — борьба (26 мальчиков), группа 4 — каратэ, дзюдо (18 мальчиков), группа 5 — плавание (46 мальчиков), группа 6 — футбол (107 мальчиков). Стаж занятий спортом составил от 2 до 3 лет.

Для изучения антропометрических показателей измеряли следующие параметры: массу тела (кг), длину тела (см), диаметр дистального эпифиза плеча (мм), диаметр дистального эпифиза предплечья (мм), диаметр дистального эпифиза бедра (мм), диаметр дистального эпифиза голени (мм), обхват плеча в спокойном состоянии (см), а также обхваты предплечья (см), бедра (см), голени (см). Кистевая динамометрия проводилась на левой и правой кистях.

Для статистической обработки данных применяли электронные таблицы Microsoft Excel и пакет статистических программ Statistica 12.0. Для оценки полученных результатов на нормальность распределения использовался критерий Шапиро — Уилка. Статистические данные представлены в виде медианы (Me) и процентилей (25%, 75%). Межгрупповые различия определялись с помощью U-критерия Манна — Уитни. Различия считались статистически значимыми при $P \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Минимальный стаж занятий спортом установлен у детей, занимающихся акробатикой, и составляет 2 [1;3] года, при этом он статистически значимо ниже в сравнении с гимнастами ($P=0,023$), борцами ($P=0,038$) и футболистами ($P=0,038$). Возраст юных спортсменов колеблется от 9 до 10 лет, наибольший возраст у борцов и достигает 10 [9;10] лет, он выше в сравнении с акробатами ($P<0,001$), гимнастами ($P=0,004$), пловцами ($P=0,008$) и футболистами ($P_{3,6}=0,046$) (табл. 1).

Таблица 1

Паспортно-идентификационные и антропометрические данные детей, занимающихся различными видами спорта

Вид спорта	Стаж занятий	Возраст	Масса тела	Длина тела	Динамометрия, правая кисть	Динамометрия, левая кисть
Акробатика (1)	2 [1;3]	9 [9;9]	29 [26,5;32,8]	136 [135;142]	16 [14;18]	13 [7;14]
Гимнастика (2)	3 [2,2;4]	9 [8;10]	31 [25,75;37]	138 [129;144,5]	11,5 [8;13,75]	9,5 [7,25;12]
Борьба (3)	3 [3;3]	10 [9;10]	44 [33,25;50,19]	142 [137,25;152]	11 [5;15,75]	6,5 [5;12,25]
Каратэ, дзюдо (4)	3 [1,25;3]	9 [9;10]	33 [29,98;36]	138,25 [136;142,75]	14,5 [12,5;16]	12 [10,25;13]
Плавание (5)	3 [2;3]	9 [9;10]	37,5 [32;40]	143 [140;149]	11 [5;15,75]	10 [9;12]
Футбол (6)	3 [2;4]	9 [9;10]	33 [30;37,25]	141 [136;146,5]	13 [11;16]	12 [9,5;14]
P	$P_{1,2}=0,023$ $P_{1,3}=0,038$ $P_{1,6}=0,009$	$P_{1,3}<0,001$ $P_{1,6}=0,048$ $P_{2,3}=0,004$ $P_{3,6}=0,046$	$P_{1,3}<0,001$ $P_{1,4}=0,039$ $P_{1,5}<0,001$ $P_{1,6}=0,007$ $P_{2,3}=0,004$ $P_{2,5}=0,009$ $P_{3,4}=0,029$ $P_{3,6}=0,001$	$P_{1,3}=0,019$ $P_{1,5}<0,001$ $P_{1,6}=0,014$ $P_{2,5}=0,025$	$P_{1,2}<0,001$ $P_{1,3}=0,039$ $P_{1,5}<0,001$ $P_{1,6}=0,011$ $P_{2,4}=0,011$ $P_{2,6}=0,006$	$P_{2,4}=0,026$ $P_{3,4}=0,011$ $P_{3,5}=0,012$ $P_{3,6}=0,009$

Масса тела максимальна у борцов — 44 [33,25;50,19] кг, минимальна у акробатов — 29 [26,5;32,8] кг и гимнастов — 31 [25,75;37] кг, в то же время данный показатель значимо ниже в сравнении со спортсменами, занимающимися другими видами спорта (P =от 0,029 от до $<0,001$). Длина тела максимальна у пловцов — 143 [140;149] см, борцов — 142 [137,25;152] см и футболистов — 141 [136;146,5] см, минимальна у акробатов — 136 [135;142] см, гимнастов — 138 [129;144,5] см и каратистов — 138,25 [136;142,75]. Сравнительный анализ продемонстрировал статистически значимые различия у акробатов, у которых значения были ниже в сравнении с юными спортсменами, занимающимися

борьбой ($P=0,019$), плаванием ($P<0,001$) и футболом ($P_{2,5}=0,014$), более низкие значения были установлены у гимнастов в сравнении с футболистами ($P=0,025$).

С точки зрения спортивной специализации максимальные значения массы тела соответствуют виду спорта. Так, для юных борцов требуется максимальное развитие мышечной массы и силы, что отражается в массе тела (повышенное соотношение мышечной массы к жировой). Одновременно у каратистов меньше выражена гипертрофия мышц: по сравнению с борцами у них преобладает сухая масса тела с низким процентом жира [8]. Для акробатов и гимнастов характерна относительно низкая масса тела при высоком уровне силы и гибкости. Известно, что низкий процент жира и оптимальная мышечная масса способствуют улучшению координации и выполнению сложных элементов. Именно поэтому у юных гимнастов масса тела часто ниже средней по возрасту из-за интенсивных тренировок и высоких энергетических затрат и необходимости развития высокой степени гибкости и координации движений.

Результаты динамометрии свидетельствуют о более высоких показателях правой кисти в сравнении с левой для всех видов спорта. Особенно выраженное различие наблюдается у юных борцов — в 1,7 раза, в то же время у представителей других видов спорта это соотношение составляет от 1,1 до 1,23 раза.

Динамометрия правой кисти показывает, что максимальные значения определены у акробатов — 16 [14;18] кг и спортсменов, занимающихся каратэ и дзюдо, — 14,5 [12,5;16] кг, минимальные значения у гимнастов (11,5 [8;13,75] кг), борцов (11 [5;15,75] кг) и пловцов (11 [5;15,75] кг). При этом у юных акробатов этот показатель выше в сравнении с гимнастами ($P<0,001$), борцами ($P_{1,3}=0,039$), пловцами ($P_{1,5}<0,001$) и футболистами ($P=0,011$). У каратистов и дзюдоистов показатель динамометрии выше в сравнении с гимнастами ($P=0,011$) и футболистами ($P=0,006$).

Динамометрия левой кисти: максимальные значения наблюдаются также у акробатов — 13 [7;14] кг и спортсменов, занимающихся каратэ и дзюдо, — 12 [10,25;13] кг, минимальные значения — у борцов (6,5 [5;12,25] кг) и пловцов (10 [9;12] кг). При этом у юных борцов данный показатель ниже в сравнении с группой гимнастов и каратистов ($P=0,011$), пловцами ($P=0,0120$) и футболистами ($P=0,009$). У занимающихся каратэ и дзюдо показатель динамометрии выше в сравнении с гимнастами ($P=0,011$) и футболистами ($P_{2,6}=0,006$). У футболистов этот показатель выше в сравнении с гимнастами ($P=0,026$).

Полученные результаты в целом соответствуют большинству научных исследований. Виды спорта с преобладанием хвата и удержания (борьба, каратэ, гимнастика, акробатика) требуют высокой силы кисти. В видах спорта, где кисти используются в динамике и для контроля (плавание, футбол), их сила важна, но в меньшей степени. При этом абсолютная сила кисти выше у борцов, относительная сила (с учетом массы тела) — у гимнастов и акробатов.

В нашем исследовании получены сходные результаты, однако для борцов показатели динамометрии правой и левой кистей были ниже в сравнении с юными спортсменами, занимающимися акробатикой, борьбой и каратэ. Указанный факт требует дополнительных исследований, возможно это связано с небольшим стажем занятий и особенностями развития мальчиков в препубертатном периоде.

Следующий этап исследования — изучение и анализ антропометрических данных детей, занимающихся различными видами спорта (табл. 2).

Как видно из представленной таблицы, диаметр дистального эпифиза плеча имеет максимальные значения у спортсменов, занимающихся каратэ и дзюдо, — 67,5 [64;70,75] мм, а также борьбой — 61,1 [58;70,25] мм, минимальные — у акробатов (47 [44;53] мм) и футболистов (54 [46;61] мм). При этом у акробатов он значимо ниже в сравнении с гимнастами ($P=0,002$), борцами ($P<0,001$) и группой каратистов и дзюдоистов ($P=0,004$). Спортсмены, занимающиеся гимнастикой, обладают меньшим показателем диаметра дистального эпифиза в сравнении с группой каратистов и дзюдоистов ($P=0,004$), однако более высокими значениями по сравнению с пловцами ($P=0,048$) и футболистами ($P<0,001$). Данный показатель у борцов значимо выше по сравнению с пловцами ($P=0,004$) и футболистами ($P<0,001$).

Диаметр дистального эпифиза предплечья плеча имеет максимальные значения у борцов — 54,5 [50,25;55] мм, гимнастов — 49 [44,25;54] мм и спортсменов, занимающихся каратэ и дзюдо, — 49,5 [48;52,5] мм, минимальные — у акробатов (46 [36;53] мм), пловцов (48 [33;52] мм) и футболистов (48 [35;50,5] мм). Акробаты характеризуются наименьшим показателем, при этом он ниже только в сравнении с гимнастами ($P=0,045$) и борцами ($P=0,003$). Юные гимнасты также имеют более низкие значения по отношению к борцам ($P=0,014$). Показатели диаметра дистального эпифиза предплечья у борцов значимо выше в сравнении с группой каратистов и футболистов ($P=0,027$), пловцов ($P<0,001$) и футболистов ($P<0,001$).

Таблица 2

Антропометрические данные детей, занимающихся различными видами спорта

Вид спорта	Диаметр дистального эпифиза плеча (мм)	Диаметр дистального эпифиза предплечья (мм)	Диаметр дистального эпифиза бедра (мм)	Диаметр дистального эпифиза голени (мм)	Обхват плеча (см)	Обхват предплечья (см)	Обхват бедра (см)	Обхват голени (см)
Акробатика (1)	47 [44;53]	46 [36;53]	66 [61;83]	47 [37,8;69]	19,5 [18,8;21,75]	19,3 [17,5;19,75]	38,5 [29;45]	26,2 [17,75;29,5]
Гимнастика (2)	60 [55,25;65]	49 [44,25;54]	83 [77;86]	66,5 [61;72]	21 [20;23,83]	20,4 [19,5;21,55]	41,4 [38,2;47,4]	27,6 [26,5;29,85]
Борьба (3)	61,1 [58;70,25]	54,5 [50,25;55]	85,5 [81;88]	63,5 [62,5;67,75]	23,5 [19;26]	22 [19;23,88]	42 [36,5;46]	31 [27,5;33]
Каратэ, Дзюдо (4)	67,5 [64;70,75]	49,5 [48;52,5]	84 [81;86]	64,5 [62,25;66,75]	20 [19;21,38]	19,5 [18,63;21]	39,5 [37;42,5]	27,25 [26,1;29,7]
Плавание (5)	57 [47;64]	48 [33;52]	79 [66;84]	64 [49;68]	21 [19,8;22,5]	20,8 [19,3;21,7]	41,2 [37;44,6]	28,9 [28;31]
Футбол 6)	54 [46;61]	48 [35;50,5]	81 [68;84,5]	67 [52;70]	20 [19;22,3]	19,9 [18,85;21]	40,8 [37,7;43,7]	28,7 [27,05;30,55]
P	P _{1,2} =0,002 P _{1,3} <0,001 P _{1,4} <0,001 P _{2,4} =0,004 P _{2,5} =0,048 P _{2,6} <0,001 P _{3,5} =0,004 P _{3,6} <0,001	P _{1,2} =0,045 P _{1,3} =0,003 P _{2,3} =0,014 P _{3,4} =0,027 P _{3,5} <0,001 P _{3,6} <0,001	P _{1,2} =0,007 P _{1,3} =0,001 P _{1,4} =0,009 P _{2,5} =0,006 P _{3,5} <0,001 P _{3,6} <0,001	P _{1,2} =0,003 P _{1,3} =0,014 P _{1,4} =0,047 P _{1,5} =0,028 P _{1,6} =0,004 P _{2,5} =0,026	P _{3,6} =0,022	P _{3,6} =0,027		P _{1,2} =0,015 P _{1,3} =0,001 P _{1,4} =0,046 P _{1,5} <0,001 P _{1,6} <0,001 P _{3,4} =0,037

Диаметр дистального эпифиза бедра имеет максимальные значения у борцов — 85,5 [81;88] мм и спортсменов, занимающихся каратэ и дзюдо, — 84 [81;86] мм, минимальные — у акробатов (66 [61;83] мм). При этом у акробатов он значимо ниже в сравнении с гимнастами ($P=0,007$), борцами ($P=0,001$) и группой каратистов и дзюдоистов ($P=0,009$). Гимнастам присущи более высокие значения в сравнении с пловцами ($P=0,006$), а борцам — более высокие значения в сравнении с пловцами ($P<0,001$) и футболистами ($P<0,001$).

Диаметр дистального эпифиза голени имеет максимальные значения у гимнастов — 66,5 [61;72] мм и спортсменов, занимающихся каратэ и дзюдо, — 64,5 [62,25;66,75] мм, минимальные — у акробатов (47 [37,8;69] мм). При этом акробатов значения статистически значимо ниже в сравнении с гимнастами ($P=0,003$), борцами ($P=0,014$), группой каратистов и дзюдоистов ($P=0,047$), пловцами ($P=0,028$) и футболистами ($P=0,004$). Диаметр дистального эпифиза голени у гимнастов превышал аналогичный показатель у пловцов ($P=0,026$).

Как видно из представленных данных, диаметры дистального эпифиза плеча и предплечья имеют максимальные значения у спортсменов, занимающихся каратэ и дзюдо, а также борьбой, минимальные — у акробатов и футболистов. Диаметр дистального эпифиза бедра обладает максимальными значениями у борцов и спортсменов, занимающихся каратэ и дзюдо, минимальными — у акробатов. Диаметр дистального эпифиза голени характеризуется максимальными значениями у гимнастов и спортсменов, занимающихся каратэ и дзюдо, минимальными — у акробатов.

Полученные данные соответствуют классической схеме антропометрических параметров для рассматриваемых видов спорта. У представителей видов спорта с преобладанием нагрузок на верхние конечности (борьба, каратэ, плавание) диаметр дистальных эпифизов плеча и предплечья выше, чем у спортсменов с нагрузкой на ноги (футбол, гимнастика).

В силовых и контактных видах спорта (борьба) наблюдается максимальное увеличение диаметра эпифизов всех конечностей, что объясняется общей силовой направленностью тренировок. В гимнастике и акробатике меньшие размеры диафизов связаны с меньшим ростом и весом спортсменов, что необходимо для сложно координированных упражнений. В футболе и плавании диаметр эпифизов отражает преимущественно нагрузку на нижние или верхние конечности соответственно.

Обхват плеча имеет наибольшие значения у борцов — 23,5 [19;26] см, наименьшие — у футболистов (19,9 [18,85;21] см) ($P=0,022$). Для других видов спорта значимых различий нами не установлено.

Обхват предплечья имеет наибольшие значения у борцов — 22 [19;23,88] см, наименьшие — у спортсменов, специализирующихся в карате и дзюдо, — 19,5 [18,63;21] см и у футболистов (19,9 [18,85;21] см). При этом только обхват предплечья у борцов превышает аналогичный показатель у пловцов ($P=0,027$).

Обхват бедра у спортсменов, специализирующихся в различных видах спорта, не обладает статистически значимыми различиями и колеблется от 38,5 см до 42 см.

Изучение обхвата голени показало, что максимальные значения наблюдались у борцов — 31 [27,5;33] см и футболистов — 28,9 [28;31] см, минимальные — у акробатов (26,2 [16,3;28,5] см). При этом у акробатов значения были статистически значимо ниже в сравнении с гимнастами ($P=0,015$), борцами ($P=0,001$), группой каратистов и дзюдоистов ($P=0,046$), пловцами ($P<0,001$) и футболистами ($P<0,001$). Обхват голени у борцов превышал аналогичный показатель у спортсменов, специализирующихся в каратэ и дзюдо ($P=0,037$).

В обхвате плеча наибольшие значения были у борцов, наименьшие — у футболистов. Обхват предплечья также имел наибольшие значения у борцов, наименьшие — у спортсменов, специализирующихся в карате и дзюдо и у футболистов. Обхват бедра для спортсменов, специализирующихся в различных видах спорта, не выделялся статистически значимыми различиями. Изучение обхвата голени продемонстрировало, что максимальные значения наблюдались у борцов и футболистов, минимальные — у акробатов. При этом у акробатов значения были статистически значимо ниже в сравнении с представителями всех видов спорта.

Как видно из представленных данных, обхваты конечностей у юных спортсменов варьируются в зависимости от вида спорта и отражают специфику тренировочных нагрузок. В силовых и контактных видах спорта, прежде всего борьбе, максимально развивается мышечная масса конечностей.

В гимнастике и акробатике — наименьшие объемы, связанные с невысокими параметрами роста и веса. В плавании и футболе объемы конечностей отражают специфику нагрузки на верхние и нижние конечности соответственно [8].

Заключение. Отбор юных спортсменов в спортивную секцию и дальнейшая их специализация — значимый этап подготовки, который во многом определяет дальнейшие перспективы обучающихся. Антропометрические показатели (рост, масса тела, динамометрия, линейные размеры трубчатых костей, объемы конечностей и др.) являются одними из ключевых критериев отбора, поскольку они отражают анатомические особенности, необходимые для успешной специализации в конкретном виде спорта. В проведенном исследовании мальчиков препубертатного возраста, занимающихся спортивными единоборствами (борьба, каратэ), сложно координационными (акробатика, гимнастика), игровыми (футбол) и циклическими (плавание) видами спорта, в целом антропометрические показатели соответствовали параметрам, предъявляемым для представленных видов спорта. Такая закономерность отражает корректный подход спортивных тренеров и специалистов к выбору спортивной специализации. При этом антропометрические данные должны оцениваться в комплексе с функциональными тестами и психофизиологическими характеристиками. Важно учитывать возрастной этап — следующий пубертатный период развития, когда возможны изменения антропометрии, что позволит избежать потери потенциально перспективных спортсменов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дорохов, Р.Н. Результаты полувекового изучения соматических особенностей и физических качеств детей и подростков / Р.Н. Дорохов // Теория и практика физической культуры. — 2017. — № 4. — С. 55–57.
2. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / В.Н. Платонов // Олимпийская литература. — 2015. — № 2. — С. 88–89.
3. Буйлов, В. Физическое развитие детей и подростков на рубеже тысячелетий / В. Буйлов, Г. Куропова, Н. Сенаторова // Научный центр здоровья детей РАМН. — 2015. — № 3. — С. 218–300.
4. Сергеев, Ю.С. Конституция человека, конституциональные типы, аномалии конституции и диатезы у детей / Ю.С. Сергеев // Педиатрия. — 2017. — № 5. — С. 67–71.
5. Тамбовцева, Р.В. Возрастные изменения типов телосложения школьников / Р.В. Тамбовцева // Новые исследования. — 2016. — № 1(22). — С. 92–97.
6. Рост и развитие ребенка / В.В. Юрьев, А.В. Симаходский, Н.Н. Воронович, М.М. Хомич. — СПб.: Питер, 2017. — 256 с.
7. Морфофункциональное развитие детей разных соматотипов / Ж.М. Мукатаева, С.Ж. Даирбаева, А.А. Муханова [и др.] // Сибирский педагогический журнал. — 2016. — № 2. — С. 402–413.
8. Physiological profiles of elite judo athletes / E. Franchini, F.B. Del Vecchio, K.A. Matsushigue, G.G. Artioli // Sports Medicine. — 2011. — Vol. 41, № 2. — P. 147–166.

REFERENCES

1. Dorokhov R.N. *Teoriya i praktika fizicheskoi kultury* [Theory and Practice of Physical Education], 2017, 4, pp. 55–57.
2. Platonov V.N. *Olimpiyskaya literatura* [Olympic Literature], 2015, 2, pp. 88–89.
3. Builov V., Kurovova G., Senatorova N. *Nauchny tsentr zdoroviya detei RAMN* [Scientific Center for Children Health of the RAMS], 2015, 3, pp. 218–300.
4. Sergeev Yu.S. *Pediatriya* [Pediatrics], 2017, 5, pp. 67–71.
5. Tambovtseva R.V. *Noviye issledovaniya* [New Research], 2016, 1(22), pp. 92–97.
6. Yuryev V.V., Simakhodsky A.V., Voronovich N.N., Khomich M.M. *Rost i razvitiye rebenka* [Child growth and development], St. Petersburg: Piter, 2017, 256 p.
7. Mukatayeva Zh.M., Dairbayeva S.Zh., Mukhanova A.A., Rubanovich V.B., Aizman R.I. *Sibirski pedagogicheski zhurnal* [Siberian Pedagogical Journal], 2016, 2, pp. 402–413.
8. Physiological profiles of elite judo athletes / E. Franchini, F.B. Del Vecchio, K.A. Matsushigue, G.G. Artioli // Sports Medicine. — 2011. — Vol. 41, № 2. — P. 147–166.

Поступила в редакцию 14.07.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: rankovich13@mail.ru — Ранкович Е.В.



ПЕДАГОГІКА

УДК 796.035:316.628-055.2

ДАСЛЕДАВАННЕ СФАРМІРАВАНАСЦІ МАТЫВАЦЫЙНА-КАШТОЎНАСНАГА КАМПАНЕНТА ФІЗІЧНАЙ КУЛЬТУРЫ АСОБЫ ЖАНЧЫН СТАЛАГА ЎЗРОСТУ, ЯКІЯ ЗАЙМАЮЦЦА Ў ФІТНЕС-ЦЭНТРАХ

В.Г. Мацькова, П.І. Навіцкі

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

Даследуецца шэраг паказчыкаў матывацыйна-каштоўнаснага кампанента фізічнай культуры асобы жанчын першага і другога перыядаў сталага ўзросту, іх адрозненні і асаблівасці. Актуалізуецца практычная неабходнасць фарміравання і карэкцыі фізічнай культуры асобы жанчын дадзенага ўзросту праз персаналізаваны падыход у кожным узроставым перыядзе з улікам выяўленых адрозненняў і спецыфікі.

Мэта артыкула — вывучэнне стану і асаблівасцей праявы матывацыйна-каштоўнаснага кампанента фізічнай культуры асобы ў жанчын першага і другога перыядаў сталага ўзросту, якія займаюцца ў фітнес-цэнтрах.

