



ISSN 2074-8566

ВЕСНІК

ВІЦЕБСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА ЎНІВЕРСІТЭТА

2020 № 1(106)

ВЕСНІК

ВІЦЕБСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА ЎНІВЕРСІТЭТА

НАВУКОВА-ПРАКТЫЧНЫ ЧАСОПІС

Выдаецца з верасня 1996 года
Выходзіць чатыры разы ў год

2020
№ 1(106)

ЗАСНАВАЛЬНІК:

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

РЭДАКЦЫЙНАЯ КАЛЕГІЯ:

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

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

РЭДАКЦЫЙНЫ САВЕТ:

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

САКРАТАРЫЯТ:

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

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

Адрас рэдакцыі:

210038, г. Віцебск, Маскоўскі пр-т, 33,
пакой 202, т. 58-48-93.
E-mail: nauka@vsu.by
<http://www.vsu.by>

Рэгістрацыйны № 750 ад 27.10.2009.

Падпісана ў друк 13.03.2020. Фармат 60×84 1/8. Папера друкарская.
Ум. друк. арк. 17,67. Ул.-выд. арк. 16,53. Тыраж 180 экз. Заказ 28.

© Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта, 2020

З М Е С Т

МАТЭМАТЫКА

Адарченко Н.М. О конечных группах, в которых нильпотентный корадикал является холловой подгруппой	5
Караулова Т.Б. Множества Фиттинга с заданными свойствами холловых подгрупп	11
Прохожий С.А., Питкевич Э.С. Прогнозирование восстановления функционального состояния организма после истощающей физической нагрузки	16
Трубников Ю.В., Чернявский М.М. О распределении корней трехчленных алгебраических уравнений произвольной степени	21
Филимонова А.Р. О решетке σ -локальных классов Фиттинга	34

БІЯЛОГІЯ

Чиркин А.А., Толкачёва Т.А. Биология коронавирусной инфекции	41
Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф., Жадько С.В. Анализ техногенного загрязнения луговой растительности поймы р. Ипуть	47
Держинский Е.А., Коцур В.М., Свирковская И.В. Генетическое разнообразие дождевого червя <i>Dendrobaena octaedra</i> на территории Республики Беларусь	55
Быстряков В.П., Невар Е.А. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны металлообрабатывающих предприятий	60
Тюлькова Е.Г. Изучение параметров фотосинтетической активности саженцев древесных растений в условиях воздействия ароматических углеводородов	68
Хох А.Н., Звягинцев В.Б. Установление географического происхождения сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) по спектрометрическим параметрам в БИК-диапазоне	78
Чезлова О.Е., Волчек А.А. Трансформация качества поверхностных вод зоны воздействия земледельческих полей орошения (на примере ОАО «СГЦ “Западный”»)	85
Наумов А.Д. Биологические эффекты электромагнитного излучения диапазона мобильной связи	91
Николайчук А.М., Яковлев А.П., Вашкевич М.Н., Белый П.Н., Ананьева И.Н. Особенности состава пигментного комплекса листьев древесных растений в городских условиях при внесении микробных удобрений	95

ПЕДАГОГІКА

Турковский В.И., Загорулько Р.В. Состояние и направления совершенствования процесса обучения иностранных студентов	102
Трацевская Л.Ф. К вопросу о методике преподавания дисциплины «Национальная экономика Республики Беларусь» при подготовке специалистов неэкономического профиля	110
Берегов В.П. Школьное историческое образование на территории Западной Беларуси в условиях государственной политики Польши (1921–1939 гг.)	116
Шпак В.Г., Шацкий Г.Б. Планирование комплексного воспитания физических качеств у школьников 12–14 лет	121
Фоменко А.А. Инновационные технологии реализации самостоятельной работы студентов	126
Елсаков И.В. Анализ результатов общей физической подготовки и самооценки курсантов ...	132
Наумова Г.И., Ефременко И.И., Кунцевич Е.А. Влияние инновационной образовательной среды на здоровье обучающихся	139
Гусейнова Н.М. Лингвистические основы организации и проведения дидактических игр на начальном этапе обучения немецкому языку в азербайджанской школе	146

CONTENTS

M A T H E M A T I C S

Adarchenko N.M. On Finite Groups in Which the Nilpotent Residual is a Hall Subgroup	5
Karaulova T.B. Fitting Sets with Given Properties of Hall Subgroups	11
Prokhozhiy S.A., Pitkevich E.S. Prediction of the Rehabilitation of the Organism Functional State after Exhaustive Physical Exercise	16
Trubnikov Yu.V., Chernyavsky M.M. On the Distribution of the Roots of Trinomial Algebraic Equations of an Arbitrary Degree	21
Filimonova A.R. About the σ -Local Fitting Class Lattice	34

B I O L O G Y

Chirkin A.A., Tolkacheva T.A. The Biology of Coronavirus Infection	41
Dayneko M.M., Tsimafeyeu S.F., Zhadko S.V. Analysis of Technogenic Pollution of Meadowland Vegetation of the Floodplain of the Iput River	47
Derzhinsky Ye.A., Kotsur V.M., Svirkovskaya I.V. Genetic Variability of the Earthworm <i>Dendrobaena octaedra</i> in the Republic of Belarus	55
Bystryakov V.P., Nevar E.A. Content of Harmful Substances in the Air of Operation Areas of Metal Processing Companies	60
Tyulkova E.G. Studying Woody Plant Seedling Photosynthetic Activity Parameters under the Influence of Aromatic Hydrocarbons	68
Khokh A.N., Zvyagintsev V.B. The Establishment of Scots Pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) Geographical Origin According to Spectrometric Parameters in the NIR Range	78
Chezlova O.E., Volchak A.A. Transformation of the Quality of Surface Waters of the Exposure Area of Agricultural Irrigation Fields (on the Example of Pig-Breeding Complex "Zapadny")	85
Navumau A.D. Biological Effects of the Electromagnetic Radiation of the Mobile Communication Range	91
Nikolaychuk A.M., Yakovlev A.P., Vashkevich M.N., Bely P.N., Ananyeva I.N. Features of the Composition of the Pigment Complex of Wood Plant Leaves in Urban Conditions when Applying Microbial Fertilizers	95

P E D A G O G Y

Turkovski V.I., Zagorulko R.V. State and Ways of Improvement of Teaching Foreign Students	102
Tratsevskaya L.F. To the Issue of the Discipline "National Economy of the Republic of Belarus" Teaching Methods in Training Specialists of Non-Economics Professions	110
Beregov V.P. School Historical Education on the Territory of Western Belarus in the Context of Polish State Policy (1921–1939)	116
Shpak V.G., Shatsky G.B. Integrated Training of 12–14 Year Old Pupils' Physical Qualities	121
Fomenko A.A. Innovation Technologies of Students' Individual Work Implementation	126
Yelsakov I.V. Analysis of the Results of Cadets' General Physical Training and Self-Assessment ...	132
Naumova G.I., Efremenko I.I., Kuntsevich E.A. The Impact of Innovative Educational Environment on Students' Health	139
Guseinova N.M. Linguistic Bases of the Organization and Conducting Didactic Games at the Initial Stage of Teaching German in the Azerbaijan School	146



МАТЭМАТЫКА

УДК 512.54

О КОНЕЧНЫХ ГРУППАХ, В КОТОРЫХ НИЛЬПОТЕНТНЫЙ КОРАДИКАЛ ЯВЛЯЕТСЯ ХОЛЛОВОЙ ПОДГРУППОЙ

Н.М. Адарченко

Учреждение образования «Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

Представленная статья посвящена изучению новых классов конечных групп с условием σ -перестановочности для подгрупп.

Цель работы – нахождение достаточных условий, при которых нильпотентный корадикал конечной группы является холловой нильпотентной подгруппой.

Материал и методы. Объект исследования – конечные σ -разрешимые группы. При этом используются методы абстрактной теории групп и методы теории σ -свойств конечных групп.

Результаты и их обсуждение. Найдены новые приложения теории τ_σ -перестановочных подгрупп. В частности, обобщены некоторые известные результаты о перестановочных подгруппах конечных групп. Результаты данной работы могут найти приложения в исследованиях конечных групп с условием транзитивности для перестановочности подгрупп.

Заключение. Создан новый метод изучения нильпотентного корадикала конечных групп. С помощью этого метода доказан критерий холловости нильпотентного корадикала конечной группы. Полученные результаты обобщают некоторые известные результаты и, в частности, теорему Хупперта о сверхразрешимости конечных групп с циклическими силовскими подгруппами.

Ключевые слова: конечная группа, силовская подгруппа, τ_σ -перестановочная подгруппа, σ -разрешимая группа, σ -нильпотентная группа, максимальная подгруппа.

ON FINITE GROUPS IN WHICH THE NILPOTENT RESIDUAL IS A HALL SUBGROUP

N.M. Adarchenko

Educational Establishment "Francisk Skorina Gomel State University"

The presented article is devoted to the study of new classes of finite groups with the condition of σ -permutability for subgroups.

The purpose of the work is to find the sufficient conditions under which the nilpotent residual of a finite group is a Hall nilpotent subgroup.

Material and methods. The object of study is the finite σ -soluble groups. In the study, methods of the abstract group theory and methods of the theory of σ -properties are used.

Findings and their discussion. New applications of the theory of τ_σ -permutable subgroups have been found. In particular, some known results on permutable subgroups of finite groups are generalized. The results of this work can find applications in studies of finite groups with transitivity condition for permutable subgroups.

Conclusion. A new method for studying the nilpotent residual of a finite group is developed. Using this method, a new criterion for the nilpotent residual of the finite group to be a Hall subgroup is proved. The results obtained in the paper generalize some known results and, in particular, the well-known theorem of Huppert on the supersolubility of finite groups with cyclic Sylow subgroups.

Key words: finite group, Sylow subgroup, τ_σ -permutable subgroup, σ -soluble group, σ -nilpotent group, maximal subgroup.

Представленная работа посвящена изучению новых классов конечных групп с условием σ -перестановочности для подгрупп.

1. Введение. Определения, основной результат и его следствия. На протяжении статьи все группы конечны, и G всегда обозначает конечную группу. В дальнейшем σ является некоторым разбиением множества всех простых чисел $\mathbb{P}$, то есть $\sigma = \{\sigma_i \mid i \in I\}$, где $\mathbb{P} = \bigcup_{i \in I} \sigma_i$ и $\sigma_i \cap \sigma_j = \emptyset$ для всех $i \neq j$. Символ $\sigma(n)$ обозначает $[1; 2]$ набор $\{\sigma_i \mid \sigma_i \cap \pi(n) \neq \emptyset\}$; $\sigma(G) = \sigma(|G|)$.

Группа G называется $[3]$ σ -примарной, если G является σ_i -группой для некоторого $i \in I$; σ -нильпотентной, если $G = G_1 \times \dots \times G_n$ для некоторых σ -примарных групп $G_1, \dots, G_n$; σ -разрешимой, если каждый главный фактор G является σ -примарным.

Множество $\mathbf{H}$ подгрупп в G является полным холловским σ -множеством в G $[1; 2]$, если каждый член $\neq 1$ в $\mathbf{H}$ является холловой σ_i -подгруппой в G для некоторого $\sigma_i \in \sigma$ и $\mathbf{H}$ содержит в точности одну холлову σ_i -подгруппу группы G для каждого $\sigma_i \in \sigma(G)$.

Пусть $\tau_H(A) = \{\sigma_i \in \sigma(G) \setminus \sigma(A) \mid \sigma(A) \cap \sigma(H^G) \neq \emptyset \text{ для холловой } \sigma_i\text{-подгруппы } H \in \mathbf{H}\}$.

Тогда мы говорим, следуя Бейдлеману и Скибе $[4]$, что подгруппа A группы G является (i) τ_σ -перестановочной в G относительно $\mathbf{H}$, если $AH^x = H^x A$ для всех $x \in G$ и всех $H \in \mathbf{H}$ таких, что $\sigma(H) \subseteq \tau_H(A)$; (ii) τ_σ -перестановочной в G , если A является τ_σ -перестановочной в G относительно некоторого полного холлова σ -множества $\mathbf{H}$ из G .

Цель работы – нахождение достаточных условий, при которых нильпотентный корадикал конечной группы является холловой нильпотентной подгруппой.

Материал и методы. Объект исследования – конечные σ -разрешимые группы. При этом используются методы абстрактной теории групп и методы теории σ -свойств конечных групп.

Теорема 1.1. Пусть $D = G^{\mathfrak{N}_\sigma}$ и $\pi = \pi(D)$. Предположим, что G обладает полным холловым σ -множеством $\mathbf{H}$, все члены которого π -сверхразрешимы. Если максимальные подгруппы каждой нециклической силовой p -подгруппы группы G являются τ_σ -перестановочными в G для всех $p \in \pi$, то D – нильпотентная холлова подгруппа в G , наименьший простой делитель числа $|G|$ делит $|G:D|$ и каждый главный фактор группы G ниже D является циклическим.

В этой теореме символ $G^{\mathfrak{N}_\sigma}$ обозначает σ -нильпотентный корадикал группы G , то есть пересечение всех нормальных подгрупп N группы G с σ -нильпотентной факторгруппой G/N ; $G^{\mathfrak{N}}$ – нильпотентный корадикал группы G .

Следствие 1.2 (см. теорему 10.3 в $[5, \text{VI}]$). Если каждая силовая подгруппа группы G является циклической, то G сверхразрешима.

Следствие 1.3 (Сринивасан $[6]$). Если каждая максимальная подгруппа каждой силовой подгруппы группы G S -перестановочна в G , то G сверхразрешима.

2. Доказательство основного результата. Мы используем $\mathfrak{N}_\sigma$ для обозначения класса всех σ -нильпотентных групп. При доказательстве теоремы 1.1 мы применяем следующие σ -свойства групп.

Лемма 2.1 (см. лемму 2.5 в $[3]$). Класс $\mathfrak{N}_\sigma$ замкнут относительно взятия прямых произведений, гомоморфных образов и подгрупп. Более того, если E является нормальной подгруппой в G и $E/E \cap \Phi(G)$ – σ -нильпотентной группой, то E также σ -нильпотентная группа.

Напомним, что G называется D_π -группой, если G обладает холловой π -подгруппой E и каждая π -подгруппа группы G содержится в некоторой сопряженной с E подгруппе; σ -полной группой силовского типа $[1]$, если каждая подгруппа E группы G является D_{σ_i} -группой для каждого $\sigma_i \in \sigma(E)$; σ -полной $[7]$, если G обладает полным холловым σ -множеством.

Ввиду теорем А и В из $[7]$ справедливо следующее утверждение.

Лемма 2.2. Если G является σ -разрешимой, то G является σ -полной группой силовского типа.

Лемма 2.3 (см. лемму 3.1 в [3]). Пусть H – σ_i -подгруппа в σ -полной группе G . Тогда H является σ -перестановочной в G тогда и только тогда, когда $O^{\sigma_i}(G) \leq N_G(H)$.

Доказательство теоремы 1.1. Предположим, что теорема 1.1 неверна, и пусть G – контрпример минимального порядка. Тогда $D \neq 1$. Пусть $H = \{H_1, \dots, H_t\}$. Без ограничения общности можно предположить, что H_i является σ_i -группой для всех $i=1, \dots, t$. Пусть R – минимальная нормальная подгруппа в G .

(1) Гипотеза справедлива для G/R , поэтому заключение теоремы справедливо для G/R .

Сначала заметим, что

$$H_0 = \{H_1N/N, \dots, H_tN/N\}$$

– полное холлово σ -множество в G/N . Более того, каждый член H_iN из H_0 является π -сверхразрешимой группой, поскольку H_i является π -сверхразрешимой группой по условию. С другой стороны, $(G/N)^{N\sigma} = DN/N$. Следовательно, $\pi_0 \subseteq \pi$, где $\pi_0 = \pi((G/N)^{N\sigma})$, поэтому каждый член множества H_0 является π_0 -сверхразрешимой группой.

Пусть теперь V/R – максимальная подгруппа силовской p -подгруппы P/R группы G/R , где $p \in \pi_0$ и P/R не является циклической группой. Тогда для некоторой нециклической силовской p -подгруппы G_p группы G мы имеем $P/R = G_pR/R$ и $V = R(V \cap G_p)$. Следовательно,

$$\begin{aligned} p &= |(P/R):(V/R)| = |G_pR:R(V \cap G_p)| = |G_p||R||R \cap (V \cap G_p)| : |V \cap G_p||R||G_p \cap R| = \\ &= |G_p| : |V \cap G_p| = |G_p:(V \cap G_p)|, \end{aligned}$$

поэтому $V \cap G_p$ – максимальная подгруппа в G_p . Таким образом, $V \cap G_p$ τ_σ -перестановочна в G по условию, поэтому $V/R = R(V \cap G_p)/R$ является τ_σ -перестановочной в G/R по лемме 2.6(1) из [4]. Значит, гипотеза верна для G/R . Следовательно, мы имеем (1) по выбору G .

(2) Группа D разрешима, поэтому G является σ -разрешимой группой. Таким образом, G является σ -полной группой силовского типа.

Предположим, что это неверно. Утверждение (1) подразумевает, что $(G/R)^{N\sigma} = DR/R$ нильпотентен. Следовательно, $R \leq D$ и R – неабелева группа. Более того, если G имеет минимальную нормальную подгруппу $N \neq R$, то $N \leq D$ и $D \cong D/(R \cap N) = D/1$ нильпотентны, противоречие. Таким образом, R является единственной минимальной нормальной подгруппой в G и $C_G(R) = 1$, поскольку, $C_G(R)$ нормальна в G , а R – неабелева группа. Тогда 2 делит $|R|$ по теореме Фейта–Томпсона и силовская 2-подгруппа Q в R не является циклической согласно [5, IV, теорема 2.8]. Следовательно, $|Q| > 2$.

Пусть P – силовская 2-подгруппа в G такая, что $Q = P \cap R$. Тогда для некоторой максимальной подгруппы V в P имеем, что Q не содержится в V по теореме Тейта [5, IV, теорема 4.7], откуда следует, что $P = QV$ и поэтому $V \cap R < P \cap R = Q$. Кроме того, $V \cap R \neq 1$, так как в противном случае мы имеем $V \cap R = P \cap V \cap R = Q \cap V = 1$ и, следовательно, $|Q| = 2$. Так как $R = R_1 \times \dots \times R_n$, где $R_1, \dots, R_n$ – неабелевы простые группы, $Q = (P \cap R_1) \times \dots \times (P \cap R_n)$ и поэтому для некоторого i мы имеем $V \cap R_i < P \cap R_i$. Также отметим, что $V \cap R_i \neq 1$, так как в противном случае мы получаем, что порядок силовской 2-подгруппы в $P \cap R_i$ делит 2 и поэтому $P \cap R_i$ является 2-нильпотентным согласно [5, IV, теорема 2.8], что влечет 2-нильпотентность группы R .

Предположим, что $2 \in \sigma_k$. Сначала покажем, что R является σ -примарной группой. Предположим, что это неверно. Мы можем предполагать без потери общности, что V τ_σ -перестановочна в G относительно H . Тогда для некоторого $j \neq k$ и для $H = H_j$ имеем $H \cap R_i \neq 1$, поскольку R не является σ -примарной. Также отметим, что $\sigma_k \in \sigma(H^G)$, так как в противном случае мы имеем $R \cap H^G = 1$, что означает, что

$1 < H^G \leq C_G(R) = 1$. Следовательно, $\sigma_k \in \tau_H(V)$ и поэтому $VH^x = H^xV$ для всех $x \in G$. Заметим, что $L = VH^x \cap R_i$ является субнормальной подгруппой в VH^x , где V – холлова σ_k -подгруппа VH^x и H^x – холлова σ_j -подгруппа VH^x . Следовательно, $L = (L \cap V)(L \cap H^x)$. Значит,

$$\begin{aligned} L &= (L \cap V)(L \cap H^x) = (VH^x \cap R_i \cap V)(VH^x \cap R_i \cap H^x) = (R_i \cap V)(R_i \cap H^x) = \\ &= (V \cap R_i)(H \cap R_i)^x = (H \cap R_i)^x(V \cap R_i) \end{aligned}$$

для всех $x \in R_i$, где $(H \cap R_i)(V \cap R_i) \neq R_i$, так как $V \cap R_i < P \cap R_i$. Следовательно, группа R_i непроста ввиду [8, теорема 1.1.9], так как $H \cap R_i \neq 1$ и $V \cap R_i \neq 1$. Это противоречие показывает, что R является σ -примарной группой.

Теперь заметим, что $\sigma(V \cap R) = \sigma(V) = \sigma(R) = \{\sigma_k\}$, поскольку R является σ -примарной группой, $2 \in \sigma_k$ и $V \cap R \neq 1$. Следовательно, $V \cap R$ является τ_σ -перестановочной в G по лемме 2.6(2) из [4]. Но $V \cap R \leq R \leq O_{\sigma_k}(G)$, поэтому $V \cap R$ σ -перестановочна в G по лемме 2.6(3) из [4]. Таким образом, $R \leq N_G(V \cap R)$ по лемме 2.3, поскольку $R \leq D \leq O^{\sigma_i}(G)$. Следовательно, $V \cap R \leq O_2(R) = 1$, противоречие. Таким образом, R – абелева группа. Значит, D разрешима по утверждению (1). Следовательно, G является σ -разрешимой группой и поэтому G – σ -полная группа силовского типа по лемме 2.2.

(3) Подгруппа D нильпотентна.

Предположим, что это неверно. Заметим, что $RD/R = (G/R)^{\mathfrak{N}_\sigma}$ является нильпотентной группой по утверждению (1). Следовательно, $R \leq D$, R – единственная минимальная нормальная подгруппа в G и R не содержится в $\Phi(G)$ по лемме 2.1. Из утверждения (2) получим, что R является p -группой для некоторого простого числа p . Следовательно, $R = C_G(R)$ согласно [9, глава А, теорема 15.2], и $G = [R]M$ для некоторой максимальной подгруппы M в G . Если $|R| = p$, то $G/C_G(R) = G/R$ является циклической группой. Таким образом, G сверхразрешима и поэтому D нильпотентна, что противоречит нашему предположению о группе G . Следовательно, $|R| > p$ и поэтому силовские p -подгруппы в G не являются циклическими.

Для некоторого i имеем $R \leq H_i \cap D$. Тогда $H_i = [R](H_i \cap M)$ и H_i является π -сверхразрешимой группой по предположению. Пусть P – силовская p -подгруппа в $H_i \cap M$. Тогда $RP \in \text{Syl}_p(G)$. Пусть V – такая максимальная в R подгруппа, что V нормальна в H_i .

Мы покажем, что V нормальна в G . Прежде всего заметим, что VP является максимальной подгруппой силовской p -подгруппы RP группы G , поэтому VP τ_σ -перестановочна в G по условию. Тогда $V = V(R \cap P) = R \cap VP$ σ -перестановочна в G по лемме 2.6(2)(3) в [4]. Следовательно, $G = H_i O^{\sigma_i}(G) \leq N_G(V)$ по лемме 2.3. Минимальность R подразумевает, что $V = 1$, поэтому $|R| = p$, противоречие. Следовательно, подгруппа D нильпотентна.

(4) Если E является подгруппой в G , то $E^{\mathfrak{N}_\sigma} \leq D$.

Прежде отметим, что поскольку $E/E \cap D \simeq ED/D \in \mathfrak{N}_\sigma$ и $\mathfrak{N}_\sigma$ является наследственным классом по лемме 2.1, то $E/E \cap D \in \mathfrak{N}_\sigma$. Следовательно, $E^{\mathfrak{N}_\sigma} \leq E \cap D$.

(5) D – холлова подгруппа в G .

Допустим, что это неверно, и пусть P – силовская p -подгруппа в D такая, что $1 < P < G_p \in \text{Syl}_p(G)$. Мы можем предположить без ограничения общности, что $G_p \leq H_1$ и $R \leq D$.

(а) $R = D = P$ – минимальная нормальная подгруппа в G .

Поскольку, по утверждению (3), D нильпотентна, R является q -группой для некоторого простого числа q . Более того, $D/R = (G/R)^{\mathfrak{N}_\sigma}$ – холлова подгруппа в G/R согласно утверждению (1). Предположим, что $PR/R \neq 1$. Тогда $PR/R \in \text{Syl}_p(G/R)$. Если $q \neq p$, то $P \in \text{Syl}_p(G)$. Это противоречит тому факту, что $P < G_p$. Следовательно, $q = p$ и поэтому $R \leq P$, таким образом, $P/R \in \text{Syl}_p(G/R)$, и мы снова получаем

это $P \in \text{Syl}_p(G)$. Данное противоречие показывает, что $PR/R = 1$, и это означает, что $R = P$ – единственная минимальная нормальная подгруппа в G , содержащаяся в D . Поскольку D нильпотентна согласно утверждению (3), p' – дополнение E в группе D является характеристической подгруппой в D и поэтому нормальна в G . Следовательно, $E = 1$, из чего следует, что $R = D = P$.

(б) Для некоторой максимальной подгруппы M из G мы имеем $C = DM$ (это получаем из утверждения (2) и леммы 2.1, поскольку G не является σ -нильпотентной группой).

(с) Если G имеет минимальную нормальную подгруппу $L \neq D$, то $G_p = D \times (L \cap G_p)$. Следовательно, $O_{p'}(G) = 1$.

Действительно, DL/L является холловой подгруппой в G/L согласно утверждениям (1) и (а). Следовательно, $G_p L/L = DL/L$, поэтому $G_p = D \times (L \cap G_p)$. Таким образом, $O_{p'}(G) = 1$, поскольку $D < G_p$ по утверждению (а).

(d) $V = C_G(D) \cap M$ является нормальной подгруппой в G и $C_G(D) = D \times V \leq H_1$.

Ввиду пунктов (а) и (б) имеем $C_G(D) = D \times V$, где $V = C_G(D) \cap M$ – нормальная подгруппа в G . По пункту (а) $V \cap D = 1$ и, следовательно, по лемме 2.1 DV/D является σ -нильпотентной группой. Пусть W – σ_1 -дополнение в V . Тогда W характеристична в V и поэтому нормальна в G . Следовательно, мы имеем (d) по пункту (с).

(е) $G_p \neq H_1$.

Предположим, что $G_p = H_1$. Пусть Z – подгруппа порядка p в $Z(G_p) \cap D$. Тогда, поскольку $D \leq O^{\sigma_1}(G) = O^p(G)$, подгруппа Z является нормальной в G по лемме 2.5. Значит, $D = Z < G_p$ и, следовательно, $D < C_G(D)$. Тогда $V = C_G(D) \cap M \neq 1$ является нормальной подгруппой в G и $V \leq H_1 = G_p$ по пункту (d). Пусть L – минимальная нормальная подгруппа в G , содержащаяся в V . Тогда $G_p = D \times L$ является нормальной элементарной абелевой подгруппой в G согласно пункту (с). Следовательно, каждая максимальная подгруппа из G_p нормальна в G по леммам 2.6(3) из [4] и 2.3. Из этого имеем, что каждая подгруппа из G_p нормальна в G . Следовательно, $|D| = |L| = p$. Пусть $D = \langle a \rangle$, $L = \langle b \rangle$ и $N = \langle ab \rangle$. Тогда N не содержится в D , поэтому мы получаем, что $G/C_G(D) = G/C_G(N)$ является p -группой, поскольку G/D является σ -нильпотентной по лемме 2.1. Но тогда из утверждения (d) следует, что G является p -группой. Это противоречие показывает, что мы имеем (е).

Заключительное противоречие для (5). Ввиду теоремы А из [7] G имеет такое σ_1 -дополнение E , что $W = EG_p = G_p E$. Пусть $V = W^{\sigma}$. Ввиду утверждений (2) и (4) и леммы 2.6(5) из [4] условие теоремы справедливо для W . Более того, из утверждения (е) следует, что $W \neq G$. Но тогда заключение теоремы верно для W по выбору группы G , откуда получаем, что V – холлова подгруппа в W . Кроме того, утверждение (4) подразумевает, что $V \leq D$, поэтому для силовой p -подгруппы V_p из V мы имеем $|V_p| \leq |P| < |G_p|$. Следовательно, V является p' -группой и поэтому $V \leq C_G(D) \leq H_1 \cap W$ по пункту (d). Таким образом, $V = 1$ и поэтому $W = EG_p = E \times G_p$ является σ -нильпотентной группой и $E \leq C_G(D) \leq H_1$. Следовательно, $E = 1$ и поэтому $D = 1$, противоречие. Таким образом, D – холлова подгруппа в G .

(6) Если p – такое простое число, что $(p-1, |G|) = 1$, то p не делит $|D|$. В частности, наименьший простой делитель числа $|G|$ делит $|G:D|$.

Предположим, что это неверно, и пусть P – силовая p -подгруппа в D . Рассуждая так же, как и при доказательстве утверждения (3), можно показать, что некоторая максимальная подгруппа E подгруппы P нормальна в G . Следовательно, $C_G(D/E) = G$, так как $(p-1, |G|) = 1$ по гипотезе. Поскольку D – холлова подгруппа в G по утверждению (5), она имеет дополнение M в G . Таким образом, $G/E = (D/E) \times (ME/E)$, где $ME/E \cong M \cong G/D$ – σ -нильпотентные группы. Следовательно, G/E – σ -нильпотентная группа. Но тогда $D \leq E$, противоречие. Следовательно, p не делит $|D|$. В частности, наименьший простой делитель числа $|G|$ делит $|G:D|$.

(7) Каждый главный фактор группы G ниже D является циклическим.

Предположим, что это неверно. Допустим, что $\Phi(D) \neq 1$ и пусть $R \leq \Phi(D)$. Утверждение (1) подразумевает, что каждый главный фактор в G/R ниже $(G/R)^{\sigma} = D/R$ является циклическим, поэтому каждый главный фактор в G ниже D циклический по [9, IV, теорема 6.7]. Следовательно, $\Phi(D) = 1$ и поэтому любая силовская подгруппа в D является элементарной. Более того, существует простое $p \in \pi(D)$ такое, что силовская p -подгруппа P из D содержит минимальную нормальную подгруппу N группы G такую, что $|N| > p$. Пусть V – максимальная подгруппа в P такая, что $P = NV$. Тогда $N \cap V \neq 1$, поскольку D – холлова подгруппа в G , $P \in \text{Syl}_p(G)$. Следовательно, V – τ_σ -перестановка в G , поэтому $N \cap V$ – σ -перестановка в G по лемме 2.6(2)(3) из [4]. Теперь, рассуждая так же, как и при доказательстве утверждения (3) можно показать, что $N \cap V$ является нормальной подгруппой в G . Минимальность N подразумевает, что $N \cap V = 1$, поэтому $|N| = p$. Это противоречие завершает доказательство (7).

Утверждения (3), (5), (6) и (7) показывают, что заключение теоремы справедливо для G , что противоречит выбору группы G .

Теорема доказана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Skiba, A.N. Some characterizations of finite σ -soluble $P\sigma T$ -groups / A.N. Skiba // J. Algebra. – 2018. – Vol. 495, № 1. – P. 114–129.
2. Skiba, A.N. On sublattices of the subgroup lattice defined by formation Fitting sets / A.N. Skiba // J. Algebra. – 2020. – Vol. 550. – P. 69–85.
3. Skiba, A.N. On σ -subnormal and σ -permutable subgroups of finite groups / A.N. Skiba // J. Algebra. – 2015. – Vol. 436. – P. 1–16.
4. Beidleman, J.C. On τ_σ -quasinormal subgroups of finite groups / J.C. Beidleman, A.N. Skiba // J. Group Theory. – 2017. – Vol. 20, № 5. – P. 955–964.
5. Huppert, B. Endliche Gruppen I / B. Huppert. – Berlin–Heidelberg–New York: Springer-Verlag, 1967.
6. Srinivasan, S. Two sufficient conditions for supersolubility of finite groups / S. Srinivasan // Israel J. Math. – 1980. – Vol. 3, № 35. – P. 210–214.
7. Skiba, A.N. A generalization of a Hall theorem / A.N. Skiba // J. Algebra and its Application. – 2015. – Vol. 15, № 4. – P. 21–36.
8. Ballester-Bolínches, A. Products of Finite Groups / A. Ballester-Bolínches, R. Esteban-Romero, M. Asaad. – Berlin–New York: Walter de Gruyter, 2010.
9. Doerk, K. Finite soluble groups / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin–New York: Walter de Gruyter, 1992.

REFERENCES

1. Skiba A.N. Some characterizations of finite σ -soluble $P\sigma T$ -groups // J. Algebra. – 2018. – Vol. 495, № 1. – P. 114–129.
2. Skiba A.N. On sublattices of the subgroup lattice defined by formation Fitting sets // J. Algebra. – 2020. – Vol. 550. – P. 69–85.
3. Skiba A.N. On σ -subnormal and σ -permutable subgroups of finite groups // J. Algebra. – 2015. – Vol. 436. – P. 1–16.
4. Beidleman J.C. and Skiba A.N. On τ_σ -quasinormal subgroups of finite groups // J. Group Theory. – 2017. – Vol. 20, № 5. – P. 955–964.
5. Huppert B. Endliche Gruppen I. – Berlin–Heidelberg–New York: Springer-Verlag, 1967.
6. Srinivasan S. Two sufficient conditions for supersolubility of finite groups // Israel J. Math. – 1980. – Vol. 3, № 35. – P. 210–214.
7. Skiba A.N. A generalization of a Hall theorem // J. Algebra and its Application. – 2015. – Vol. 15, № 4. – P. 21–36.
8. Ballester-Bolínches A., Esteban-Romero R., Asaad M. Products of Finite Groups. – Berlin–New York: Walter de Gruyter, 2010.
9. Doerk K., Hawkes T. Finite soluble groups. – Berlin–New York: Walter de Gruyter, 1992.

Поступила в редакцию 24.01.2020

Адрес для корреспонденции: e-mail: nik. adarchenko@gmail.ru – Адарченко Н.М.

УДК 512.542

МНОЖЕСТВА ФИТТИНГА С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ ХОЛЛОВЫХ ПОДГРУПП

Т.Б. Караулова

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

В настоящей работе описаны методы построения множеств Фиттинга конечной π -разрешимой группы, определяемых заданными свойствами ее холловых π -подгрупп. В частности, доказана справедливость аналога гипотезы Шеметкова о локальности формации всех групп, холловы π -подгруппы которых являются $C_{\pi}\mathfrak{F}$ -группами, для π -локального множества Фиттинга π -разрешимой группы.

Цель исследования – разработка новых методов построения множеств Фиттинга π -разрешимой группы посредством заданных свойств холловых π -подгрупп.

Материал и методы. Используются классические методы теории групп и теории классов групп.

Результаты и их обсуждение. Доказано, что для множества простых чисел π ($\emptyset \neq \pi \subseteq \mathbb{P}$) и для любого множества Фиттинга π -разрешимой группы G множество всех подгрупп конечной π -разрешимой группы G , холловы π -подгруппы которых содержатся в их $\mathfrak{F}$ -радикалах, является π -насыщенным множеством Фиттинга. Определено множество всех подгрупп конечной π -разрешимой группы G , холловы π -подгруппы которых принадлежат множеству Фиттинга $\mathfrak{F}$ группы G , и доказана его π -локальность в случае, когда $\mathfrak{F}$ – π -локальное множество Фиттинга G .

Заключение. В настоящей работе построены новые семейства множеств Фиттинга π -разрешимой группы G , определяемых заданными свойствами холловых π -подгрупп.

Ключевые слова: множество Фиттинга группы G , холловы π -подгруппы, $\mathfrak{F}$ -радикал.

FITTING SETS WITH GIVEN PROPERTIES OF HALL SUBGROUPS

T.B. Karaulova

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

In this paper, we described methods for constructing Fitting sets of a finite π -soluble group, defined by the given properties of its Hall π -subgroups. In particular, the analogue of the Shemetkov problem on the locality of the formation of all groups whose Hall π -subgroups are $C_{\pi}\mathfrak{F}$ -groups for a π -local Fitting set of a π -soluble group is proved.

The purpose of the research is to develop new methods for constructing Fitting sets of a π -soluble group via properties of Hall π -subgroups.

Material and methods. In this paper classical methods of group theory and class theory of groups are used.

Findings and their discussion. In the paper it is proved, that the set of all subgroups of a finite π -soluble group G , whose Hall π -subgroups are contained in their $\mathfrak{F}$ -radicals is a π -saturated Fitting set for a set of primes π ($\emptyset \neq \pi \subseteq \mathbb{P}$) and for any Fitting set of a π -soluble group. The set of all subgroups of a finite π -soluble group G , whose Hall π -subgroups belong to Fitting set $\mathfrak{F}$ of a group G is defined and its π -locality is proved in the case when $\mathfrak{F}$ is a π -local Fitting set.

Conclusion. In this paper, we construct the new families of Fitting sets of π -soluble group defined via properties of Hall π -subgroups.

Key words: Fitting set of a group G , Hall π -subgroups, $\mathfrak{F}$ -radical.

В данном исследовании рассматриваются только конечные группы. В обозначениях и терминологии мы следуем [1].

Основной результат настоящей работы – доказательство аналога проблемы Шеметкова в теории множеств Фиттинга π -разрешимых групп. Кроме того, описаны методы построения множеств Фиттинга π -разрешимой группы, определяемых вложением холловых π -подгрупп в их радикалы.

Материал и методы. Используются классические методы теории групп и теории классов групп.

Множества Фиттинга, определяемые вложением холловых подгрупп в радикалы. В данном разделе построено новое семейство множеств Фиттинга π -разрешимых групп, определяемых вложением холловых подгрупп в радикалы групп.

Определение 1. Пусть π – некоторое множество простых чисел и $\mathcal{F}$ – непустое множество Фиттинга π -разрешимой группы G . Обозначим через $\mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})$ множество всех подгрупп группы G , которое определяется следующим образом: $\mathcal{R}_\pi(\mathcal{F}) = \{H \leq G : H_\pi \leq H_{\mathcal{F}}\}$.

Напомним, что произведением $\mathcal{F} \circ \mathfrak{H}$ множества Фиттинга $\mathcal{F}$ группы G и класса Фиттинга $\mathfrak{H}$ [2, с. 218] называется множество всех таких подгрупп H группы G , что $H/H_{\mathcal{F}} \in \mathfrak{H}$, то есть $\mathcal{F} \circ \mathfrak{H} = \{H \leq G : H/H_{\mathcal{F}} \in \mathfrak{H}\}$. Пусть $\emptyset \neq \pi \subseteq \mathbb{P}$. Множество Фиттинга группы G является π -насыщенным, если $\mathcal{F} \circ \mathfrak{G}_{\pi'} = \mathcal{F}$.

Теорема 1. Пусть $\emptyset \neq \pi \subseteq \mathbb{P}$ и $\mathcal{F}$ – множество Фиттинга π -разрешимой группы G . Тогда справедливы следующие утверждения:

- 1) множество $\mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})$ является множеством Фиттинга группы G ;
- 2) множество Фиттинга $\mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})$ группы G π -насыщено.

Доказательство. Пусть G – π -разрешимая группа. Предположим, что $H \leq G$ такая, что $H \in \mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})$. Тогда $H_\pi \leq H_{\mathcal{F}}$. Пусть $K \trianglelefteq H$. Докажем, что $K \in \mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})$. По определению множества $\mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})$ $\mathcal{F}$ -радикал группы H содержит некоторую холлову π -подгруппу H_π из H , то есть $H_\pi \leq H_{\mathcal{F}}$. Ввиду леммы [1, предложение VIII. 2.4. (d)] имеем $K_{\mathcal{F}} = H_{\mathcal{F}} \cap K$. По [1, лемма I. 3.2. (c)] $K_\pi = H_\pi \cap K$. Следовательно, $H_\pi \cap K \leq H_{\mathcal{F}} \cap K$ и поэтому $K_\pi \leq K_{\mathcal{F}}$. Значит, $K \in \mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})$.

Пусть M и N – нормальные подгруппы группы в произведении $MN = H$, причем $M, N \in \mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})$. Докажем, что $H \in \mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})$.

Так как $M, N \in \mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})$, то $M_\pi \leq M_{\mathcal{F}}$ и $N_\pi \leq N_{\mathcal{F}}$. По [1, предложение VIII. 2.4. (d)] имеем $M_{\mathcal{F}} = H_{\mathcal{F}} \cap M$ и $N_{\mathcal{F}} = H_{\mathcal{F}} \cap N$. По [1, лемма I. 3.2. (c)] $M_\pi = H_\pi \cap M$ и $N_\pi = H_\pi \cap N$. Следовательно, $H_\pi \cap M \leq H_{\mathcal{F}} \cap M$ и $H_\pi \cap N \leq H_{\mathcal{F}} \cap N$, и поэтому $(H_\pi \cap M)(H_\pi \cap N) \leq (H_{\mathcal{F}} \cap M)(H_{\mathcal{F}} \cap N)$. По [1, лемма A. 1.2. (a)] и [1, лемма I. 3.2. (d)] $(H_\pi \cap M)(H_\pi \cap N) = H_\pi \cap MN = H_\pi \cap H = H_\pi \leq (H_{\mathcal{F}} \cap M)(H_{\mathcal{F}} \cap N) \leq H_{\mathcal{F}} \cap MN = H_{\mathcal{F}}$. Итак, $H_\pi \leq H_{\mathcal{F}}$. Следовательно, $H \in \mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})$.

Покажем, что множество $\mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})$ замкнуто относительно сопряжений.

Пусть $S \leq G$ и $S \in \mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})$. Отсюда следует, что $S_\pi \leq S_{\mathcal{F}}$. Докажем, что $S^x \in \mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})$ для каждого $x \in G$. То есть покажем, что $(S^x)_\pi \leq (S^x)_{\mathcal{F}}$. Так как $S_{\mathcal{F}} \in \mathcal{F}$ и $\mathcal{F}$ – множество Фиттинга группы G , то $(S_{\mathcal{F}})^x \in \mathcal{F}$ и $(S_{\mathcal{F}})^x \trianglelefteq S^x$. По определению $\mathcal{F}$ -радикала $(S_{\mathcal{F}})^x \leq (S^x)_{\mathcal{F}}$. Следовательно, $S_\pi \leq S_{\mathcal{F}} = (S_{\mathcal{F}})^x \leq (S^x)_{\mathcal{F}}$.

Остается доказать, что $(S^x)_\pi \leq S_\pi$ для каждого $x \in G$. По теореме Чунихина каждая π -подгруппа группы S содержится в некоторой ее холловой π -подгруппе и любые две холловы π -подгруппы S сопряжены в группе S . Следовательно, $(S^x)_\pi \leq (S_1)_\pi$ и $(S_1)_\pi = (S_\pi)^y = S_\pi$ для некоторого $y \in G$.

Таким образом, $(S^x)_\pi \leq S_\pi \leq S_{\mathcal{F}} = (S_{\mathcal{F}})^x = (S^x)_{\mathcal{F}}$. Значит, $S^x \in \mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})$ для каждого $x \in G$.

Докажем утверждение (2), то есть покажем, что $\mathcal{R}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathfrak{G}_{\pi'} = \mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})$. По [2, свойство 3.2 (1)] $\mathcal{R}_\pi(\mathcal{F}) \subseteq \mathcal{R}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathfrak{G}_{\pi'}$.

Докажем обратное включение. Пусть $H \leq G$ и $H \in \mathcal{R}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathfrak{G}_{\pi'}$. Тогда по определению произведения $H/H_{\mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})} \in \mathfrak{G}_{\pi'}$. Следовательно, $H^{\mathfrak{G}_{\pi'}} \subseteq H_{\mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})}$ и $H^{\mathfrak{G}_{\pi'}} \in \mathcal{R}_\pi(\mathcal{F})$.

Таким образом, $H_\pi = (H^{\mathfrak{G}_{\pi'}})_\pi \leq (H^{\mathfrak{G}_{\pi'}})_{\mathcal{F}} = H^{\mathfrak{G}_{\pi'}} \cap H_{\mathcal{F}} \leq H_{\mathcal{F}}$. Это доказывает обратное включение. Теорема доказана.