Матэрыял і метады. *Даследаваннем было ахоплены 100 жанчын, якія наведваюць фітнес-клубы г. Віцебска. З іх 27 жанчын першага і 73 жанчыны другога перыяда сталага ўзросту. Метады: анкетаванне з дапамогай Google Forms, гутаркі, параўнальны аналіз, метады матэматычнай статыстыкі.*

Вынікі і іх абмеркаванне. *Да ліку асноўных індыкатараў, якія абумоўліваюць асаблівасці практычнага стану матывацыйна-каштоўнаснага кампанента фізічнай культуры асобы і вядзення здаровага ладу жыцця ў апытаных жанчын першага і другога перыядаў сталага ўзросту, адносяцца адрозненні ў стаўленні да здароўя і шкодных звычак; ва ўстойлівасці ўнутранай матывацыі да падтрымання здароўя; у кансерватыўнасці, павярхоўным стаўленні і скепсісе, якія адмоўна ўздзейнічаюць на погляды і здароўезберагальныя паводзіны ў жыцці; у крытычным дачыненні да дэструктыўных практык, даступнасці, камфорту і ўмоў для фітнес-заняткаў; у залежнасці ад знешніх трэндаў (прыгажосць, сацсеткі); ва ўцягнутасці ў паглыбленае вывучэнне здаровага ладу жыцця; у дасведчанасці і валоданні патэнцыялам сучасных інфармацыйных тэхналогій; у наяўнасці (дэфітыце) вольнага часу; у фінансавых бар’ерах.*

Заключэнне. *Нягледзячы на тое, што праблема захавання здароўя з узростам выходзіць на першы план і многія жанчыны сталага ўзросту свае заняткі ў фітнес-цэнтрах звязваюць менавіта з гэтым, практычны стан іншых паказчыкаў матывацыйна-каштоўнаснага кампанента фізічнай культуры асобы паказвае на адсутнасць у значнай часткі з іх глыбока ўсвядомленай і неабходнай практыка-арыентаванай дзейнасці ў напрамку ўсебаковага захавання і ўмацавання свайго здароўя.*

Ключавыя словы: *жанчыны, першы і другі перыяды сталага ўзросту, фізічная культура асобы, матывацыйна-каштоўнасны кампанент, адрозненні і асаблівасці, заняткі фітнесам.*

STUDY OF THE FORMATION OF PHYSICAL TRAINING MOTIVATION AND VALUE COMPONENT OF DAMES WORKING OUT AT FITNESS CENTERS

V.G. Matskova, P.I. Navitsky

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

A number of indicators of the motivation and value component of personality physical training of women of the first and second periods of mature age, their differences and features are studied. The practical need for the formation and correction of personal physical training of women of this age through a personalized approach in each age period, taking into account the identified differences and features, is foregrounded.

The purpose of the research is to study the state and features of the manifestation of the motivation and value component of personal physical training of women of the first and second periods of mature age, working out in fitness centers.

Material and methods. *The study involved 100 women working out in fitness clubs in Vitebsk. Of these, 27 were women of the first and 73 were women of the second periods of mature age.*

The research methods were questionnaires using Google Forms, interviews, comparative analysis, methods of mathematical statistics.

Findings and their discussion. *The main indicators that determine the features of the practical state of the motivation and value component of personality physical training and healthy lifestyle in the surveyed women of the first and second periods of mature age include differences in: attitude to health and bad habits; stability of intrinsic motivation to maintain health; conservatism, superficial attitude and skepticism that determine views and health-preserving behavior in lifestyle; critical attitude to destructive practices, availability, comfort and conditions for fitness classes; dependence on external trends (beauty, social networks); involvement in in-depth study of a healthy lifestyle; possession and awareness of the potential of modern information technologies; availability (deficit) of free time; financial barriers.*

Conclusion. *Despite the fact that the problem of maintaining health comes to the fore with age and many mature women associate their classes in fitness centers with this, the practical state of other indicators of the motivation and value component of the personal physical training indicates the absence of a significant part of them of deeply conscious and necessary practice-oriented activities in the direction of comprehensive preservation and strengthening of their health.*

Key words: *women, first and second periods of mature age, physical training of the individual, motivation and value component, differences and features, fitness classes.*

Сучаснае паняцце "фізічная культура асобы" ў тэорыі фізічнай культуры найбольш актыўна пачало выкарыстоўвацца і выступаць прадметам пільнага вывучэння з канца 70-х гадоў мінулага стагоддзя. У 1975 г. у кнізе "Савецкая сістэма фізічнага выхавання" — працы вялікага калектыву аўтараў, вядомых айчынных навукоўцаў у галіне фізічнай культуры і спорту, падкрэслівалася: "Адрозніваюць асабістую фізічную культуру, фізічную культуру калектыву і фізічную культуру соцыума (грамадства). Пад асабістай фізічнай культурай чалавека разумеецца дасягнуты ім узровень развіцця фізічных здольнасцей, у тым ліку індывідуальныя асаблівасці гэтага развіцця, узровень набытых спецыяльных ведаў у гэтай галіне, ступень выкарыстання сродкаў фізічнай культуры ў жыццёвай практыцы, а таксама выкарыстанне дасягнутага ўзроўню фізічнай культуры ў творчай стваральнай дзейнасці" [1, с. 28].

Л.П. Мацвееў і А.Д. Новікаў (1976), аўтары падручніка для інстытутаў фізічнай культуры "Тэорыя і методыка фізічнага выхавання", ужывалі тэрмін "фізічная культура асобы" як "увасобленыя ў самім чалавеку вынікі выкарыстання матэрыяльных і духоўных каштоўнасцей, якія адносяцца да фізічнай культуры ў шырокім сэнсе слова, інакш кажучы, засвоеныя чалавекам фізкультурныя веды, уменні, навыкі, дасягнутыя на аснове прымянення сродкаў фізічнага выхавання, паказчыкі фізічнага развіцця і г.д." [2, с. 12].

Сфарміраваная ў чалавека асобная фізічная культура вызначае яго актыўнасць і стаўленне да практычнай самастойнай або арганізаванай дзейнасці па асваенні асноўных каштоўнасцей, якія дае чалавеку гэты від культуры: мэтазгоднае ўздзеянне на фізічнае развіццё і здароўе чалавека, накіраванае на развіццё жыццёва важных фізічных якасцей і здольнасцей, задавальненне грамадскіх і асобных патрэб і інш.

У навуковых працах фізічная культура асобы (ФКА) характарызуецца мноствам фактараў, якія аб'ядноўваюцца спецыялістамі ў матывацыйна-каштоўнасны, сацыяльна-каштоўнасны, паводзінавы, дзейнасны, аперацыйны, кагнітыўны, гнастычны, эмацыянальна-валявы, фізічны (функцыянальны),

сацыяльна-камунікатыўны і іншыя кампаненты, назвы, класіфікацыя і ключавая роля якіх могуць не супадаць [3–5]. Разам з тым усе кампаненты, якія разглядаюцца аўтарамі, узаемазвязаны і дапаўняюць адзін аднаго, фарміруючы цэласную сістэму фізічнай культуры асобы.

Нягледзячы на значнасць і цесную ўзаемасувязь кампанентаў, якія ствараюць аснову ФКА, адным з ключавых варта разглядаць матывацыйна-каштоўнасны кампанент. У агульных рысах, зыходзячы з тлумачэнняў навукоўцаў, гэта ўнутраныя і знешнія стымулы, якія падахвочваюць чалавека да дзеяння (матывацыя), а таксама тое, што ён лічыць найболей важным у жыцці і асабіста для сябе (каштоўнасці) [3; 4; 6].

У розныя перыяды антагенезу матывы і каштоўнасці ў жыццядзейнасці асобы перажываюць істотныя змены.

Прадмет нашага даследавання звязаны з жанчынамі сталага ўзросту — узроставы перыяд, да якога ўжо склаліся адпаведныя звычкі ў сямейнай і прафесійнай жыццядзейнасці, уласны лад жыцця, які змяніць дастаткова складана. Ва ўзроставай перыядызацыі дарослага насельніцтва сталы ўзрост жанчын падзяляецца на 2 перыяды: сталы ўзрост (першы перыяд) — 29–34 гады і сталы ўзрост (другі перыяд) — 35–55 гадоў [7, с. 195]. Унутранай матывацыяй актыўнага, усвядомленага далучэння да фізкультурна-аздараўленчай дзейнасці і здаровага ладу жыцця (ЗЛЖ) у жанчын сталага ўзросту могуць быць жаданне ці неабходнасць: захаваць фізічную актыўнасць, умацаваць здароўе ці папярэдзіць пагаршэнне тых ці іншых функцый арганізма, захаваць ці палепшыць знешні выгляд і інш. Знешніх стымулаў таксама можа быць мноства: прыклад асяроддзя, патрабаванні прафесійнай дзейнасці, даступнасць інфраструктуры для заняткаў фізічнымі практыкаваннямі, падтрымка сям'і, сяброў і інш. Усё гэта вызначае матывацыйна-каштоўнасны кампанент у якасці інтэграцыі ўнутраных устаноў і знешніх стымулаў, якія абумоўліваюць і накіроўваюць паводзіны жанчын. Аналіз навуковых даследаванняў (І.А. Герц, 2001; В.М. Міронава, 2001; Г.М. Лаўрухіна, 2002; В.Ю. Масалава, 2007) і практычнага вопыту работы ў фітнес-цэнтрах аўтара артыкула паказвае, што ў тэорыі і практыцы аздараўленчай фізічнай культуры фарміраванне каштоўнасных адносін жанчын сталага ўзросту да фізкультурна-аздараўленчай дзейнасці як да крыніцы захавання здароўя і прадуктыўнага даўга-лецця яшчэ не атрымала належнага навуковага абгрунтавання. Як заўважае В.Ю. Масалава: “У тэорыі фізкультурна-аздараўленчай дзейнасці жанчын сталага ўзросту дамінуюць медыцынскія аспекты падтрымання здароўя, распрацоўваюцца новыя тэхналогіі аздараўленчых заняткаў, але прапускаецца іх псіхалага-педагагічнае забеспячэнне” [8, с. 4]. Даследаванне механізмаў і заканамернасцей развіцця матывацыйна-каштоўнага кампанента, як і іншых узаемазвязаных з ім кампанентаў фізічнай культуры асобы на працягу антагенезу, прадстаўляецца спецыялістамі адной з найважнейшых задач фізкультурнай навукі [9].

Мэта артыкула — вывучэнне стану і асаблівасцей праявы матывацыйна-каштоўнага кампанента фізічнай культуры асобы ў жанчын першага і другога перыядаў сталага ўзросту, якія займаюцца ў фітнес-цэнтрах.

Матэрыял і метады. Даследаваннем было ахоплены 100 чалавек, з іх 27 жанчын першага перыяда сталага ўзросту (далей — 1 група) і 73 жанчыны другога перыяда сталага ўзросту (далей — 2 група). Усе жанчыны з'яўляліся актыўнымі ўдзельніцамі заняткаў у фітнес-клубах г. Віцебска прыватнай формы ўласнасці (“Рэформа”, “Пантэра”, студыі фітнеса і харэаграфіі “Залатая страказа” і інш.).

Метады: анкетаванне, гутаркі, параўнальны аналіз і метады матэматычнай статыстыкі.

Прадстаўленыя ў артыкуле дадзеныя атрыманы ў ходзе апытання па спецыяльна распрацаванай анкеце з дапамогай Google Forms. Пытанні анкеты ахоплівалі ўсе ключавыя кампаненты фізічнай культуры асобы і здаровага ладу жыцця. Ніжэй прыводзяцца вынікі аналізу адказаў рэспандэнтаў па пытаннях, што датычацца матывацыйна-каштоўнага кампанента.

Вынікі і іх абмеркаванне. Наяўнасць месцаў і ўмоў (фітнес-клубаў, фізкультурна-аздараўленчых комплексаў, абсталяваных спартыўных пляцовак і інш.) для арганізаваных ці самастойных заняткаў фізічнай культурай з'яўляецца важным знешнім стымулам далучэння насельніцтва да заняткаў фізічнымі практыкаваннямі і гульнямі, павышэння і аптымізацыі рухальнай актыўнасці, задавальнення цікавасці і патрэб у абраных відах рухальнай дзейнасці.

Паводле ўдзельнікаў анкетавання, у 66,7% жанчын 1 групы і ў 69,9% 2 групы такія месцы для заняткаў фізічнай культурай па месцы жыхарства або па месцы прафесійнай дзейнасці функцыянуюць. Аднак па шэрагу прычын пэўная частка рэспандэнтаў (ад 1,4 да 14,8%) імі не карыстаюцца: у сувязі з адсутнасцю магчымасці займацца любімым відам фізічнай актыўнасці, высокім коштам паслуг або нязручным раскладам заняткаў, неадпаведнасцю крокавай даступнасці і інш.

Пры гэтым жанчыны 1 групы (14,8%) адносна выбару месцаў і прапанаваных фізкультурных паслуг прызнаюцца, у адрозненне ад 2 групы (5,5%), у неадпаведнасці фізкультурным інтарэсам наяўных месцаў і прапанаваных відаў заняткаў.

Трэцяя частка апытаных (33,3% жанчын 1 групы і 30,1% жанчын 2 групы) адказалі, што неабходныя ўмовы для фізкультурных заняткаў па месцы жыхарства ці па месцы прафесійнай дзейнасці не маюць. На думку 25,0 і 22,9% рэспандэнтаў абедзвюх груп адпаведна, гэта паслужыла асноўнай прычынай адсутнасці ў іх жыцці рэгулярнай фізкультурна-аздараўленчай дзейнасці.

Сярод прычын, з-за якіх лад жыцця апытаных жанчын раней не звязваўся з рэгулярнымі заняткамі фітнесам і іншымі відамі фізкультурна-аздараўленчай дзейнасці, найбольш часта аказвалася “адсутнасць часу”. Гэта пацвярджалі 34,4% рэспандэнтаў 1 групы і 45,8% 2 групы, што тлумачылася большай загружанасцю ў папярэднія гады жыцця не звязанымі з фізкультурнымі заняткамі сямейнымі абавязкамі, працай, доглядам дзяцей ці бацькоў і інш.

Чвэрць жанчын 1 групы і 21,7% 2 групы адзначылі, што раней, да пачатку наведвання фітнес-цэнтраў, “не бачылі неабходнасці ў занятках” і “не мелі жадання займацца”. У параўнальным аспекце з іншымі прычынамі адсутнасць матэрыяльнай магчымасці аказалася найменш распаўсюджаным фактарам ненаведвання заняткаў фітнесам жанчынамі абедзвюх груп (табл. 1). Адначасова з гэтым у адказах жанчын другога перыяду сталага ўзросту падобная прычына сустракалася амаль удвая радзей (яе назвалі 8,4% рэспандэнтаў), чым у жанчын 1 групы (15,6%).

Табліца 1

Прычыны, па якіх жанчыны раней сістэматычна не займаліся фізічнай культурай (наведваннем фітнес-клубаў)

Калі Вы не займаліся фізічнай культурай, то галоўнай прычынай з’яўлялася...?	1 група (колькасць адказаў, %)	2 група (колькасць адказаў, %)
Адсутнасць часу	34,4	45,8
Адсутнасць матэрыяльнай магчымасці	15,6	8,4
Адсутнасць паблізу месца для заняткаў (спартыўнай залы, фітнес-клуба)	25,0	22,9
Адсутнасць жадання (не бачыла неабходнасці)	25,0	21,7
Няма адказу	0,0	1,2

Варта заўважыць, што тлумачэнне жанчынамі сваёй нізкай фізкультурна-аздараўленчай дзейнасці прычынамі адсутнасці часу, матэрыяльнай магчымасці, спартзалы або фітнес-клуба сведчыць пра адсутнасць належных адносін да захавання і ўмацавання свайго здароўя, недастатковую сфарміраванасць матывацыйна-каштоўнага кампанента ФКА. У цэлым дадзеныя анкетавання дазваляюць выказаць меркаванне, што ўласнае здароўе з’яўляецца каштоўнасцю для абедзвюх груп жанчын, але выяўляецца і рэалізуецца па-рознаму ў залежнасці ад узросту і скіраванасці жыццёвых пераваг. Вынікі адказаў рэспандэнтаў прадэманстравалі, што найбольш часта ў анкетах сустракаецца матыв, які стымулюе жанчын да фізічнай актыўнасці і наведвання фітнес-цэнтраў, — падтрыманне здароўя. На гэта ўказалі 66,6% рэспандэнтаў 1 групы і 80,9% 2 групы, падкрэсліваючы, што з узростам жаданне і практычныя дзеянні “падтрымліваць здароўе” істотна павялічваюцца. Стварэнне прывабнага вобраза (дасягненне прыгожай стройнай фігуры) таксама з’яўляецца шырока распаўсюджаным матывам заняткаў фітнесам: у 62,9% жанчын, якім менш за 35 год, і ў 46,6% тых, хто перавышае дадзены ўзрост. Пры гэтым для прадстаўніц сталага ўзросту першага перыяду матывы “прывабны вобраз” і “здароўе” апынуліся амаль раўназначнымі (62,9 і 66,6% адпаведна) (табл. 2).

Матывы, якія стымулююць жанчын да заняткаў фітнесам

Што з'яўляецца найболей моцным матывам, які стымулюе Вас да заняткаў фітнесам?	1 група (колькасць адказаў, %)	2 група (колькасць адказаў, %)
<i>Стварэнне прывабнага вобраза (дасягненне прыгожай постаці, паніжэнне лішняй вагі)</i>	29,6	16,4
Падтрыманне здароўя	29,6	50,7
<i>Стварэнне прывабнага вобраза + падтрыманне здароўя</i>	22,2	24,7
<i>Стварэнне прывабнага вобраза + падтрыманне здароўя + магчымасць падняць самаацэнку</i>	11,1	4,1
<i>Стварэнне прывабнага вобраза + магчымасць падняць самаацэнку</i>	–	1,4
Магчымасць самасцвердзіцца, падняць самаацэнку	3,7	0,0
Падтрыманне здароўя + магчымасць падняць самаацэнку	3,7	1,4
Іншае	–	1,4

Некаторыя жанчыны, як у першай групе (18,5%), так і ў другой (6,9%), нараўне з іншымі матывамі тлумачаць наведванне фітнес-залы магчымасцю самасцвердзіцца і падняць уласную самаацэнку; 1,4% рэспандэнтаў 2 групы арыентуюцца на ўласнае самаадчуванне, якое паводле іх слоў, прыкметна паляпшаецца.

У цэлым большасць жанчын, якія займаюцца фітнесам (81,5% прадстаўніц 1 групы і 82,2% прадстаўніц 2 групы), задаволены ўзроўнем якасці правядзення заняткаў у фітнес-клубах, кліентамі якіх яны з'яўляюцца: ніхто не адзначыў нізкі прафесійны ўзровень выкладчыкаў-супрацоўнікаў — інструктараў па фітнесе.

Пры гэтым, на думку 14,8% жанчын 1 групы і 4,1% жанчын 2 групы, заняткі па фітнесе праводзяцца фармальна, без уліку індывідуальных асаблівасцей; 9,6% рэспандэнтаў 2 групы ўказалі на адсутнасць неабходнай матэрыяльнай базы (“недастаткова спартыўнага інвентара” або “ён маральна састарэў”, “фізічна зношаны”). У адзінкавых выпадках удзельнікі апытання сцвярджалі, што з-за малой плошчы залаў ім некамафортна, асабліва калі набіраецца поўная група і адначасова займаецца шмат людзей.

На пытанне аб ужыванні алкагольных напояў адмоўна (“вельмі рэдка, практычна не”, “наогул не ўжываю”) адказалі 37,0% жанчын 1 групы і 28,8% жанчын 2 групы. Астатняя частка рэспандэнтаў заўважылі, што прызнаюць толькі слабаалкагольныя напоі (піва, лёгкае віно, шампанскае) (24,7% прадстаўніц 2 групы і 18,5% 1 групы) або ўжыванне алкагольных напояў у іх жыцці звязваецца, як правіла, толькі са святочнымі падзеямі (45,2% жанчын 2 групы і 40,7% 1 групы) (табл. 3).

Табліца 3

Стаўленне жанчын сталага ўзросту да ўжывання алкагольных напояў

Ці ўжываеце Вы алкагольныя напоі?	1 група (колькасць адказаў, %)	2 група (колькасць адказаў, %)
Толькі слабаалкагольныя напоі (піва, лёгкае віно, шампанскае)	18,5	24,7
Толькі па святах	40,7	45,2
Так, рэгулярна	3,7	1,4
Вельмі рэдка, практычна не	22,2	17,8
Наогул не ўжываю	14,8	11,0

Паводле адказаў рэспандэнтаў на пытанне, ці гатовыя яны дзеля паляпшэння свайго здароўя адмовіцца ад ужывання цыгарэт і алкаголю, 54,8% анкетаваных жанчын 2 групы і 51,9% жанчын 1 групы падкрэслілі, што яны не ўжываюць алкагольныя напоі і/або не кураць. Такім чынам, значная частка жанчын свядома пазбягае шкодных звычак, магчыма, з-за папулярнасці ЗЛЖ ці асабістых перакананняў.

Адначасова толькі 40,7% жанчын 1 групы, якія займаюцца фітнесам і 30,1% жанчын 2 групы выказалі ўпэўненасць, што гатовыя (“жадаюць паспрабаваць”) дзеля ўмацавання свайго здароўя адмовіцца ад ужывання цыгарэт і алкаголю, а 7,4 і 6,8% прадстаўніц кожнай групы адпаведна адзначылі, што гатовыя адмовіцца толькі ад аднаго: альбо цыгарэт, альбо алкаголю.

Гатоўнасць маладзейшай узроставай групы жанчын (1 група) да змены ладу жыцця звязана з імкненнем больш актыўна займацца фітнесам і асвойваць культуру ЗЛЖ, планаваннем цяжарнасці ці клопатам аб рэпрадуктыўным здароўі, уплывам моды на здаровы лад жыцця. Найменшая гатоўнасць адмовіцца ад шкодных звычак у жанчын больш старэйшай узроставай групы можа тлумачыцца звычкамі, невялікім аўтарытэтам эфектыўнасці змяненняў у гэтым узросце, адсутнасцю (пакуль яшчэ) відавочных праблем са здароўем.

8,2% рэспандэнтаў 36–58 гадоў напісалі, што нават дзеля паляпшэння ўласнага здароўя не гатовыя адмовіцца ад шкодных звычак. Гэта можа быць звязана з глыбокай залежнасцю, скептычным стаўленнем да карысці адмовы (“усё роўна ўжо занадта позна”), псіхалагічнай устаноўкай, асабістымі перакананнямі і прынцыпамі.

На пытанне анкеты “Ці жадаеце Вы рэгулярна атрымліваць інфармацыю аб фізічнай культуры, фітнесе, практыкаваннях і ЗЛЖ?” больш за палову рэспандэнтак (61,7% прадстаўніц 2 групы і 57,1% прадстаўніц 1 групы) адказалі адмоўна. У працэсе правядзення гутаркі высветлілася, што, на іх думку, патрэбны матэрыял аб фізкультуры, фітнесе, фізічных практыкаваннях ёсць у шырокім доступе ў сетцы Інтэрнет. Гэтыя жанчыны аргументуюць свой адказ тым, што могуць знайсці канкрэтныя звесткі з дапамогай пошукавікаў непасрэдна ў той момант, калі падобная інфармацыя ім спатрэбіцца. Іншая частка апытаных жанчын (39,3% прадстаўніц 1 групы і 35,6% 2 групы) адказала, што хацелі б атрымліваць інфармацыю аб фізічнай культуры, фітнесе, практыкаваннях і ЗЛЖ праз Інтэрнэт-месенджары, з іх праз Instagram 21,4 і 12,3% жанчын, праз Viber 7,1 і 20,5% жанчын 1 і 2 груп адпаведна.

Instagram-візуальная платформа, якая дазваляе карыстальнікам дзяліцца фота і відэа ў сацыяльных сетках, амаль ідэальна задавальняе павышаны запыт прадстаўніц першай (больш маладой) групы на “стварэнне прывабнага вобраза”. У гэтым узросце жанчыны даволі адкрытыя да візуальнага і публічнага кантэнт (Instagram), многія, магчыма, успрымаюць фітнес як частку ладу жыцця (пасты, сторыс, чэлэнджы). Жанчынамі старэйшага ўзросту Viber успрымаецца як больш прыватны і зручны для абмену інфармацыяй Інтэрнэт-месенджар, менш залежны ад візуальнага кантэнт, больш прыдатны для тэкставых рэкамендацый (напрыклад, чаты з трэнерамі, рассылання ад фітнес-клубаў).

Telegram у якасці канала атрымання інфармацыі аб фітнесе, практыкаваннях і ЗЛЖ выбралі 10,7% жанчын 1 групы, а ў рэспандэнтак 2 групы ён апынуўся на апошнім месцы і з’явіўся найменш папулярнай сацыяльнай сеткай. У 2 групе (прадстаўніц 36–58 гадоў) Telegram аддалі перавагу ўсяго 2,7% апытаных жанчын. Магчыма, таму што Telegram часцей асацыіруецца з навінамі, забаўляльным кантэнтам (гумар, мемы, відэа), з тэхналогіямі, фінансамі і лайфстайлам, а не з фітнесам.

Як бачым, хаця праблема захавання здароўя ў жанчын з узростам выходзіць на першы план і многія з іх заняты ў фітнес-цэнтрах звязваюць менавіта з гэтым, стаўленне і паўсядзённая рэалізацыя правілаў, якія тычацца іншых кампанентаў здаровага ладу жыцця, дэманструюць адсутнасць у значнай часткі жанчын глыбока ўсвядомленага, усебаковага захавання і ўмацавання ўласнага здароўя.

Заклучэнне. Такім чынам, праведзеныя намі анкетаванне і гутаркі, якія прама або ўскосна характарызуюць матывацыйна-каштоўнасны кампанент ФКА і падтрымкі ЗЛЖ, сведчаць пра больш пазітыўны стан яго паказчыкаў у жанчын сталага ўзросту другога перыяду (2 група). Для прадстаўніц гэтай групы здароўе — абсалютны прыярытэт (80,9%), іх стаўленне да ЗЛЖ больш устойлівае і свядомае, хоць менш зменлівае.

У першым перыядзе сталага ўзросту жанчыны праяўляюць супярэчлівую матывацыю: прысутнічае высокая гатоўнасць да змен, але пры гэтым назіраецца залежнасць ад знешніх трэндаў (прыгажосць, сацсеткі); частка групы свядома пазбягае шкодных звычак, іншая — падпарадкоўваюцца сітуацыйным мадэлям паводзін, якія не адпавядаюць агульнапрынятым уяўленням прытрымлівання ЗЛЖ. Большасць жанчын альбо ўжо прынцыпова вядуць здаровы лад жыцця, альбо гатовы да змен, асабліва маладзейшая частка жанчын сталага ўзросту (да 34 гадоў).

Аднак у плане практычнай рэалізацыі каштоўнасных арыентацый, звязаных з захаваннем і ўмацаваннем здароўя, больш старэйшая група жанчын сталага ўзросту (другога перыяду) аказалася менш матываванай, хоць сярод іх таксама ёсць значная доля тых, хто не мае шкодных звычак. Невялікая, але ўстойлівая частка жанчын (асабліва старэйшага ўзросту) свядома не жадае пазбавіцца ад шкодных звычак, што можа ўказваць на неабходнасць адрасных праграм матывацыі і падтрымкі. У жыцці жанчын сталага ўзросту пра-сочваецца агульная тэндэнцыя: ад ЗЛЖ як трэнду (у першым перыядзе гэтага ўзросту) да ЗЛЖ як неабходнасці (у другім — 35 гадоў і больш). Да ліку асноўных індыкатараў, якія абумоўліваюць асаблівасці практычнага стану матывацыйна-каштоўнаснага кампанента фізічнай культуры асобы і вядзення здаровага ладу жыцця ў апытаных жанчын першага і другога перыядаў сталага ўзросту, адносяцца адрозненні ў дачыненні да здароўя і шкодных звычак; ва ўстойлівасці ўнутранай матывацыі да падтрымання здароўя; у кансерватыўнасці, павярхоўным стаўленні і скепсісе, якія адмоўна ўздзейнічаюць на погляды і здароўезберагальныя паводзіны ў жыцці; у крытычных адносінах да дэструктыўных практык, даступнасці, камфорту і ўмоў для фітнес-заняткаў; у залежнасці ад знешніх трэндаў (прыгажосць, сацсеткі); ва ўцягнутасці ў паглыбленае вывучэнне ЗЛЖ; у дасведчанасці і валоданні патэнцыялам сучасных інфармацыйных тэхналогій; у наяўнасці (дэфіцыце) вольнага часу; у фінансавых бар'ерах.

Вынікі праведзенага даследавання актуалізуюць і абумоўліваюць неабходнасць фарміравання і карэкцыі стану матывацыйна-каштоўнаснага кампанента ФКА жанчын у сталым узросце і іх адносіны да ЗЛЖ, ажыццяўляючы гэты працэс толькі праз персаналізаваны падыход у кожным узроставым перыядзе з улікам выяўленых адрозненняў і асаблівасцей.

ЛІТАРАТУРА

1. Савецкая сістэма фізічнага выхавання / гал. рэд. Г.І. Кукішкін. — М.: Фізкультура і спорт, 1975. — 561 с.
2. Тэорыя і метадыка фізічнага выхавання: падручнік для ін-таў фіз. культуры: у 2 т. Т. 1: Агульныя асновы тэорыі і метадыкі фізічнага выхавання / пад агул. рэд. Л.П. Мацвеева і А.Д. Новікава. — Выд. 2-е, перапрац. — М.: Фізкультура і спорт, 1976. — 304 с.
3. Лубышава, Л.І. Сацыялогія фізічнай культуры і спорту: падручнік для студэнтаў устаноў вышэйшай адукацыі / Л.І. Лубышава. — 4-е выд., перапрац. — М.: Акадэмія, 2016. — 269 с.
4. Візіцей, Н.Н. Фізічная культура асобы: праблемы чалавечага цела і духу / Н.Н. Візіцей. — СПб.: Алімпія, 2015. — 176 с.
5. Мацвееў, Л.П. Тэорыя і метадыка фізічнай культуры: падручнік для ВНУ / Л.П. Мацвееў. — М.: Спорт, 2020. — 544 с.
6. Афанасенка, К.Э. Фарміраванне матывацыйна-каштоўнасных адносін да фізічнай культуры ў студэнтаў спецыяльнай медыцынскай групы: аўтарэф. дыс. ... канд. пед. навук: 13.00.04 / Афанасенка Кацярына Эмільеўна; Усерас. навук.-даслед. ін-т фіз. культуры. — М., 2006. — 25 с.
7. Крыўцун-Ляўшына, Л.М. Арганізацыя і метадыка фізкультурна-аздараўленчай работы: дапаможнік / Л.М. Крыўцун-Ляўшына, В.П. Крыўцун. — Віцебск: ВДУ імя П.М. Машэрава, 2018. — 354 с.
8. Масалава, В.Ю. Фарміраванне каштоўнасных адносін жанчын сталага ўзросту да здароўя ў працэсе заняткаў шэйпінгам: аўтарэф. дыс. ... канд. пед. навук: 13.00.04 / Масалава Вольга Юр'еўна; Смал. дзярж. акад. фіз. культуры спорту і турызму. — Смаленск, 2007. — 20 с.
9. Нікіціна, А.А. Аб сутнасці дэфініцыі «фізічная культура асобы» ў фізічным выхаванні студэнтаў / А.А. Нікіціна // Веснік Балтыйскага федэральнага ўніверсітэта імя І. Канта. Серыя: Філалогія, педагогіка, псіхалогія. — 2006. — № 5. — С. 30–37. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-suschnosti-definitcii-fizicheskaya-kultura-lichnosti-v-fizicheskom-vozpitanii-studentov> (дата звароту: 08.04.2025).

REFERENCES

1. Kukushkin G.I. *Savetskaya sistema fizichnaga vykhavannia* [Soviet System of Physical Education], M.: Fizkultura i sport, 1975, 561 p.
2. Matsveyeu L.P., Novikau A.D. *Teoriya i metodyka fizichnaga vykhavannia: padruchnik dlia institutau fiz. kultury u 2 t.* [Theory and Methods of Physical Education. Textbook for Physical Education Institutes. 1. General Foundations of the Theory and Methods of Physical Education], M., Fizkultura i sport, 1976, 304 p.
3. Lubyshava L.I. *Satsiyalogiya fizichnai kultury i sportu: padruchnik dlia studentau ustanou vysheishai adukatsii* [Sociology of Physical Education and Sports: University Student Textbook], Moscow: Akademiya, 2016, 269 p.
4. Vizitsey N.N. *Fizichnaya kultura asoby: prablemy chalavechaga tsela i dukhu* [Physical Education of the Individual: Problems of the Human Body and Spirit], St. Petersburg: Alimpiya, 2015, 176 p.
5. Mastveyeu L.P. *Teoriya i metodyka fizichnai kultury: padruchnik dlia VNU* [Theory and Methodology of Physical Education: University Textbook], Moscow: Sport, 2020, 544 p.
6. Afanasenka K.E. *Farmiravanne matyvatsiyna-kashtounasnykh adnosin da fizichnai kultury u studentau spetsiyalнай medytinskai grupy: autaref. dys. ... kand. ped. navuk* [Formation of a Motivational and Value Attitude towards Physical Education of a Specil Medical Group Students: PhD (Education) Dissertation Abstract], Moscow, 2006, 25 p.
7. Kryutsun-Liaushina L.M., Kryutsun V.P. *Arganizatsiya i metodyka fizkulturna-azdaraulenchai raboty: dapamozhnik* [Organization and Methodology of Physical Education and Health Work: Manual], Vitsebsk: VDU imia P.M. Masherava, 2018, 354 p.
8. Masalava V.Yu. *Farmiravanne kashtounasnykh adnosin zhanchyn stalaga usrostu da zdarouya u pratseze zaniatkau shepingam: autaref. dis. ... kand. ped. navuk* [Formation of Value Attitude of Mature Women to Health in the Process of Doing Shaping: PhD (Education) Dissertation Abstract], Smalensk, 2007, 20 p.
9. Nikitsina A.A. *Vesnik Baltyskaga federalnaga universiteta imia I. Kanta. Seriya: Filalogiya. Pedagogika. Psikhalogiya* [Journal of the Baltic Federal University named after I. Kant. Series: Philology, Pedagogy, Psychology], 2006, 5, pp. 30–37. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-suschnosti-definitcii-fizicheskaya-kultura-lichnosti-v-fizicheskom-vozpitanii-studentov> (Accessed: 08.04.2025).

Паступіў у друк 30.07.2025

Адрас для карэспандэнцыі: e-mail: vigdra@mail.ru — Мацькова В.Р.

УДК 796.015:617.754:796.325:796.071.2

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ УПРАЖНЕНИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА РАЗВИТИЕ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ У СПОРТСМЕНОВ-ВОЛЕЙБОЛИСТОВ

Д.В. Иванова, О.Н. Малах

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

В статье представлено исследование, подтверждающее эффективность использования разработанного комплекса специальных упражнений для расширения границ полей зрения спортсменов-волейболистов, повышения их индивидуального спортивного мастерства и команды в целом.

Цель работы — экспериментальная оценка эффективности предложенного комплекса упражнений, направленного на развитие периферического зрения у спортсменов-волейболистов.

Материал и методы. Педагогический эксперимент был организован на базе УО «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Участники исследования — 16 спортсменов в возрасте от 18 до 21 года. Организация эксперимента предусматривала формирование контрольной (КГ; $n=8$) и экспериментальной (ЭГ; $n=8$) групп, в состав которых вошли студенты мужского пола. Методы: анализ и обобщение научной, научно-методической литературы, периметрия, математическая статистика.

Результаты и их обсуждение. Авторами доказано, что у испытуемых экспериментальной группы произошли более выраженные изменения в границах полей зрения, в сравнении с контрольной группой. Полученные данные подтверждают эффективность комплекса специальных упражнений, разработанного Д.В. Ивановой. В экспериментальной группе внутренняя и верхняя границы поля зрения по правому глазу увеличились на 17 и 14%, по левому — на 18 и 11%, нижняя — на 9%, соответственно ($p<0,05$). В контрольной группе внутренняя и верхняя границы имеют прирост на 7 и 10% — по правому глазу и на 8 и 9% — по левому глазу ($p<0,05$).

Заключение. Экспериментально доказана эффективность авторского комплекса упражнений, применение которого в учебно-тренировочном процессе позволило достичь положительной динамики как в расширении границ периферического зрения, так и в совершенствовании других важных качеств: ориентации в пространстве, координации и реакции.

Ключевые слова: периферическое зрение, спортсмены-волейболисты, комплекс специальных упражнений, учебно-тренировочный процесс, игровые виды спорта.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF SPECIAL EXERCISE COMPLEXES AIMED AT THE DEVELOPMENT OF VOLLEYBALL PLAYER PERIPHERAL VISION

D.V. Ivanova, O.N. Malakh

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

The article presents a study confirming the efficiency of using the developed set of special exercises to expand the boundaries of the visual fields of volleyball athletes, increasing their individual sportsmanship and that of the the team as a whole.

The purpose of the work was to experimentally evaluate the efficiency of the proposed set of exercises aimed at developing volleyball players' peripheral vision.

Material and methods. The pedagogical experiment was organized on the basis of Vitebsk State P.M. Masherov University. The study participants were 16 athletes aged 18 to 21. The organization of the experiment included the formation of control (CG; $n=8$) and experimental (EG; $n=8$) groups, which included male students. The methods were analysis and synthesis of scientific, scientific and methodological literature, perimetry, mathematical statistics.

Findings and their discussion. The authors proved that the subjects in the experimental group experienced more pronounced changes in the boundaries of their visual fields compared to the control group. The data obtained confirm the efficiency of the set of special exercises developed by D.V. Ivanova. In the experimental group, the inner and upper boundaries of the visual field in the right eye increased by 17 and 14%, in the left — by 18 and 11%, and the lower — by 9%, respectively ($p < 0,05$). In the control group, the internal and upper boundaries increased by 7 and 10% in the right eye and by 8 and 9% in the left eye ($p < 0,05$).

Conclusion. The efficiency of the author's set of exercises has been experimentally proven, the use of which in the academic and training process has made it possible to achieve positive dynamics both in expanding the boundaries of peripheral vision and in improving other important qualities: orientation in space, coordination and reaction.

Key words: peripheral vision, volleyball athletes, a set of special exercises, academic and training process, team sports.

Интенсивное развитие волейбола как высокодинамичного вида спорта требует совершенствования сенсорно-перцептивных способностей спортсменов, поскольку «в этом виде спорта тактика и техника играют важную роль» [1]. Периферическое зрение становится критически важным компонентом, позволяющим волейболистам одновременно «контролировать передвижения других участников, быстро реагировать и успешно ориентироваться в динамичных игровых ситуациях» [2; 3].

Современный волейбол, характеризующийся высокой динамикой, плотностью игровых ситуаций и необходимостью мгновенного принятия решений, предъявляет повышенные требования к различным способностям спортсменов. Наряду с технико-тактическим мастерством, ключевым фактором выступает эффективность зрительного восприятия, в частности, периферического зрения. Именно оно позволяет игроку, не отводя мяч от основных объектов, непрерывно контролировать перемещения партнеров и оппонентов, оценивать пространственную ситуацию на площадке и прогнозировать развитие атаки или защиты.

Цель работы — экспериментальная оценка эффективности предложенного комплекса упражнений, направленного на развитие периферического зрения у спортсменов-волейболистов.

Материал и методы. Педагогический эксперимент был организован на базе УО «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Участники исследования — 16 спортсменов в возрасте от 18 до 21 года. Организация эксперимента предусматривала формирование контрольной (КГ; $n=8$) и экспериментальной (ЭГ; $n=8$) групп, в состав которых вошли студенты мужского пола. Испытуемые контрольной группы выполняли комплекс некоторых специальных упражнений — по методике В.В. Саликова [4]. В рамках исследования для спортсменов экспериментальной группы был внедрен специализированный комплекс упражнений, разработанный Д.В. Ивановой [5], для развития периферического зрения волейболистов. Реализация программы тренировок проводилась в течение девяти месяцев (с октября 2024 по июнь 2025 года) с периодичностью три раза в неделю. Программа включала три основных этапа. Целью первого этапа (октябрь 2024 – декабрь 2024) стало ознакомление испытуемых с предложенной методикой и постепенная адаптация к нагрузке. В этот период происходило формирование правильной техники выполнения заданных упражнений. На втором этапе (январь 2025 – март 2025) интенсивность упражнений была увеличена, в связи с освоением последовательности и техники выполнения. Если на первом этапе количество повторений составляло 7–8 передач, то на втором оно достигло 8–10. На третьем этапе (апрель 2025 — июнь 2025) умение выполнять предложенные упражнения перешло в навык. Испытуемые реализовывали данные комплексы в автоматическом режиме, дозировка была доведена до максимума: 10–12 повторений для одного подхода. С целью усиления интереса к выполнению предложенных комплексов был введен элемент соревнований, что способствовало повышению мотивации и укреплению взаимодействия между спортсменами.

Для оценки полей зрения применялся компьютерный периметр «Перискан» (Российская Федерация) с функцией периметрического мускулотренинга. Статистическая обработка данных проводилась в программе «Microsoft Excel-2018». Статистическая значимость различий между группами оценивалась с использованием t -критерия Стьюдента.

Методы: анализ и обобщение научной, научно-методической литературы, периметрия, математическая статистика.

Результаты и их обсуждение. В начале педагогического эксперимента была проведена оценка периферического зрения спортсменов-волейболистов: с целью определения исходных показателей, в ходе чего были получены и обработаны следующие результаты (табл. 1).

Показатели границ полей зрения в начале педагогического эксперимента

Граница полей зрения	Правый глаз		Левый глаз		Достоверность
	КГ ₍₁₎ , n=8	ЭГ ₍₂₎ , n=8	КГ ₍₃₎ , n=8	ЭГ ₍₄₎ , n=8	
Внутренняя	57,50° ± 8,8	56,88° ± 6,5	55,63° ± 7,7	55,00° ± 7,0	p ₁₋₂ >0,05 p ₃₋₄ >0,05
Наружная	86,25° ± 5,1	85,25° ± 4,4	85,00° ± 5,9	84,38° ± 5,6	p ₁₋₂ >0,05 p ₃₋₄ >0,05
Верхняя	56,25° ± 9,5	57,50° ± 8,8	55,63° ± 4,1	58,13° ± 5,3	p ₁₋₂ >0,05 p ₃₋₄ >0,05
Нижняя	74,38° ± 6,7	74,38° ± 5,6	76,88° ± 5,3	76,25° ± 8,7	p ₁₋₂ >0,05 p ₃₋₄ >0,05

Интервал средних значений по внутренней границе поля зрения правого глаза в экспериментальной группе (50,38°–63,38°) является более узким, чем в контрольной (48,7°–66,3°), что может свидетельствовать об однородности показателей. Наименьший интервал по правому глазу присущ наружной границе поля зрения, где диапазон среднего значения для контрольной группы составляет 81,15°–91,35°, для экспериментальной — 80,85°–89,65°.

Внутренняя и верхняя границы левого глаза как для контрольной, так и для экспериментальной группы находятся в близких диапазонах. Наибольшая разница в показателях характерна для верхней границы поля зрения. Наибольший интервал среднего значения составил для нижней границы контрольной и экспериментальной групп (от 71,58° до 82,18° и от 67,55° до 84,95° соответственно).

В целом средние значения для обеих групп по всем границам полей зрения достаточно схожи и находятся в близких диапазонах, что указывает на идентичность в способности восприятия как в контрольной, так и в экспериментальной группе. Различия между выборками считаются недостоверными (p>0,05), так как данные двух выборок принадлежат одной генеральной совокупности [5]. Коэффициент вариации, который не достигает 10%, говорит о том, что контрольная и экспериментальная группы однородны [6].

При сравнении показателей правого и левого глаза контрольной и экспериментальной групп (рис. 1) были выделены следующие особенности. Среднее значение внутренней границы поля зрения для контрольной группы на 0,62° (p>0,05) больше, чем в экспериментальной группе, что свидетельствует о лучшем восприятии объектов, расположенных в этой области.

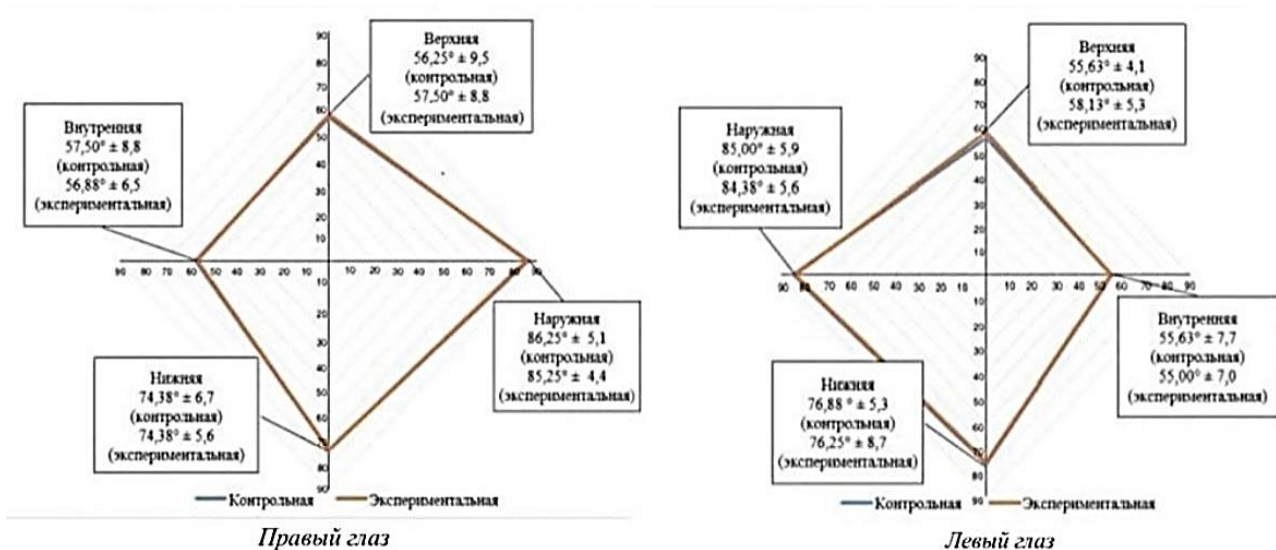


Рис. 1. Средние показатели полей зрения (правого и левого глаза) в начале педагогического эксперимента в контрольной и экспериментальной группах

При анализе наружной границы поля зрения правого глаза значение контрольной группы на 1° выше аналогичного показателя в экспериментальной группе. Данный аспект отвечает за восприятие объектов и деталей, расположенных на периферии.

Среднее значение верхней границы поля зрения в экспериментальной группе на $1,25^\circ$ превосходит аналогичный показатель в контрольной группе. Эта граница позволяет замечать объекты, расположенные выше уровня глаз (мяч, сетка).

По нижней границе различий между контрольной и экспериментальной группами не наблюдается. Указанный аспект направлен на восприятие объектов, находящихся в нижней части зрительного поля, например, таких как линии разметки на волейбольной площадке.

По левому глазу (рис. 1) среднее значение внутренней границы поля зрения в экспериментальной группе на $0,63^\circ$ ($p > 0,05$) ниже, чем в контрольной (различие незначительно, а показатели среднего значения соответствуют норме). Данная граница глаза в волейболе способствует точному определению расстояния до партнеров, а также до границ площадки.

Наружная граница в контрольной группе на $0,62^\circ$ превышает среднее значение аналогичного показателя в экспериментальной группе. Анализ верхней границы поля зрения показывает, что экспериментальная группа значительно превосходит контрольную группу, с разницей в $2,5^\circ$. Эта граница обеспечивает точное выполнение блокирующих и атакующих действий.