Проблема Шеметкова для множества Фиттинга. Отображение $f: \mathbb{P} \rightarrow \{\text{множества Фиттинга группы } G\}$ называют функцией Хартли или коротко H -функцией G .

Пусть $\mathfrak{R}_p$ – класс всех p -групп и $LFS_\pi(f) = \bigcap_{p \in \pi} f(p) \circ (\mathfrak{R}_p \mathfrak{G}_p)$. Множество Фиттинга $\mathcal{F}$ группы G называется π -локальным, если $\mathcal{F} = LFS_\pi(f)$ для некоторой H -функции f группы G .

Определение 2. Пусть π – некоторое множество простых чисел и $\mathcal{F}$ – непустое множество Фиттинга π -разрешимой группы G . Обозначим через $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$ множество всех подгрупп G , которое определяется следующим образом: $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) = \{S \trianglelefteq G : S_\pi \in \mathcal{F}\}$.

Пусть $\pi = \text{Supp}(f) = \{p \in \mathbb{P} : f(p) \neq \emptyset\}$.

Лемма 1. Пусть $\emptyset \neq \pi \subseteq \mathbb{P}$ и $\mathcal{F}$ – множество Фиттинга π -разрешимой группы G . Тогда множество $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$ является множеством Фиттинга группы G .

Доказательство. Пусть G – π -разрешимая группа. Предположим, $S \trianglelefteq G$ такая, что $S \in \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$. Тогда $S_\pi \in \mathcal{F}$. Пусть $K \trianglelefteq S$.

По [1, лемма I. 3.2. (c)], если $K \trianglelefteq S$ и S_π – холлова π -подгруппа группы S , то $S_\pi \cap K = K_\pi \trianglelefteq S_\pi$ и $K_\pi \in \mathcal{F}$. Следовательно, $K \in \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$.

Пусть M и N – нормальные подгруппы группы $H = MN$, причем $M, N \in \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$. Докажем, что $H \in \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$.

Так как $M, N \in \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$, то $M_\pi \in \mathcal{F}$ и $N_\pi \in \mathcal{F}$. По [1, лемма I. 3.2. (c)] $M_\pi = H_\pi \cap M$ и $N_\pi = H_\pi \cap N$. Кроме того, $M_\pi \trianglelefteq H$ и $N_\pi \trianglelefteq H$.

Следовательно, по [1, лемма I. 3.2. (d)] $(H_\pi \cap M)(H_\pi \cap N) = H_\pi \cap MN = H_\pi \cap H = H_\pi \in \mathcal{F}$. Значит, $H \in \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$.

Покажем, что множество $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$ замкнуто относительно сопряжений.

Пусть $S \trianglelefteq G$ и $S \in \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$. Отсюда следует, что $S_\pi \in \mathcal{F}$. Докажем, что $S^x \in \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$ для каждого $x \in G$. Легко видеть, что $S_\pi = (S^x)_\pi$. Следовательно, $(S^x)_\pi \in \mathcal{F}$ и $S^x \in \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$.

Лемма 2. Пусть $\emptyset \neq \pi \subseteq \mathbb{P}$ и $\mathcal{F}$ – множество Фиттинга π -разрешимой группы G . Если $H \leq G$ и H_π – холлова π -подгруппа группы H , то $H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \cap H_\pi = (H_\pi)_{\mathcal{F}}$.

Доказательство. Пусть $H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}$ – $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$ -радикал группы H . Следовательно, $H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \trianglelefteq H$.

Так как H – π -разрешимая группа, то по теореме Чунихина в ней существуют холловы π -подгруппы и любые две из них сопряжены. Пусть H_π – холлова π -подгруппа группы H , то $H_\pi \cap H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \in \text{Hall}_\pi(H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})})$ и $H_\pi \cap H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \trianglelefteq H_\pi$. Значит, $H_\pi \cap H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \subseteq (H_\pi)_{\mathcal{F}}$.

Докажем обратное включение. Пусть $F/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} = F_\pi(H/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})})$ – наибольшая нормальная π -нильпотентная подгруппа группы $H/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}$. Следовательно, $F/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \in \mathfrak{R}_\pi$ и $F \in \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathfrak{R}_\pi$. Ввиду того, что $H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \trianglelefteq H$ и H_π – холлова π -подгруппа группы H , то по [1, лемма I. 3.2. (b)] $H_\pi H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}$ – холлова π -подгруппа группы $H/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}$. Следовательно, по теореме Чунихина

$$F/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \leq H_\pi H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \in \text{Hall}_\pi(H_\pi/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}).$$

Очевидно, что $(H_\pi)_{\mathcal{F}} \in \text{Hall}_\pi((H_\pi)_{\mathcal{F}} H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})})$. Поэтому $(H_\pi)_{\mathcal{F}} H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \in \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$.

С другой стороны, $F \cap (H_\pi)_{\mathcal{F}} H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \triangleleft H$ и $F/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \in \mathfrak{R}_\pi$. Поэтому $F \cap (H_\pi)_{\mathcal{F}} H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \leq H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}$. Таким образом, $[F, (H_\pi)_{\mathcal{F}} H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}] \leq F \cap (H_\pi)_{\mathcal{F}} H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \leq H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}$. Следовательно, по лемме [3, теорема 1.8.19, с. 43] $(H_\pi)_{\mathcal{F}} H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \leq C_G(F/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}) \leq F$.

Имеем, что $(H_\pi)_{\mathcal{F}} \leq H_\pi \cap F \cap (H_\pi)_{\mathcal{F}} H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \leq H_\pi \cap H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}$.

Лемма 3. Пусть $\emptyset \neq \pi \subseteq P$ и $\mathcal{F}$ – множество Фиттинга π -разрешимой группы G . Если $\mathcal{F} \circ \mathfrak{N}_p = \mathcal{F}$ для всех $p \in \pi$, то $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathfrak{N}_p = \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$.

Доказательство. Пусть $H \leq G$ и $H \in \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathfrak{N}_p$. Следовательно, $H/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \in \mathfrak{N}_p$.

Подгруппа H группы G π -разрешима. Следовательно, по теореме Чунихина в ней существуют и сопряжены холловы π -подгруппы. Пусть H_π – холлова π -подгруппа группы H . Тогда по [2, свойство 3.3] $H_\pi/(H_\pi)_{\mathcal{F}} = H_\pi/H_\pi \cap H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}$. По свойству изоморфизма

$$H_\pi/H_\pi \cap H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \simeq H_\pi H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \leq H/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}.$$

Следовательно, $H_\pi/(H_\pi)_{\mathcal{F}} \in \mathfrak{N}_p$. Это означает, что $H_\pi \in \mathcal{F} \circ \mathfrak{N}_p = \mathcal{F}$. Таким образом, $H \in \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$.

Ввиду [2, свойство 3.2 (1)] $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \subseteq \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathfrak{N}_p$. Следовательно, $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathfrak{N}_p = \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$.

Лемма 4. Пусть $\mathcal{F}$ и $\mathcal{H}$ – множества Фиттинга π -разрешимой группы G . Тогда справедливы следующие утверждения:

(1) если $\mathcal{F} \subseteq \mathcal{H}$, то $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \subseteq \mathcal{K}_\pi(\mathcal{H})$;

(2) $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F} \cap \mathcal{H}) = \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \cap \mathcal{K}_\pi(\mathcal{H})$.

Доказательство. Следует непосредственно из определения 2.

Лемма 5. Пусть $\emptyset \neq \pi \subseteq P$, $\mathcal{F}$ – множество Фиттинга π -разрешимой группы G и $\mathfrak{F}$ – класс Фиттинга. Тогда $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F} \circ \mathfrak{F}) = \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathcal{K}_\pi(\mathfrak{F})$.

Доказательство. Пусть $H \leq G$ такая, что $H_\pi \leq H$ и $H_\pi \in \mathcal{F}$. Если $H_\pi \in \mathcal{F} \circ \mathfrak{F}$, то $H_\pi/(H_\pi)_{\mathcal{F}} \in \mathfrak{F}$. По лемме 2 $H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \cap H_\pi = (H_\pi)_{\mathcal{F}}$, по свойству изоморфизма $H_\pi/(H_\pi)_{\mathcal{F}} \simeq H_\pi H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \in \mathfrak{F}$ и поэтому $H/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \simeq \mathcal{K}_\pi(\mathfrak{F})$. Следовательно, $H \in \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathcal{K}_\pi(\mathfrak{F})$ и $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F} \circ \mathfrak{F}) \subseteq \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathcal{K}_\pi(\mathfrak{F})$.

С другой стороны, пусть $H \in \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathcal{K}_\pi(\mathfrak{F})$, тогда $H/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \simeq \mathcal{K}_\pi(\mathfrak{F})$. По лемме 2 $H_\pi/(H_\pi)_{\mathcal{F}} \simeq H_\pi H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \in \mathfrak{F}$. Поэтому $H_\pi \in \mathcal{F} \circ \mathfrak{F}$ и $H \in \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F} \circ \mathfrak{F})$. Лемма доказана.

Лемма 6. Пусть $\emptyset \neq \pi \subseteq P$, $\pi' = P \setminus \pi$ и $\mathcal{F}$ – множество Фиттинга группы G . Тогда справедливо следующее утверждение:

$$\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathfrak{E}_{\pi'} = \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}).$$

Доказательство. По [2, свойство 3.2 (1)] справедливо включение $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \subseteq \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathfrak{E}_{\pi'}$.

Докажем обратное включение. Пусть $H \leq G$ и $H \in \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathfrak{E}_{\pi'}$. Тогда $H/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \in \mathfrak{E}_{\pi'}$. Следовательно, по свойству изоморфизма $H_\pi H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \simeq H_\pi/H_\pi \cap H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \in \mathfrak{E}_{\pi'}$. В свою очередь, $H_\pi H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})}/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \leq H/H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \in \mathfrak{E}_{\pi'}$. Таким образом, $H_\pi/H_\pi \cap H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} \in \mathfrak{E}_{\pi'} \cap \mathfrak{E}_{\pi} = \{1\}$ и $H_\pi = H_\pi \cap H_{\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})} = H_{\mathcal{F}} \in \mathcal{F}$. Значит, $H_\pi \in \mathcal{F}$ и $H \in \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$. Лемма доказана.

Теорема 2. Пусть $\emptyset \neq \pi \subseteq P$ и $\mathcal{F}$ – π -локальное множество Фиттинга π -разрешимой группы G . Тогда множество $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$ является π -локальным множеством Фиттинга G .

Доказательство. По лемме 1 множество $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$ является множеством Фиттинга группы G . Покажем, что $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$ π -локально, то есть $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) = LFS_\pi(f)$ для некоторой H -функции f .

Пусть $\pi = P$. Тогда $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) = \mathcal{F}$ – π -локальное множество Фиттинга группы G и теорема верна.

Пусть $\emptyset \neq \pi \subset P$. По [4, лемма 12] каждое π -локальное множество Фиттинга группы G определяется полной приведенной H -функцией. Следовательно, существует такая H -функция F , что $F(p) \circ \mathfrak{N}_p = F(p) \subseteq \mathcal{F}$ для любого $p \in \pi$.

Зададим H -функцию f следующим образом:

$$f(p) = \begin{cases} \mathcal{K}_\pi(F(p)), & \text{если } p \in \pi, \\ \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}), & \text{если } p \in \pi'. \end{cases}$$

Тогда $LFS_\pi(f) = \left(\bigcap_{p \in \pi} \mathcal{K}_\pi(F(p)) \circ (\mathfrak{N}_p \mathfrak{E}_{p'}) \right) \cap \left(\bigcap_{p \in \pi'} \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ (\mathfrak{N}_p \mathfrak{E}_{p'}) \right)$. По лемме [2, свойство 3.3] $\bigcap_{p \in \pi} \mathcal{K}_\pi(F(p)) \circ (\mathfrak{N}_p \mathfrak{E}_{p'}) = \bigcap_{p \in \pi} (\mathcal{K}_\pi(F(p)) \circ \mathfrak{N}_p) \circ \mathfrak{E}_{p'}$. Поскольку функция F – полная H -функция, по лемме 3 $\bigcap_{p \in \pi} (\mathcal{K}_\pi(F(p)) \circ \mathfrak{N}_p) \circ \mathfrak{E}_{p'} = \bigcap_{p \in \pi} \mathcal{K}_\pi(F(p)) \circ \mathfrak{E}_{p'}$.

Таким образом,

$$\begin{aligned} LFS_\pi(f) &= \left(\bigcap_{p \in \pi} \mathcal{K}_\pi(F(p)) \circ (\mathfrak{N}_p \mathfrak{E}_{p'}) \right) \cap \left(\bigcap_{p \in \pi'} \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ (\mathfrak{N}_p \mathfrak{E}_{p'}) \right) = \\ &= \left(\bigcap_{p \in \pi} \mathcal{K}_\pi(F(p)) \circ \mathfrak{E}_{p'} \right) \cap \left(\bigcap_{p \in \pi'} \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ (\mathfrak{N}_p \mathfrak{E}_{p'}) \right) = \\ &= \left(\bigcap_{p \in \pi} \mathcal{K}_\pi(F(p)) \circ \mathfrak{E}_{p'} \right) \cap \left(\bigcap_{p \in \pi'} \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ (\mathfrak{N}_p \mathfrak{E}_{p'}) \right) = \left(\bigcap_{p \in \pi} \mathcal{K}_\pi(F(p)) \circ \mathfrak{E}_{p'} \right) \cap (\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathfrak{E}_\pi). \end{aligned}$$

Докажем, что $\bigcap_{p \in \pi} \mathcal{K}_\pi(F(p)) \circ \mathfrak{E}_{p'} = \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$.

Так как $F(p) \subseteq \mathcal{F}$, то по лемме 4 $\mathcal{K}_\pi(F(p)) \subseteq \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$ и $\mathcal{K}_\pi(F(p)) \circ \mathfrak{E}_{p'} \subseteq \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathfrak{E}_{p'}$. Следовательно, по лемме 6

$$\bigcap_{p \in \pi} \mathcal{K}_\pi(F(p)) \circ \mathfrak{E}_{p'} \subseteq \bigcap_{p \in \pi} \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathfrak{E}_{p'} \subseteq \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ \left(\bigcap_{p \in \pi} \mathfrak{E}_{p'} \right) = \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathfrak{E}_\pi = \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}).$$

Так как $\mathcal{F}$ – π -локальное множество Фиттинга группы G и F – полная H -функция, то $\mathcal{F} = \bigcap_{p \in \pi} F(p) \circ \mathfrak{E}_{p'}$.

Тогда по лемме 4 $\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \subseteq \mathcal{K}_\pi\left(\bigcap_{p \in \pi} F(p) \circ \mathfrak{E}_{p'}\right)$ и

$$\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \subseteq \bigcap_{p \in \pi} \mathcal{K}_\pi(F(p) \circ \mathfrak{E}_{p'}) = \bigcap_{p \in \pi} \mathcal{K}_\pi(F(p)) \circ \mathcal{K}_\pi(\mathfrak{E}_{p'}) = \bigcap_{p \in \pi} \mathcal{K}_\pi(F(p)) \circ \mathfrak{E}_{p'}.$$

Следовательно, $\bigcap_{p \in \pi} \mathcal{K}_\pi(F(p)) \circ \mathfrak{E}_{p'} = \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$.

Таким образом, $LFS_\pi(f) = \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \cap (\mathcal{K}_\pi(\mathcal{F}) \circ \mathfrak{E}_\pi) = \mathcal{K}_\pi(\mathcal{F})$.

Заключение. В настоящей работе конструируются новые семейства множеств Фиттинга конечной π -разрешимой группы, определяемые заданными свойствами холловых подгрупп.

ЛИТЕРАТУРА

1. Doerk, K. Finite solvable groups / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin–New York: Walter de Gruyter & Co., 1992. – 891 p.
2. Yang, N. On $\mathcal{F}$ -injectors of Fitting set of a finite group / N. Yang, W. Guo, N.T. Vorob'ev // Comm. Algebra. – 2018. – Vol. 46, № 1. – P. 217–229.
3. Guo, W. The theory of Classes of groups / W. Guo. – Springer, Dordrecht, 2000. – 258 p.
4. Караулова, Т.Б. Локальные множества Фиттинга и инъекторы конечной группы / Т.Б. Караулова // Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика. – 2018. – № 3. – С. 29–38.

REFERENCES

1. Doerk, K. Finite solvable groups / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin–New York: Walter de Gruyter & Co., 1992. – 891 p.
2. Yang, N. On $\mathcal{F}$ -injectors of Fitting set of a finite group / N. Yang, W. Guo, N.T. Vorob'ev // Comm. Algebra. – 2018. – Vol. 46, № 1. – P. 217–229.
3. Guo, W. The theory of Classes of groups / W. Guo. – Springer, Dordrecht, 2000. – 258 p.
4. Karaulova T.B. Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika. Informatika. [Journal of Belarusian State University. Mathematics. Information Science], 2018, 3, pp. 29–38.

Поступила в редакцию 15.10.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: tatyana.vasilevich.1992@mail.ru – Караулова Т.Б.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ПОСЛЕ ИСТОЩАЮЩЕЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

С.А. Прохожий, Э.С. Питкевич

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

Оценка функционального состояния спортсменов, определение их спортивной формы, возможность достижения прогнозируемого результата являются одними из самых приоритетных вопросов в процессе спортивной подготовки.

Цель статьи – прогнозирование уровня физической подготовки спортсменов по определенному показателю – индексу функционального состояния организма и готовности к выполнению физической работы (Health).

Материал и методы. В качестве материалов для исследования применялись данные измерений показателя индекса (Health) студентов после выполнения упражнений с периодичностью регистрации через 4 минуты. Использованы методы выборочного наблюдения, группировки, нейросетевого анализа.

Результаты и их обсуждение. Проведены двухэтапные обследования студентов ВГМУ с четырехминутным интервалом для исследования динамики изменения интегрального показателя Health, а также для вынесения экспертного заключения о принадлежности испытуемого к определенной группе по скорости восстановления функционального состояния организма. Результаты обработки данных представлены таблицами и графиками, на основе которых эксперт принимает решение об отнесении студента к той или иной группе по скорости восстановления интегрального показателя Health. С использованием модуля «Автоматизированные нейронные сети» системы статистического анализа STATISTICA построен ансамбль искусственных нейронных сетей для прогнозирования динамики восстановления функционального состояния.

Заключение. Полученные результаты могут найти применение при подготовке спортсменов для составления оптимального режима тренировок, а также для составления графика физических нагрузок для студентов высших учебных заведений.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, анализ данных, индекс Health.

PREDICTION OF THE REHABILITATION OF THE ORGANISM FUNCTIONAL STATE AFTER EXHAUSTIVE PHYSICAL EXERCISE

S.A. Prokhozhiy, E.S. Pitkevich

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

Assessment of the organism functional state, testing sportsmen's competition form and achieving maximal result are the most priority issue in the process of athletic performance.

The purpose of the article is prediction of sportsmen's performance level based on the index of organism functional state (Health-index).

Material and methods. The material source is measurement data of students' Health-index after physical exercises made at 4 min intervals. The methods of sample survey, categorization and neural network analysis are used.

Findings and their discussion. Two-stage measurements at 4 min interval of students of Vitebsk State Medical University are made both for the investigation of Health-index dynamic pattern and making expert advice. Taking into account sportsman's rehabilitation speed of organism functional state, the expert concludes what category we should place him into. Derived results are represented by tables and graphs. Further, using the module “Automated Neural Networks” of the software package STATISTICA, the artificial neural network ensemble is built in order to predict the rehabilitation speed of the organism functional state.

Conclusion. The results may be applied both for making sportsmen's optimal exercise regime and compilation of the physical load schedule for higher educational establishment students.

Key words: artificial neural network, data analysis, Health-index.

Одними из самых приоритетных вопросов при подготовке спортсменов являются оценка их функционального состояния, определение спортивной формы, возможность достижения прогнозируемого результата. Установление уровня функциональной готовности спортсмена в реальном времени и прогноз в ближайшем и

отдаленном периодах является насущной проблемой для специалистов спортивной медицины, тренеров и самих атлетов. В настоящее время в этих целях используются многочисленные методы скрининг-диагностики: функциональные методы, лабораторные тесты, психофизиологические диагностические комплексы, нагрузочные и фармакологические пробы и многие другие. Их диагностическая значимость для оценки функционального состояния организма прогноза специфической физической работоспособности не однозначна. Ограничением для многих применяемых сегодня тестов в спортивной педагогике является слишком большой временной интервал от момента обследования до получения заключения; кроме того, результаты обследований далеко не всегда однозначно трактуются специалистами. Решение этой проблемы достигается созданием новых и совершенствованием существующих методов диагностики, терапии и реабилитации, базой для разработки которых выступают современный уровень математического анализа и прогнозирования, а также компьютерные технологии. Обозначенным задачам соответствует созданная в космической медицине в 70-х годах XX столетия технология анализа вариабельности ритмов сердца по RR-интервалам электрокардиограммы. Она оказалась очень плодотворной, и в настоящее время анализ вариабельности сердечного ритма является одной из самых популярных методик [1; 2]. Космические технологии оценки вариабельности сердечного ритма внедрены в практику здравоохранения и физиологии [3], что достаточно полно в нынешнее время отражено в материалах VI Всероссийского симпозиума с международным участием, посвященного 85-летию образования Удмуртского государственного университета [3–5].

Результаты клинической медицины, а также ставшие известными данные о функциональном состоянии космонавтов в процессе специальной подготовки, в том числе при использовании сверхинтенсивных психических и физических нагрузок, явились основой применения методов вариабельности сердечного ритма в спортивной педагогике и спортивной медицине. Практически этот метод используется во всех видах спорта и во всех вариантах тренировок и соревнований. Широко известны аппаратно-компьютерные комплексы «Омега-М» производства фирмы «Динамика», которые позволяют объективно и документально представить характеристику состояния организма непосредственно после завершения регистрации 300 кардиокомплексов электрокардиограммы. Продолжительность обследования составляет 5–6 минут. Современные электрокардиографы оснащаются программами как для краткосрочного, так и для продолжительного анализа, включая непрерывную регистрацию в течение многосуточных космических полетов. В спорте наиболее известны в настоящее время разработки Н.И. Шлык [4] и Е.А. Гавриловой [5; 6].