Среднее значение нижней границы поля зрения в контрольной группе имеет тенденцию к увеличению на $1,63^\circ$, в сравнении с аналогичным показателем в экспериментальной группе. Благодаря нижней границе поля зрения спортсмены уверенно принимают и возвращают низкие подачи.

По истечении девяти месяцев было осуществлено повторное измерение границ полей зрения у спортсменов-волейболистов (табл. 2).

Таблица 2

Показатели границ полей зрения после педагогического эксперимента

Граница полей зрения	Правый глаз		Левый глаз	
	КГ, n=8	ЭГ, n=8	КГ, n=8	ЭГ, n=8
Внутренняя	$61,63^\circ \pm 4,4^\wedge$	$66,50^\circ \pm 3,8^\bullet$	$60,13^\circ \pm 4,6^\wedge$	$64,88^\circ \pm 4,1^*$
Наружная	$88,88^\circ \pm 3,9$	$89,38^\circ \pm 2,6$	$87,13^\circ \pm 3,8$	$89,13^\circ \pm 3,1$
Верхняя	$61,75^\circ \pm 4,8^\wedge$	$65,53^\circ \pm 3,2^\bullet$	$60,88^\circ \pm 2,2^\wedge$	$64,38^\circ \pm 2,1^*$
Нижняя	$79,25^\circ \pm 3,5$	$80,75^\circ \pm 4,2^\bullet$	$80,25^\circ \pm 4,9$	$83,13^\circ \pm 4,2^\bullet$

Примечание: $^\wedge$ — $p < 0,05$ — при сравнении КГ до и после эксперимента; $^\bullet$ — $p < 0,05$ — при сравнении ЭГ до и после эксперимента; * — $p < 0,05$ — при сравнении КГ и ЭГ до и после эксперимента.

Результаты периметрии, проведенной после выполнения комплексов специальных упражнений, продемонстрировали близкие диапазоны границ полей у контрольной и экспериментальной групп. Для наружной границы поля зрения правого глаза характерен самый узкий интервал среднего значения. Здесь данный показатель находится в промежутке от $84,90^\circ$ до $92,78^\circ$ — для контрольной группы, и от $86,78^\circ$ до $91,98^\circ$ — для экспериментальной, что свидетельствует о минимальном разбросе значений и статистически близких результатах по данной границе между двумя группами испытуемых.

По левому глазу наименьший разброс данных присущ верхней границе поля зрения. Данный показатель в контрольной группе варьируется в пределах между $58,68^\circ$ – $63,08^\circ$, а в экспериментальной между $62,28^\circ$ – $66,48^\circ$, что указывает на наибольшую однородность результатов по этим границам поля зрения.

У испытуемых контрольной группы за весь период педагогического эксперимента произошло увеличение границ полей зрения по всем показателям. Однако статистически значимые изменения наблюдаются лишь по внутренней и верхней границам поля зрения.

После выполнения комплекса специальных упражнений, разработанного Д.В. Ивановой, значительный прирост результатов в экспериментальной группе наблюдается по внутренней и верхней границам поля зрения по правому глазу, а также по нижней границе — для левого глаза. Внутренняя граница правого глаза (рис. 2) увеличилась на 17%. Среднее значение данного показателя после

проведения педагогического эксперимента составляет $66,50^\circ$, что на $9,62^\circ$ выше среднего значения, полученного в начале педагогического эксперимента. Прирост по верхней границе поля зрения достигает 14%. Полученное после педагогического эксперимента среднее значение на $9,28^\circ$ превышает начальный показатель в этой группе, что подтверждает достаточную эффективность примененного комплекса упражнений для расширения полей зрения. По левому глазу внутренняя, верхняя и нижняя границы увеличились на 18%, 11% и 9% ($9,25^\circ$, $8,75^\circ$ и $6,37^\circ$) соответственно.

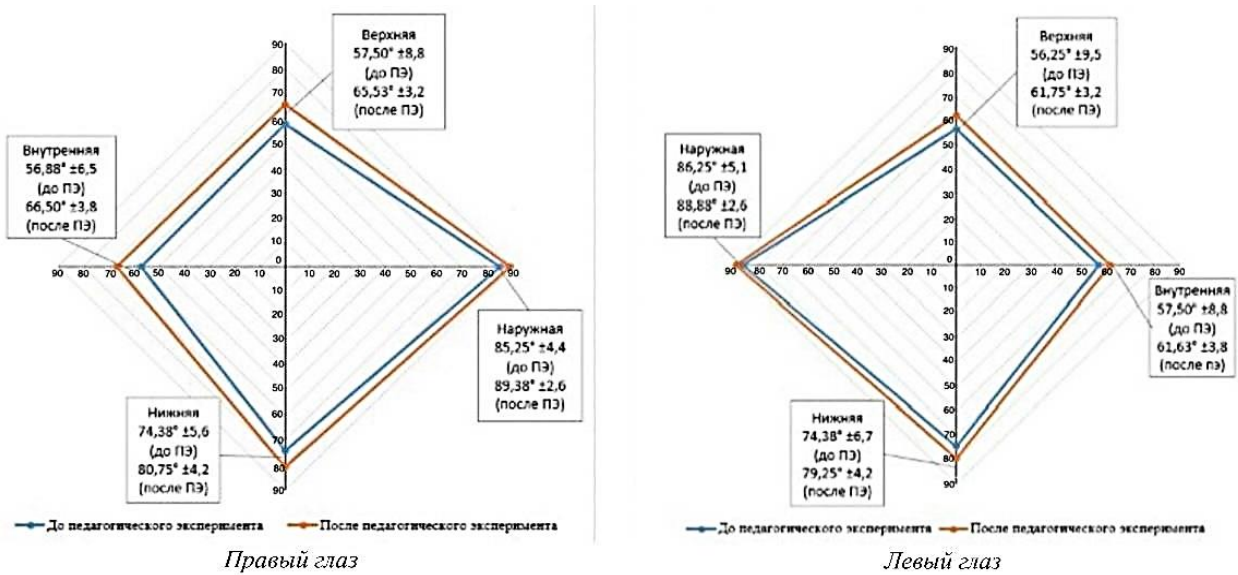


Рис. 2. Средние показатели границ поля зрения правого и левого глаза экспериментальной группы до и после педагогического эксперимента

После выполнения комплекса специальных упражнений, по методике В.В. Саликова, достоверно значимые различия в контрольной группе присущи внутренней и верхней границам поля зрения двух глаз. По правому глазу (рис. 3) данные показатели увеличились на $4,13^\circ$ и $5,5^\circ$ (прирост — 7 и 10%) соответственно. Наружная граница увеличилась на $2,63^\circ$ (прирост — 3%), нижняя граница — на $4,87^\circ$ (прирост — 7%).

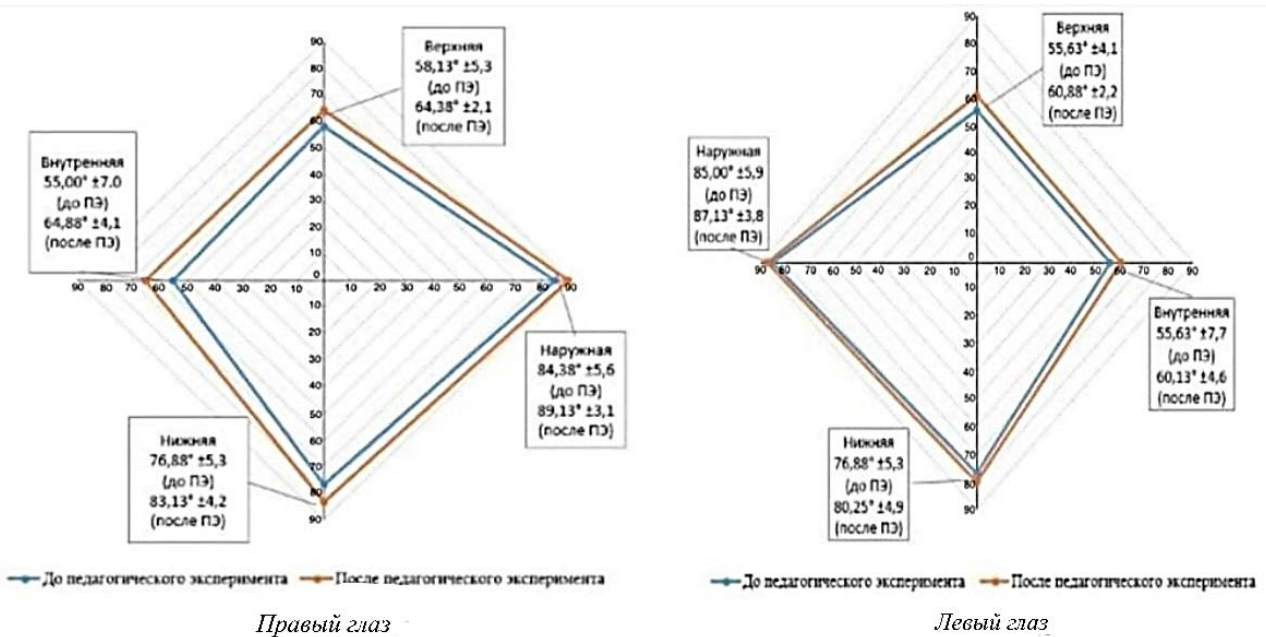


Рис. 3. Средние показатели границ поля зрения правого и левого глаза контрольной группы до и после эксперимента

Что касается левого глаза контрольной группы (рис. 3), то внутренняя и верхняя границы увеличились на $4,5^\circ$ и $5,25^\circ$. Прирост по данным показателям составляет 8 и 9% соответственно ($p < 0,05$). Наружная граница увеличилась на $2,13^\circ$ (прирост 3%), нижняя — на $3,37^\circ$ (прирост — 4%), свидетельствуя о положительной динамике к увеличению всех показателей полей зрения.

В экспериментальной группе границы полей зрения увеличились в два раза, в сравнении с контрольной группой, однако статистически значимые различия присущи не всем показателям периферического зрения.

Заключение. Более выраженные изменения в границах полей зрения в экспериментальной группе подтверждают эффективность использования разработанного нами комплекса упражнений, направленного на развитие периферического зрения спортсменов. Данный комплекс упражнений значительно улучшил пространственную ориентацию, координацию движений и реакцию. Спортсмены стали более внимательными к действиям партнеров и соперников, что позволило им быстрее принимать решения во время игры. К тому же повысилась их способность игнорировать отвлекающие факторы и сосредотачиваться на ключевых игровых моментах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солодилова, Е.С. Актуальные тактики игры в волейбол / Е.С. Солодилова, А.П. Мартынов // Молодой ученый. — 2023. — № 43(490). — С. 288–290.
2. Комплексы упражнений для развития периферического зрения: метод. рекомендации / О.Н. Малах, Д.В. Иванова. — Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2025. — 35 с.
3. Иванова, Д.В. Комплекс специальных упражнений как средство развития периферического зрения / Д.В. Иванова, О.Н. Малах // Молодость. Интеллект. Инициатива: материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, Витебск, 25 апр. 2025 г.: в 2 т. / М-во образования Респ. Беларусь, Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»; редкол.: Е.Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. — Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2025. — Т. 2. — С. 297–299. — URL: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/47037> (дата обращения: 17.09.2025).
4. Саликов, В.В. Периферическое зрение в процессе подготовки волейболистов / В.В. Саликов // Тенденции развития науки и образования. — 2020. — № 61. — С. 79–82.
5. Иванова, Д.В. Особенности комплексов упражнений для развития периферического зрения спортсменов-волейболистов / Д.В. Иванова, О.Н. Малах // Научно-методическое обеспечение физического воспитания и спортивной подготовки студентов: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–15 янв. 2025 г. / Бел. гос. ун-т; редкол.: Ю.И. Масловская (гл. ред.) [и др.]. — Мн.: БГУ, 2025. — С. 551–556.
6. Спортивная метрология: метод. рекомендации к выполнению лабораторных работ / сост.: П.И. Новицкий, А.И. Новицкая. — Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2021. — 34 с.

REFERENCES

1. Solodilova E.S., Martynov A.P. *Molodoi ucheny* [Young Scholar], 2023, 43(490), pp. 288–290.
2. Malakh O.N., Ivanova D.V. *Kompleksy upravneni dlia razvitiya perifericheskogo zreniya: metod. rekomendatsii* [Exercise Complexes for the Development of Peripheral Vision: Guidelines], Vitebsk: VGU imeni P.M. Masherova, 2025, 35 p.
3. Ivanova D.V., Malakh O.N. *Molodost. Intellect. Initsiativa: materialy XII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. studentov i magistrantov, Vitebsk, 25 apr. 2025 g.* [Youth. Intellect. Initiative: Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference of Students and Master Students, Vitebsk, April 25, 2025], Vitebsk: VGU imeni P.M. Masherova, 2025, 2, pp. 297–299. — URL: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/47037> (Accessed: 17.09.2025).
4. Salikov V.V. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends of Science and Education Development], 2020, 61, pp. 79–82.
5. Ivanova D.V., Malakh O.N. *Nauchno-metodicheskoye obespecheniye fizicheskogo vospitaniya i sportivnoi podgotovki studentov: materialy III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Minsk, 14–15 yanv. 2025 g.* [Scientific and Methodological Provision of Student Physical Education and Sport Training: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference, Minsk, January 14–15 2025], Minsk, BGU, 2025, pp. 551–556.
6. Novitski P.I., Novitskaya A.I. *Sportivnaya metrologiya: metod. rekomendatsii k vypolneniyu laboratornykh rabot* [Sport Metrology: Guidelines], Vitebsk: VGU imeni P.M. Masherova, 2021, 34 p.

Поступила в редакцию 29.12.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: dianaivanova3122002@mail.ru — Иванова Д.В.

УДК 378.147:316.7:81-057.875

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ ПО МЕЖКУЛЬТУРНОЙ КОММУНИКАЦИИ В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ-ФИЛОЛОГОВ

Е.Н. Горегляд*, О.Н. Кулиева**

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

**Белорусский государственный университет

Вопросы межкультурной коммуникации в современном мире приобретают особую актуальность, поскольку предполагают общение представителей различных культур с их уникальными традициями, ценностями и нормами поведения. Обучение межкультурному общению направлено на развитие умений осознавать и уважать культурные различия, а также на формирование навыков адаптивного поведения, способствующих преодолению барьеров и успешному взаимодействию в многообразном социальном пространстве.

Цель статьи — очертить теоретические основы и практические шаги, которые позволят обучить студентов успешному взаимодействию с представителями разных культур, сформировать умения и навыки, необходимые для продуктивной межкультурной коммуникации, для предотвращения возможных конфликтов, связанных с культурными различиями.

Материал и методы. *Материалом исследования послужили эмпирические данные, полученные в ходе лекционных и практических занятий в мультикультурной аудитории. В качестве методов исследования используются контент-анализ лингвометодической литературы по теме, эмпирические методы педагогического наблюдения и эксперимента.*

Результаты и их обсуждение. *Увеличение экспорта образовательных услуг в рамках международного сотрудничества вузов определяет особое внимание к проблемам межкультурной коммуникации, особенно в молодежной среде. В рамках исследования рассмотрены ведущие методы и принципы обучения студентов межкультурной коммуникации, предложены конкретные практические задания для совершенствования умений и навыков эффективного общения в мультикультурной аудитории, а также для формирования готовности молодежи к межкультурному диалогу.*

Заключение. *Обучение межкультурному общению — один из важнейших компонентов подготовки специалистов-филологов, способных эффективно взаимодействовать в ситуациях общения, разрешать и нивелировать межкультурные конфликты. Оно отражает современную парадигму филологического образования как интеграцию лингвистических и культурологических аспектов. Применение описанных методов позволяет студентам не только усвоить теоретические сведения, но и практиковать навыки адаптации и взаимодействия в реальных и смоделированных коммуникативных ситуациях.*

Ключевые слова: *межкультурная коммуникация, социокультурная компетенция, принцип диалога культур, принцип личностно ориентированной направленности, принцип коммуникативной направленности, метод биографической рефлексии, метод самооценки.*

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF CONDUCTING CROSSCULTURAL COMMUNICATION CLASSES IN THE SYSTEM OF PHILOLOGY STUDENT TRAINING

E.N. Goreglyad*, O.N. Kuliyeva**

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

**Belarusian State University

Issues of crosscultural communication in the modern world are becoming particularly relevant, since they involve communication between representatives of different cultures with their unique traditions, values and norms of behavior. Intercultural communication training is aimed at developing the skills to recognize and respect cultural differences, as well as the formation of adaptive behavior skills that help overcome barriers and interact successfully in a diverse social space.

The purpose of the article is to outline the theoretical foundations and practical steps that will allow students to successfully interact with representatives of different cultures, develop the skills necessary for productive intercultural communication, and prevent possible conflicts related to cultural differences.

Material and methods. The research material was based on empirical data obtained during lectures and practical classes in a multicultural class. The research methods used are content analysis of linguistic literature on the topic, methods of pedagogical observation and experiment.

Findings and their discussion. The increase in the export of educational services within the framework of international university cooperation determines special attention to the problems of intercultural communication, especially among young people. The research examines the leading methods and principles of teaching students intercultural communication, suggests specific practical tasks for improving the skills of effective communication in a multicultural audience, and for developing youth readiness for intercultural dialogue.

Conclusion. Teaching intercultural communication is one of the most important components of training philologists who are able to interact effectively in communication situations, resolve and neutralize intercultural conflicts. It reflects the modern paradigm of philological education as an integration of linguistic and cultural aspects. The application of the described methods allows students not only to learn theoretical information, but also to practice the skills of adaptation and interaction in real and simulated communicative situations.

Key words: crosscultural communication, social and cultural competence, the principle of dialogue of cultures, the principle of personality-based orientation, the principle of communicative orientation, the methods of biographical reflection and self-assessment.

В современном мире особую значимость приобретает укрепление межкультурных связей представителей различных национальностей. Существенным в этом плане является формирование межкультурного диалога в молодежной среде, что, в частности, реализуется в процессе обучения иностранных студентов в высших учебных заведениях нашей страны.

Межкультурная коммуникация представляет собой одно из прогрессивно развивающихся направлений лингвистики как за рубежом, так и в Беларуси. Изучение проблем, связанных с осуществлением успешной межкультурной коммуникации, началось сравнительно недавно. В частности, некоторые теоретические и практические аспекты данного процесса пока еще не нашли должного отражения в лингвистических, социологических, культурологических, методологических исследованиях. Мощным стимулом для развития этого научного направления является практический интерес, обусловленный возникновением множества организаций, прежде всего в сферах экономики и образования, ориентированных на наиболее эффективные схемы взаимодействия и сотрудничества [1].

Обучение эффективным навыкам межкультурной коммуникации в подготовке студентов-филологов видится особенно актуальным. Во-первых, курс «Межкультурная коммуникация» способствует углублению лингвистических знаний студентов и пониманию ими того, как язык функционирует в разных культурных контекстах. Во-вторых, в ходе его изучения развиваются практические навыки, необходимые для успешного общения в мультикультурной среде, что очень важно в условиях глобализации. Кроме этого, знание специфики и закономерностей кросс-культурного общения формирует критическое мышление, развивает аналитические способности и гибкость в восприятии чужих традиций и ценностей, что не только расширяет профессиональные возможности филологов в переводческой или преподавательской деятельности, но и воспитывает толерантность, помогая осознать роль языка в формировании культурной идентичности. Следовательно, знание особенностей межкультурной коммуникации не просто дополняет филологическое образование, а становится его неотъемлемой частью, обеспечивая студентам конкурентное преимущество в будущей карьере. Таким образом, актуальность изучения проблем, связанных с осуществлением успешной межкультурной коммуникации, и важность включения данного курса в академическую систему подготовки студентов-филологов не вызывает сомнений.

Цель статьи — обоснование методов и принципов, необходимых для эффективного образовательного процесса, направленного на развитие межкультурных компетенций.

Материал и методы. Материалом исследования послужили эмпирические данные, полученные в ходе лекционных и практических занятий в мультикультурной аудитории. Методологической основой изучения аспектов межкультурного общения являются работы Е.М. Верещагина, В.Г. Костомарова, С.Г. Тер-Минасовой, А.П. Садохина, Э. Холла, Г. Трейгера, М. Беннетта и других ученых-лингвистов, исследующих взаимосвязь языка и культуры, особенности коммуникации между представителями разных культур. В качестве методов исследования применялись педагогическое наблюдение и эксперимент, предполагающий получение данных о специфике межкультурного общения в учебных группах.

Результаты и их обсуждение. Впервые концепция межкультурной коммуникации как научной дисциплины вводится в работе американских антропологов Г. Трейгера и Э. Холла «Культура и коммуникация. Модель анализа» (1954), где они «систематизировали принципы взаимодействия культур через коммуникацию» [2]. Примечательно, что межкультурная коммуникация в понимании

Г. Трейгера и Э. Холла — это идеальная цель, к которой должен стремиться человек в своем желании как можно лучше и эффективнее адаптироваться к окружающему миру [3]. Классическое определение данного понятия предложено Е.М. Верещагиным и В.Г. Костомаровым в книге «Язык и культура», где межкультурная коммуникация понимается авторами как «адекватное взаимопонимание двух участников коммуникативного акта, принадлежащих к разным национальным культурам» [4, с. 26]. Из этого следует, что «межкультурная коммуникация — это особая форма диалога представителей различных социокультурных систем, в ходе которого происходит обмен культурными ценностями. Двужычная межкультурная коммуникация, следовательно, представляет собой еще более сложный процесс, поскольку она «отягощена» двумя различными языковыми кодами, что, несомненно, не может не усложнять общение» [1, с. 50].

Данные теоретические положения находят практическое применение в организации международного сотрудничества в вузах Республики Беларусь, которое строится на основе кооперации и прямых связей со странами ближнего и дальнего зарубежья. В настоящее время основными направлениями международного сотрудничества являются экспорт образовательных услуг, обучение иностранных граждан, совместные научные исследования, проведение семинаров, конференций, выставок, обмен научной информацией, специалистами и студентами, разработка совместных проектов с зарубежными партнерами и др.

В нашей стране проводится активная работа по привлечению иностранных студентов в белорусские вузы, а также по продвижению образовательных программ за рубежом. С этой целью на государственном уровне была принята «Концепция развития экспорта образовательных услуг (продвижение бренда “Образование в Беларуси”) на 2022–2025 годы», направленная на увеличение привлекательности белорусского образования для иностранных студентов и расширение экспорта образовательных услуг [5].

Беларусь успешно наращивает экспорт образовательных услуг. По данным Министерства образования Республики Беларусь, в вузах страны обучается около 28,5 тысячи иностранных граждан из более чем 112 стран мира. Больше всего иностранных студентов приезжает в Беларусь из Китайской Народной Республики — около 37%, а также из Узбекистана, Туркменистана, России. В последнее время растет количество представителей стран Африки и Азии, желающих получить высшее образование в нашей стране. Отечественное высшее образование привлекает молодых людей из-за рубежа возможностью обучения на русском языке, преемственностью советских традиций и невысокой стоимостью.

Преграды в общении — это первое, с чем сталкивается иностранец, приехавший в другую страну. Элементарные проблемы — как задать вопрос, как правильно попросить, как грамотно ответить, объяснить и т.д. — с первых дней пребывания в чужой стране становятся первостепенными для иностранных студентов. И это естественно, поскольку правила речевого поведения — важнейший фактор, обеспечивающий безбарьерное решение многих материальных, социальных и иных вопросов повседневной жизни.

В процессе формирования готовности к межкультурному диалогу значительная роль отводится дисциплине «Межкультурная коммуникация», основная цель преподавания которой состоит в формировании и систематизации знаний, позволяющих расширить представления студентов о сущности явлений, процессов межкультурного взаимодействия. В ходе лекционных и практических занятий студенты не только знакомятся с научными основами теории коммуникации, но также учатся применять на практике основные правила эффективного межкультурного общения, изучают критерии его успешности и пути оптимизации. Усвоение базовых положений курса позволяет студентам-филологам успешнее применять на практике принципы межкультурной толерантности, грамотно структурировать коммуникативную деятельность в профессиональной сфере.

Несмотря на сложность преподавания в мультикультурной аудитории (в нашем случае в одной группе обучаются студенты из Беларуси, Шри-Ланки и Китая), отметим, что такой состав обучающихся «выгоден» для проведения занятий по межкультурной коммуникации, поскольку способствует наиболее оптимальному освоению разнообразных форм отношений и общения между представителями разных культур.

Основным методологическим подходом к проведению занятий по межкультурной коммуникации является социокультурный. Значимость решения проблем межкультурной коммуникации определяет то внимание, которое современная научно-методическая парадигма уделяет формированию

социокультурной компетенции в практике обучения иностранных студентов. Важность овладения данной компетенцией при изучении иностранного языка — одно из условий достижения взаимопонимания, что влечет за собой выработку способности преодолевать и разрешать коммуникативные конфликты, эффективно адаптироваться к иному социуму и строить общение с представителями другой культуры.

Под социокультурной компетенцией обычно понимают совокупность знаний о стране изучаемого языка, навыки пользования приобретенными знаниями, личностное отношение к фактам иноязычной культуры, правильное употребление социально маркированных языковых единиц в речи [6, с. 286–287].

Студенту-иностранцу недостаточно иметь пусть даже очень обширный лексический запас или детально изучить синтаксическое строение чужого языка. Успешная двуязычная коммуникация наряду с владением иностранным языком предполагает ряд других умений и навыков: адекватно воспринимать, а затем и интерпретировать коммуникативное поведение иноязычного собеседника; выделять общие и характерные черты различных видов коммуникативного поведения в иноязычной культуре; варьировать модели иноязычного коммуникативного поведения [1, с. 51].

По мнению Е.М. Верещагина и В.Г. Костомарова, в основе языковых структур лежат социокультурные, поэтому для активного использования языка как средства общения следует как можно глубже знать «мир изучаемого языка», который состоит из совокупности внеязыковых фактов [4, с. 48]. Необходимо погрузиться в культуру страны изучаемого языка, овладеть аксиологическими доминантами, ознакомиться с традициями народа, знать культурный компонент значения слова, реалии чужой культуры. Данный подход в обучении поможет иностранцу оптимально преодолеть такие этнорелятивистские этапы, как признание, адаптация, интеграция, выделенные в классификации М. Беннетта [7].

В основе развития социокультурной компетенции лежит принцип диалога культур, реализация которого в процессе обучения позволит выявить общие и отличительные черты родной и осваиваемой культуры, использовать это знание в процессе коммуникации, выработать позитивное отношение к изучаемому языку и его носителям, а также поспособствует формированию умения распознавать «смысловые ориентиры» другого лингвистического социума и решать коммуникативные конфликты [8].

Основными применяемыми формами организации занятий по межкультурной коммуникации являются лекции (для теоретического изучения дисциплины), тренинги, предполагающие моделирование коммуникативных ситуаций (для практического освоения социокультурного контекста), а также групповые проекты (для формирования навыков эффективной командной работы).

Теоретическое освоение дисциплины происходит в ходе лекций, которые не выступают в качестве обособленных форм обучения, поскольку лекционный материал органически и непосредственно соотносится с тематикой и проблематикой практических занятий. Для проверки усвоенности теоретических положений при подготовке к практическому занятию студентам предлагаются вопросы и задания для самоконтроля. Например, в рамках изучения темы «Теория межкультурной коммуникации как наука. Объект и предмет теории межкультурной коммуникации» студентам необходимо выполнить задания в виде формулировки ответов на следующие вопросы:

1. Дайте характеристику основных понятий теории межкультурной коммуникации.
2. Назовите типы межкультурной коммуникации, которые выделяются на уровне микрокультуры.
3. Назовите четыре основные формы межкультурной коммуникации.
4. Охарактеризуйте доминанты межкультурной коммуникации.
5. Сформируйте список ключевых слов темы.

Выполнение подобных заданий предусматривает эффективную внеаудиторную работу студентов, в рамках которой реализуются задачи самостоятельной учебной деятельности.

На практических занятиях стоит использовать активные методы работы, которые способствуют формированию различных компетенций для эффективного межкультурного контакта. В первую очередь это тренинги, направленные на развитие знаний, умений, навыков и социальных установок. Особую заинтересованность в студенческой аудитории вызывают тренинги, проведенные в игровой форме.

Так, на практических занятиях по теме «Невербальная коммуникация, ее сущность и специфика» студентам предлагается стать представителями разных культурных сообществ. Один из участников тренинга (это также могут быть малые группы) должен вручить собеседнику подарок, традиционный для своей культуры, используя только невербальные средства коммуникации, в том числе элементы культурно маркированного этикета. Адресату нужно понять, что именно ему дарят. Целью такой

работы является ознакомление с национально-специфическими реалиями и отличительными чертами норм этикета других народов.

Для реализации принципа личностно ориентированной направленности студентам предлагаются, в частности, следующие задания:

1) приведите пример ситуации межкультурного контакта из вашего личного опыта, проанализируйте ее;

2) расскажите о ситуации, в которой вами не была достигнута коммуникативная цель, проанализируйте возможные причины;

3) опишите процесс вашей адаптации к белорусской культуре;

4) составьте список основных качеств, которые, на ваш взгляд, необходимы для эффективного межкультурного взаимодействия, и список качеств, которые мешают ему.

Интерпретируя конкретные коммуникативные ситуации, студент проводит самоанализ (пусть даже подсознательно), приобретает коммуникативный опыт, что поможет ему в дальнейшем формировать эффективную тактику и стратегию поведения. Тем самым соблюдается принцип коммуникативной направленности, который предполагает формирование и развитие речевой компетенции студента, переход от фатического и фонетического уровней к речевому (согласно концепции Дж. Остина [9]).

Осмыслить ценности собственной культуры, связать их с нормами поведения даст возможность следующее индивидуальное задание: каждому студенту предлагается список ценностей, которые необходимо ранжировать по степени значимости. Таковыми могут быть *гостеприимство; открытость; патриотизм; душевная гармония; карьера; умение влиять на людей; честность; верность в дружбе* и др. В результате формируется так называемая «пирамида ценностей», характерная для представителя той или иной культурной общности.

Пирамида ценностей белорусских студентов	Пирамида ценностей туркменских студентов	Пирамида ценностей китайских студентов
Карьера	Гостеприимство	Верность в дружбе
Высокое материальное благосостояние	Умение влиять на людей	Душевная гармония
Душевная гармония	Справедливость	Справедливость
Справедливость	Карьера	Законопослушание
Умение влиять на людей	Патриотизм	Высокое материальное благосостояние
Умение выделяться среди других	Законопослушание	Патриотизм
Терпение по отношению к представителям других религий	Верность в дружбе	Карьера
Гостеприимство	Высокое материальное благосостояние	Гостеприимство
Патриотизм	Умение выделяться среди других	Честность
Верность в дружбе	Терпение по отношению к представителям других религий	Терпение по отношению к представителям других религий
Честность	Душевная гармония	Умение выделяться среди других
Законопослушание	Честность	Умение влиять на людей

Выполнение данного задания позволяет выявить систему приоритетов, характерных для представителей определенной культурной общности, понять мотивы поведения людей в различных коммуникативных ситуациях [10; 11].

С методом биографической рефлексии тесно связан метод самооценки. Посредством заданий (тестов, опросников, анкет), разработанных на основе этого метода, студенты анализируют и оценивают собственные коммуникативные способности, степень развития этноцентризма, умение адаптироваться к вероятным межкультурным конфликтам [12].

Важным в обучении студентов коммуникации в межкультурном пространстве является принцип коммуникативной направленности, предусматривающий формирование умений спонтанного общения в рамках реального межкультурного взаимодействия. Это могут быть составление мини-диалогов,

задания на завершение предложений, задания на выбор правильного ответа и исправление ошибок и т.д. Так, возможна работа в парах при составлении вопросно-ответных реплик, что позволит эффективно овладеть поведенческими нормами в различных коммуникативных ситуациях.

Нельзя не отметить актуальность групповой работы на занятиях по межкультурной коммуникации. Такая форма организации учебного процесса имеет свою специфику. В частности, ее следует применять на практических занятиях поэтапно. На первом (подготовительном) этапе необходимо очертить цель предстоящей работы с четкой мотивацией, выработать оптимальный алгоритм, обозначить объем и характер фактического материала (с опорой на лекционный и иной культурологический материал), распределить роли в группе. Для выполнения практического задания преподаватель выдает подгруппе листок, на котором написана какая-либо национальность. Студенты должны рассказать о ней так, чтобы остальные смогли отгадать, какая национальность представлена. На этом этапе можно применить ролевые игры, моделирование ситуаций и т.д. Далее, опираясь на полученные знания и усвоенные навыки, группа формирует итоговый проект. Таковым может быть творческая работа, презентация информации об особенностях культуры разных стран, дискуссия и т.д.

Отметим, что результативность подобной работы во многом зависит от личности преподавателя, который должен рационально сформировать группы, четко распределить задачи и роли внутри групп с учетом индивидуальных когнитивных и креативных особенностей студентов, контролировать ход выполнения проектов, организовать итоговое обсуждение представленных студентами материалов. Преподавателю необходимо подготовить студентов к адекватному восприятию иной культуры, к пониманию условности национальных стереотипов и традиций, к признанию равноправия и равноценности культур.

Заключение. Реализация государственных программ требует от преподавателей филологических дисциплин особого внимания к методикам, которые способствуют преодолению коммуникативных барьеров и формируют готовность к диалогу культур. Знание методологических основ преподавания межкультурной коммуникации в подготовке студентов-филологов особенно важно в мультикультурной академической среде.

Анализ теоретических работ по проблемам межкультурной коммуникации демонстрирует, что эффективное межкультурное взаимодействие требует не только лингвистических знаний, но и глубокого понимания социокультурного контекста.

Методологическая основа занятий по межкультурной коммуникации строится на органичном сочетании культурологического и коммуникативного подходов с применением активных методов обучения, с учетом культурных, психологических особенностей студентов, их лингвистической подготовки.

Все элементы учебного процесса при изучении межкультурной коммуникации взаимосвязаны и взаимозависимы. Основная цель занятий — сформировать у студентов умение адаптироваться к различиям в традициях, нормах и правилах поведения представителей различных культур, развить межкультурную толерантность, способность вырабатывать конструктивный стиль поведения в конфликтных ситуациях.

Практические методы, предложенные в данном исследовании, такие как тренинги, ролевые игры, групповые проекты и биографическая рефлексия, позволят формировать ключевые социокультурные компетенции: адаптивность, толерантность и навыки анализа культурно-маркированного поведения. Опыт белорусских вузов, где обучаются студенты из более чем 100 стран, подчеркивает актуальность разработанных подходов.

Таким образом, методологическая база обеспечивает развитие навыков толерантного восприятия, критического мышления и способности к эффективному межкультурному взаимодействию, что является необходимым в условиях глобализации и постоянно меняющегося межкультурного пространства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулиева, О.Н. Коммуникативные барьеры в межкультурной коммуникации: причины возникновения / О.Н. Кулиева // Актуальные вопросы германской филологии и методики преподавания иностранных языков: материалы XIV Респ. науч.-практ. конф., Брест, 12 марта 2010 г.: в 2 т. / Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина; редкол.: Н.А. Тарасевич [и др.]. — Брест: Альтернатива, 2010. — Т. 1. — С. 50–53.
2. Садохин, А.П. Межкультурная коммуникация: учебник для вузов / А.П. Садохин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Юрайт, 2023. — 387 с.
3. Тер-Минасова, С.Г. Язык и межкультурная коммуникация / С.Г. Тер-Минасова. — М.: Слово, 2008. — 146 с.
4. Верещагин, Е.М. Язык и культура: Лингвострановедение в преподавании русского языка как иностранного / Е.М. Верещагин, В.Г. Костомаров. — 7-е изд., испр. и доп. — М.: Русский язык. Курсы, 2022. — 304 с.

5. Концепция развития экспорта образовательных услуг (продвижение бренда «Образование в Беларуси») на 2022–2025 годы. — URL: <https://edu.gov.by/sistema-obrazovaniya/upravlenie-mezhdunarodnogo-sotrudnichestva/Концепция+План%202022-2025.pdf> (дата обращения: 29.07.2025).
6. Азимов, Э.Г. Новый словарь методических терминов и понятий (теория и практика обучения языкам) / Э.Г. Азимов, А.Н. Щукин. — М.: Издательство ИКАР, 2009. — 448 с.
7. Bennett, M.J. Becoming intercultural competent / M.J. Bennett // *Toward multiculturalism: A reader in multicultural education* / ed. by J.S. Wurzel. — Newton, MA: Intercultural Resource Corporation, 2004. — URL: https://www.idrinstitute.org/wp-content/uploads/2018/02/becoming_ic_competent.pdf (date of request: 30.07.2025).
8. Гутнова, З.К. Методика обучения идиоматичной диалогической речи на продвинутых этапах обучения английскому языку в лингвистическом вузе: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Гутнова Залина Казбековна; Моск. гос. лингв. ун-т. — М., 2000. — 209 с.
9. Остин, Дж.Л. Как совершать действия при помощи слов / Дж.Л. Остин; пер. с англ. В.П. Руднева // *Избранные работы*. — М.: Дом интеллектуальной книги, 1999. — С. 11–135.
10. Горегляд, Е.Н. Ценностные ориентации белорусской и туркменской молодежи / Е.Н. Горегляд // *Наука — образованию, производству, экономике: материалы 74-й Регион. науч.-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 18 февр. 2022 г.* / Вит. гос. ун-т; редкол.: Е.Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. — Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2022. — С. 169–171. — URL: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/31646> (дата обращения: 20.07.2025).
11. Горегляд, Е.Н. Ценностные ориентации белорусской и китайской молодежи / Е.Н. Горегляд // *Аксиология филологического образования в контексте подготовки педагога будущего: материалы II Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 35-летию создания кафедры риторики и методики преподавания языка и литературы, Минск, 20–21 марта 2023 г.* / Бел. гос. ун-т; редкол.: И.М. Саникович (гл. ред.) [и др.]. — Мн., 2023. — С. 402–406. — URL: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/42358> (дата обращения: 20.07.2025).
12. Теория и практика межкультурной коммуникации: учеб.-метод. комплекс по учеб. дисциплине для спец. (направление специальности) 1-21 05 02-04 Русская филология (русский язык как иностранный) / сост. Е.Н. Горегляд; М-во образования Республики Беларусь, Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова», Филологический фак., Каф. общего и русского языкознания. — Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2016. — 120 с. — URL: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/9771> (дата обращения: 20.07.2025).

REFERENCES

1. Kuliyeva O.N. *Aktualniye voprosy germanskoi filologii i metodiki prepodavaniya inostrannykh yazykov: materialy XIV Resp. nauch.-prakt. konf., Brest, 12 marta 2010 g.* [Current Issues of Germanic Philology and Foreign Language Teaching: Proceedings of the 14th Republican Scientific and Practical Conference, Brest, March 12, 2010], Brest: Alternativa, 2010, 1, pp. 50–53.
2. Sadokhin A.P. *Mezhkulturnaya kommunikatsiya: uchebnik dlia vuzov* [Crosscultural Communication: University Textbook], M.: Yurait, 2023, 387 p.
3. Ter-Minasova S.G. *Yazyk i mezhkulturnaya kommunikatsiya* [Language and Crosscultural Communication], M.: Slovo, 2008, 146 p.
4. Vereshchagin E.M., Kostomarov V.G. *Yazyk i kultura: Lingvostranovedeniye v prepodavanii russkogo yazyka kak inostrannogo* [Language and Culture: Cultural Linguistics in Teaching Russian as a Foreign Language], M.: Russki yazyk. Kursy, 2022, 304 p.
5. *Kontseptsiya razvitiya eksporta obrazovatelnykh uslug (prodvizeniye Brenda "Obrazovaniye v Belarusi" na 2022–2025 gody* [Concept of the Development of Education Services Export ("Education in Belarus" Brand Promotion) for the Years of 2022–2025. — URL: <https://edu.gov.by/sistema-obrazovaniya/upravlenie-mezhdunarodnogo-sotrudnichestva/Концепция+План%202022-2025.pdf> (Accessed: 29.07.2025).
6. Azimov E.G., Shchukin A.N. *Novy slovar metodicheskikh terminov i poniati (teoriya i praktika obucheniya yazykam)* [New Dictionary of Methodological Terms and Notions (Theory and Practice of Teaching Languages)], M.: Izdatelstvo IKAR, 2009, 448 p.
7. Bennett, M.J. Becoming intercultural competent / M.J. Bennett // *Toward multiculturalism: A reader in multicultural education* / ed. by J.S. Wurzel. — Newton, MA: Intercultural Resource Corporation, 2004. — URL: https://www.idrinstitute.org/wp-content/uploads/2018/02/becoming_ic_competent.pdf (date of request: 30.07.2025).
8. Gutnova Z.K. *Metodika obucheniya idiomaticheskoi dialogicheskoi rechi na prodvinytykh etapakh obucheniya angliskomu yazyku v lingvisticheskom vuze: dis. ... kand. ped. nauk* [Methods of Teaching Idiomatic Dialogical Speech at the Advanced Levels of Teaching English at the Linguistic University: PhD (Education) Dissertation], M., 2000, 209 p.
9. Ostin J.L. *Izbranniye raboty* [Selected Works], M.: Dom intellektualnoi knigi, 1999, pp. 11–135.
10. Goregliad E.N. *Nauka — obrazovaniyu, proizvodstvu, ekonomike: materialy 74-I Region. nauch.-prakt. konf. prepodavatelei, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov, Vitebsk, 18 fevr. 2022 g.* [Science — for Education, Industry, economy: Proceedings of the 74th Regional Scientific and Practical Conference of Teachers, Researchers and Postgraduates, Vitebsk, February 18, 2022], Vitebsk: VGU imeni P.M. Masherova, 2022, pp. 169–171. — URL: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/31646> (Accessed: 20.07.2025).
11. Goregliad E.N. *Aksiologiya filologicheskogo obrazovaniya v kontekste podgotovki pedagoga budushchego: materialy II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posviashchennoi 35-letiyu sozdaniya kafedry ritoriki i metodiki prepodavaniya yazyka i literatury, Minsk, 20–21 marta 2023 g.* [Axiology of Philological Education in the Context of Training the Teacher of the Future: Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference, Minsk, March 20–21 2023], Mn., 2023, pp. 402–406. — URL: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/42358> (Accessed: 20.07.2025).
12. Goregliad E.N. *Teoriya i praktika mezhkulturnoi kommunikatsii: ucheb.-metod. kompleks po ucheb. distsipline dlia spets. (po napravleniyam spetsialnosti)* [Theory and Practice of Crosscultural Communication: Academic and Methodological Complex], Vitebsk: VGU imeni P.M. Masherova, 2016, 120 p. — URL: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/9771> (Accessed: 20.07.2025).

Поступила в редакцию 30.07.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: ylgoregliad@yandex.by — Горегляд Е.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРЕВНОВАТЕЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ В СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ ВИДАХ ЛЕГКОЙ АТЛЕТИКИ (СПРИНТ, ПРЫЖКИ) НА ЭТАПЕ ВЫСШЕГО СПОРТИВНОГО МАСТЕРСТВА

И.И. Трофимович

*Учреждение образования «Гомельский государственный
университет имени Ф. Скорины»*

Спорт высоких достижений требует от специалистов в обозначенной области проведения статистических исследований соревновательных результатов у высококвалифицированных легкоатлетов — для выявления перспективных направлений их спортивной подготовки.

Цель статьи — изучение уровня соревновательных результатов у легкоатлетов (специализация спринт и прыжки) России и Беларуси на этапе высшего спортивного мастерства.

Материал и методы. *В процессе исследования статистической обработке и анализу подвергались результаты протоколов чемпионатов по легкой атлетике Республики Беларусь и Российской Федерации. Для этого отбирались результаты, показанные высококвалифицированными легкоатлетами (этап высшего спортивного мастерства) в финалах данных соревнований (количество испытуемых — 7–8 финалистов у мужчин и женщин) в беге на 100, 200 м, а также в прыжках в длину и тройном прыжке в период с 2014 по 2024 год.*

Результаты и их обсуждение. *Проведенный анализ уровня соревновательных результатов в указанных скоростно-силовых видах легкой атлетике (в беге на 100 и 200 м, в прыжках в длину и тройном прыжке) у высококвалифицированных легкоатлетов позволил определить, что средние показатели рассматриваемого уровня у белорусских легкоатлетов чуть ниже, чем у атлетов из Российской Федерации. Несмотря на значительные успехи отечественных спортсменов на международной арене, выявленная проблема требует дальнейшего изучения и поиска путей ее решения.*

Заключение. *Полученные в ходе эксперимента данные открывают возможность для более детального исследования выделенного аспекта проблемы путем разработки методики подготовки спортивного резерва в специализированных по спорту классах, в скоростно-силовых видах легкой атлетике на этапах начальной спортивной специализации и углубленной спортивной специализации, что в перспективе позволит оказать положительное влияние на результаты легкоатлетов в спорте высших достижений.*

Ключевые слова: *спорт, легкая атлетика, скоростно-силовые виды, спортивный результат, спринт, этап высшего спортивного мастерства.*

STUDY OF COMPETITIVE RESULTS IN SPEED AND POWER ATHLETICS (SPRINT, JUMPS) AT THE STAGE OF HIGHER SPORTS MASTERY

I.I. Trofimovich

Education Establishment “Francisk Skorina Gomel State University”

High-performance sport requires specialists in this field to conduct statistical studies of the competitive results of highly qualified track and field athletes in order to identify promising areas for their sports training.

The purpose of the work was a study of the level of competitive results of track and field athletes (specializing in sprint and jumps) in Russia and Belarus at the stage of higher sports mastery.

Material and methods. *In the course of the work, the results of the protocols of the track and field championships of the Republic of Belarus and the Russian Federation were subjected to statistical processing and analysis. The results shown by highly qualified track and field athletes (stage of higher sports skills) in the finals of these competitions (the number of subjects was 7–8 finalists for men and women) in the 100, 200 m run, as well as in the long jump and triple jump in the period from 2014 to 2024 were selected for the study.*

Findings and their discussion. An analysis of elite athletes' performance in speed and power events (100 m and 200 m dashes, long jump, and triple jump) revealed that average performance in this area among Belarusian athletes is slightly lower than that of athletes from the Russian Federation. Despite the significant success of our athletes on the international stage, this issue requires further study and solutions.

Conclusion. The data obtained during the experiment open up the possibility for further study and research of the identified characteristics by developing a methodology for training sports reserves in specialized sports classes, in speed-strength types of athletics at the stages of initial sports specialization and advanced sports specialization, which will subsequently have an impact on the results of track and field athletes in high-performance sports.

Key words: sports, athletics, speed and power types, sports result, sprint, stage of higher sports mastery.

Королева спорта — именно такое название получила легкая атлетика, так как данный вид спорта — самый массовый и объединяет в себе множество дисциплин: беговые виды (спринт, бег на средние и длинные дистанции, бег по шоссе, кроссовый бег), спортивную ходьбу, прыжки (вертикальные и горизонтальные), метания, многоборья [1]. Значительная часть из них относится к скоростно-силовым видам спорта. Не являются исключением также бег на короткие дистанции и прыжковые дисциплины.