Выявление показателей вариабельности сердечного ритма позволяет прогнозировать физические возможности спортсменов, определить критерии отбора для занятий спортом, более рационально строить график тренировок и осуществлять контроль состояния здоровья спортсменов [7].

В [8] при помощи программно-аппаратного комплекса «Омега-М» изучалось влияние величины динамической нагрузки на показатели вариабельности сердечного ритма и функциональное состояние организма, определяемые по данным измерений, полученным комплексом. Однако регулярные измерения не всегда возможны в силу различных обстоятельств (недоступность эксперта, отсутствие квалифицированного персонала для работы с комплексом и т.п.). В связи с этим актуальной задачей становится возможность прогнозирования функционального состояния спортсмена, а также предсказания реакции его организма на физические нагрузки.

Цель статьи – прогнозирование уровня физической подготовки спортсменов по определенному показателю – индексу готовности к выполнению физической нагрузки (Health).

Материал и методы. Исследование проходило в Витебском государственном ордена Дружбы народов медицинском университете с применением программно-аппаратного комплекса «Омега-М». Проведено 143 измерения различных показателей 13 студентов второго курса лечебного факультета дневного отделения с физической нагрузкой только на занятиях физической культурой. Группа однородна по возрасту. Обследование проводилось в одни и те же дни недели и время суток. Для сравнительного анализа показателей применялся режим динамического наблюдения с экспортом полученных данных в таблицы Excel. В дальнейшем обработка и прогнозирование выполнялись с использованием аппарата искусственных нейронных сетей [9] в системе статистического анализа Statistica.

В качестве материалов для исследования применялись данные измерений показателя состояния организма студентов после выполнения упражнений с периодичностью 4 минуты. При этом учитывались следующие показатели аппаратно-компьютерного комплекса «ОМЕГА»:

- частота сердечных сокращений, уд./мин (ЧСС);
- интегральный показатель функционального состояния, % (Health);
- мода, мс;
- вариационный размах, мс (dX);
- высокочастотный компонент спектра (HF);
- низкочастотный компонент спектра (LF);
- соотношение частот спектра (LF/HF);

- полный спектр частот (Total);
- индекс напряженности, у.е. (ИН);
- стандартное отклонение разностей соседних RR-интервалов, мс (SDSD).

Мода (Мо) указывает на доминирующий уровень функционирования синусного узла, при симпатотонии мода минимальна, при ваготонии – максимальна. Вариационный размах (dX) – разница между максимальным и минимальным значениями RR-интервалов (чем он выше, тем больше выражено влияния вагуса на ритм сердца). Высокие частоты (HF – High Frequency, быстрые колебания) отражают влияние парасимпатического отдела ВНС на модуляцию сердечного ритма. Низкие частоты (LF – Low Frequency, медленные колебания) отражают преимущественно влияние симпатико-адреналовой системы. Соотношение симпатических и парасимпатических влияний характеризуется с помощью отношения мощностей LF/HF. При этом при повышении тонуса симпатического отдела данный показатель значительно возрастает, при ваготонии – наоборот снижается. Полный спектр частот (Total) является интегральным и отражает воздействие и симпатического, и парасимпатического отдела автономной нервной системы. При этом усиление симпатических воздействий приводит к уменьшению общей мощности спектра, а активация вагуса – к обратному воздействию. Индекс напряжения (ИН) регуляторных систем (нормальные значения ИН – 10–100) характеризует, в основном, активность симпатического отдела вегетативной нервной системы и снижение вагусных влияний на ритм сердца. При эмоциональном стрессе и физической работе значения ИН увеличиваются до 300–500 единиц. SDNN (Standart Deviation of the NN interval) зависит от влияния на синусовый узел симпатического и парасимпатического отделов ВНС. Увеличение или уменьшение этого показателя свидетельствует о смещении вегетативного баланса в сторону преобладания одного из отделов ВНС.

После выполнения работы в виде приседаний до отказа последовали повторные обследования с четырехминутным интервалом для изучения динамики изменения интегрального показателя организма Health, а также для вынесения экспертного заключения о принадлежности испытуемого к определенной группе по скорости восстановления функционального состояния организма.

Результаты и их обсуждение. Результаты обработки данных представлены таблицами и графиками, на основе которых эксперт принимает решение об отнесении студента к той или иной группе по скорости восстановления интегрального показателя здоровья Health.

По данным таблиц и графиков экспертом были определены 4 группы испытуемых:

1. *Отличная физическая подготовка и высокая скорость восстановления.*
2. *Хорошая физическая подготовка, но не столь высокая скорость восстановления.*
3. *Средний уровень физической подготовки и средняя скорость восстановления.*
4. *Низкий уровень физической подготовки и низкая скорость восстановления.*

Например, для одного из обследуемых получены следующие результаты измерений интегрального показателя функционального состояния организма и на их основе построен следующий график (рис. 1).



Рис. 1. Результаты измерений индекса Health

Из данного графика видно, что вначале происходит резкое падение показателя Health до 8%. Далее наблюдается его плавное восстановление практически до исходного уровня, а затем повторный спад с последующим восстановлением (так называемое «второе дыхание»). На основании визуального анализа этого графика эксперт выносит заключение о принадлежности испытуемого к 3-й группе.

Рассмотрим методику прогнозирования экспертного заключения на примере. Получены следующие экспериментальные данные по испытуемому (рис. 2):

Health – Интегральный показатель состояния	
	69,40950584
	28,65638435
	35,97338775
	36,02195418
	23,41551985
	22,15939964
	46,60140277
	36,73405501
	58,08167556
	60,51399066
	40,14491055
	45,09188615

Рис. 2. Индекс Health у тестируемого студента

Для составления прогноза о принадлежности студента к той или иной группе эти данные экспортируются в пакет Statistica, где уже сохранены обученные на предыдущих экспериментальных данных нейронные сети. В результате каждая сеть дает свой прогноз экспертного заключения. Консолидированное мнение всего ансамбля сетей и является искомым результатом.

Нейронные сети - Результаты: Таблица21.sta

Активные сети

Сеть ID	Архитектура	Производ...	Контр. п...	Тест. произ...	Алгоритм	Функ. о...	Акт. скры...	Акт. вых...
1	MLP 9-13-4	87,500000	100,000...	100,000000	BFGS 6	CE	Гиперболи...	Софтмакс
2	MLP 9-9-4	50,000000	100,000...	100,000000	BFGS 6	CE	Логистиче...	Софтмакс
3	MLP 9-13-4	50,000000	100,000...	100,000000	BFGS 2	CE	Тождеств...	Софтмакс
4	MLP 9-8-4	50,000000	100,000...	100,000000	BFGS 4	CE	Логистиче...	Софтмакс
5	BRE 9-1-1	75,000000	100,000...	100,000000	BRET	CE	Ганссы...	Софтмакс

Выбрать\Снять сети Удалить сеть

Пользовательская нейронная сеть Автоматизированная нейронная сеть Метод многократных подвыборок

Предсказанные | Графики | Итоги анализа | Лифтовые карты | Наблюдения пользователя

Кол-во наблюдений для прогноза: 1 ☐ Очистить предыдущие значения

Значения пользователя Предсказанные значения

#	1.эксперт	2.эксперт	3.эксперт	4.эксперт	5.эксперт	Пер9	Пер8
1	2	3	2	2	2	69,4000...	28,6000...

Итоги моделей

Сохранить сети

Отмена

Опции

Выборки

- ☒ Обучающая
- ☐ Контрольная
- ☐ Тестовая
- ☐ Пропущ. значения

Рис. 3. Прогнозы нейросетей

Как видно из рис. 3, большинство сетей отнесли данного испытуемого ко 2-й группе, что визуально подтверждается общей формой графика, изображенного на рис. 4.



Рис. 4. График восстановления тестируемого

Заключение. Таким образом, использование модуля «Автоматизированные нейронные сети» системы статистического анализа Statistica позволило на основе экспериментальных данных построить ансамбль искусственных нейронных сетей для прогнозирования динамики восстановления функционального состояния организма после истощающей физической нагрузки.

Полученные результаты могут найти применение при подготовке спортсменов для составления оптимального режима тренировок, а также для составления графика физических нагрузок для студентов высших учебных заведений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баевский, Р.М. Теоретические и прикладные аспекты оценки и прогнозирования функционального состояния организма при действии факторов длительного космического полета / Р.М. Баевский. — М., 2005. — 36 с.
2. Баевский, Р.М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов // Новые методы электрокардиографии / под ред. С.В. Грачева, Г.Г. Иванова, А.Л. Сыркам. — М.: Техносфера, 2007. — С. 473–498.
3. Берсенева, Е.Ю. Внедрение космических технологий оценки вариабельности сердечного ритма в практику здравоохранения и прикладную физиологию / Е.Ю. Берсенева, О.Н. Исаева, А.Г. Черникова, О.И. Усс // Материалы VI Всероссийского симпозиума с международным участием, посвященного 85-летию образования Удмуртского государственного университета. — Ижевск, 2016. — С. 71–76.
4. Шлык, Н.И. Ритм сердца и тип регуляции при оценке функциональной готовности организма юных и взрослых спортсменов / Н.И. Шлык // Материалы VI Всероссийского симпозиума с международным участием, посвященного 85-летию образования Удмуртского государственного университета. — Ижевск, 2016. — С. 20–25.
5. Гаврилова, Е.А. Вегетативная регуляция ритма сердца как критерий назначения фармакологической коррекции в спорте / Е.А. Гаврилова // Материалы VI Всероссийского симпозиума с международным участием, посвященного 85-летию образования Удмуртского государственного университета. — Ижевск, 2016. — С. 96–101.
6. Гаврилова, Е.А. Ритмокардиография в спорте / Е.А. Гаврилова. — СПб.: Изд-во СЗГМУ, 2014. — 164 с.
7. Михайлов, В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода / В.М. Михайлов. — Иваново, 2000. — 200 с.
8. Питкевич, Э.С. Динамика восстановления функционального состояния организма после истощающей физической нагрузки / Э.С. Питкевич, Б.Г. Шацкий, В.Г. Шпак, Н.А. Макарова // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. — 2016. — № 3(92). — С. 39–43.
9. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. — 2-е изд. — М.: Издательский дом Вильямс, 2006. — 1104 с.

REFERENCES

1. Baevskiy R.M. *Teoreticheskiye i prikladniye aspekti otsenki i prognozirovaniya funktsionalnogo sostoyaniya organizma pri deistvii faktorov dlitel'nogo kosmicheskogo poleta* [Theoretical and Applied Aspects of Assessment and Prediction of the Organism Functional State during Long-Duration Space Mission], Moscow, 2005, 36 p.
2. Baevskiy R.M., Ivanov G.G. *Noviye metody elektrokardiografii* [New Methods of Electrocardiography], Moscow, 2007, pp. 473–498.
3. Bersenev E.Yu., Isaeva O.N., Chernikova A.G., Uss O.I. *Materiali VI Vserossiiskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiyem, posviashchennogo 85-letiyu obrazovaniya Udmurtskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of VI all-Russian Symposium (with International Participation) Devoted to the 85th Anniversary of Udmurt State University], Izhevsk, 2016, pp. 71–76.
4. Shlyk N.I. *Materiali VI Vserossiiskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiyem, posviashchennogo 85-letiyu obrazovaniya Udmurtskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of VI all-Russian Symposium (with International Participation) Devoted to the 85th Anniversary of Udmurt State University], Izhevsk, 2016, pp. 20–25.
5. Gavrilova E.A. *Materiali VI Vserossiiskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiyem, posviashchennogo 85-letiyu obrazovaniya Udmurtskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of VI all-Russian Symposium (with International Participation) Devoted to the 85th Anniversary of Udmurt State University], Izhevsk, 2016, pp. 96–101.
6. Gavrilova E.A. *Ritmokardiografiya v sporte* [Rhythmocardiography in Sports], Saint-Petersburg, 2014, 164 p.
7. Mikhailov V.M. *Variabelnost ritma serdtsa. Opyt prakticheskogo primeneniya metoda* [Variability of Heart Rhythm. Implementation Experience of the Method], Ivanovo, 2000, 200 p.
8. Pitkevich E.S., Shatskiy B.G., Shpak V.G., Makarova N.A. *Vesnik Vitebskaya dzharzhnaya universiteta imia P.M. Mashera* [Journal of Vitebsk State P.M. Masherov University], 2016, № 3(92), pp. 39–43.
9. Haykin S. *Neironniye seti: polniy kurs* [Neural Networks], Moscow, Izdatelskiy dom Williams, 2006, 1104 p.

Поступила в редакцию 16.01.2020

Адрес для корреспонденции: e-mail: kinfiit@vsu.by — Прохожий С.А.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ КОРНЕЙ ТРЕХЧЛЕННЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ПРОИЗВОЛЬНОЙ СТЕПЕНИ

Ю.В. Трубников, М.М. Чернявский

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

Трехчленные алгебраические уравнения произвольной степени вида $x^n + px^m + q = 0$ с действительными коэффициентами p и q возникают во многих приложениях. Для них актуальны задача определения числа действительных корней и их локализация по коэффициентам p и q .

Цель статьи – установить необходимые и достаточные условия для определения у трехчленного алгебраического уравнения произвольной степени с действительными коэффициентами числа действительных решений, а также выявить области их локализации.

Материал и методы. Материалом исследования являются трехчленные алгебраические уравнения произвольной степени с действительными коэффициентами, а также методы определения количества действительных корней у таких уравнений. Использованы методы математического анализа и система компьютерной математики Maple 2019.

Результаты и их обсуждение. Предложен более простой и понятный метод получения некоторых функций от коэффициентов трехчленного алгебраического уравнения. Эти функции определяют количество и расположение действительных корней. Используя разложения данных функций в ряд Тейлора, можно также получить приближенные формулы для нахождения действительных решений через коэффициенты уравнения.

Заключение. Подробно рассмотрены все типы трехчленных уравнений с действительными коэффициентами. Для каждого из них получен относительно простой вид функций, зависящих явно от коэффициентов уравнения и определяющих число действительных решений.

Для всех типов исследуемых уравнений сформулировано условие существования двукратного действительного корня, а также приведены точные аналитические формулы для вычисления значения этого корня.

Ключевые слова: алгебраические уравнения, трехчленные уравнения, локализация корней, приближенное решение, действительный корень, кратный корень.

ON THE DISTRIBUTION OF THE ROOTS OF TRINOMIAL ALGEBRAIC EQUATIONS OF AN ARBITRARY DEGREE

Yu.V. Trubnikov, M.M. Chernyavsky

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

Trinomial algebraic equations of an arbitrary degree of the form $x^n + px^m + q = 0$ with real coefficients p and q arise in many applications. The problem of determining the number of real roots and their localization by the coefficients p and q is relevant for them.

The purpose of the article is to establish the necessary and sufficient conditions for determining in a trinomial algebraic equation an arbitrary degree with real coefficients of the number of real solutions, as well as to identify areas of their localization.

Material and methods. The research material is three-term algebraic equations of an arbitrary degree with real coefficients, as well as methods for determining the number of real roots of such equations. Methods of mathematical analysis and the system of computer mathematics Maple 2019 were used in the research.

Findings and their discussion. The article proposes a simpler and more understandable method of obtaining some functions of the coefficients of a trinomial algebraic equation. These functions determine the number and location of real roots. Using the expansion of these functions in a Taylor series, one can also obtain approximate formulas for finding real solutions through the coefficients of the equation.

Conclusion. The article describes in detail all types of trinomial equations with real coefficients. For each type of equation, a relatively simple form of functions is obtained that depends explicitly on the coefficients of the equation and determines the number of real solutions.

For all types of equations under study, the condition for the existence of a double real root is formulated. The exact analytical formulas for calculating the value of this root are also given.

Key words: algebraic equations, trinomial equations, root localization, approximate solution, real root, multiple root.

Трехчленные алгебраические уравнения вида

$$x^n + px^m + q = 0$$

с произвольными действительными коэффициентами p и q возникают во многих приложениях, например, при анализе устойчивости движения самолета; в задаче о равновесии тонкостенной панели, обтекаемой потоком газа; при определении равновесной температуры летательного аппарата [1]. Поэтому актуальна задача определения числа действительных корней трехчленного уравнения и их локализация по коэффициентам p и q . Отдельным важным вопросом является также выражение действительных корней алгебраических уравнений в символьном виде через коэффициенты, о чем свидетельствуют многие публикации последних лет, например, [2] и [3].

Стоит отметить, что подробное изучение трехчленных алгебраических уравнений произвольной степени проводится в восьмой главе монографии В.П. Кутищева [4]. В данной работе количество и расположение корней рассматриваемого уравнения определяется поведением некоторых функций, зависящих только от m и n .

В настоящей статье предлагается более простой метод построения таких функций, который в ряде случаев дает возможность представления корней ранее упоминаемого трехчленного уравнения в аналитическом виде.

Цель – установить необходимые и достаточные условия для определения у трехчленного алгебраического уравнения произвольной степени с действительными коэффициентами числа действительных решений, а также выявить области их локализации.

Материал и методы. Материалом исследования являются трехчленные алгебраические уравнения произвольной степени с действительными коэффициентами, а также методы определения количества действительных корней у таких уравнений.

Использованы методы математического анализа и система компьютерной математики *Maple* 2019.

Результаты и их обсуждение. Для более понятного и простого восприятия основных результатов работы сначала будут рассмотрены некоторые частные случаи трехчленных алгебраических уравнений, а именно 2 конкретных типа алгебраических уравнений пятой степени.

I. Основная идея работы на примере некоторых уравнений пятой степени. Рассмотрим алгебраическое уравнение

$$x^5 + px + q = 0 \quad (p \neq 0, \quad q \neq 0) \quad (1)$$

с действительными коэффициентами p и q . Напомним, что уравнение (1) называют уравнением пятой степени в форме Бринга (иногда также его называют нормальной формой Бринга–Жерара) [5, с. 189]. Подстановка $x = kq/p$ ($k \neq 0$) приводит уравнение (1) к виду

$$k^5 \frac{q^5}{p^5} + kq + q = 0, \quad (2)$$

что позволяет выразить функцию $k = k(p, q)$ через коэффициенты уравнения (1):

$$\frac{k^5}{k+1} = -\frac{p^5}{q^4}. \quad (3)$$

Таким образом, количество действительных корней уравнения (1) и их локализация зависят от поведения функции

$$f(k) = \frac{k^5}{k+1}. \quad (4)$$

Ниже приведем график функции (4): рис. 1.

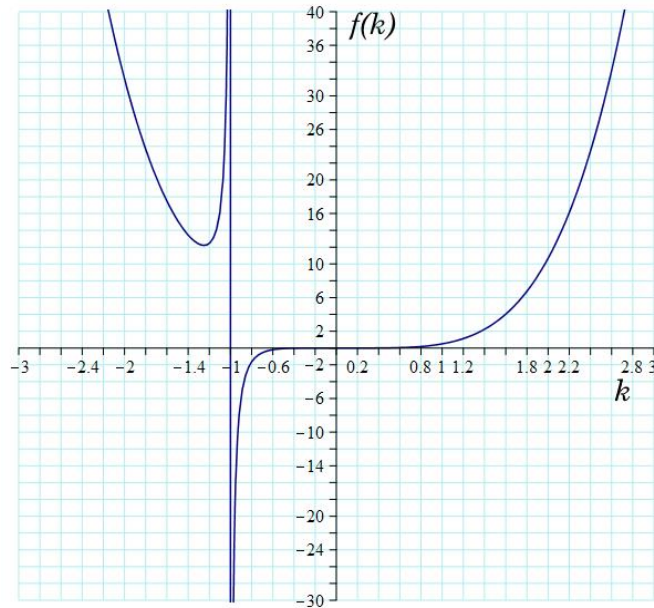


Рис. 1. График функции $f(k) = \frac{k^5}{k+1}$

Так как производная этой функции имеет вид

$$f'(k) = \frac{k^4(4k+5)}{(k+1)^2},$$

то ее локальный минимум достигается при $k_* = -\frac{5}{4}$ и равен $\frac{3125}{256}$, а прямая $k = -1$ является вертикальной асимптотой. Такое поведение функции (4) позволяет установить следующий факт.

Теорема 1. Пусть $p \neq 0$, $q \neq 0$. Необходимым и достаточным условием существования трех различных действительных корней уравнения (1) является неравенство

$$-\frac{p^5}{q^4} > \frac{3125}{256};$$

необходимым и достаточным условием существования действительного корня кратности 2 и другого простого действительного корня является равенство

$$-\frac{p^5}{q^4} = \frac{3125}{256};$$

необходимым и достаточным условием существования одного простого действительного корня является неравенство

$$-\frac{p^5}{q^4} < \frac{3125}{256}.$$

Число $3125 / 256 = 5^5 / 4^4 \approx 12,20703$.

Далее мы можем разложить функцию $k(t)$, где

$$\frac{k^5(t)}{k(t)+1} = t,$$

в ряд Тейлора, при этом берем в качестве начальной точки точку в окрестности значения $-p^5 / q^4$. Например, при $t = 1/2$ получаем $k(1/2) = 1$. Приведем выражение отрезка ряда при таких начальных значениях

$$\frac{7}{9} + \frac{4}{9}t + \frac{248}{729}\left(t - \frac{1}{2}\right)^2 + \frac{23696}{59049}\left(t - \frac{1}{2}\right)^3.$$

Рассмотрим пример использования его для приближенного вычисления корня уравнения

$$x^5 - 2,1x + 3 = 0.$$

Для данного уравнения $t = -p^5/q^4 = 0,5042100000$. Подставляя это значение в выражение для отрезка ряда, получаем $k = 1,001877171$ и, учитывая подстановку $x = kq/p$, находим значение корня

$$x = -1,4312531019.$$

Подстановка этого значения в уравнение $x^5 - 2,1x + 3 = 0$ приводит к невязке $-0,000325295$.