Бег на 100 м — самая зрелищная дисциплина, включенная в программу летней Олимпиады (у мужчин — с 1896 г., у женщин — с 1922 г.) и представляющая собой бег по прямой дорожке стадиона, длина которой измеряется от края линии старта, дальней от финиша, до края линии финиша, ближней к старту. Бег на 200 м — второй по длине спринтерский вид легкой атлетики (в программе Олимпийских игр с 1912 г. у мужчин и с 1948 г. у женщин), это бег по виражу и прямой дорожке стадиона (длина измеряется от края линии старта, дальней от финиша, до края линии финиша, ближней к старту, на дистанцию в 200 метров) [2; 3].

К горизонтальным прыжковым видам легкой атлетики относят прыжки в длину — олимпийский вид также (с 1896 г. у мужчин и 1948 г. у женщин), обозначающий бег по прямой дорожке сектора по прыжкам, отталкивания от деревянного бруска (планки) с последующим полетом и приземлением в яму с песком. И тройной прыжок начинается с фазы разбега по прямой, после чего спортсмену необходимо совершить отталкивание от планки, затем три элемента — скачок, шаг, прыжок, с последующим приземлением в яму с песком (у мужчин данный вид уже в программе первых Олимпийских игр — с 1896 г., у женщин — лишь с 1996 г.) [4].

Именно эти виды являются смежными дисциплинами в легкой атлетике (схожими по структуре, технике выполнения и не требующими использования при подготовке к ним кардинально различающихся тренировочных средств) и чаще всего высококвалифицированные спортсмены успешно совмещают их на международных соревнованиях [5; 6].

Цель статьи — изучение уровня соревновательных результатов у легкоатлетов (специализация спринт и прыжки) России и Беларуси на этапе высшего спортивного мастерства.

Материал и методы. В процессе исследования статистической обработке и анализу подвергались результаты протоколов чемпионатов по легкой атлетике Республики Беларусь (РБ) и Российской Федерации (РФ) [7; 8]. Для этого были отобраны результаты, показанные высококвалифицированными легкоатлетами в финалах данных соревнований (количество испытуемых — 7–8 финалистов у мужчин и женщин) в беге на 100, 200 м, а также в прыжках в длину и тройном прыжке. Важно отметить, что на конечный спортивный результат влияют различные факторы: погодные условия, географическое положение, время проведения соревнований, техническое оснащение места проведения состязаний, количество участников и т.д.). Нами анализировались показатели в период с 2014 по 2024 год (за исключением соревнований 2020 г., которые были отменены из-за пандемии).

Результаты и их обсуждение. Анализ полученных данных помог выделить наиболее высокие и низкие результаты у участников эксперимента (табл. 1).

В беге на 100 м наиболее низкий средний показатель финальных забегов у мужчин был зафиксирован в 2014 г. у спортсменов из РБ (11,02 с), в 2019 г. — у спринтеров из РФ (10,61). У женщин наиболее низкие показатели отмечались у бегуний из РБ в 2018 г. (12,46 с), у финалисток чемпионата России — в 2022 г. (11,71 с). Самые высокие показатели у мужчин в нашей стране продемонстрированы в 2022 г. (финалисты чемпионата РБ показали результат в 10,66 с), в России — в 2023 г. (средний результат

финалистов чемпионата РФ составил 10,34 с). Женщины наиболее высоких показателей достигли в 2016 г. (12,02 с) и 2023 г. (11,51 с), спортсменки из Беларуси и России соответственно.

В беге на дистанцию вдвое больше (200 м) самый низкий показатель у белорусских спринтеров (22,31 с) был зафиксирован в финале соревнований 2015 г., у женщин самый низкий показатель (24,97 с) отмечен в 2021 г.; самые высокие показатели наблюдались в 2021 г. у мужчин (21,66 с) и в 2022 г. у женщин (24,20 с). У российских спринтеров наиболее низкие показатели установлены в 2014 г. (21,48 с) у мужчин и в 2016 г. (23,97 с) у женщин, самые высокие показатели — в 2023 г. (20,83 с — мужчины и 23,05 с — женщины).

Таблица 1

Средние показатели финальных забегов у спортсменов (мужчины и женщины) за период эксперимента

Год	Пол	Бег 100 м (с)		Бег 200 м (с)		Прыжки в длину (м)		Тройной прыжок (м)	
		РБ	РФ	РБ	РФ	РБ	РФ	РБ	РФ
2014	Муж.	11,02	10,58	22,07	21,48	7,36	7,86	15,79	16,37
	Жен.	12,28	11,57	24,69	23,55	5,80	6,37	13,08	14,18
2015	Муж.	10,92	10,57	22,31	21,16	7,66	7,92	15,06	16,50
	Жен.	12,10	11,55	24,60	23,44	6,16	6,58	13,12	13,92
2016	Муж.	10,80	10,40	22,11	21,34	7,43	7,86	16,20	16,46
	Жен.	12,02	10,48	24,79	23,97	6,05	6,54	13,45	13,98
2017	Муж.	10,86	10,56	22,19	21,33	7,12	8,03	15,77	16,64
	Жен.	12,18	11,66	24,80	23,82	5,49	6,48	13,01	13,78
2018	Муж.	10,75	10,41	21,71	20,98	7,33	7,74	15,85	16,30
	Жен.	12,46	11,61	24,91	23,79	5,95	6,37	12,74	13,54
2019	Муж.	10,85	10,61	21,99	20,92	7,20	7,79	15,52	16,46
	Жен.	12,18	11,64	24,54	23,52	5,88	6,36	13,08	13,68
2021	Муж.	10,80	10,49	21,66	21,20	7,40	7,83	15,37	16,06
	Жен.	12,18	11,68	24,97	23,74	5,72	6,35	12,75	13,71
2022	Муж.	10,66	10,44	21,74	21,21	7,38	7,57	15,17	16,09
	Жен.	11,96	11,71	24,20	23,65	5,86	6,28	12,48	13,45
2023	Муж.	10,85	10,34	21,95	20,83	7,43	7,60	14,77	16,43
	Жен.	12,03	11,51	24,88	23,05	5,80	6,28	12,55	13,77
2024	Муж.	10,71	10,49	21,77	21,25	7,35	7,49	15,50	15,96
	Жен.	12,06	11,05	24,31	23,65	5,69	6,32	12,05	13,44

В прыжках в длину самые низкие результаты среди всех участников были отмечены в финале чемпионата РБ 2017 г., как у мужчин (7,12 м), так и у женщин (5,49 м), самые высокие результаты были показаны в 2015 г. — 7,66 м у мужчин и 6,16 м у женщин. На чемпионате РФ самые низкие показатели у мужчин принес 2024 г. (7,49 м), у женщин — 2023 г. (6,28 м); наилучших результатов достигли в 2017 г. мужчины (8,03 м) и в 2015 г. женщины (6,58 м).

В тройном прыжке у белорусских легкоатлетов наиболее низкими показателями характеризовались у мужчин финал чемпионата страны 2023 г. (14,77 м), а у девушек — финал 2024 г. (12,05 м). У прыгунов из Российской Федерации столь же низкие показатели отмечены на соревнованиях 2024 г.,

как у мужчин, так и у женщин (15,96 м и 13,44 м соответственно). Самые высокие показатели у белорусских прыгунов и прыгуний тройным зафиксированы в 2016 г. (результаты составили 16,20 м и 13,45 м соответственно). У спортсменов из России наилучшие результаты в финале соревнований 2017 г. у мужчин (16,64 м) и 2014 г. у женщин (14,18 м).

При обработке статистических данных также были установлены средние показатели в исследуемых видах за 10-летний период и рассчитана разница в показателях между группами спортсменов, что, в свою очередь, позволило определить уровень спортивных результатов (табл. 2).

Таблица 2

Разница среднегрупповых показателей между участниками исследования

Средние показатели	Пол	Бег 100 м (с)		Бег 200 м (с)		Прыжки в длину (м)		Тройной прыжок (м)	
		РБ	РФ	РБ	РФ	РБ	РФ	РБ	РФ
	Муж.	10,82	10,49	21,95	21,18	7,36	7,77	15,50	16,32
	Жен.	12,15	11,60	24,67	23,62	5,84	6,39	12,83	13,74
Разница величин между странами		РБ/ РФ		РБ/ РФ		РБ/ РФ		РБ/РФ	
в единицах	Муж.	0,33		0,77		0,41		0,82	
	Жен.	0,55		1,05		0,55		0,91	
в %	Муж.	3,05		3,51		5,28		5,02	
	Жен.	4,83		4,26		8,61		6,62	

Таким образом, средние показатели в беге на 100 м у мужчин за весь период исследования составили 10,82 с (РБ) и 10,49 с (РФ). При этом разница между результатами спортсменов из РБ и РФ имеет 3,05% или 0,33 с. У женщин средние показатели 12,15 с (РБ) и 11,60 (РФ), при этом выявлена разница среднегрупповых показателей в 4,84% или 0,55 с между бегуньями из РБ и РФ.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в беге на 100 м наилучшими соревновательными показателями обладают спринтеры из РФ (как в мужском, так и в женском спринте), вторую позицию занимают белорусские атлеты.

Среднегрупповые результаты в беге на 200 м у мужчин за период исследования составили 21,95 с (РБ) и 21,18 с (РФ). Наряду с этим разница результатов у групп спортсменов 3,51% (или 0,77 с) между атлетами-мужчинами РБ и РФ. У женщин среднегрупповые результаты выражаются в 24,67 с (РБ) и 23,62 с (РФ), а разница в результатах между спортсменками из РБ и РФ достигла показателя в 4,26% (или 1,05 с).

Эти данные свидетельствуют о более высоком уровне соревновательных результатов в беге на 200 м у спортсменов и спортсменок РФ, в то время как спринтеры из РБ чуть уступают им по приведенным показателям.

Средние показатели за весь период исследования у прыгунов из РБ установлены на уровне в 7,36 м, а у спортсменов из РФ — в 7,77 м. Вместе с тем разница между показателями спортсменов РБ и РФ составила 5,28% (или 0,41 м). У женщин средние показатели расположились на уровне 5,84 м (РБ) и 6,39 м (РФ), а разница в показателях между прыгуньями из РБ и РФ составила 8,61% (или 0,55 м).

Исходя из анализа результатов в прыжках в длину можно констатировать, что в данном виде чуть более лучшими соревновательными показателями обладают спортсмены из РФ (мужчины и женщины) в сравнении с атлетами из РБ.

Средние результаты за период исследования у белорусских прыгунов тройным составили 15,50 м, у спортсменов из России — 16,32 м. При этом разница среднегрупповых показателей между прыгунами из РБ и РФ 5,02% (или 0,82 м). У женщин средние показатели отмечены на уровне 12,83 м — РБ и 13,74 м — РФ. Разница между результатами финалисток чемпионатов РБ и РФ достигла показателя в 6,62% (или 0,91 м).

Таким образом, по уровню соревновательных показателей в тройном прыжке у мужчин также преобладают спортсмены и спортсменки из Российской Федерации.

Важно отметить, что история современного отечественного спорта, несмотря на некоторую разницу среднего уровня соревновательных показателей у спортсменов из Республики Беларусь, знает немало имен победителей и призеров крупнейших международных форумов в исследуемых дисциплинах легкой атлетики. Среди них чемпионка игр XXVIII Олимпиады 2004 г. в беге на 100 м Ю. Нестеренко; бронзовый призер чемпионата Европы 2002 г. в тройном прыжке, финалист Олимпийских игр и чемпионатов мира в прыжках в длину А. Главацкий; бронзовые призеры в тройном прыжке А. Цапик (чемпионат Европы 2012 г.), Д. Плотницкий (чемпионат Европы среди юниоров 2007 г.), А. Лебедько (чемпионат Европы среди молодежи 2009 г.); чемпионка мира 2004 г. в закрытых помещениях на дистанции 200 м Н. Сафронникова; серебряный призер чемпионата мира 2010 г. среди юниоров в беге на 200 м А. Линник; обладательница бронзовой (2011 г.) и серебряной (2019 г.) медалей в прыжках в длину А. Мирончик-Иванова; серебряный призер чемпионата Европы 2012 г. в прыжках в длину О. Сударева; бронзовый призер чемпионата Европы среди молодежи 2019 г. в тройном прыжке В. Козловская и др. [9].

Достижения наших легкоатлетов позволяют сделать вывод о наличии высококвалифицированных тренерских кадров в Республике Беларусь, которые могут подготовить спортсменов для успешного выступления на международных состязаниях. Однако установленный в ходе исследования средний уровень соревновательных показателей свидетельствует о необходимости поиска путей, направленных на его повышение и решение выявленной проблемы в целом.

Проведенные ранее нами исследования [10–13] показывают, что одним из перспективных путей решения данной проблемы может выступать подготовка спортивного резерва в условиях специализированных по спорту классов. Установленные перспективные направления совершенствования физических качеств у юных легкоатлетов, предполагающие комплексное развитие физических качеств и компонентов их технической подготовленности; возможность проводить учебно-тренировочные занятия два раза в день (на более поздних этапах тренировочного процесса); использование упражнений общеразвивающего характера для развития физических качеств; необходимость проведения своевременного педагогического контроля (не менее 4 раз за год) за уровнем физической подготовленности, а также применение стандартизированной 10-балльной шкалы оценок для проведения подобного контроля легли в основу экспериментальной методики физической подготовки юных спортсменов, занимающихся в условиях специализированных по спорту классов на этапах начальной спортивной специализации и углубленной спортивной специализации. Совершенствование предложенной методики несомненно позволит образовать фундамент для достижения самых высоких результатов в скоростно-силовых видах легкой атлетики на последующих этапах подготовки.

Заключение. Посредством проведенного констатирующего эксперимента было установлено, что в исследуемых скоростно-силовых видах легкой атлетики лучший уровень соревновательных результатов зафиксирован у спортсменов и спортсменок из Российской Федерации (они демонстрируют более высокие результаты в беге на 100 и 200 м у мужчин и женщин, в прыжках в длину у мужчин и женщин, а также в тройном прыжке у мужчин и женщин). Определено, что средний уровень соревновательных показателей у белорусских легкоатлетов чуть ниже, чем у российских. Полученные в ходе эксперимента данные открывают возможность для более детального исследования выделенного аспекта проблемы путем разработки методики подготовки спортивного резерва в специализированных по спорту классах, в скоростно-силовых видах легкой атлетики на этапах начальной спортивной специализации и углубленной спортивной специализации, что в перспективе позволит оказать положительное влияние на результаты легкоатлетов в спорте высших достижений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев, А.А. Легкая атлетика: учеб. пособие для среднего профессионального образования / А.А. Зайцев, С.Я. Луценко. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2024. — 70 с.
2. Правила соревнований и технические правила судейства. — World Athletics, 2019. — 360 с.
3. Легкая атлетика: учебник / М.Е. Кобринский [и др.]; под ред. М.Е. Кобринского, Т.П. Юшкевича, А.Н. Конникова. — Мн., 2020. — 330 с.
4. Недосеков, Ю.В. Физическая культура. Бег на короткие, средние и длинные дистанции. Эстафетный бег (техника и методика обучения): практ. пособие / Ю.В. Недосеков. — Витебск: ВГАВМ, 2022. — 72 с.
5. Бондарчук, А.П. Современная теория и методика спортивной тренировки: [науч.-метод. издание] / А.П. Бондарчук. — М.: ТВТ Дивизион, 2023. — 352 с.

6. Анализ результатов сильнейших бегунов на 100 метров / И.И. Трофимович, А.Г. Нарский, М.В. Захаренко, Ю.И. Соколов // Физическая культура и спорт в современном мире: сб. науч. ст. / Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины; редкол.: Г.И. Нарский (гл. ред.) [и др.]. — Гомель, 2023. — С. 104–107. — URL: <https://conference.gsu.by> (дата обращения: 11.05.2024).
7. Белорусская федерация легкой атлетики. — URL: <https://bfla.eu> (дата обращения: 12.05.2024).
8. Всероссийская федерация легкой атлетики. — URL: <https://rusathletics.info> (дата обращения: 12.05.2024).
9. Worldathletics. — URL: <https://worldathletics.org/> (date of access: 12.05.2024).
10. Трофимович, И.И. Динамика соревновательных результатов легкоатлетов, специализирующихся в беге на короткие дистанции, на этапе углубленной спортивной специализации / И.И. Трофимович, А.Г. Нарский, А.В. Карась // Мир спорта. — 2024. — № 3(95). — С. 54–60.
11. Динамика показателей физической подготовленности юных легкоатлетов на этапах начальной и углубленной спортивной специализации / И.И. Трофимович, А.Г. Нарский, О.Н. Канаш, К.А. Зиновенко // Мир спорта. — 2021. — № 1(82). — С. 61–67.
12. Трофимович, И.И. Анализ уровня физической подготовленности у юных легкоатлетов, занимающихся в учебно-тренировочных группах в специализированных по спорту классах / И.И. Трофимович, А.Г. Нарский, И.Г. Трофимович // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Серыя 3, Філалогія, педагогіка, псіхалогія. — 2020. — Т. 10, № 2. — С. 110–117.
13. Трофимович, И.И. Деятельность специализированных по спорту классов на современном этапе развития детско-юношеского спорта / И.И. Трофимович, А.Г. Нарский, М.Ф. Костырко // Методологические, теоретические и практические аспекты физического воспитания, спортивной тренировки, оздоровительной и адаптивной физической культуры: I(XIV) Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 7–8 окт. 2021 г.: материалы / Гомел. гос. ун-т имени Ф. Скорины; редкол.: Г.И. Нарский (гл. ред.) [и др.]. — Гомель, 2021. — С. 224–227. — URL: <https://conference.gsu.by> (дата обращения: 12.05.2024).

REFERENCES

1. Zaitsev A.A., Lutsenko S.Ya. *Legkaya atletika: uchebnoe posobie dlia srednego professionalnogo obrazovaniia* [Athletics: Professional Education Textbook], M.: Izdatelstvo Yurait, 2024, 70 p.
2. *Pravila sorevnovanii i tekhnicheskiye pravila sudeistva* [Competition Rules and Technical Rules of Judging], World Athletics, 2019, 360 p.
3. Kobrinski M.E. *Legkaya atletika: uchebnik* [Athletics: Textbook], Mn., 2020, 330 p.
4. Nedosekov Yu.V. *Fizicheskaiya kultura. Beg na korotkiye, srednie i dlinnie distantsii. Estafetnyi beg (Tekhnika i metodika obucheniya): prakticheskoye posobiye* [Physical Training. Short, Middle and Long Distance Running. Relay Race (Technique and Methods of Training): Practical Guidelines], Vitebsk: VGAVM, 2022, 72 p.
5. Bondarchuk A.P. *Sovremennaiya teoriya i metodika sportivnoi trenirovki: [nauch.-metod. izdanie]* [Modern Theory and Methods of Sport Training: Methodological Edition], M.: TVT Divizion, 2023, 352 p.
6. Trofimovich I.I., Narskin A.G., Zakharenko M.V., Sokolov Yu.I. *Fizicheskaiya kultura i sport v sovremennom mire: sb. nauch. st.* [Physical Education and Sports in the Contemporary World: Collection of Scientific Articles], Gomel, 2023, pp. 104–107. — URL: <https://conference.gsu.by> (Accessed: 11.05.2024).
7. *Belorusskaya federatsiya legkoi atletiki* [Belarusian Athletic Association]. — URL: <https://bfla.eu> (Accessed: 12.05.2024).
8. *Vserossiiskaia federatsiya legkoi atletiki* [All-Russian Athletic Association]. — URL: <https://rusathletics.info> (Accessed: 12.05.2024).
9. Worldathletics. — URL: <https://worldathletics.org/> (Accessed: 12.05.2024).
10. Trofimovich I.I., Narskin A.G., Karas A.V. *Mir sporta* [The World of Sports], 2024, 3(95), pp. 54–60.
11. Trofimovich I.I., Narskin A.G., Kanash O.N., Zinovenko K.A. *Mir sporta* [The World of Sports], 2021, 1(82), pp. 61–67.
12. Trofimovich I.I., Narskin A.G., Trofimovich I.G. *Vesnik Grodzenskaga dziazhaunaga universiteta imia Yanki Kupaly. Seriya 3, Filalogiya, pedagogika, psikhologiya* [Journal of Grodno State Yanka Kupala University. Philology. Education. Psychology], 2020, 10(2), pp. 110–117.
13. Trofimovich I.I., Narskin A.G., Kostyrko M.F. *Metodologicheskiye, teoreticheskiye i prakticheskkiye aspekty fizicheskogo vospitaniia, sportivnoi trenirovki, ozdorovitelnoi i adaptivnoi fizicheskoi kultury: materialy I(XIV) Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Methodological, Theoretical and Practical Aspects of Physical Education, Sport Training, Health and Adaptive Physical Education: Proceedings of the I(XIV) International Scientific and Practical Conference], Gomel: GGU im. F. Skoriny, 2021, pp. 224–227.

Поступила в редакцию 21.10.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: trofimovi4@gmail.com — Трофимович И.И.

МАТЫВАЦЫЯ ПРАФЕСІЙНАЙ ДЗЕЙНАСЦІ: ДЫЯГНОСТЫКА І СПОСАБЫ СТЫМУЛЯВАННЯ

М.С. Кавалевіч, Н.А. Леанюк

Установа адукацыі “Брэсцкі дзяржаўны ўніверсітэт імя А.С. Пушкіна”

Аўтары ажыццявілі дыягностыку структуры матываў працоўнай дзейнасці студэнтаў завочнай формы навучання па спецыяльнасці “Дашкольная адукацыя”, якія адначасова займаюцца прафесійнай дзейнасцю. У аснову пакладзена канцэпцыя аб унутранай і знешняй матывацыі.

Мэта артыкула — вызначыць узровень развіцця матывацыі спецыялістаў, якія адначасова з’яўляюцца студэнтамі завочнай формы навучання па спецыяльнасці “Дашкольная адукацыя” і прапанаваць спосабы яе павышэння.

Матэрыял і метады. *Даследаванне праводзілася на базе Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна. Выбарка складала 58 студэнтаў завочнай формы навучання факультэта педагогікі і псіхалогіі. Матэрыялам для даследавання паслужылі вынікі метадыкі “Дыягностыка структуры матываў працоўнай дзейнасці” (аўтар Ц.Л. Бадоеў) і дыягностыкі матывацыі прафесійнай дзейнасці па метадыцы К. Замфір у мадыфікацыі А. Рэана. Метад аналізу дазволіў вызначыць асноўныя фактары матывацыі, якія ўплываюць на задаволенасць працай у прафесійнай арганізацыі.*

Метады: аналітычны, параўнальна-супастаўляльны, абагульненне педагогічнага досведу.

Вынікі і іх абмеркаванне. *У дадзенай навуковай публікацыі прадстаўлены дыягнастычны комплекс, накіраваны на выяўленне структуры матываў працоўнай дзейнасці, тыпаў матывацыі, прапанаваны спосабы і сродкі стымулявання матывацыі прафесійнай дзейнасці.*

Аўтары абапіраюцца на ўласны вопыт выкладання спецыяльных курсаў “Асобна-прафесійнае развіццё педагога-даследчыка” і “Тэхналогіі праектавання і развіцця прафесійнай кар’еры” для студэнтаў і магістрантаў спецыяльнасці “Навукова-педагагічная дзейнасць”, што з’яўляюцца стымулюючымі для планавання і развіцця прафесійнай кар’еры. Студэнты і магістранты авалодваюць прыёмамі і метадамі асобна-прафесійнага развіцця, планавання стратэгіі прафесійнай кар’еры.