Другой удобной начальной точкой является точка $t = 32/3$. При этом $k(32/3) = 2$ и аналогичные вычисления приводят к равенству

$$k(t) \approx \frac{20}{13} + \frac{9}{208}t - \frac{27}{17576}\left(t - \frac{32}{3}\right)^2 + \frac{257013}{3041632256}\left(t - \frac{32}{3}\right)^3.$$

Например, для уравнения

$$x^5 - 2x + 1,3 = 0$$

значение $t = -p^5/q^4 = 11,20408949$; $k(t) = 2,022823$ и, следовательно, $x = -1,314834950$.

Значение невязки при таком значении x составляет $-1,158 \times 10^{-6}$.

Теперь рассмотрим уравнение

$$x^5 + px^2 + q = 0. \quad (5)$$

Для этого уравнения можно выделить два подслучая:

- 1) p, q – одного знака;
- 2) p, q – разных знаков.

Если p и q одного знака, то применяется подстановка $x = k(q/p)^{1/2}$ ($k \neq 0$), которая приводит к равенству

$$\frac{k^5}{k^2 + 1} = -q\left(\frac{p}{q}\right)^{5/2}.$$

Так как

$$\left(\frac{k^5}{k^2 + 1}\right)' = \frac{k^4(3k^2 + 5)}{(k^2 + 1)^2},$$

то функция $f(k) = \frac{k^5}{k^2 + 1}$ является строго монотонной и, следовательно, при любом значении параметра $-q(p/q)^{5/2}$ уравнение (5) имеет единственный действительный корень.

Для ознакомления приведем график рассматриваемой функции (рис. 2).

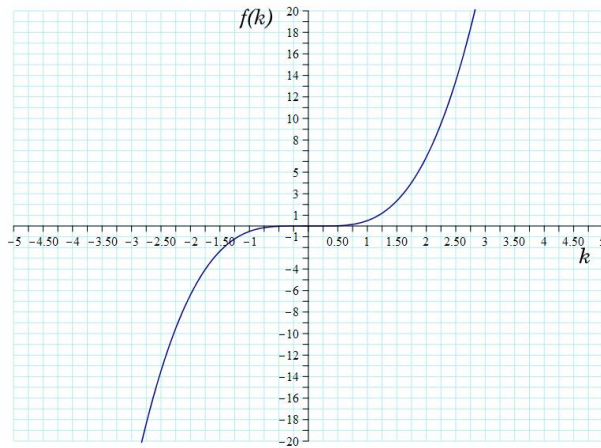


Рис. 2. График функции $f(k) = \frac{k^5}{k^2 + 1}$

Если p и q имеют разные знаки, то подстановка $x = k(-q/p)^{1/2}$ ($k \neq 0$) приводит к равенству

$$\frac{k^5}{k^2 - 1} = q \left(-\frac{p}{q} \right)^{5/2}.$$

Так как

$$\left(\frac{k^5}{k^2 - 1} \right)' = \frac{k^4(3k^2 - 5)}{(k-1)^2(k+1)^2},$$

то точками, в которых достигаются локальные экстремумы функции $\frac{k^5}{k^2 - 1}$, являются точки

$$k_1 = \sqrt{\frac{5}{3}}, \quad k_2 = -\sqrt{\frac{5}{3}}.$$

При этом

$$\frac{k_1^5}{k_1^2 - 1} = \frac{25\sqrt{15}}{18}, \quad \frac{k_2^5}{k_2^2 - 1} = -\frac{25\sqrt{15}}{18}.$$

На рис. 3 изображен график функции $f(k) = \frac{k^5}{k^2 - 1}$.

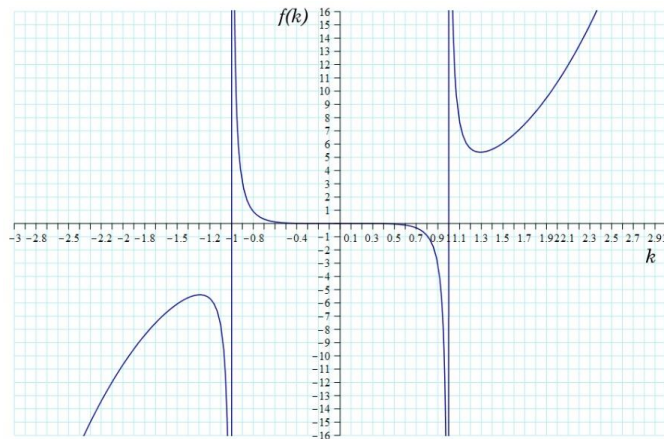


Рис. 3. График функции $f(k) = \frac{k^5}{k^2 - 1}$

Таким образом, доказана

Теорема 2. При выполнении неравенства

$$q\left(-\frac{p}{q}\right)^{5/2} > \frac{25\sqrt{15}}{18}$$

уравнение (5) имеет три действительных решения. Аналогично, если выполнено неравенство

$$q\left(-\frac{p}{q}\right)^{5/2} < -\frac{25\sqrt{15}}{18},$$

то уравнение (5) имеет три действительных решения.

При выполнении одного из равенств

$$q\left(-\frac{p}{q}\right)^{5/2} = \frac{25\sqrt{15}}{18}, \quad q\left(-\frac{p}{q}\right)^{5/2} = -\frac{25\sqrt{15}}{18}$$

уравнение (5) имеет кратный действительный корень кратности два и один простой действительный корень.

Наконец, если выполнено неравенство

$$-\frac{25\sqrt{15}}{18} < q\left(-\frac{p}{q}\right)^{5/2} < \frac{25\sqrt{15}}{18},$$

то уравнение (5) имеет ровно один действительный корень.

Например, для уравнения

$$x^5 + 5x^2 - 3 \cdot 2^{2/3} = 0$$

выполняется условие $q\left(-\frac{p}{q}\right)^{5/2} = -\frac{25\sqrt{15}}{18}$. Непосредственно убеждаемся, что его действительными корнями являются числа

$$\frac{1}{3}(5^{2/3} - 2^{2/3} \cdot 5^{1/3} + 2 \cdot 2^{1/3}), \quad -2^{1/3}, \quad -2^{1/3}.$$

Далее переходим к общему случаю трехчленного (тринomialного) алгебраического уравнения с действительными коэффициентами. Имеет место следующая классификация [4, с. 148]. В зависимости от четности степеней неизвестного трехчленные алгебраические уравнения подразделяются на 4 типа: нечетно-нечетные, нечетно-четные, четно-нечетные и четно-четные уравнения соответственно.

II. Нечетно-нечетные уравнения. Пусть в уравнении

$$x^n + px^m + q = 0 \quad (n > m > 0, \quad p \neq 0, \quad q \neq 0) \quad (6)$$

m, n – нечетные числа. Такие уравнения называются *нечетно-нечетными уравнениями*.

Тогда после подстановки $x = k(q/p)^{1/m}$ ($k \neq 0$) получаем равенство

$$\frac{k^n}{k^m + 1} = -q\left(\frac{p}{q}\right)^{n/m}.$$

Функция

$$f(k) = \frac{k^n}{k^m + 1},$$

которую иногда называют *определяющей*, возрастает при $k > -1$ и имеет локальный минимум при

$$k_* = \left(\frac{n}{m-n}\right)^{1/m}.$$

При этом

$$f(k_*) = \frac{(n-m)n^{n/m}}{(n-m)^{n/m}m}.$$

Таким образом, можно сделать вывод, что схематично все графики функций $f(k) = \frac{k^n}{k^m+1}$ при произвольных нечетных m и n будут выглядеть похожими друг на друга. Например, график функции $f(k) = \frac{k^3}{k+1}$ имеет вид (рис. 4)

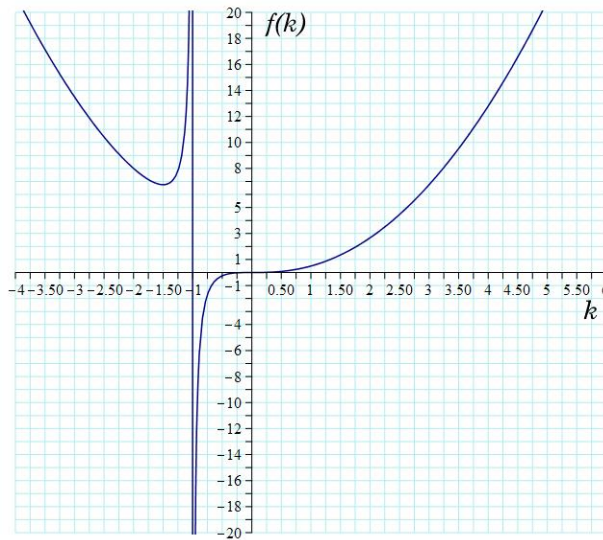


Рис. 4. График функции $f(k) = \frac{k^3}{k+1}$

Следовательно, доказана

Теорема 3. Пусть $p \neq 0$, $q \neq 0$. Необходимым и достаточным условием существования трех действительных различных корней уравнения (6) является неравенство

$$-q\left(\frac{p}{q}\right)^{n/m} > \frac{(n-m)n^{n/m}}{(n-m)^{n/m}m}.$$

При этом, если p и q отрицательны, то один из этих корней положителен, а два – отрицательны. При выполнении равенства

$$-q\left(\frac{p}{q}\right)^{n/m} = \frac{(n-m)n^{n/m}}{(n-m)^{n/m}m}$$

существует один кратный корень x_* кратности два, равный

$$x_* = \left(-\frac{pm}{n}\right)^{\frac{1}{n-m}},$$

и один простой корень.

Необходимым и достаточным условием существования единственного действительного корня является неравенство

$$-q\left(\frac{p}{q}\right)^{n/m} < \frac{(n-m)n^{n/m}}{(n-m)^{n/m}m},$$

при этом локализация данного корня определяется выражением $x = k(q/p)^{1/m}$ ($k > -1$, $k \neq 0$).

Например, действительными корнями уравнения

$$x^{13} - 3x^7 - 1 = 0$$

являются числа

$$1,2172; -0,87473; -1,1789.$$

III. Нечетно-четные уравнения. В данной части статьи рассмотрим нечетно-четные уравнения (n – нечетное, m – четное). Если p и q имеют одинаковый знак, то подстановка

$$x = k \left(\frac{q}{p} \right)^{1/m} \quad (k \neq 0)$$

приводит к равенству

$$\frac{k^n}{k^m + 1} = -q \left(\frac{p}{q} \right)^{n/m}.$$

Из этого равенства вытекает следующая

Теорема 4. Нечетно-четные уравнения в случае, когда p и q одного знака имеют единственный действительный корень. Этот корень отрицателен при положительных значениях коэффициентов p , q и положителен при отрицательных p , q .

В качестве примера, иллюстрирующего рассматриваемую ситуацию, приведем график функции

$$f(k) = \frac{k^7}{k^4 + 1} \quad (\text{рис. 5}).$$

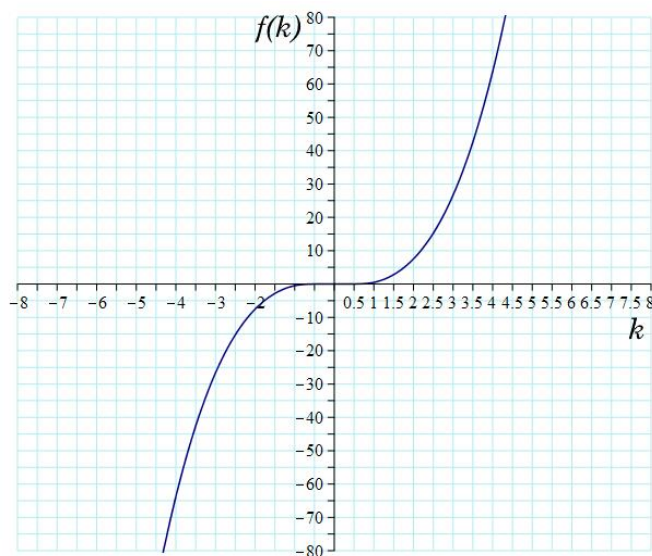


Рис. 5. График функции $f(k) = \frac{k^7}{k^4 + 1}$

Если p , q имеют разные знаки, то после подстановки

$$x = k \left(-\frac{q}{p} \right)^{1/m} \quad (k \neq 0)$$

получаем равенство

$$\frac{k^n}{k^m - 1} = q \left(-\frac{p}{q} \right)^{\frac{n}{m}}.$$

Так как

$$\left(\frac{k^n}{k^m-1}\right)' = \frac{k^{n-1}[(n-m)k^m-n]}{(k^m-1)^2},$$

то в нечетно-четном случае точкой локального минимума является значение

$$k_* = \left(\frac{n}{n-m}\right)^{\frac{1}{m}},$$

а точкой локального максимума значение

$$k_{**} = -\left(\frac{n}{n-m}\right)^{\frac{1}{m}}.$$

При этом в точке локального минимума выполняется равенство

$$\frac{k_*^n}{k_*^m-1} = \frac{n-m}{m} \left(\frac{n}{n-m}\right)^{\frac{n}{m}},$$

а в точке локального максимума

$$\frac{k_{**}^n}{k_{**}^m-1} = -\frac{n-m}{m} \left(\frac{n}{n-m}\right)^{\frac{n}{m}}.$$

Проиллюстрируем рассматриваемую ситуацию на примере функции $f(k) = \frac{k^7}{k^4-1}$ (рис. 6).

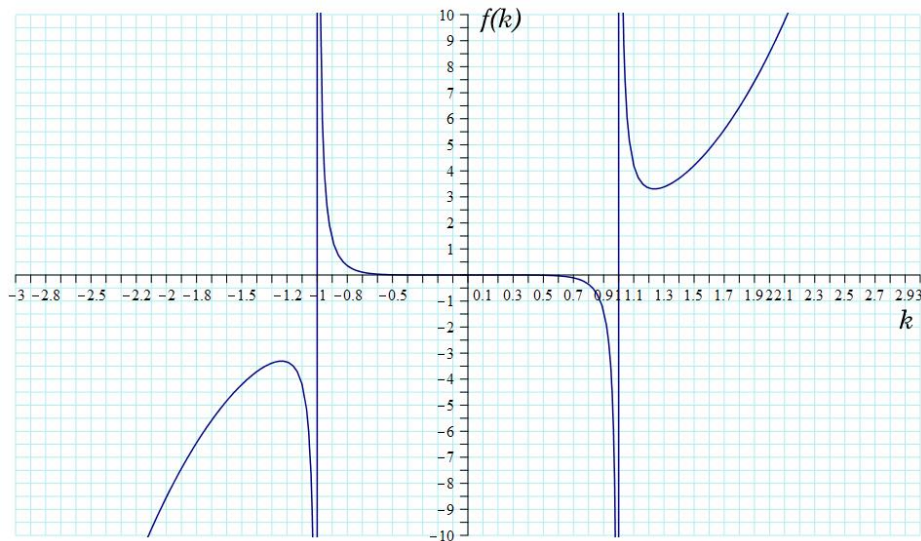


Рис. 6. График функции $f(k) = \frac{k^7}{k^4-1}$

Таким образом, установлена

Теорема 5. Пусть $p \neq 0$, $q \neq 0$. Если p , q разных знаков, то при выполнении одного из неравенств

$$q\left(-\frac{p}{q}\right)^{\frac{n}{m}} > \frac{n-m}{m} \left(\frac{n}{n-m}\right)^{\frac{n}{m}}, \quad q\left(-\frac{p}{q}\right)^{\frac{n}{m}} < -\frac{n-m}{m} \left(\frac{n}{n-m}\right)^{\frac{n}{m}},$$

уравнение (6) имеет три различных действительных решения.

Если имеет место одно из равенств

$$q\left(-\frac{p}{q}\right)^{\frac{n}{m}} = \frac{n-m}{m}\left(\frac{n}{n-m}\right)^{\frac{n}{m}}, \quad q\left(-\frac{p}{q}\right)^{\frac{n}{m}} = -\frac{n-m}{m}\left(\frac{n}{n-m}\right)^{\frac{n}{m}},$$

то уравнение (6) имеет двукратный действительный корень

$$x = \left(-\frac{pm}{n}\right)^{\frac{1}{n-m}}$$

и простой действительный корень.

При выполнении двойного неравенства

$$-\frac{n-m}{m}\left(\frac{n}{n-m}\right)^{\frac{n}{m}} < q\left(-\frac{p}{q}\right)^{\frac{n}{m}} < \frac{n-m}{m}\left(\frac{n}{n-m}\right)^{\frac{n}{m}}$$

уравнение (6) имеет единственный действительный корень.

IV. Четно-нечетные уравнения (n – четное, m – нечетное). В этом случае подстановка

$$x = k\left(\frac{q}{p}\right)^{\frac{1}{m}} \quad (k \neq 0)$$

приводит к равенству

$$\frac{k^n}{k^m + 1} = -q\left(\frac{p}{q}\right)^{\frac{n}{m}}.$$

Так как

$$\left(\frac{k^n}{k^m + 1}\right)' = \frac{k^{n-1}[(n-m)k^m + n]}{(k^m + 1)^2},$$

то локальный минимум этой определяющей функции достигается при $k = 0$, а локальный максимум при

$$k_* = \left(\frac{n}{m-n}\right)^{\frac{1}{m}} < 0.$$

В точке k_* имеет место равенство

$$\frac{k_*^n}{k_*^m + 1} = \frac{m-n}{m}\left(\frac{n}{m-n}\right)^{\frac{n}{m}} < 0.$$

Эти факты означают, что справедлива

Теорема 6. Пусть $p \neq 0$, $q \neq 0$. При выполнении одного из неравенств

$$-q\left(\frac{p}{q}\right)^{\frac{n}{m}} > 0, \quad -q\left(\frac{p}{q}\right)^{\frac{n}{m}} < \frac{m-n}{m}\left(\frac{n}{m-n}\right)^{\frac{n}{m}}$$

уравнение (6) имеет два действительных решения.

Если выполнено равенство

$$-q\left(\frac{p}{q}\right)^{\frac{n}{m}} = \frac{m-n}{m}\left(\frac{n}{m-n}\right)^{\frac{n}{m}} \quad (\text{рис.7}).$$

то уравнение (6) имеет кратный корень

$$x = \left(-\frac{pm}{n}\right)^{\frac{1}{n-m}}.$$

Для определенной наглядности ниже приведен график функции $f(k) = \frac{k^4}{k^3+1}$ (рис. 7).

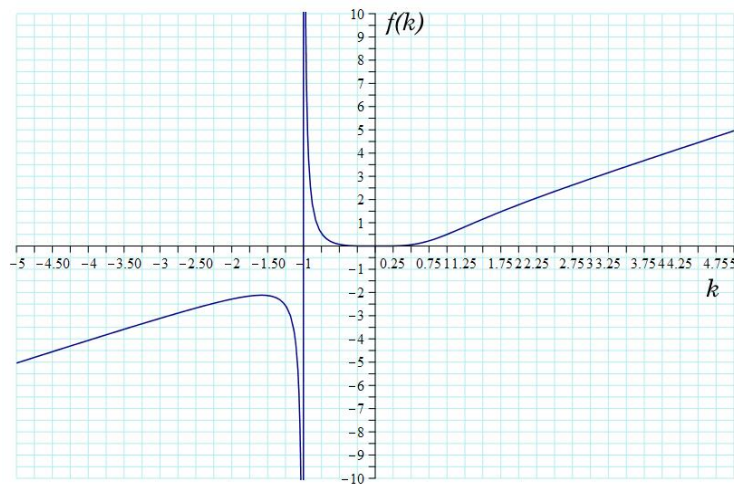


Рис. 7. График функции $f(k) = \frac{k^4}{k^3+1}$

V. Четно-четные уравнения (n, m – четные). Очевидно, что при положительных p, q уравнение (6) действительных корней не имеет. При отрицательных p, q неравенство

$$\frac{k^n}{k^m+1} = -q\left(\frac{p}{q}\right)^{\frac{n}{m}} > 0$$

влечет существование двух действительных решений.

Более сложная ситуация возникает, когда p, q имеют разные знаки. В этом случае подстановка

$$x = k\left(-\frac{q}{p}\right)^{\frac{1}{m}} \quad (k \neq 0)$$

приводит к равенству

$$\frac{k^n}{k^m-1} = q\left(-\frac{p}{q}\right)^{\frac{n}{m}}$$

и локальный минимум определяющей функции $\frac{k^n}{k^m-1}$ достигается в точках

$$k_{*1} = \left(\frac{n}{n-m}\right)^{\frac{1}{m}} > 1, \quad k_{*2} = -\left(\frac{n}{n-m}\right)^{\frac{1}{m}} < -1.$$

Его значение

$$f(k_*) = \frac{n-m}{m} \left(\frac{n}{n-m} \right)^{\frac{n}{m}}.$$

Например, при $n = 4$, $m = 2$, $k_* = \sqrt{2}$, $f(k_*) = 4$.

Приведем график функции $f(k) = \frac{k^4}{k^2 - 1}$ (рис. 8).

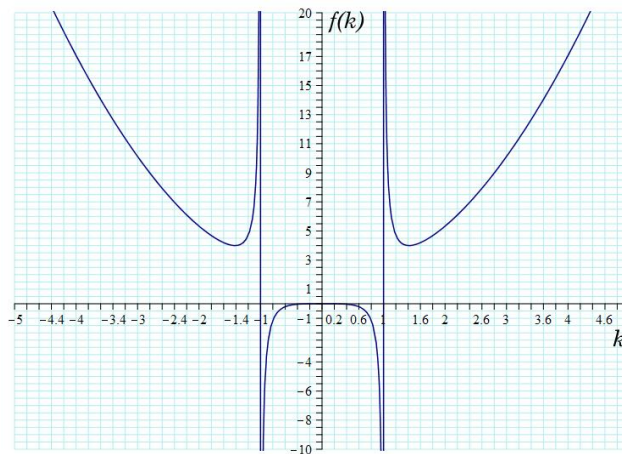


Рис. 8. График функции $f(k) = \frac{k^4}{k^2 - 1}$

Таким образом, справедлива

Теорема 7. Пусть $p \neq 0$, $q \neq 0$. Если p и q имеют разные знаки, то при выполнении неравенства

$$q \left(-\frac{p}{q} \right)^{\frac{n}{m}} > \frac{n-m}{m} \left(\frac{n}{n-m} \right)^{\frac{n}{m}}$$

уравнение (6) имеет четыре действительных решения, два из которых отрицательны, а два – положительны.

Если имеет место равенство (заметим, что p в этом случае должно быть отрицательным)

$$q \left(-\frac{p}{q} \right)^{\frac{n}{m}} = \frac{n-m}{m} \left(\frac{n}{n-m} \right)^{\frac{n}{m}},$$

то уравнение (6) имеет два кратных корня, кратность каждого из которых равна двум:

$$x_1 = \left(-\frac{pm}{n} \right)^{\frac{1}{n-m}}, \quad x_2 = -\left(-\frac{pm}{n} \right)^{\frac{1}{n-m}}.$$

При условии

$$0 < q \left(-\frac{p}{q} \right)^{\frac{n}{m}} < \frac{n-m}{m} \left(\frac{n}{n-m} \right)^{\frac{n}{m}}$$

уравнение (6) действительных корней не имеет, наконец, если

$$q \left(-\frac{p}{q} \right)^{\frac{n}{m}} < 0,$$

уравнение (6) имеет два действительных корня.

Заключение. Таким образом, нами приведен ряд теорем, в которых установлены необходимые и достаточные условия для определения у трехчленного алгебраического уравнения произвольной степени с действительными коэффициентами числа действительных решений, а также областей их локализации. Подробно рассмотрены все возможные типы трехчленных уравнений с действительными коэффициентами, и для каждого из них получен относительно простой вид функций, зависящих от коэффициентов уравнения и определяющих число действительных решений.

Используемые в настоящей статье замены переменных оказались практически целесообразными и позволили для каждого из типов трехчленных алгебраических уравнений с действительными коэффициентами получить точное условие существования двукратного действительного корня, а также явные аналитические формулы для его вычисления через коэффициенты уравнения, чего, например, не сделано [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравченко, В.Ф. Аналитический метод решения трехчленных алгебраических уравнений с помощью элементарных функций K_{ml} / В.Ф. Кравченко // Ученые записки ЦАГИ. – 1988. – Т. 19, № 4. – С. 135–144.
2. Астапов, И.С. Алгоритмы символьного решения алгебраических уравнений / И.С. Астапов, Н.С. Астапов // Программная инженерия. – 2017. – Т. 8, № 9. – С. 422–432.
3. Kelley, Z. Estimating the number of roots of trinomials over finite fields / Z. Kelley, S.W. Owen // Journal of Symbolic Computation. – 2017. – Vol. 79. – P. 108–118.
4. Кутищев, Г.П. Решение алгебраических уравнений произвольной степени / Г.П. Кутищев. – М.: Издательство ЛКИ, 2019. – 232 с.
5. Прасолов, В.В. Многочлены / В.В. Прасолов. – 4-е изд., испр. – М.: МЦНМО, 2014. – 336 с.

REFERENCES

1. Kravchenko V.F. *Uchenye zapiski TsAGI* [TsAGI Science Journal], 1988, 19(4), pp. 135–144.
2. Astapov I.S., Astapov N.S. *Programmnaya inzheneriya* [Software Engineering], 2017, 8(9), pp. 422–432.
3. Kelley Z., Owen S.W. *Journal of Symbolic Computation*, 2017, 79, pp. 108–118.
4. Kutishchev G.P. *Resheniye algebraicheskikh uravnenii proizvolnoi stepeni* [Solving Algebraic Equations of Arbitrary Degree], Moscow, Izdatelstvo LKI, 2019, 232 p.
5. Prasolov V.V. *Mnogochleny* [Polynomials], Moscow, MTsNMO, 2014, 336 p.

Поступила в редакцию 21.01.2020

Адрес для корреспонденции: e-mail: yurii_trubnikov@mail.ru – Трубников Ю.В.

О РЕШЕТКЕ σ -ЛОКАЛЬНЫХ КЛАССОВ ФИТТИНГА

А.Р. Филимонова

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

Класс групп $\mathfrak{F}$ называется классом Фиттинга, если он замкнут относительно нормальных подгрупп и произведений нормальных подгрупп из $\mathfrak{F}$. Функции $f: \sigma \rightarrow \{\text{классы Фиттинга}\}$, называемой σ -функцией Хартли (более кратко, H_σ -функцией), сопоставляют класс групп $LR_\sigma(f) = \{G \mid G = 1 \text{ или } G \neq 1 \text{ и } O^{\sigma_i, \sigma'_i}(G) \in f(\sigma_i) \text{ для всех } \sigma_i \in \sigma(G)\}$. Если класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ таков, что $\mathfrak{F} = LR_\sigma(f)$ для некоторой функции f , то $\mathfrak{F}$ называют σ -локальным и f σ -локальное задание $\mathfrak{F}$.

Цель работы – изучение решеток n -кратно σ -локальных классов Фиттинга.

Материал и методы. Используются методы исследования теории конечных групп, а также теории классов Фиттинга конечных групп.

Результаты и их обсуждение. Доказано, что решетка всех n -кратно σ -локальных классов Фиттинга является полной, алгебраической и индуктивной.

Заключение. Получены новые широкие серии алгебраических и индуктивных решеток n -кратно σ -локальных классов Фиттинга.

Ключевые слова: класс Фиттинга, σ -локальный класс Фиттинга, n -кратно σ -локальный класс Фиттинга, решетка классов Фиттинга, полная решетка, индуктивная решетка, алгебраическая решетка.

ABOUT THE σ -LOCAL FITTING CLASS LATTICE

A.R. Filimonova

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

The $\mathfrak{F}$ group class is called a Fitting class if it is closed concerning normal subgroups and normal subgroup products. Functions $f: \sigma \rightarrow \{\text{Fitting class}\}$ function, which is called Hartley σ function (or shorter, H_σ -function), compose the group class of $LR_\sigma(f) = \{G \mid G = 1 \text{ or } G \neq 1 \text{ and } O^{\sigma_i, \sigma'_i}(G) \in f(\sigma_i) \text{ for all } \sigma_i \in \sigma(G)\}$. If $\mathfrak{F}$ Fitting class is such that $\mathfrak{F} = LR_\sigma(f)$ for some function f , then $\mathfrak{F}$ is called σ -local and f σ -local $\mathfrak{F}$ task.

The purpose of the paper is the study of n -multiple σ -local Fitting class lattices.

Material and methods. Methods of the study of the finite group theory are used as well as methods of the Fitting class finite group theory.

Findings and their discussion. The theorem is proven that the lattice of n -multiple σ -local Fitting classes is complete, algebraic and inductive.

Conclusion. New wide series of algebraic and inductive lattices of multiple σ -local Fitting classes have been obtained.

Key words: Fitting class, σ -local Fitting class, n -multiple σ -local Fitting class, Fitting class lattice, complete lattice, induction lattice, algebraic lattice.

Все рассматриваемые группы конечны. Будем использовать терминологию из [1–4]. Через $\mathbb{P}$ обозначают множество всех простых чисел, $\pi = \{p_1, \dots, p_n\} \subseteq \mathbb{P}$ и $\pi' = \mathbb{P} \setminus \pi$; $\pi(n)$ – множество всех различных простых делителей натурального числа n ; символом σ – некоторое разбиение множества $\mathbb{P}$, т.е. $\sigma = \{\sigma_i \mid i \in I\}$, где $\mathbb{P} = \bigcup_{i \in I} \sigma_i$ и $\sigma_i \cap \sigma_j = \emptyset$ для всех $i \neq j$, $\Pi \subseteq \sigma$. В дальнейшем $\sigma(n) = \{\sigma_i \mid \sigma_i \cap \pi(n) \neq \emptyset\}$, $\sigma(G) = \sigma(|G|)$.

Если $\Pi \subseteq \sigma$, то, следуя [2], $\mathfrak{G}_\Pi$ обозначает класс всех Π -групп. В частности, $\mathfrak{G}_{\sigma_i}$ – класс всех σ_i -групп, а $\mathfrak{G}_{\sigma'_i}$ – класс всех σ'_i -групп.

Пусть f – произвольная функция вида

$$f: \sigma \rightarrow \{\text{классы Фиттинга}\}, \quad (1)$$

называемая σ -функцией Хартли (более кратко, H_σ -функцией). Согласно [5] сопоставим функции f класс групп

$$LR_\sigma(f) = \{G \mid G = 1 \text{ или } G \neq 1 \text{ и } O^{\sigma_i, \sigma'_i}(G) \in f(\sigma_i) \text{ для всех } \sigma_i \in \sigma(G)\},$$

где $O^{\sigma_i, \sigma'_i}(G)$ – наименьшая σ_i -замкнутая нормальная подгруппа группы G . Имеем $O^{\sigma_i, \sigma'_i}(G) = G^{\mathfrak{G}_{\sigma_i} \mathfrak{G}_{\sigma'_i}}$,

где символ $G^{\mathfrak{G}_{\sigma_i} \mathfrak{G}_{\sigma'_i}}$ обозначает пересечение всех таких нормальных подгрупп N группы G , что $G/N \in \mathfrak{G}_{\sigma_i} \mathfrak{G}_{\sigma'_i}$.

Если класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ таков, что $\mathfrak{F} = LR_{\sigma}(f)$ для некоторой H_{σ} -функции f вида (1), то класс $\mathfrak{F}$ называется σ -локальным и f σ -локальное задание $\mathfrak{F}$. Если при этом все значения f лежат в $\mathfrak{F}$, то H_{σ} -функция f – внутренняя. H_{σ} -функция f называется H_{σ} -функцией Локетта, если $f(\sigma_i)$ является классом Локетта для любого $i \in I$ (см. [5]).

Следуя [6], всякий класс Фиттинга считается 0-кратно σ -локальным. При $n > 0$ класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ называется n -кратно σ -локальным, если он обладает такой H_{σ} -функцией Локетта f , каждое непустое значение $f(\sigma_i)$ которой является $(n-1)$ -кратно σ -локальным классом Фиттинга.

Напомним, что совокупность классов Фиттинга Θ называется *полной решеткой классов Фиттинга* [4], если пересечение любой совокупности классов из Θ снова принадлежит Θ , и во множестве Θ имеется такой класс Фиттинга $\mathfrak{F}$, что $\mathfrak{H} \subseteq \mathfrak{F}$ для любого $\mathfrak{H} \in \Theta$.

Пусть Θ – полная решетка классов Фиттинга. H_{σ} -функция f называется Θ -значной, если все ее значения принадлежат решетке Θ . Через Θ^{σ} обозначают совокупность всех таких классов Фиттинга, которые обладают σ -локальной Θ -значной H_{σ} -функцией. Тогда верхняя грань произвольной совокупности $\{\mathfrak{F}_i \mid i \in I\}$ элементов из Θ^{σ} обозначается через $\vee_{\Theta^{\sigma}}(\mathfrak{F}_i \mid i \in I)$ (см. [7]). Решетка Θ^{σ} называется *индуктивной* (см. [7]), если для любого набора $\{\mathfrak{F}_i = LR_{\sigma}(f_i) \mid i \in I\}$ классов Фиттинга $\mathfrak{F}_i \in \Theta^{\sigma}$ и для всякого такого набора $\{f_i \mid i \in I\}$ Θ -значных H_{σ} -функций f_i , где f_i – некоторая внутренняя H_{σ} -функция класса Фиттинга $\mathfrak{F}_i$, имеет место

$$\vee_{\Theta^{\sigma}}(\mathfrak{F}_i \mid i \in I) = LR_{\sigma}(\vee_{\Theta}(f_i \mid i \in I)),$$

при этом символ $\vee_{\Theta}(f_i \mid i \in I)$ обозначает такую H_{σ} -функцию f , что $f(\sigma_i)$ является верхней гранью для $\{f_i(\sigma_i) \mid i \in I\}$ в Θ , если $\bigcup_{i \in I} f_i(\sigma_i) \neq \emptyset$, и $f(\sigma_i) = \emptyset$ в противном случае.

Полная решетка Θ называется *алгебраической*, если любой ее элемент является решеточным объединением компактных элементов. Элемент c полной решетки Θ называется *компактным*, если для любого подмножества $X \subseteq \Theta$ из неравенства $c \leq \sup_{\Theta} X$ вытекает существование такого конечного подмножества $X_0 \subseteq X$, что $c \leq \sup_{\Theta} X_0$.

В 1986 году А.Н. Скибой [8] установлена модулярность решетки всех локальных формаций. Этот результат получил развитие в различных направлениях. В частности, в [2] было доказано, что решетка всех n -кратно σ -локальных формаций является модулярной и алгебраической. В [5] Н.Т. Воробьевым, Вэньбином Го и Ли Чжаном были введены σ -локальные классы Фиттинга. В связи с этим возникает вопрос изучения решетки всех n -кратно σ -локальных классов Фиттинга. В настоящей работе установлены алгебраичность и индуктивность этой решетки.

Цель – изучение решеток n -кратно σ -локальных классов Фиттинга.

Материал и методы. Использованы методы исследования теории конечных групп, а также теории классов Фиттинга конечных групп.

Результаты и их обсуждение. Основным результатом является

Теорема. Совокупность всех n -кратно σ -локальных классов Фиттинга $\mathcal{L}_{\sigma}^n$ является полной, алгебраической и индуктивной решеткой классов Фиттинга, в которой для произвольного множества n -кратно σ -локальных классов Фиттинга $\{\mathfrak{F}_i \mid i \in I\}$

$$\begin{aligned} \wedge_{\sigma}^n(\mathfrak{F}_i \mid i \in I) &= \bigcap_{i \in I} \mathfrak{F}_i - \text{точная нижняя грань и} \\ \vee_{\sigma}^n(\mathfrak{F}_i \mid i \in I) &= l_{\sigma}^n \text{Fit} \left(\bigcup_{i \in I} \mathfrak{F}_i \right) - \text{точная верхняя грань.} \end{aligned}$$

Через l_{σ}^n обозначают полную решетку всех n -кратно σ -локальных классов Фиттинга. Пусть $\mathfrak{X}$ – произвольная совокупность групп. Символом $l_{\sigma}^n \text{Fit} \mathfrak{X}$ обозначают наименьший n -кратно σ -локальный класс Фиттинга, содержащий $\mathfrak{X}$. В частности, $\text{Fit}(\mathfrak{X})$ – наименьший класс Фиттинга, содержащий совокупность групп $\mathfrak{X}$.

Пусть $\{f_i \mid i \in I\}$ – набор всех n -кратно σ -локальных H_{σ} -функций класса Фиттинга $\mathfrak{F}$. Ввиду леммы 1 $f = \bigcap_{i \in I} f_i$ – n -кратно σ -локальная H_{σ} -функция класса Фиттинга $\mathfrak{F}$, называемая *минимальной* [5].

Приведем следующие леммы, которые определяют структуру доказательства индуктивности и алгебраичности решетки всех n -кратно σ -локальных классов Фиттинга.

Лемма 1. Пусть $\mathfrak{F} = \bigcap_{i \in I} \mathfrak{F}_i$, где $\mathfrak{F}_i = LR_\sigma(f_i)$. Тогда $\mathfrak{F} = LR_\sigma(f)$, где $f = \bigcap_{i \in I} f_i$.

Доказательство. Пусть $\mathfrak{H} = LR_\sigma(f)$. Покажем, что $\mathfrak{F} = \mathfrak{H}$. Пусть $G \in \mathfrak{F}$. Тогда, так как $\mathfrak{F} = \bigcap_{i \in I} \mathfrak{F}_i$, $G \in \mathfrak{F}_i$ и, значит,

$$G = 1 \text{ или } G \neq 1 \text{ и } O^{\sigma_i, \sigma_i'}(G) \in f_i(\sigma_i)$$

для всех $\sigma_i \in \sigma(G)$. Поэтому $O^{\sigma_i, \sigma_i'}(G) \in \bigcap_{i \in I} f_i(\sigma_i) = f(\sigma_i)$. Следовательно, $G \in \mathfrak{H}$, и $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{H}$.

Покажем теперь обратное включение. Пусть $G \in \mathfrak{H}$. Тогда

$$G = 1 \text{ или } G \neq 1 \text{ и } O^{\sigma_i, \sigma_i'}(G) \in f(\sigma_i) = \bigcap_{i \in I} f_i(\sigma_i)$$

для всех $\sigma_i \in \sigma(G)$. Отсюда следует, что $O^{\sigma_i, \sigma_i'}(G) \in f_i(\sigma_i)$. Поэтому $G \in \mathfrak{F}_i$, $i \in I$ и, значит, $G \in \bigcap_{i \in I} \mathfrak{F}_i = \mathfrak{F}$. Таким образом, $\mathfrak{H} \subseteq \mathfrak{F}$. Значит, $\mathfrak{H} = \mathfrak{F}$. Лемма доказана.

Через символ $\text{Supp}(f)$ обозначают носитель σ -локальной H_σ -функции f и $\text{Supp}(f) = \{\sigma_i \in \sigma \mid f(\sigma_i) \neq \emptyset\}$. Следующая лемма дает способ построения минимальной σ -локальной H_σ -функции класса Фиттинга $\mathfrak{F} = LR_\sigma(f)$.

Лемма 2 [5, предложение 4.1 а)]. Пусть $\mathfrak{F}$ – σ -локальный класс Фиттинга. Тогда $\mathfrak{F}$ определяет единственная минимальная H_σ -функция f такая, что $f(\sigma_i) = \text{Fit}(G \mid G \cong X^{\mathfrak{F}_{\sigma_i} \mathfrak{F}_{\sigma_i}}, X \in \mathfrak{F})$ для всех $\sigma_i \in \text{Supp}(f)$.

Лемма 3. Пусть h_i – минимальная I_σ^{n-1} -значная H_σ -функция класса Фиттинга $\mathfrak{F}_i$, $i \in I$. Тогда $\bigvee_\sigma^{n-1}(h_i \mid i \in I)$ – минимальная I_σ^{n-1} -значная H_σ -функция класса Фиттинга $\mathfrak{F} = \bigvee_\sigma^n(\mathfrak{F}_i \mid i \in I)$.

Доказательство. Пусть

$$\Pi = \left(\bigcup_{i \in I} \mathfrak{F}_i \right) = \bigcup_{i \in I} \sigma(\mathfrak{F}_i) = \sigma(\mathfrak{F}) = \text{Supp}(h),$$

$f = \bigvee_\sigma^{n-1}(f_i \mid i \in I)$ и h – минимальная I_σ^{n-1} -значная H_σ -функция класса Фиттинга $\mathfrak{F}$. Докажем, что $h = f$.

Пусть $\sigma_i \in \mathbb{P} \setminus \Pi$. Тогда для любого $i \in I$ имеет место $h(\sigma_i) = \emptyset$ и $f_i(\sigma_i) = \emptyset$. Значит, $f(\sigma_i) = \emptyset$. Пусть $\sigma_i \in \Pi$. Тогда найдется такое $i \in I$, что $f_i(\sigma_i) \neq \emptyset$. По лемме 2

$$\begin{aligned} h(\sigma_i) &= I_\sigma^{n-1} \text{Fit}(G \mid G \cong X^{\mathfrak{F}_{\sigma_i} \mathfrak{F}_{\sigma_i}}, X \in \bigcup_{i \in I} \mathfrak{F}_i) = \\ &= I_\sigma^{n-1} \text{Fit} \left(\bigcup_{i \in I} I_\sigma^{n-1} \text{Fit}(G \mid G \cong X^{\mathfrak{F}_{\sigma_i} \mathfrak{F}_{\sigma_i}}, X \in \mathfrak{F}_i) \right) = \\ &= I_\sigma^{n-1} \text{Fit} \left(\bigcup_{i \in I} h_i(\sigma_i) \right) = \left(\bigvee_\sigma^{n-1}(h_i \mid i \in I) \right)(\sigma_i) = f(\sigma_i). \end{aligned}$$

Итак, $h = f$. Лемма доказана.

Лемма 4. Пусть $\emptyset = \Pi \subseteq \sigma$ и $\mathfrak{F} = \mathfrak{F}_\Pi$. Пусть, кроме того, $f(\sigma') = (1)$ и

$$f(\sigma_i) = \begin{cases} \mathfrak{F}, & \text{если } \sigma_i \in \Pi, \\ \emptyset, & \text{если } \sigma_i \notin \Pi. \end{cases}$$

Тогда $F = LR_\sigma(f)$.

Доказательство. Покажем включение $\mathfrak{F} \subseteq LR_\sigma(f)$. Пусть $G \in \mathfrak{F} = \mathfrak{F}_\Pi$. Тогда G – Π -группа. Так как $\Pi \subseteq \sigma$, то $G \in LR_\sigma(f)$. Следовательно, $\mathfrak{F} \subseteq LR_\sigma(f)$.

Покажем теперь включение $LR_\sigma(f) \subseteq \mathfrak{F}$. Предположим, что $LR_\sigma(f) \not\subseteq \mathfrak{F}$ и G – группа минимального порядка из $LR_\sigma(f) \setminus \mathfrak{F}$ с комонитом $R = G_\mathfrak{F}$. Тогда $\sigma(G/R) \not\subseteq \Pi$. Пусть $\sigma_i \in \sigma(G/R) \setminus \Pi$. Тогда $O^{\sigma_i, \sigma'_i}(G) \in f(\sigma_i) = \emptyset$. Противоречие. Значит, $LR_\sigma(f) \subseteq \mathfrak{F}$ и $\mathfrak{F} = LR_\sigma(f)$. Лемма доказана.