Заклучэнне. *Такім чынам, па выніках даследавання выяўлена недастатковая задаволенасць студэнтаў, якія працуюць у прафесійных арганізацыях, сацыяльна-псіхалагічнымі фактарамі, што ўплываюць на паспяховасць іх прафесійнай дзейнасці; вызначаны матывацыйны комплекс асобы. Устаноўлена, што аптымальным матывацыйным комплексам валодаюць больш за трэцюю частку студэнтаў завочнай формы навучання, якія ўжо працуюць у прафесійных арганізацыях. Прапанаваны ўмовы, што спрыяюць павышэнню матывацыі студэнтаў да вучэбна-прафесійнай дзейнасці.*

Ключавыя словы: *матывацыя, прафесія педагога, асобна-прафесійнае развіццё, матывы знешнія і ўнутраныя, прафесійная дзейнасць, фактары матывацыі, тыпы матывацыі, матывацыйны комплекс асобы, структура матываў, спосабы матывацыі.*

MOTIVATION OF PROFESSIONAL ACTIVITIES: DIAGNOSTICS AND METHODS OF STIMULATION

M.S. Kavalevich, N.A. Leanyuk

Education Establishment “Brest State A.S. Pushkin University”

The article diagnoses the structure of work activity motives among part-time students specializing in “Preschool Education” who are simultaneously engaged in professional activity. The study is based on the concept of intrinsic and extrinsic motivation.

The aim of the article is to determine the level of motivation development among specialists who are simultaneously part-time students specializing in “Preschool Education” and to propose ways to enhance it.

Material and methods. *The study was conducted on the basis of Brest State A.S. Pushkin University. The sample consisted of 58 correspondence students of the Faculty of Pedagogy and Psychology. The research material was the results of the methodology “Diagnostics of the structure of motives of labor activity” (author T.L. Badoev), and diagnostics of motivation of professional activity according to the method of K. Zamfir in the modification of A. Rean. The analysis method revealed the main motivation factors affecting job satisfaction in the professional organization.*

The main methods were analytical, comparative, generalization of pedagogical experience.

Findings and their discussion. *This scientific publication presents a diagnostic complex aimed at identifying the structure of work motivation, types of motivation, and suggests ways and means of stimulating professional motivation.*

The authors use their own experience in teaching special courses such as “Personal and Professional Development of a Researcher Teacher” and “Technologies for Designing and Developing a Professional Career for Students and Master’s Degree Students in the Field of Scientific and Pedagogical Activities”, which are stimulating for planning and developing a professional career. Students and master students master the techniques and methods of personal and professional development, building a professional career.

Conclusion. Thus, according to the results of the study, insufficient satisfaction of students working in professional organizations with socio-psychological factors affecting the success of their professional activities was revealed. The motivational complex of the personality is defined. It has been established that more than a third of correspondence students who already work in professional organizations have an optimal motivational complex. The conditions that contribute to increasing the motivation of students for educational and professional activities are proposed.

Key words: motivation, teacher profession, personal and professional development, external and internal motives, professional activity, motivation factors, types of motivation, motivational complex of the individual, structure of motives, methods of motivation.

Эфектыўнае развіццё прафесіяналізму будучых спецыялістаў залежыць ад іх прафесійна-асобаснай матывацыі. Рэалізаваць стратэгію паспяховай прафесійнай дзейнасці чалавека дазваляе разуменне яго матывацыі. Абгрунтаванню прафесійна-асобаснай матывацыі і арыентацыі на абраную прафесію ў адукацыйным працэсе асабліва ўвага нададзена ў даследаванні Т.С. Базаравай і Г.М. Фаміцкай, у якім падкрэсліваецца, што “зыходзячы з сучасных рэалій, прафесійна-асобаснае развіццё студэнтаў абумоўлена першачарговым вызначэннем жыццёвых мэт, адпаведным іх уласным здольнасцям і магчымасцям” [1, с. 311].

Найважнейшыя пытанні матывацыі і псіхалагічныя механізмы, з дапамогай якіх гэтая матывацыя ў чалавека фарміруецца, праяўляецца і развіваецца, новыя падыходы ў вывучэнні прыроды матываў, іх унутранай структуры і ўзаемасувязі з іншымі формамі матывацыі даследаваны У.Р. Лявонцьевым. Вучоны быў перакананы, што любая дзейнасць мае поліматываваны характар і справядліва сцвярджаў: “Менавіта матывы забяспечваюць асобе яе актыўную сутнасць, здольнасць пераўтвараць навакольны свет, неадаптыўна да яго ставіцца” [2, с. 34].

Пры гэтым агульнапрынятым з’яўляецца прызнанне таго, што ўнутраная матывацыя звязана з задавальненнем ад самога працэсу працы, знешняя — з арыентацыяй на ўзнагароджанне як адзіна каштоўны вынік. “Адпаведна, можна казаць пра ўнутрана матываваную і знешне матываваную прафесійную дзейнасць. Унутрана матываванай называецца дзейнасць, якая ажыццяўляецца з цікавасці да яе, суб’ектыўнага адчування яе каштоўнасці. Дзейнасць са знешняй матывацыяй — гэта паводзіны, якія ажыццяўляюцца пераважна з мэтай атрымаць матэрыяльнае ці сацыяльнае ўзнагароджанне, або пазбегнуць пакарання” [3, с. 128].

Актуальнасць праведзенага даследавання падкрэслівае важную ролю матываў у студэнтаў педагагічных спецыяльнасцей і іх уплыў на далейшы працэс іх прафесіяналізацыі. Матывацыя стварае гатоўнасць да ўспрымання новай інфармацыі, надае сэнс дзейнасці і асобаснае значэнне, стымулюе актыўную пазнавальную дзейнасць. Тэарэтычную аргументацыю канцэптualiальных асноў арганізацыі працэсу развіцця матывацыі спецыялістаў, якія адначасова з’яўляюцца студэнтамі завочнай формы навучання (ЗФН), складаюць сістэмна-дзейнасны, асобасна арыентаваны падыходы, якія адпавядаюць сінергетычным уяўленням аб адкрытасці, нелінейнасці і няроўнаважнасці асобы, што развіваецца, як сістэмы.

Мэта даследавання: вызначыць узровень развіцця матывацыі студэнтаў ЗФН, якія адначасова працуюць у прафесійных арганізацыях, і прапанаваць спосабы яго павышэння.

У адпаведнасці з пастаўленай мэтай неабходна вырашэнне наступных задач:

1. Падабраць дыягнастычны комплекс, накіраваны на выяўленне структуры матываў працоўнай дзейнасці.
2. Правесці дыягностыку фактараў, якія ўплываюць на задаволенасць працай у прафесійнай арганізацыі.
3. Вызначыць узровень развіцця матывацыі студэнтаў ЗФН, якія адначасова працуюць у прафесійных арганізацыях.
4. Прапанаваць спосабы і сродкі стымулявання матывацыі прафесійнай дзейнасці.

Матэрыял і метады. Даследаванне праводзілася на базе БрДУ імя А.С. Пушкіна. Выбарка складала 58 студэнтаў ЗФН факультэта педагогікі і псіхалогіі. Матэрыялам паслужылі вынікі метадыкі “Дыягностыка структуры матываў працоўнай дзейнасці” (аўтар Ц.Л. Бадоеў) і дыягностыкі матывацыі прафесійнай дзейнасці па метадыцы К. Замфір у мадыфікацыі А. Рэана. Метад аналізу дазволіў

вызначаць асноўныя фактары матывацыі, якія ўплываюць на задаволенасць працай у прафесійнай арганізацыі.

Метады: аналітычны, параўнальна-супастаўляльны, абагульненне педагагічнага вопыту.

Вынікі і іх абмеркаванне. Апытаныя ацэньвалі сваё стаўленне да розных фактараў, якія ўплываюць на задаволенасць працай у прафесійнай арганізацыі, па сямібальнай шкале: “вельмі задаволены” (+3), “у асноўным задаволены” (+2), “хутчэй задаволены” (+1), “і задаволены, і не” (0), “хутчэй не задаволены” (-1), “у асноўным не задаволены” (-2), “цалкам не задаволены” (-3).

Фактары:

значнасць прафесіі;
прэстыжнасць прафесіі;
від працоўнай дзейнасці;
арганізацыя працы;
санітарна-гігіенічныя ўмовы;
памер заробтнай платы;
магчымасць павышэння кваліфікацыі;
стаўленне адміністрацыі да працы, адпачынку і побыту працаўнікоў;
узаемаадносіны з калегамі;
патрэбнасць у зносінах і калектыўнай дзейнасці;
патрэбнасць у рэалізацыі індывідуальных асаблівасцей;
магчымасць творчасці ў працэсе работы;
задаволенасць працай у цэлым.

У выніку праведзенага даследавання ўстаноўлена: па фактары “Значнасць прафесіі” поўнасцю задаволены амаль кожны трэці з апытаных (32%). У асноўным задаволены 36% рэспандэнтаў. Такім чынам, абраная прафесія выступае ў якасці значымай для больш чым за палову апытаных (68%).

Прэстыжнай сваю прафесію ніхто не лічыць, менш за палову рэспандэнтаў у асноўным ці хутчэй задаволены яе прэстыжнасцю (44%). Від працоўнай дзейнасці вельмі задавальняе толькі кожнага пятага спецыяліста (20%) і ў асноўным задаволены прыблізна кожны трэці (32%). Такім чынам, від працоўнай дзейнасці, якім займаецца спецыяліст, адпавядае чаканням прыблізна паловы з апытаных (52%).

Арганізацыяй працы вельмі задаволены або ў асноўным задаволены менш за палову апытаных (44%). Санітарна-гігіенічныя ўмовы, створаныя ў прафесійнай арганізацыі, задавальняюць 68% рэспандэнтаў. Памерам заробтнай платы задаволены прыблізна кожны дзясяты (12%), у асноўным задаволены менш за трэць працуючых (28%). Такім чынам, менш за палову рэспандэнтаў (40%) не супраць павелічэння сваёй заробтнай платы. Адносіны адміністрацыі да працы, адпачынку і побыту працаўнікоў выклікаюць пазітыўныя пачуцці ў кожнага чацвёртага спецыяліста (24%). Магчымасць павышэння кваліфікацыі задавальняе каля паловы апытаных (44%). Адаюць належнае ўзаемаадносінам з калегамі больш за палову чалавек (56%). Патрэба ў зносінах і калектыўнай дзейнасці задавальняецца менш як у паловы працуючых спецыялістаў (44%).

Патрэба ў рэалізацыі індывідуальных асаблівасцей задавальняецца прыблізна ў кожнага другога (48%). Магчымасці творчасці ў працэсе прафесійнай дзейнасці прызнаюць больш за палову апытаных (64%). Толькі кожны пяты задаволены прафесіяй у цэлым (20%) і ў асноўным задаволены прыблізна кожны шосты (16%).

Такім чынам, па выніках даследавання “Дыягностыка структуры матываў працоўнай дзейнасці” была выяўлена недастатковая задаволенасць працуючых студэнтаў сацыяльна-псіхалагічнымі фактарамі, якія ўплываюць на паспяховасць прафесійнай дзейнасці.

Для дыягностыкі матывацыі прафесійнай дзейнасці студэнтаў намі дадаткова выкарыстана метадыка К. Замфір у мадыфікацыі А. Рэана. У аснову пакладзена канцэпцыя аб унутранай і знешняй матывацыі. Аб унутраным тыпе матывацыі ідзе размова, калі для асобы мае значэнне дзейнасць сама па сабе. Калі ж у аснове матывацыі прафесійнай дзейнасці ляжыць імкненне да задавальнення іншых за патрабаванняў — знешніх у адносінах да зместу самой дзейнасці (матывы сацыяльнага прэстыжу, зарплаты і г.д.), то ў дадзеным выпадку прынята гаварыць аб знешняй матывацыі. Самі знешнія матывы дыферэнцыруюцца на станоўчыя і адмоўныя. Знешнія станоўчыя матывы, несумненна, больш эфектыўныя і пажаданыя з усіх пунктаў гледжання, чым знешнія адмоўныя матывы (табл.).

Тыпы матывацыі

Колькасць балаў	%
0–6 балаў — пераважае знешняя матывацыя	20
7–14 балаў — пераважае ўнутраная матывацыя	80
Узроўні ўнутранай матывацыі:	
0–4 балы — нізкі ўзровень унутранай матывацыі	0
5–9 балаў — сярэдні ўзровень унутранай матывацыі	48
10–14 балаў — высокі ўзровень унутранай матывацыі	52

Як вынікае з табліцы, большасць студэнтаў ЗФН маюць унутраную матывацыю да прафесійнай дзейнасці (80%), толькі ў кожнага пятага рэспандэнта пераважае знешняя.

Больш за палову апытаных (52%) адрозніваецца высокім узроўнем унутранай матывацыі і амаль палова рэспандэнтаў (48%) сярэднім узроўнем унутранай матывацыі.

На падставе атрыманых вынікаў вызначаем матывацыйны комплекс асобы. Матывацыйны комплекс уяўляе сабой тып суадносін паміж сабой трох відаў матывацыі: унутранай (УМ), знешняй становчай (ЗСМ) і знешняй адмоўнай (ЗАМ).

Да найлепшых, аптымальных, матывацыйных комплексаў аднесены наступныя два тыпы спалучэння: $УМ > ЗСМ > ЗАМ$ і $УМ = ЗАМ$, $УМ = ЗСМ > ЗАМ$. Па выніках праведзенага даследавання кожны пяты з апытаных (20%) прадстаўляе першы тып спалучэння матываў і 15% апытаных другі тып. Найгоршым матывацыйным комплексам з’яўляецца тып $ЗАМ > ЗСМ > УМ$. Такі матывацыйны комплекс выяўлены ў 13% рэспандэнтаў. Прамежкавае становішча тыпаў матывацыйнага комплексу характэрна для 52% рэспандэнтаў.

Такім чынам, аптымальным матывацыйным комплексам валодаюць больш за трэць студэнтаў ЗФН, якія ўжо працуюць у прафесійных арганізацыях (35%). Найгоршым матывацыйным комплексам — 13% рэспандэнтаў.

Выкарыстаныя дадатковыя паказчыкі дазваляюць больш дакладна вызначыць матывацыю працуючага студэнта дзейнасцю і запатрабаванасць стварэння неабходных умоў для павышэння ўзроўню матывацыі, а таксама выявіць магчымыя праблемы, актуальныя дзеянні для іх вырашэння і іх паслядоўнасць.

Такім чынам, сёння праблема развіцця прафесійна-асобаснай матывацыі будучых спецыялістаў у галіне адукацыі пераходзіць з плоскасці навуковых даследаванняў у практыка-арыентаваны праграмы і спецкурсы. Гэта пацвярджае і вопыт Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна, дзе для студэнтаў выпускных курсаў усіх спецыяльнасцей факультэта педагогікі і псіхалогіі чытаецца вучэбная дысцыпліна “Тэхналогіі развіцця прафесійнай кар’еры” [4; 5], а для магістрантаў спецыяльнасці “Навукова-педагагічная дзейнасць” — аўтарскія вучэбныя курсы “Тэхналогіі праектавання і развіцця прафесійнай кар’еры” [6], “Асобна-прафесійнае развіццё педагога-даследчыка” [7]. Для пабудовы індывідуальнага плана асобна-прафесійнага развіцця выкарыстоўваюцца псіхолога-акмеалагічныя метады вывучэння асобы (назіранне, гутаркі, інтэрв’юіраванне, анкетаванне, псіхалагічныя тэсты і інш.). Студэнты вучацца ствараць акмеалагічныя траекторыі развіцця ўласнага асобна-прафесійнага развіцця. Выконваюць заданні, прадугледжаныя тэхналогіямі В. Сандэрса, С.Д. Рэзніка, Р.Р. Зайцава і інш.

У якасці сучаснай формы праектавання кар’еры ў аўтарскім курсе [5] прадстаўлена партфолія кар’ернага развіцця. На практычных занятках праводзіцца майстар-клас па складанні і напайненні індывідуальнага партфолія, у час якога фарміруюцца ўменні распрацоўваць розныя варыянты напайнення ўказанага партфолія. Студэнты атрымліваюць магчымасць скласці электроннае партфолія (вэб-партфолія). Яны авалодваюць прыёмамі і спосабамі асобна-прафесійнага развіцця, планавання прафесійнай кар’еры з улікам гуманістычных, сацыяльных і педагагічных ідэалаў, норм і прынцыпаў педагагічнай і навуковай этыкі, індывідуальных здольнасцей і схільнасцей.

Сродкамі выхаваўчай работы на факультэце створаны ўсе ўмовы для асобнага і прафесійнага росту і развіцця студэнтаў. Дзейнасць факультэта педагогікі і псіхалогіі арыентавана на развіццё сацыяльна-асобасных кампетэнцый студэнтаў, накіраваных на прафесійнае самаўдасканаленне,

стварэнне ўмоў для творчага самаразвіцця студэнцкай моладзі праз рэалізацыю адпаведных універсітэцкіх, факультэцкіх, кафедральных праграм і праектаў і інш. Прафарыентацыйная работа праводзіцца ў рамках факультэцкай прафарыентацыйнай дзейнасці, ажыццяўляецца навукова-метадычнае суправаджэнне, рэалізуецца практыка-арыентаваны кампанент.

Задаволенасць педагога абранай прафесіяй пачынаецца з выбару прафесіі і працягваецца ў навучальна-прафесійнай дзейнасці ва УВА. Студэнтам неабходна разумець, наколькі тое, што яны вывучаюць, спатрэбіцца ім у жыцці і прафесійнай дзейнасці, наколькі гэта адпавядае іх жыццёвай і прафесійнай стратэгіі. Важна стварыць адпаведнае асяроддзе для ўнутранай матывацыі.

Для гэтага актуалізуецца псіхалагічны патэнцыял асобы студэнта праз фарміраванне каштоўнасных адносін да прафесійнай дзейнасці, здольнасцей да праектавання індывідуальнай траекторыі асобна-прафесійнага развіцця; ствараюцца ўмовы для падрыхтоўкі спецыялістаў высокага ўзроўню прафесійнай мабільнасці, канкурэнтаздольнасці, з дастаткова развітымі здольнасцямі да самасцвярджэння, самаўдасканалення, самаразлізацыі ў галіне выбранай прафесіі; выкарыстоўваюцца асобна-дзейнасныя і інтэрактыўныя тэхналогіі. Гэтыя тэхналогіі садзейнічаюць фарміраванню прафесійных ведаў і ўменняў, неабходных у рэальным жыцці, выпрацоўцы сістэмы асобных каштоўнасцей, ствараюць атмасферу супрацоўніцтва, узаемадзеяння, што з'яўляецца адной з умоў фарміравання камунікатыўнай кампетэнтнасці, прафесійнай культуры будучага спецыяліста; уключаюць студэнтаў у цікавыя практыка-арыентаваныя вучэбна-прафесійныя праекты; садзейнічаюць інавацыям і самастойнасці, забяспечваюць магчымасці для самавыяўлення ў вучэбна-прафесійнай дзейнасці. Заклучным этапам узаемадзеяння работніка і прафесійнай дзейнасці з'яўляецца яго ўключэнне ў працэс кіравання, што таксама неабходна для стварэння ўнутранай матывацыі выканання прафесійнай дзейнасці.

Наша шматгадовая педагагічная дзейнасць паказала, што навучанне ва УВА павінна рухацца ў бок прафесійна накіраванага прымянення ведаў, што асабліва актуальна для студэнтаў ЗФН, якія маюць магчымасць ужо ў працэсе навучання займацца прафесійнай дзейнасцю. Асноўная адказнасць за стварэнне ўмоў для павышэння матывацыі да вучэбна-прафесійнай дзейнасці — на педагогу. Стаўленне да прафесіі — гэта вынік вучэбна-прафесійнай дзейнасці ва УВА і асабістага вопыту работніка прафесійнай арганізацыі.

Навуковая навізна даследавання заключаецца ў вызначэнні ўмоў, якія садзейнічаюць павышэнню матывацыі да вучэбна-прафесійнай дзейнасці. Толькі спецыялісты, якія ўмеюць спалучаць уласны прафесійны рост і інтарэсы арганізацыі, змогуць дасягнуць высокага ўзроўню развіцця, аптымальнага матывацыйнага комплексу.

Заклучэнне. Такім чынам, па выніках даследавання выяўлена недастатковая задаволенасць студэнтаў, якія працуюць у прафесійных арганізацыях, сацыяльна-псіхалагічнымі фактарамі, што ўплываюць на паспяховасць іх прафесійнай дзейнасці.

Абраная прафесія значымая для крыху больш чым за палову апытаных студэнтаў, прэстыжнай сваю прафесію ніхто не лічыць, від працоўнай дзейнасці, якім займаецца спецыяліст, задавальняе прыблізна кожнага другога з рэспандэнтаў. Арганізацыя працы адпавядае чаканням менш за палову апытаных, столькі ж рэспандэнтаў задаволеныя сваёй заробтнай платой. Патрэба ў рэалізацыі індывідуальных асаблівасцей задавальняецца прыблізна ў кожнага другога. Магчымасці творчасці ў працэсе прафесійнай дзейнасці прызнае больш за палову студэнтаў. Толькі кожны трэці аддае належнае прафесіі ў цэлым. У кожнага пятага рэспандэнта пераважае знешняя матывацыя, большасць студэнтаў ЗФН маюць унутраную матывацыю да прафесійнай дзейнасці. Больш за палову апытаных валодаюць высокім узроўнем унутранай матывацыі і амаль палова рэспандэнтаў яе сярэднім узроўнем.

На падставе атрыманых вынікаў намі быў вызначаны матывацыйны комплекс асобы працуючага студэнта. Устаноўлена, што аптымальным матывацыйным комплексам валодаюць больш за трэць студэнтаў ЗФН, якія ўжо працуюць у прафесійных арганізацыях. Задаволенасць спецыяліста абранай прафесіяй тым вышэйшая, чым больш аптымальным з'яўляецца ў яго матывацыйны комплекс: высокая вага ўнутранай і знешняй станоўчай матывацыі і нізкая — знешняй адмоўнай.

На наш погляд, практычная значнасць прадстаўленага даследавання заключаецца ў тым, што яго вынікі могуць быць выкарыстаны педагогамі для арганізацыі вучэбна-прафесійнай дзейнасці ва УВА, распрацоўкі новых аўтарскіх курсаў з мэтай павышэння ўзроўню матывацыі навучэнцаў да прафесійнай дзейнасці.

ЛІТАРАТУРА

1. Базарова, Т.С. Особенности профессионализации будущих специалистов в условиях современных вызовов / Т.С. Базарова, Г.Н. Фомицкая // Педагогический ИМИДЖ. — 2022. — Т. 16, № 3(56). — С. 308–316.
2. Леонтьев, В.Г. Мотивация и психологические механизмы ее формирования / В.Г. Леонтьев. — Новосибирск: ГП «Новосибирский полиграфкомбинат», 2002. — 264 с.
3. Дубовицкая, Т.Д. Диагностика мотивации профессиональной деятельности / Т.Д. Дубовицкая // Современные наукоемкие технологии. — 2016. — № 3-1. — С. 128–132.
4. Ковалевич, М.С. Технологии развития профессиональной карьеры: учеб.-метод. пособие: в 2 ч. / М.С. Ковалевич; М-во образования Респ. Беларусь; Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина. — Брест: БрГУ, 2024. — Ч. 1. — 200 с.
5. Ковалевич, М.С. Технологии развития профессиональной карьеры: учеб.-метод. пособие: в 2 ч. / М.С. Ковалевич; М-во образования Респ. Беларусь; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. — Брест: БрГУ, 2024. — Ч. 2. — 185 с.
6. Ковалевич, М.С. Технологии проектирования и развития профессиональной карьеры педагога-исследователя: учеб.-метод. комплекс / М.С. Ковалевич; под ред. Н.А. Леонюк; Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина. — Брест: БрГУ, 2020. — 278 с.
7. Ковалевич, М.С. Личностно-профессиональное развитие педагога-исследователя: учеб.-метод. комплекс / сост. М.С. Ковалевич; под ред. Н.А. Леонюк. — Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина. — Брест: БрГУ, 2021. — 227 с.