Лемма 5 [5, теорема 1.1. а)]. *Каждый σ -локальный класс Фиттинга может быть определен с помощью единственной внутренней H_σ -функции F такой, что $F(\sigma_i) = F(\sigma_i)\mathfrak{G}_{\sigma_i} \subseteq \mathfrak{F}$ и значения $F(\sigma_i)$ – классы Локетта для всех $\sigma_i \in \sigma(F)$.*

Лемма 6 [9, глава X, предложение 2.1 а)]. *Пусть $\mathfrak{F}$ – класс Локетта и G – конечная группа. Тогда для любых конечных групп H и G имеет место $(G \text{ wr } H)_\mathfrak{F} = K$, где K – база регулярного сплетения $G_\mathfrak{F} \text{ wr } H$.*

Лемма 7 [9, глава A, лемма 18.2 d)]. *Пусть $W = X \text{ wr } G$. Если $Y \trianglelefteq X$, то $W/[Y] \cong (X/Y) \text{ wr } G$.*

Лемма 8 [9, глава X, теорема 1.8]. *Пусть $\mathfrak{F}$ и $\mathfrak{G}$ – классы Фиттинга. Тогда*

- a) $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{F}^* = (\mathfrak{F}^*)^* \subseteq \mathfrak{F} \cup \mathfrak{U}$ и
- b) если $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{G}$, то $\mathfrak{F}^* \subseteq \mathfrak{G}^*$.

Лемма 9 [5, следствие 5.1]. *Пусть $\mathfrak{F} = LR_\sigma(F) = LR_\sigma(f)$ и $\mathfrak{H} = LR_\sigma(H) = LR_\sigma(h)$, где F и H – единственные внутренние H_σ -функции Локетта в $\mathfrak{F}$ и $\mathfrak{H}$, а f и h – единственные минимальные H_σ -функции в $\mathfrak{F}$ и $\mathfrak{H}$. Тогда следующие утверждения эквивалентны:*

- a) $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{H}$;
- b) $f \leq h$;
- c) $F \leq H$.

Для произвольного класса групп $\mathfrak{X}$ операции s_n и r определяются следующим образом:

$s_n \mathfrak{X} = \{G \mid G \trianglelefteq H \text{ для некоторой } H \in \mathfrak{X}\}$;

$r \mathfrak{X}$ – класс всех таких групп G , что в G имеется система субнормальных подгрупп $K_1, K_2, \dots, K_t$ со свойствами $G = \langle K_1, K_2, \dots, K_t \rangle$ и $K_i \in \mathfrak{X}$, $i = 1, 2, \dots, t$.

Лемма 10 [10, лемма 2]. *Пусть $\mathfrak{X}$ – непустой класс групп. Тогда $\text{Fit} \mathfrak{X}$ состоит из групп, получаемых в результате применения конечного числа операций s_n и r к группам из $\mathfrak{X}$.*

Доказательство теоремы. Отметим, что совокупность всех n -кратно σ -локальных классов Фиттинга $\mathcal{L}_\sigma^n$ является частично упорядоченным множеством относительно включения $\subseteq$. Покажем сначала, что такое множество является решеткой.

Пусть $\{\mathfrak{F}_i \mid i \in I\}$ – произвольное непустое множество n -кратно σ -локальных классов Фиттинга и f_i – σ -локальная I_σ^{n-1} -значная H_σ -функция класса Фиттинга $\mathfrak{F}_i$, $i \in I$. Пусть $\mathfrak{F} = \bigcap_{i \in I} \mathfrak{F}_i$. Проведем индукцию по n . Пусть $n = 1$. Тогда по лемме 1 $\mathfrak{F} = LR_\sigma(f)$, где f – такая σ -локальная H_σ -функция, что

$$f(\sigma_i) = \bigcap_{i \in I} f_i(\sigma_i) \text{ для всех } \sigma_i \in \Pi$$

и, тем самым, класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ σ -локален. Таким образом,

$$\mathfrak{F} = \bigwedge_\sigma (\mathfrak{F}_i \mid i \in I) = \bigwedge_\sigma (\mathfrak{F}_i \mid i \in I) = \bigcap_{i \in I} \mathfrak{F}_i$$

и, как отмечено выше,

$$\bigvee_\sigma^1 (\mathfrak{F}_i \mid i \in I) = \bigvee_\sigma (\mathfrak{F}_i \mid i \in I) = I_\sigma \text{Fit} \left(\bigcup_{i \in I} \mathfrak{F}_i \right).$$

Итак, совокупность всех σ -локальных классов Фиттинга I_σ является решеткой.

Пусть теперь $n > 1$ и при $n - 1$ утверждение верно. Снова, применяя лемму 1, получаем $\mathfrak{F} = LR_\sigma(f)$, где σ -локальная H_σ -функция f такова, что

$$f(\sigma_i) = \bigcap_{i \in I} f_i(\sigma_i), \text{ для всех } \sigma_i \in \Pi.$$

По индукции $f(\sigma_i) \in I_\sigma^{n-1}$, т.е. H_σ -функция f I_σ^{n-1} -значна. Следовательно, согласно определению, класс Фиттинга $\mathfrak{F}$ является n -кратно σ -локальным.

Таким образом, совокупность всех n -кратно σ -локальных классов Фиттинга $\mathcal{L}_\sigma^n$ является решеткой классов Фиттинга, а для произвольного множества n -кратно σ -локальных классов Фиттинга $\{\mathfrak{F}_i \mid i \in I\}$

$$\wedge_{\sigma}^n(\mathfrak{F}_i \mid i \in I) = \bigcap_{i \in I} \mathfrak{F}_i$$

является точной нижней гранью, и

$$\vee_{\sigma}^n(\mathfrak{F}_i \mid i \in I) = l_{\sigma}^n \text{Fit} \left(\bigcup_{i \in I} \mathfrak{F}_i \right)$$

– точная верхняя грань.

Покажем теперь, что $\mathcal{L}_{\sigma}^n$ – полная решетка. Для этого достаточно доказать, что класс всех Π -групп $\mathfrak{G}_{\Pi}$ является наибольшим элементом в $\mathcal{L}_{\sigma}^n$. Докажем сначала, что класс Фиттинга $\mathfrak{G}_{\Pi}$ n -кратно σ -локален для всех целых неотрицательных n . Проведем индукцию по n . Пусть $n = 1$. Согласно лемме 4 $\mathfrak{G}_{\Pi} = LR_{\sigma}(g)$, где σ -локальная H_{σ} -функция g такова, что

$$g(\sigma_i) = \begin{cases} \mathfrak{G}_{\Pi}, & \text{если } \sigma_i \in \Pi, \\ \emptyset, & \text{если } \sigma_i \notin \Pi. \end{cases}$$

Поэтому класс Фиттинга $\mathfrak{G}_{\Pi}$ σ -локален. Пусть $n > 1$ и при $n - 1$ утверждение верно. Согласно лемме 4 $\mathfrak{G}_{\Pi} = LR_{\sigma}(g)$, где σ -локальная H_{σ} -функция g такова, что

$$g(\sigma_i) = \begin{cases} \mathfrak{G}_{\Pi}, & \text{если } \sigma_i \in \Pi, \\ \emptyset, & \text{если } \sigma_i \notin \Pi. \end{cases}$$

По индукции класс Фиттинга $\mathfrak{G}_{\Pi} = g(\sigma_i)$ $(n - 1)$ -кратно σ -локален. Следовательно, H_{σ} -функция g l_{σ}^{n-1} -значна. Таким образом, класс Фиттинга $\mathfrak{G}_{\Pi}$ n -кратно σ -локален.

Итак, $\mathcal{L}_{\sigma}^n$ – полная решетка классов Фиттинга, в которой наибольший элемент – класс всех Π -групп.

Покажем теперь, что такая решетка является алгебраической. Любой класс Фиттинга является решеточным объединением всех своих однопорожденных l_{σ}^n -подклассов Фиттинга. Индукцией по n покажем, что каждый однопорожденный l_{σ}^n -класс Фиттинга является компактным элементом в $\mathcal{L}_{\sigma}^n$. Пусть

$$\mathfrak{F} = l_{\sigma}^n \text{Fit} G \subseteq \mathfrak{M} = l_{\sigma}^n \text{Fit} \left(\bigcup_{i \in I} \mathfrak{F}_i \right),$$

где $\mathfrak{F}_i$ – n -кратно σ -локальный класс Фиттинга. Пусть $n = 0$. Тогда $G \in \text{Fit} \left(\bigcup_{i \in I} \mathfrak{F}_i \right)$. По лемме 10 $G \in K_1 \dots K_m \left(\bigcup_{i \in I} \mathfrak{F}_i \right)$,

где $K_i \in \{S_n, R\}$, $i = 1, \dots, m$. Индукцией по m покажем, что существует конечное множество $J \subset I$ такое, что $G \in K_1 \dots$

$$K_m \left(\bigcup_{j \in J} \mathfrak{F}_j \right).$$

Пусть $m = 1$. Если $G \in S_n \left(\bigcup_{i \in I} \mathfrak{F}_i \right)$, то найдется группа $T \in \bigcup_{i \in I} \mathfrak{F}_i$ такая, что $G \triangleleft T$. Так как $T \in \bigcup_{i \in I} \mathfrak{F}_i$, то существу-

ет хотя бы один класс Фиттинга $\mathfrak{F}_j$, $j \in I$ такой, что $T \in \mathfrak{F}_j$, и, значит, $G \in S_n(\mathfrak{F}_j)$. Если $G \in R \left(\bigcup_{i \in I} \mathfrak{F}_i \right)$, то $G = T_1 \dots T_t$, где

t – конечное число, $T_r \triangleleft G$, $T_r \in \bigcup_{i \in I} \mathfrak{F}_i$, $r = 1, \dots, t$. Следовательно, найдутся классы Фиттинга $\mathfrak{F}_1, \dots, \mathfrak{F}_t$ такие, что T_1

$\in \mathfrak{F}_1, \dots, T_t \in \mathfrak{F}_t$. Значит, $T_r \in \mathfrak{F}_1 \cup \dots \cup \mathfrak{F}_t$ и $G \in R(\mathfrak{F}_1 \cup \dots \cup \mathfrak{F}_t)$.

Пусть утверждение верно для $m > 1$. Докажем справедливость утверждения для $m + 1$. Тогда

$$G \in K_1 K_2 \dots K_{m+1} \left(\bigcup_{i \in I} \mathfrak{F}_i \right) = K_1(\mathfrak{F}),$$

где $\mathfrak{F} = K_2 \dots K_{m+1} \left(\bigcup_{i \in I} \mathfrak{F}_i \right)$. Если $G \in S_n(\mathfrak{F})$, то $G \triangleleft T \in \mathfrak{F}$. Тогда по индукции существуют $1, \dots, p \in I$ такие, что

$$T \in K_2 \dots K_{m+1} (\mathfrak{F}_1 \cup \dots \cup \mathfrak{F}_p).$$

Следовательно,

$$G \in S_n K_2 \dots K_{m+1} (\mathfrak{F}_1 \cup \dots \cup \mathfrak{F}_p).$$

Если $G \in R(\mathfrak{F})$, то $G = T_1 \dots T_t$, где t – конечное число, $T_r \triangleleft G$, $T_r \in \mathfrak{F}$, $r = 1, \dots, t$. По индукции существуют $r_1, \dots, r_k \in I$ такие, что $T_r \in K_2 \dots K_{m+1} (\mathfrak{F}_{r_1} \cup \dots \cup \mathfrak{F}_{r_k})$. Объединяя найденные классы Фиттинга для каждого T_r , образуем класс

$$K_2 \dots K_{m+1} (\mathfrak{F}_1 \cup \dots \cup \mathfrak{F}_p),$$

причем очевидно, что

$$K_2 \dots K_{m+1} (\mathfrak{F}_{r_1} \cup \dots \cup \mathfrak{F}_{r_k}) \subseteq K_2 \dots K_{m+1} (\mathfrak{F}_1 \cup \dots \cup \mathfrak{F}_p)$$

для всех групп T_r . Таким образом, $T_r \in K_2 \dots K_{m+1} (\mathfrak{F}_1 \cup \dots \cup \mathfrak{F}_p)$, $r = 1, \dots, t$ и $G \in RK_2 \dots K_{m+1} (\mathfrak{F}_1 \cup \dots \cup \mathfrak{F}_p)$. Утверждение индукции по m доказано.

Поскольку $G \in K_1 \dots K_m \left(\bigcup_{j \in J} \mathfrak{F}_j \right) \in \text{Fit} \left(\bigcup_{j \in J} \mathfrak{F}_j \right)$, J – конечное число из I , то справедливо включение

$\text{Fit} G \subseteq \text{Fit} \left(\bigcup_{j \in J} \mathfrak{F}_j \right)$, и, значит, $\mathfrak{F}$ – компактный элемент.

Пусть $n > 0$ и однопорожденные l_σ^{n-1} -классы Фиттинга являются компактными элементами в $\mathcal{L}_\sigma^n$. Пусть f_i – минимальная l_σ^{n-1} -значная H_σ -функция класса $\mathfrak{F}_i$, f – минимальная l_σ^{n-1} -значная H_σ -функция класса $\mathfrak{F}$, m – минимальная l_σ^{n-1} -значная H_σ -функция класса $\mathfrak{M}$. Ввиду леммы 2

$$f(\sigma_i) = l_\sigma^{n-1} \text{Fit}(G / G \cong X^{\mathfrak{G}_{\sigma_i} \mathfrak{G}_{\sigma_i}}, X \in \bigcup_{i \in I} \mathfrak{F}_i)$$

для всех $\sigma_i \in \Pi = \text{Supp}(f)$ и $f(\sigma_i) \neq \emptyset$ для всех $\sigma_i \in \mathbb{P} \setminus \Pi$. Ввиду леммы 9 $f \leq m$. Согласно лемме 3 $m = \bigvee_{i \in I}^{n-1} (f_i \mid i \in I)$. Значит, для каждого $\sigma_i \in \sigma(G)$ найдутся такие индексы $i_1, \dots, i_t \in I$, что

$$G^{\mathfrak{G}_{\sigma_i} \mathfrak{G}_{\sigma_i}} \in f_{i_1}(\sigma_i) \bigvee_{\sigma}^{n-1} \dots \bigvee_{\sigma}^{n-1} f_{i_t}(\sigma_i).$$

Поскольку $|\sigma(G)| < \infty$, из последнего следует существование индексов $j_1, \dots, j_k \in I$, что

$$G \in \mathfrak{F}_{j_1} \bigvee_{\sigma}^{n-1} \dots \bigvee_{\sigma}^{n-1} \mathfrak{F}_{j_k}.$$

Поэтому

$$F \subseteq \mathfrak{F}_{j_1} \bigvee_{\sigma}^{n-1} \dots \bigvee_{\sigma}^{n-1} \mathfrak{F}_{j_k}.$$

Итак, решетка $\mathcal{L}_\sigma^n$ алгебраична и ее компактными элементами являются однопорожденные l_σ^n -классы Фиттинга. Теорема доказана.

Заключение. Получены новые широкие серии алгебраических и индуктивных решеток кратно σ -локальных классов Фиттинга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шеметков, Л.А. Формации конечных групп / Л.А. Шеметков. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-матем. лит., 1978. – 272 с. – (Соврем. алгебра).
2. Chi, Z. On n -multiply σ -local formations of finite groups / Z. Chi, V.G. Safonov, A.N. Skiba // *Comm. Algebra*. – 2019. – Vol. 47, № 3. – P. 957–968.
3. Скиба, А.Н. Кратно ω -локальные формации и классы Фиттинга конечных групп / А.Н. Скиба, Л.А. Шеметков // *Матем. труды*. – 1999. – Т. 2, № 2. – С. 114–147.
4. Скиба, А.Н. Алгебра формаций / А.Н. Скиба. – Минск: Беларуская навука, 1997. – 240 с.
5. Guo, Wenbin. On σ -local Fitting Classes / Wenbin Guo, Zhenfeng Wu, N.T. Vorob'ev // *J. Algebra*. – 2020. – Vol. 542. – P. 116–129.
6. Воробьев, Н.Т. О предположении Хоукса для радикальных классов / Н.Т. Воробьев // *Сиб. матем. журн.* – 1996. – Т. 37, № 6. – С. 1296–1302.
7. Воробьев, Н.Н. Алгебра классов конечных групп / Н.Н. Воробьев. – Витебск: ВГУ им. П.М. Машерова, 2012. – 322 с.
8. Скиба, А.Н. О локальных формациях длины 5 / А.Н. Скиба // *Арифметическое и подгрупповое строение конечных групп: тр. Гомел. семинара / Ин-т математики АН БССР; под ред. М.И. Салука*. – Минск: Наука и техника, 1986. – С. 135–149.
9. Doerk, K. Finite Soluble Groups / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin–New York: Walter de Gruyter & Co., 1992. – 891 p. – (De Gruyter Expo. Math.; vol. 4).
10. Камозина, О.В. Алгебраические решетки кратно Ω -расслоенных классов Фиттинга / О.В. Камозина // *Дискретная математика*. – 2006. – Т. 18, вып. 2. – С. 139–145.

REFERENCES

1. Shemetkov L.A. *Formatsii konechnykh grupp* [Formations of Finite Groups], M.: Nauka, 1978, 272 p.
2. Chi, Z. On n -multiply σ -local formations of finite groups / Z. Chi, V.G. Safonov, A.N. Skiba // *Comm. Algebra*. – 2019. – Vol. 47, № 3. – P. 957–968.
3. Skiba A.N., Shemetkov L.A. *Matem. trudy* [Mathematical Works], 1999, 2(2), pp. 114–147.
4. Skiba A.N. *Algebra formatsii* [Algebra of Formations], Minsk: Belaruskaya navuka, 1997, 240 p.
5. Guo, Wenbin. On σ -local Fitting Classes / Wenbin Guo, Zhenfeng Wu, N.T. Vorob'ev // *J. Algebra*. – 2020. – Vol. 542. – P. 116–129.
6. Vorobyev N.T. *Sibirski matem. zhurn.* [Siberian Mathematical Journal], 1996, 6(37), pp. 1296–1302.
7. Vorobyev N.N. *Algebra klassov konechnykh grupp* [Algebra of Finite Group Classes], Vitebsk: VGU im. P.M. Masherova, 2012, 322 p.
8. Skiba A.N. *Arifmeticheskoye i podgruppovoye stroeniye konechnykh grupp: trudy Gomelskogo seminar* [Arythmetic and Subgroup Composition of Finite Groups: Proceedings of Gomel Seminar], Minsk: Nauka i tekhnika, 1986, pp. 135–149.
9. Doerk, K. Finite Soluble Groups / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin–New York: Walter de Gruyter & Co., 1992. – 891 p. – (De Gruyter Expo. Math.; vol. 4).
10. Kamozina O.V. *Diskretnaya matematika* [Discrete Mathematics], 2006, 18(2), pp. 139–145.

Поступила в редакцию 17.10.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: anyafilim@gmail.com – Филимонова А.Р.



БІАЛОГІЯ

УДК 616.9.:578.81+578.28

БИОЛОГИЯ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ

А.А. Чиркин, Т.А. Толкачёва

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

Учитывая разнообразие коронавирусов, их быструю изменчивость и развитие эпидемической вспышки коронавирус-зависимого заболевания в Китае на фоне разноречивой информации в средствах массовой информации, является целесообразной строгая научная информация для преподавателей вузов, студентов, учителей биологии, школьников и населения об особенностях заражения, патогенезе, диагностике и профилактике коронавирусной инфекции.

Цель работы – подготовка материалов о биологических особенностях коронавирусной инфекции для использования в разъяснительной и профилактической деятельности в условиях возможного занесения патологического для человека штамма коронавируса на территорию Беларуси.

Материал и методы. Применены материалы, представленные в интернете на сайтах издательства Эльзевьер, журнала «Ланцет», «Врачи РФ».

Результаты и их обсуждение. Коронавирусы содержат одноцепочечную плюс-РНК. В липидной мембране вириона интегрировано четыре белка: S белок, M белок, E белок и HE белок. Основными клетками-мишенями коронавирусов являются эпителиальные клетки и макрофаги. Как и у других вирусов, при репликации коронавирусов в клетке-хозяине выделяют 6 стадий. Коронавирусы были обнаружены в 1960-х годах, самыми ранними из которых выявлены вирус инфекционного бронхита у кур и два вируса из носовых полостей пациентов с простудой, которые впоследствии были названы человеческим коронавирусом 229E и человеческим коронавирусом OC43.

Заключение. Возникновение эпидемических вспышек заболеваний дыхательной и пищеварительных систем у жителей Китая связано с преодолением межвидового барьера для заражения коронавирусами. Преодолению межвидовых барьеров способствует употребление в пищу любых неядовитых живых организмов, которые ползают, ходят, летают и плавают. Коронавирусы передаются, вероятно, от млекопитающих человеку и от человека к человеку.

THE BIOLOGY OF CORONAVIRUS INFECTION

A.A. Chirkin, T.A. Tolkacheva

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

Given the diversity of coronaviruses, their rapid variability, and the development of an epidemic outbreak of the coronavirus-dependent disease in China against the background of conflicting information in the media, rigorous scientific information is appropriate for university teachers, students, biology teachers, schoolchildren and the population about the features of infection, pathogenesis, diagnosis and prevention of coronavirus infection.

The purpose of the paper is to prepare materials on the biological characteristics of the coronavirus infection for use in awareness-raising and preventive activities under the conditions of the possible introduction of a coronavirus strain pathological for humans into Belarus.

Material and methods. The materials presented on the Internet on the websites of Elsevier Publishing House, in "Lancet", "Doctors of the Russian Federation" journals were primarily used.

Findings and their discussion. Coronaviruses contain single-stranded plus-RNA. Four proteins are integrated in the lipid membrane of the virion: S protein, M protein, E protein and HE protein. The main target cells of coronaviruses are epithelial cells and macrophages. As with other viruses, 6 stages are distinguished in the replication of coronaviruses in the host cell. Coronaviruses were discovered in the 1960s, the earliest of which was the infectious bronchitis virus in chickens and two viruses from the nasal cavities of patients with colds, which were later named human coronavirus 229E and human coronavirus OC43.

Conclusion. The occurrence of epidemic outbreaks of diseases of the respiratory and digestive systems of Chinese people is associated with overcoming the interspecific barrier to infection with coronaviruses. Overcoming interspecific barriers is facilitated by the consumption of any non-toxic living organisms that crawl, walk, fly and swim. Coronaviruses are probably transmitted from mammals to humans, and from person to person.