REFERENCES

1. Bazarova T.S., Fomitskaya G.N. *Pedagogicheski IMIDJ* [Pedagogical IMIJ], 2022, 16, 3(556), pp. 308–316.
2. Leontyev V.G. *Motivatsiya i psikhologicheskiye mekhanizmy yeyo formirovaniya* [Motivation and Psychological Mechanism of its Formation], Novosibirsk: GP "Novosibirski poligrafkombinat", 2002, 264 p.
3. Dubovitskaya T.D. *Sovremenniyе naukoymkiye tekhnologii* [Modern knowledge Intensive Technologies], 3-1, pp. 128–132.
4. Kovalevich M.S. *Tekhnologii razvitiya professionalnoi karyery: ucheb. metod. posobiye: v 2 ch.* [Technologies of Professional Career Development: Textbook], Brest: BrGU, 2024, 1, 200 p.
5. Kovalevich M.S. *Tekhnologii razvitiya professionalnoi karyery: ucheb.-metod. posobiye: v 2 ch.* [Technologies of Professional Career Development: Textbook], Brest: BrGU, 2024, 2, 185 p.
6. Kovalevich M.S. *Tekhnologii proyektirovaniya i razvitiya professionalnoi karyery pedagoga-issledovatel'ia: ucheb.-metod. kompleks* [Technologies of Design and Development of the Professional Career of the Teacher Researcher: Academic and Methodological Complex], Brest: BrGU, 2020, 278 p.
7. Kovalevich M.S. *Lichnostno-professionalnoye razvitiye pedagoga-issledovatel'ia: ucheb.-metod. kompleks* [Personality and Professional Development of the Teacher Researcher: Academic and Methodological Complex], Brest: BrGU, 2021, 227 p.

Паступіў у друк 26.01.2026

Адрас для карэспандэнцыі: e-mail: fpp@brsu.by — Кавалевіч М.С.

З ВЕСТКІ ПРА АЎТАРАЎ

АСТРОЎСКИ Арцём Міхайлавіч — старшы выкладчык кафедры грамадскага здароўя і аховы здароўя з курсам ФПКіП ГДМУ, магістр медыцынскіх навук.

БАРОДЗІЧ Сяргей Мітрафанавіч — старшы выкладчык кафедры матэматыкі ВДУ імя П.М. Машэрава.

БУТКЕВІЧ Вячаслаў Гар’евіч — дацэнт кафедры тэхналогіі машынабудавання Віцебскага дзяржаўнага тэхналагічнага ўніверсітэта, кандыдат тэхнічных навук, дацэнт.

ВІСЛАБОКАЎ Мікіта Юр’евіч — дацэнт кафедры эканомікі і інфармацыйных тэхналогій Віцебскага філіяла Міжнароднага ўніверсітэта “MITCO”, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт.

ВЫСОЦКАЯ Аксіння Уладзіміраўна — анкалаг-хірург ГДМУ.

ГАРАГЛЯД Алена Мікалаеўна — дацэнт кафедры беларускай і рускай філалогіі ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат філалагічных навук, дацэнт.

ГУРСКИ Іван Аляксандравіч — студэнт II курса факультэта хіміка-біялагічных і геаграфічных навук ВДУ імя П.М. Машэрава.

ДУБАНЕВІЧ Дзмітрый Тадэвушавіч — старшы выкладчык кафедры аўтаматызацыі тэхналагічных працэсаў Віцебскага дзяржаўнага тэхналагічнага ўніверсітэта.

ЖАРНАСЕКАЎ Дзмітрый Данілавіч — прафесар кафедры фундаментальнай і прыкладной біялогіі ВДУ імя П.М. Машэрава, доктар біялагічных навук, дацэнт.

ЗАЛЕСКАЯ Алена Мікалаеўна — дэкан факультэта матэматыкі і інфармацыйных тэхналогій ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт.

ІВАНОВА Дыяна Віктараўна — выкладчык кафедры тэорыі і методыкі фізічнай культуры і спартыўнай медыцыны ВДУ імя П.М. Машэрава.

КАВАЛЕВІЧ Марыя Сцяпанаўна — дацэнт кафедры агульнай і спецыяльнай педагогікі БрДУ імя А.С. Пушкіна, кандыдат педагогічных навук, дацэнт.

КАРЧЭЎСКАЯ Алена Аляксееўна — загадчык кафедры прыкладнага і сістэмнага праграмавання ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт.

КЛЫЧАВА Фіруза Гудмуратаўна — выкладчык кафедры прыкладной матэматыкі Каршынскага дзяржаўнага ўніверсітэта (Рэспубліка Узбекістан).

КУЛІЕВА Вольга Мікалаеўна — дацэнт кафедры германскага мовазнаўства БДУ, кандыдат філалагічных навук, дацэнт.

ЛАЗАРЭНКА Якаў Уладзіміравіч — студэнт II курса факультэта хіміка-біялагічных і геаграфічных навук ВДУ імя П.М. Машэрава.

ЛЕАНЮК Надзея Аляксандраўна — дэкан факультэта педагогікі і псіхалогіі БрДУ імя А.С. Пушкіна, кандыдат педагогічных навук, дацэнт.

МАЛАХ Вольга Мікалаеўна — загадчык кафедры тэорыі і методыкі фізічнай культуры і спартыўнай медыцыны ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат біялагічных навук, дацэнт.

МАРОЗАВА Іна Міхайлаўна — дацэнт кафедры фундаментальнай і прыкладной біялогіі ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат біялагічных навук, дацэнт.

МАРОЗАЎ Іван Міхайлавіч — вядучы спецыяліст батанічнага саду ВДУ імя П.М. Машэрава, магістр біялагічных навук.

МАСКАЛЁЎ Генадзій Іванавіч — дацэнт кафедры тэхналогіі машынабудавання Віцебскага дзяржаўнага тэхналагічнага ўніверсітэта, кандыдат тэхнічных навук, дацэнт.

МАХМАСААТАЎ Мүхиддзін Гайрат углі — выкладчык кафедры прыкладной матэматыкі Каршынскага дзяржаўнага ўніверсітэта (Рэспубліка Узбекістан).

МАЦЬКОВА Вікторыя Рыгораўна — аспірант кафедры педагогікі і адукацыйнага менеджменту ВДУ імя П.М. Машэрава, магістр.

НАВІЦКІ Павел Іванавіч — дацэнт кафедры спартыўна-педагогічных дысцыплін ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат педагогічных навук, дацэнт.

НАДЫРАЎ Эльдар Аркадзевіч — дацэнт кафедры гісталагіі, цыталогіі і эмбрыялогіі ГДМУ, кандыдат медыцынскіх навук, дацэнт.

ПАЎЛАВА Кацярына Яўгеньеўна — магістрант кафедры фундаментальнай і прыкладной біялогіі ВДУ імя П.М. Машэрава.

РАНКОВІЧ Алена Уладзіміраўна — старшы выкладчык кафедры анатоміі чалавека з курсам аператыўнай хірургіі і тапаграфічнай анатоміі ГДМУ.

РУБЧЭНЯ Ірына Мікалаеўна — загадчык кафедры фізіялогіі і біяхіміі БДУФК, кандыдат біялагічных навук, дацэнт.

САВАРЫН Аляксандр Аляксандравіч — дацэнт кафедры экалогіі Гомельскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Ф. Скарыны, кандыдат біялагічных навук, дацэнт.

ТАЛКАЧОВА Таццяна Аляксандраўна — дэкан факультэта хіміка-біялагічных і геаграфічных навук ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат біялагічных навук, дацэнт.

ТАРБЕНКА Андрэй Барысавіч — старшы выкладчык кафедры экалогіі і геаграфіі ВДУ імя П.М. Машэрава.

ТРАФІМОВІЧ Іван Іванавіч — старшы выкладчык кафедры спартыўных дысцыплін ГДУ імя Ф. Скарыны.

ХАЛІЛАЎ Акбар Заміравіч — выкладчык кафедры матэматычнага аналізу і дыферэнцыяльных ураўненняў Каршынскага дзяржаўнага ўніверсітэта, дактарант (Рэспубліка Узбекістан).

ШОДЗІЕЎ Файзула Юсупавіч — дацэнт кафедры алгарытмаў і тэхналогій праграмавання Каршынскага дзяржаўнага ўніверсітэта (Рэспубліка Узбекістан).

ЭШБОЕЎ Эркин Абдзірашыдавіч — дацэнт кафедры прыкладной матэматыкі Каршынскага дзяржаўнага ўніверсітэта (Рэспубліка Узбекістан).

ЮРЧАНКА Алег Мікалаевіч — аспірант кафедры тэхналогіі машынабудавання Віцебскага дзяржаўнага тэхналагічнага ўніверсітэта.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

- ASTROUSKI Artsiom Mikhailavich** — Senior Lecturer of GSMU Department of Public Health and Health Protection with the Course of FPKiP, Master of Medicine.
- BARODZICH Siargei Mitrafanavich** — Senior Lecturer of Vitebsk State P.M. Masherov University, Department of Mathematics.
- BUTKEVICH Vyachaslau Garyevich** — Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering Technology of Vitebsk State Technological University, PhD (Engineering), Associate Professor.
- VISLABOKAU Mikita Yuryevich** — Assistant Professor of Vitebsk Branch of the International University MITSO Department of Economics and Information Technologies, PhD (Physics and Mathematics), Assistant Professor.
- VYSOTSKAYA Aksinnia Uladzimirauna** — Oncologist-Surgeon at Gomel State Medical University.
- GARAGLIAD Alena Mikalayeuna** — Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Belarusian and Russian Philology, PhD (Philological Sciences), Assistant Professor.
- GURSKI Ivan Aliaksangravich** — second year student of Vitebsk State P.M. Masherov University Faculty of Chemistry and Biology and Geography Sciences.
- DUBANEVICH Dzmitry Tadeushavich** — Senior Lecturer of Vitebsk State Technological University Department of Automation of Technological Processes.
- ZHARNASEKAU Dzmitry Danilavich** — Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Fundamental and Applied Biology, Dr.Sc. (Biology), Assistant Professor.
- ZALESKAYA Alena Mikalayeuna** — Dean of the Faculty of Mathematics and Information Technologies of Vitebsk State P.M. Masherov University, PhD (Physics and Math), Assistant Professor.
- IVANOVA Diyana Viktarauna** — Teacher of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport Medicine.
- KAVALEVICH Mariya Stsiapanaua** — Associate Professor of Brest State A.S. Pushkin University Department of General and Special Pedagogy, PhD (Education), Associate Professor.
- KARCHEUSKAYA Alena Aliakseyeuna** — Head of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Applied and System Programming, PhD (Physics and Math), Assistant Professor.
- KLYCHAVA Firuza Gudmurauna** — Teacher of Karshi State University Department of Applied Mathematics (Republic of Uzbekistan).
- KULIYEVA Volha Mikalayeuna** — Assistant Professor of Belarusian State University Department of Germanic Linguistics, PhD (Philological Sciences), Assistant Professor.
- LAZARENKA Yakau Uladzimiravich** — second year student of Vitebsk State P.M. Masherov University Faculty of Chemistry and Biology and Geography Sciences.
- LEANYUK Nadzeya Aliaksandrauna** — Dean of the Faculty of Pedagogy and Psychology of Brest State A.S. Pushkin University, PhD (Education), Associate Professor.
- MALAKH Volga Mikalayeuna** — Head of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport Medicine, PhD (Biology), Assistant Professor.
- MAROZAVA Ina Mikhailauna** — Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Fundamental and Applied Biology, PhD (Biology), Assistant Professor.
- MAROZAU Ivan Mikhailavich** — Leading Specialist of Vitebsk State P.M. Masherov University Botanical Gardens, Master of Biology.
- MASKALIOU Gennady Ivanavich** — Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering Technology of Vitebsk State Technological University, PhD (Engineering), Associate Professor.
- MAKHMASATAU Muhiddzin Gayrat ugli** — Teacher of Karshi State University Department of Applied Mathematics (Republic of Uzbekistan).
- MATKOVA Viktoriya Rygorauna** — postgraduate student of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Education Science and Education Management, Master of Science.
- NAVITSKY Pavel Ivanavich** — Associate Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Sports and Pedagogical Disciplines, PhD (Education), Associate Professor.
- NADYRAU Eldar Arkadyevich** — Assistant Professor of Gomel State Medical University Department of Histology, Cytology and Embryology, PhD (Medicine), Associate Professor.
- PAULAVA Katsaryna Yaugenyeuna** — master of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Fundamental and Applied Biology.
- RANKOVICH Alena Uladzimirauna** — Senior Lecturer of Gomel State Medical University Department of Human Anatomy with a Course in Operative Surgery and Topographic Anatomy.
- RUBCHENYA Iryna Mikalayeuna** — Head of Belarusian State University of Physical Education Department of Physiology and Biochemistry, PhD (Biology), Associate Professor.
- SAVARYN Aliaksandr Aliaksandravich** — Assistant Professor of Gomel State Francisc Skaryna University Department of Ecology, PhD (Biology), Assistant Professor.
- TALKACHOVA Tatsiana Aliaksandrauna** — Dean of Vitebsk State P.M. Masherov University Faculty of Chemistry and Biology and Geography Sciences, PhD (Biology), Assistant Professor.
- TARBENKA Andrei Barysavich** — Senior Lecturer of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Ecology and Geography.
- TRAFIMOVICH Ivan Ivanavich** — Senior Lecturer of Gomel State Francisc Skaryna University Department of Sport Disciplines.
- KHALILAU Akbar Zamiravich** — Teacher of Karshi State University Department of Mathematical Analysis and Differential Equations, Doctoral Student (Republic of Uzbekistan).
- SHODZIYEU Fayzulla Yusupavich** — Assistant Professor of Karshi State University Department of Algorithms and Programming Technologies (Republic of Uzbekistan).
- ESHBOYEU Erkin Abdirashidavich** — Assistant Professor of Karshi State University Department of Applied Mathematics (Republic of Uzbekistan).
- YURCHANKA Aleg Mikalayeovich** — Postgraduate Student of Vitebsk State Technological University Department of Mechanical Engineering Technology.
-

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 навуках. Па-за чаргой публікуюцца навуковыя артыкулы аспірантаў апошняга года навучання (уключаючы артыкулы, якія падрыхтаваны імі ў суаўтарстве) пры ўмове іх поўнай адпаведнасці патрабаванням, што прад’яўляюцца да навуковых публікацый выдання.

2. Патрабаванні да афармлення артыкула:

2.1. Рукапісы артыкулаў прадстаўляюцца на беларускай, рускай ці англійскай мове.

2.2. Кожны артыкул павінен утрымліваць наступныя элементы:

- індэкс УДК;
- назва артыкула;
- прозвішча і ініцыялы аўтара (аўтараў);
- арганізацыя, якую ён (яны) прадстаўляе;
- уводзіны;
- раздзел “Матэрыял і метады”;
- раздзел “Вынікі і іх абмеркаванне”;
- заключэнне;
- спіс выкарыстанай літаратуры.

2.3. Назва артыкула павінна адлюстроўваць яго змест, быць па магчымасці лаканічнай, утрымліваць ключавыя словы, што дазволіць індэксаваць артыкул.

2.4. Ва ўводзінах даецца кароткі агляд літаратуры па праблеме, указваюцца не вырашаныя раней пытанні, фармулюецца і абгрунтоўваецца мэта, падаюцца спасылкі на працы іншых аўтараў за апошнія гады, а таксама на замежныя публікацыі.

2.5. Раздзел “Матэрыял і метады” ўключае апісанне метадыкі, тэхнічных сродкаў, аб’ектаў і зместу даследаванняў, праведзеных аўтарам (аўтарамі).

2.6. У раздзеле “Вынікі і іх абмеркаванне” аўтар павінен зрабіць высновы з пункту гледжання іх навуковай навізны і супаставіць з адпаведнымі вядомымі дадзенымі. Гэты раздзел можа дзяліцца на падраздзелы з паясняльнымі падзаглаўкамі.

2.7. У заключэнні ў сціслым выглядзе павінны быць сфармуляваны атрыманыя вынікі, з указаннем на дасягненне пастаўленай мэты, навізну і магчымасці прымянення на практыцы.

2.8. Спіс літаратуры павінен уключаць не больш за 12 спасылак. Спасылкі нумаруюцца адпаведна з парадкам іх цытавання ў тэксце. Парадкавыя нумары спасылак пішуцца ў квадратных дужках па схеме: [1], [2]. Спіс літаратуры афармляецца ў адпаведнасці з патрабаваннямі ДАСТ — 7.1-2003. Спасылкі на неапублікаваныя працы, дысертацыі не дапускаюцца. Указваюцца 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 друку не прымаюцца. Артыкулы павінны быць падрыхтаваны ў рэдактары Word для Windows. Простыя формулы і літарныя абазначэнні велічынь трэба ўстаўляць, выкарыстоўваючы Symbol (напрыклад, ∞ , A_1 , β^k , $^{\circ}C$). 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. Ён павінен мець наступную структуру: уводзіны, мэту, матэрыял і метады, вынікі і іх абмеркаванне, заключэнне;
- назва артыкула, прозвішча, імя, імя па бацьку аўтара (поўнаасцю), месца яго працы, рэферат, ключавыя словы і спіс літаратуры на англійскай мове;
- нумар тэлефона, адрас электроннай пошты аўтара;
- рэкамендацыя кафедры (навуковай лабараторыі) да друку;
- экспертнае заключэнне аб магчымасці апублікавання матэрыялаў у друку;
- кароткія звесткі пра аўтара на беларускай і англійскай мовах: прозвішча, імя, імя па бацьку аўтара (поўнаасцю); пасада; месца працы; навуковая ступень; навуковае званне; адрас для карэспандэнцыі (лепш электронны).

4. Артыкулы, якія дасылаюцца ў рэдакцыю часопіса, падлягаюць абавязковай праверцы на арыгінальнасць і карэктнасць запазычанняў сістэмай “Антыплагіят.ВНУ”. Для арыгінальных навуковых артыкулаў ступень арыгінальнасці павінна быць не менш за 85%, для аглядаў — не менш за 75%.

5. Па рашэнні рэдакцыі артыкул накіроўваецца на рэцэнзю, затым візіруецца членам рэдкалегіі. Вяртанне артыкула аўтару на дапрацоўку не азначае, што ён прыняты да друку. Перапрацаваны варыянт артыкула зноў разглядаецца рэдкалегіяй. Датай паступлення лічыцца дзень атрымання рэдакцыяй канчатковага варыянта артыкула.

6. Накіраванне ў рэдакцыю раней апублікаваных або прынятых да друку ў іншых выданнях работ не дапускаецца.

7. Адказнасць за прыведзеныя ў матэрыялах факты, змест і дакладнасць інфармацыі нясуць аўтары.

GUIDELINES FOR AUTHORS

1. "Vesnik of Vitebsk State University" publishes results of scientific research conducted at Vitebsk State University as well as at scientific institutions and universities, CIS and other countries. The main criterion for the publication is novelty and specificity of the article. The scientific journal is included into the List of scientific publications recommended by Supreme Qualification Commission (VAK) of the Republic of Belarus for publishing the results of dissertation research in biological, pedagogical, physical and mathematical sciences. The priority for publication is given to scientific articles by postgraduates in their last year (including their articles written with co-authors) on condition these articles correspond the requirements for scientific articles of the journal.

2. Guidelines for the layout of a publication:

2.1. Articles are to be in Belarusian, Russian or English.

2.2. Each article is to include the following elements:

- UDK index;
- title of the article;
- name and initial of the author (authors);
- institution he (she) represents;
- introduction;
- "Material and methods" section;
- "Findings and their discussion" section;
- conclusion;
- list of applied literature.

2.3. *The title* of the article should reflect its contents, be laconic and contain key words which will make it possible to classify the article.

2.4. *The introduction* should contain a brief review of the literature on the problem. It should indicate not yet solved problems. It should formulate the aim; give references to the recent articles of other authors including foreign publications.

2.5. "*Material and methods*" section includes the description of the method, technical aids, objects and contents of the author's (authors') research.

2.6. In "*Findings and their discussion*" section the author should draw conclusions from the point of view of their scientific novelty and compare them with the corresponding well-known data. This section can be divided into sub-sections with explanatory subtitles.

2.7. *The conclusion* should contain a brief review of the findings, indicating the achievement of this goal, their novelty and possibility of practical application.

2.8. The list of literature shouldn't include more than 12 references. The references are to be numerated in the order of their citation in the text. The order number of a reference is given in square brackets e.g. [1], [2]. The layout of the literature list layout is to correspond State Standard (GOST) — 7.1-2003. References to articles and theses which were not published earlier are not permitted. A complete name of the author's certificate and the deposited copy is indicated as well as the institution which presented the copy for depositing.

2.9. Two copies of articles of at least 0,35 of an author sheet size (14000 printing symbols with blanks, punctuation marks, numbers etc.), interval 1, Times New Roman 11 pt are sent to the editorial office. This size includes the text, charts and list of literature. Not more than three pictures are allowed. Pictures and schemes are to be presented in individual *jpg* files. Photos are not allowed. Articles should be typed in Word for Windows. Simple formulas and alphabetical symbols of dimensions should be put by using Symbol (e.g. ∞ , A_1 , β^k , °C). Complicated formulas are typed by the same point and size as the basic text with the help of formula's editor Equation.

2.10. The electronic version should be attached to the paper copy of the article submitted to the editorial board. The electronic and the paper copies of the article should be identical. The university e-mail address is nauka@vsu.by).

3. Following materials (on separate sheets) are attached to the article:

- summary (100–250 words), which should precisely present the contents of the article, should be liable for being published in magazine summaries separately from the article as well as the key words in the language of the original. The structure of the summary is the following: introduction, objective, material and methods, findings and their discussion, conclusion;
- title of the article, surname, first and second names of the author (without being shortened), place of work, summary, key words and the list of literature should be in English;
- author's telephone number, e-mail address;
- recommendation of the department (scientific laboratory) to publish the article;
- expert conclusion on the feasibility of the publication;
- brief information about the author in Belarusian and Russian: the author's surname, name, patronymic; position, employment place; degree, title; post address (e-mail preferably).

4. All articles submitted to the editorial office of the journal are subject to mandatory verification of originality and correctness of borrowings by the Antiplagiat.VUZ system. For original scientific articles the degree of originality should be at least 85%, for reviews — at least 75%.

5. On the decision of the editorial board the article is sent for a review, and then it is signed by the members of the editorial board. If the article is sent back to the author for improvement it doesn't mean that it has been accepted for publication. The improved variant of the article is reconsidered by the editorial board. The article is considered to be accepted on the day when the editorial office receives the final variant.

6. Earlier published articles as well as articles accepted for publication in other editions are not admitted.

7. The authors carry responsibility for the facts provided in the articles, the content and the accuracy of the information.

Выдавец і паліграфічнае выкананне — установа адукацыі
“Віцебскі дзяржаўны ўніверсітэт імя П.М. Машэрава”.

Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі ў якасці выдаўца,
вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў
№ 1/255 ад 31.03.2014.

Надрукавана на рызографе 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.