Коронавирусы – это группа вирусов, инициирующих заболевания у млекопитающих и птиц. У людей вирус вызывает респираторные инфекции, которые обычно являются легкими, включая простуду, но более редкие формы, такие как SARS и MERS, могут быть смертельными. Современная классификация: домен – Вирусы, реалм – *Riboviria*, порядок: *Nidovirales*, семейство: *Coronaviridae*, подсемейство: *Orthocoronavirinae*; виды: *Alphacoronavirus*, *Betacoronavirus*, *Gammacoronavirus*, *Deltacoronavirus*; группа по Балтимору IV: (+)оцРНК-вирусы [1; 2]. Учитывая разнообразие коронавирусов, их быструю изменчивость и развитие эпидемической вспышки коронавирус-зависимого заболевания в Китае на фоне разноречивой информации в СМИ, является целесообразной строгая научная информация для преподавателей вузов, студентов, учителей биологии, школьников и населения об особенностях заражения, патогенезе, диагностике и профилактике коронавирусной инфекции.

Цель работы – подготовка материалов о биологических особенностях коронавирусной инфекции для использования в разъяснительной и профилактической деятельности в условиях возможного занесения патологического для человека штамма коронавируса на территорию Беларуси.

Материал и методы. Учитывая стремительное поступление информации о динамике развития и распространения коронавирусной инфекции в мире, в первую очередь были применены материалы, представленные в интернете: <https://www.biorxiv.org/search/2019-CoV> (в базе на 1 февраля 2020 года 28 статей за январь 2020 года); сайт «virological.org» (текущая информация по исследованию генома возбудителя вирусной инфекции); <https://www.elsevier.com/connect/coronavirus-information-center> (аналитические биологические и медицинские материалы о развитии эпидемии); <https://www.thelancet.com/coronavirus> (специальные статьи о развитии эпидемии); <https://vrachirf.ru/main> (материалы социальной сети «Врачи РФ»).

Результаты и их обсуждение. В базе знаний по биологии человека указано, что вирион коронавирусов имеет сферическую форму (80–200 нм) и снабжен липидной оболочкой. Масса вириона порядка 400 МДа. Вирион называют полноценную вирусную частицу, состоящую из нуклеиновой кислоты и капсида (оболочка из белка и реже липидов) и находящуюся вне живой клетки. Размер вириона 20–300 нм [3]. Коронавирусы относятся к оболочечным вирусам с одноцепочечным РНК-геномом (плюс-РНК) и с нуклеокапсидом спиральной симметрии. Вирионы вирусов семейства *Coronaviridae* обладают самым большим геномом среди РНК-содержащих вирусов – до 31000 нуклеотидов. В липидной мембране вириона интегрировано четыре белка: S белок, М белок, Е белок и НЕ белок. Белок S (220 кДа) имеет булавовидную форму и высоту до 20 нм. Название «коронавирус» происходит от латинской короны, что связано с характерным внешним видом вирусных частиц (вирионов): у них есть бахрома, напоминающая королевскую корону или солнечную корону. У некоторых коронавирусов имеется дополнительный поверхностный гликопротеин НЕ (65 кДа), обладающий геммагглютинирующей и эстеразной активностью. Трансмембранный белок М (23–35 кДа) и белок Е (9–12 кДа) играют важную роль в сборке и стабильности вирионов. Нуклеокапсид (60–70 нм), имеющий спиральную симметрию, образован белком N (50–60 кДа), который обладает выраженными основными свойствами. Взаимодействуя с геномной РНК, N-белок образует спиральный нуклеоид в центральной части нуклеокапсида.

Основными клетками-мишенями коронавирусов являются эпителиальные клетки и макрофаги. В зависимости от используемых рецепторов на поверхности этих клеток (с которыми связывается белок S) вирусы рода *Coronavirus* подразделяются на три группы:

- вирусы 1-й группы используют в качестве клеточного рецептора N-аминопептидазу (CD13, или APN);
- вирусы 2-й группы – поверхностный клеточный белок CEACAM1 (carcinoembryonic antigen-related cell adhesion molecule 1 – эмбриокарцинома-ассоциированная молекула клеточной адгезии 1-го типа) из суперсемейства иммуноглобулиновых рецепторов и ангиотензинпревращающий фермент;
- вирусы 3-й группы – сиаловые кислоты, содержащие альфа-2,3-гликозидные связи, а также N-ацетил-9-O-ацетилнейраминную кислоту [3].

Инфицирование коронавирусами вызывает появление высокотитражных сывороток против эпитопов, расположенных на S-, М-, N- и НЕ-антигенах. S- и НЕ-белки содержат основные эпитопы для нейтрализующих антител, М- и N-белки – менее эффективные нейтрализующие детерминанты. Наибольший защитный эффект при иммунизации достигается при сочетанном использовании S- и N-белка. Антитела против М-белка выявляются в реакции связывания комплемента. Антигеммагглютинирующие антитела связываются с эпитопами S- и НЕ-белка. Детерминанты клеточного иммунного ответа находятся в составе N-белка [3]. Средняя длительность инкубационного периода (времени, которое прошло от попадания патогена в организм до проявления первых симптомов) составляет 5,2 дня. При этом его продолжительность может сильно варьироваться у разных пациентов. Имеются данные, согласно которым время с момента заражения до появления кашля и лихорадки может составлять от двух до десяти дней.

Цикл заражения коронавирусом включает следующую последовательность событий. После попадания в организм вирусная частица вводит свой геном (РНК) в цитоплазму клеток. РНК генома коронавируса имеет на 5'-конце метильную группу (кэп), а на 3'-конце цепь адениловых нуклеотидов (полиаденилированный хвост).

Это позволяет РНК прикрепляться к рибосомам инфицированной клетки для трансляции. После кэпа на 5'-и перед poly(A) на 3'-конце генома находятся так называемые UTR-фрагменты протяженностью 200–400 и 200–500 н.о. (нуклеотидных оснований), соответственно. Последовательность основных генов: 5'-RdRp2-HE-S-E-M-N-3' (RdRp – от англ. RNA-dependent RNA-polymerase – РНК-зависимая РНК-полимераза). Этот фермент необходим для транскрибирования вирусного генома РНК в новые копии РНК с использованием ресурсов клетки-хозяина. После инфицирования вирусом в клетке первой синтезируется именно эта РНК-зависимая РНК-полимераза. Неструктурный белок коронавируса определяет дополнительную точность репликации, которой не обладают РНК-зависимые РНК-полимеразы. Геном РНК реплицируется, и образуется длинный «полипротеин», к которому присоединены все белки. Коронавирусы имеют также неструктурный белок – протеазу, которая способна разделять эти белки из цепи. Это своеобразная форма генетической экономии вируса, позволяющая ему кодировать наибольшее количество белков при ограниченном количестве нуклеотидов [2].

Как и у других вирусов, при репликации коронавирусов в клетке-хозяине выделяют 6 стадий:

1. *Присоединение к клеточной мембране.* Своим S-белком коронавирусы связываются с молекулами клеточной поверхности (металлопротеаза, «аминопептидаза N»). Вирусы, которые имеют дополнительный HE-белок, могут связываться с N-ацетилнейраминовой кислотой, которая служит корецептором.

2. *Проникновение в клетку.* До сих пор неясно, как вирус попадает в клетку-хозяина: 1) путем слияния вирусной и клеточной мембран; 2) рецепторно-зависимым эндоцитозным путем (внедрение вируса в составе эндосомы). Слияние эндосом с лизосомами сопровождается закислением их внутренней среды с помощью протонных насосов. В этом случае вирус может разрушаться в процессе транспорта в цитоллизосоме.

3. *Перепрограммирование клетки.* Поскольку коронавирусы имеют геном в виде плюс-цепи РНК, они могут напрямую продуцировать белки и новые геномы по своей программе в цитоплазме. Сначала вирус синтезирует свою РНК-зависимую РНК-полимеразу, которая распознает и продуцирует только вирусные РНК (вРНК). Этот фермент синтезирует минус-цепь РНК, используя плюс-цепь РНК в качестве матрицы. После проникновения в клетку-мишень вРНК выступает в качестве мРНК для синтеза функционально важных белков. Основную роль в этом процессе играют две открытые рамки считывания: ORF1a (на 5'-конце генома) и ORF1b (незначительно перекрывающаяся с 3'-концом ORF1a). Напомним, что открытая рамка считывания (*Open Reading Frame*, ORF) – последовательность нуклеотидов в составе ДНК или РНК, потенциально способная кодировать белок. Основным признаком наличия ORF служит отсутствие стоп-кодонов (в случае РНК – обычно терминирующие кодоны UAA, UGA и UAG) на достаточно длинном участке последовательности после стартового кодона (в подавляющем большинстве случаев – AUG). Поскольку в некоторых случаях стартовый и терминирующие кодоны отличаются от канонических, а также ввиду возможности супрессии (подавления действия) стоп-кодонов при трансляции у некоторых организмов, при определении рамки считывания применяются алгоритмы, которые учитывают эти различия [4]. Белковым продуктом ORF1a является полипептид pp1a. Примерно 20% синтезируемых на ORF1a белковых продуктов составляют полипептиды pp1b, которые являются результатом игнорирования рибосомами стоп-сигнала ORF1a (это инициируется образованием специальной шпильки вблизи стоп-сигнала) и продолжения синтеза вдоль ORF1b (она сдвинута на -1 н.о. относительно ORF1a). Однако pp1a и pp1b практически невозможно выделить из инфицированной клетки в чистом виде, поскольку сразу же после синтеза они претерпевают протеолитическое расщепление на 15–16 белковых фрагментов, которые формируют полимерный и протеазный комплексы.

4. *Персистенция.* Впоследствии минус-цепь РНК служит матрицей для синтеза не только дочерних полно-размерных геномных РНК, но и нескольких субгеномных РНК (сРНК), которые являются мРНК (кэпированными на 5'- и полиаденилированными на 3'-конце) для 5–7 белковых продуктов, кодирующихся фрагментами 3'-конца генома. Эти сРНК непрерывно продуцируются одновременно с синтезом полноразмерной минус-РНК (РНК негативной полярности). Белковые продукты, кодируемые сРНК, являются как структурными (HE белок, S белок, E белок, M белок, N белок), так и регуляторными элементами.

5. *Создание новых вирусных компонентов.* Белок N связывает геномную РНК, а белок M интегрируется в мембрану эндоплазматического ретикула (ER), обволакивая белки S и HE. После связывания собранные нуклеокапсиды со спирально скрученной РНК высвобождаются в просвет ER и заключаются в его мембрану.

6. *Созревание вирионов и выход из клетки.* Итак, сборка вирионов происходит в цитоплазме на мембранах эндоплазматического ретикула. Основную роль в формировании зрелого вириона играют трансмембранные белки M и HE. Сформированные дочерние вирусы транспортируются везикулами из аппарата Гольджи к клеточной мембране и выделяются методом экзоцитоза во внеклеточное пространство. Сборка вирионов может происходить и в отсутствие пепломеров, однако последние необходимы для инфекционности. Напомним, что пепломеры (фибры) – липопротеидные или гликопротеидные выступы суперкапсида вирусов, выполняющие рецепторную или иную функцию [2; 5; 6].

Эволюция коронавируса: общий предок – 8000–8100 лет до н.э.; предки альфа-коронавируса, бета-коронавируса, гамма-коронавируса и дельта-коронавируса – 2400 г. до н.э., 3300 г. до н.э., 2800 г. до н.э.

и 3000 г. до н.э., соответственно. Предполагают, что летучие мыши (альфа- и бета-коронавирусы) и птицы (гамма- и дельта-коронавирусы) являются идеальными носителями и источниками генов коронавируса. Бычий и собачий коронавирусы отделились от общего предка в 1951 году. В конце XIX века разделились коронавирусы крупного рогатого скота, лошади и человека. Предок человеческого коронавируса OC43 возник в 50-х годах XX века. Наиболее близкородственный коронавирус летучей мыши и коронавирус атипичной пневмонии человека разошлись в 1986 году. Считают, что коронавирусы являются причиной распространенных простуд у взрослых и детей. Эти возбудители могут вызывать вирусную пневмонию либо вторичную бактериальную пневмонию. Человеческий коронавирус, открытый в 2003 году SARS-CoV, вызывает тяжелый острый респираторный синдром (SARS) [2].

Коронавирусы были обнаружены в 1960-х годах, самыми ранними из которых найдены вирус инфекционно-го бронхита у кур и два вируса из носовых полостей пациентов с простудой, которые впоследствии были названы человеческим коронавирусом 229E и человеческим коронавирусом OC43. Существует семь штаммов коронавирусов человека: коронавирус человека 229E (HCoV-229E); коронавирус человека OC43 (HCoV-OC43); SARS-коронавирус (SARS-CoV, 2003 г.); коронавирус человека NL63 (HCoV-NL63, коронавирус Нью Хейвена, 2004 г.); коронавирус человека HKU1 (2005 г.); коронавирус ближневосточного респираторного синдрома (MERS-CoV, 2012 г.), ранее известный как новый коронавирус 2012 и HCoV-EMC; новый коронавирус (2019-nCoV), также известный как Уханьская пневмония или Уханьский коронавирус.

Коронавирусы HCoV-229E, -NL63, -OC43 и -HKU1 постоянно циркулируют среди населения и вызывают респираторные инфекции у взрослых и детей во всем мире [2].

Начиная с 1970-х годов, коронавирусы были признаны возбудителями, вызывающими патологические состояния в ветеринарной медицине. Коронавирусы поражают прежде всего верхние дыхательные пути и желудочно-кишечный тракт млекопитающих и птиц. Они также вызывают ряд заболеваний у сельскохозяйственных животных и домашних животных, некоторые из которых могут представлять угрозу для сельскохозяйственного производства [2]. Представители семейства *Coronaviridae* имеют узкий спектр хозяев, однако некоторые из них способны преодолевать межвидовой барьер и вызывать эпидемические вспышки. Так, коронавирус летучей мыши, называемый коронавирусом синдрома острой диареи у свиней (SADS-CoV), вызывает диарею у свиней. В начале XXI века появились сообщения о патогенной роли коронавирусов животных в заболеваниях человека эпидемического характера. Вирус ТОРС, инициировавший острый респираторный синдром (SARS-CoV – severe acute respiratory syndrome coronavirus), проявился в ноябре 2002 г. в провинции Гуандун (КНР): к середине 2004 года ВОЗ сообщила о 8098 случаях заболевания в 33 странах с 774 (9,5%) смертельными исходами. Путь передачи – воздушно-капельный. Более высокий уровень смертности отмечают среди пожилых людей и пациентов со сниженным иммунитетом. В первую очередь заражается медицинский персонал. Была показана возможность проникновения инфекции в человеческую популяцию от животных, в частности гималайских циветт (*Paguma larvata*), енотовидных собак, бирманских хорьковых барсуков. Экспериментально показано инфицирование вирусом ТОРС обезьян, кошек, хорьков, мышей, свиней. Предполагается путь заражения через плохо обработанное мясо циветт в ресторанах. Изучается возможная связь инфицирования с летучими мышами.

Ближневосточный респираторный синдром (Middle East respiratory syndrome, MERS) – воспалительное заболевание органов дыхания, вызываемое вирусом рода *Betacoronavirus* подсемейства *Coronavirinae*, в 2013 г. получившим официальное название «коронавирус ближневосточного респираторного синдрома» (Middle East respiratory syndrome-related coronavirus, MERS-CoV). По состоянию на декабрь 2019 года 2468 случаев инфекции MERS-CoV были подтверждены лабораторными исследованиями, 851 из которых закончились смертельным исходом, а уровень смертности составил приблизительно 34,5%.

В декабре 2019 года в Ухане (Китай) зарегистрировали вспышку пневмонии. 31 декабря 2019 г. вспышка была связана с новым штаммом коронавируса, который был маркирован Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) как 2019-nCoV. К 1 февраля 2020 г. установлена экспоненциальная фаза развития эпидемии. Адекватность организационных, лечебных и профилактических мероприятий будет оценена в период перехода эпидемии к линейной и стационарной стадиям. Штамм Ухань идентифицирован как новый штамм бета-коронавируса из группы 2В с генетическим сходством ~ 70% с SARS-CoV. Предполагалось, что вирус произошел от змей, но многие ведущие исследователи не согласны с этим выводом. По данным Всемирной организации здравоохранения:

- вирус 2019-nCoV – вариант коронавируса, который до сих пор не передавался людям;
- коронавирусы – семейство вирусов, включающее 38 видов вирусов, лишь шесть (а с новым вирусом – семь) из которых поражают человека;
- исследователи считают, что, скорее всего, вирус распространился на людей от животных, но способен также передаваться от человека к человеку;

– среди симптомов заражения: повышенная температура, кашель, затрудненное дыхание;
 – людям советуют не прикасаться к животным, избегать недоваренного или недожаренного мяса и яиц, а также избегать контакта с людьми с симптомами простуды или гриппа.

Способности вируса приспосабливаться к ситуации во многом зависят от длины генома. Для вируса размер генома – это его «интеллект», и чем больше геном, тем больше у вируса возможностей отвечать на различные воздействия окружающей среды. Вирусы разрабатывают разные стратегии выживания, и чем больше у них генов, тем менее они уязвимы. Вирусы с небольшим геномом, как правило, защищаются с помощью прочной оболочки, благодаря которой они могут выжить во внешней среде. Вирусы «поумнее», то есть с большим геномом, ищут себе других хозяев, вызывают хронические заболевания, мутируют (как вирусы гриппа) или повышают заразность – контагиозность (как это делает, например, вирус кори). У коронавируса самый большой геном и он чемпион среди плюс-РНК вирусов. Поэтому это наиболее коварный вирус среди собратьев по классу [7; 8].

Смертность от коронавирусных инфекций обычно невелика, зато они демонстрируют высокую контагиозность и вирулентность, то есть способность передаваться и легко заражать хозяина. Новый вирус и возбудитель ТОРС/SARS имеют сходный механизм заражения – уже подтвердилось предположение о том, что коронавирус использует те же «ворота» для входа в клетку (белок ACE2). Шип (он же S-белок), с помощью которого вирус соединяется с клетками хозяина, несет следы положительного отбора, то есть направленно изменяется со временем. Это может свидетельствовать о том, что вирус приспосабливается к новому хозяину, а может быть знаком процесса коэволюции – когда старый хозяин меняется вместе с вирусом. Новый коронавирус, возможно, более заразен, чем SARS-CoV. Это следует из моделирования динамики распространения инфекции, которую независимо провели несколько групп. В первых работах показано, что один человек в среднем заразит 3–5 других людей. Однако в последующих статьях оценки стали немного меньше: 2,2–2,9 человека. Эти оценки примерно соответствуют контагиозности ТОРС, однако 2019-nCoV может быть заразен до проявления симптомов, т.е. на протяжении двухнедельного инкубационного периода, что отличает новый вирус от старого и может сильно повлиять на его распространение. Глава спецкомиссии по борьбе с коронавирусом китайского Госкомитета здравоохранения, академик Чжун Наньшань заявил: сейчас больше всего он боится появления суперинфекторов – аномально заразных людей, которые могут передать коронавирус десяткам окружающих. В Китае со времен эпидемии атипичной пневмонии 2003 года таких называют «ядовитыми королями». Причины подобной «заразности» до сих пор точно не определены. В связи с этим приобретает особую важность ранняя диагностика в борьбе с нынешней эпидемией [9; 10].

Заключение. На основании вышеизложенного можно предположить, что возникновение последовательных эпидемических вспышек заболеваний дыхательной и пищеварительных систем вначале у жителей Китая связано с преодолением межвидового барьера для заражения коронавирусами. Эти вирусы существуют в природе более восьми тысяч лет и в процессе эволюции постепенно преодолевали видовые барьеры. Однако в связи с мощной интенсификацией сельского хозяйства и промышленности почти полутора миллиардное население Китая, сосредоточенное на относительно ограниченной территории, в последние 50 лет столкнулось с мощным негативным экологическим воздействием, которое реализовалось, вероятно, в виде усиления мутационного давления и, соответственно, снижения уровня репаративной регенерации ДНК. Преодолению межвидовых барьеров способствует употребление в пищу любых неядовитых живых организмов, которые ползают, ходят, летают и плавают. В результате начало XXI века ознаменовалось появлением и распространением «смертельных» вариантов коронавирусов для человека. Следует отметить, что коронавирусы передаются, вероятно, от млекопитающих человеку и от человека к человеку. На наш взгляд, идея не природного пути заражения в интересах военных и фармкомпаний не реальна хотя бы потому, что на протяжении последних столетий человечество страдало от эпидемий с намного более высокой смертностью населения.

Рекомендации для профилактики заражения:

- не планировать зарубежные поездки без уточнения эпидемиологической ситуации;
- не посещать рынки, где продаются животные, морепродукты;
- употреблять только термически обработанную пищу, бутилированную воду;
- не посещать зоопарки, культурно-массовые мероприятия с привлечением животных;
- использовать средства защиты органов дыхания (маски);
- мыть руки после посещения мест массового скопления людей и перед приемом пищи;
- при первых признаках заболевания обращаться за медицинской помощью в лечебные организации;
- при обращении за медицинской помощью информировать медицинский персонал о времени и месте пребывания в КНР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/коронавирус>. – Дата доступа: 01.02.2020.
2. Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/Coronavirus>. – Дата доступа: 27.01.2020.
3. Режим доступа: <https://longterminvestments.ru/coronavirus/>. – Дата доступа: 28.01.2020.
4. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/открытая_рамка_считывания. – Дата доступа: 29.01.2020.
5. Режим доступа: http://humbio.ru/humbio/sol_vir/00011516.htm. – Дата доступа: 25.01.2020.
6. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/вирион>. – Дата доступа: 15.01.2020.
7. Режим доступа: <https://nplus1.ru/material/2020/01/21/2019-ncov>. – Дата доступа: 27.01.2020.
8. Режим доступа: https://tsargrad.tv/articles/koronavirus_235310. – Дата доступа: 25.01.2020.
9. Режим доступа: <https://vrachirf.ru/concilium/69363.html> msg_7122. – Дата доступа: 31.01.2020.
10. Режим доступа: <https://www.mk.ru/social/2020/01/29/> html. – Дата доступа: 31.01.2020.

REFERENCES

1. Mode of access: <https://ru.wikipedia.org/wiki/коронавирус>. – Date of access: 01.02.2020.
2. Mode of access: <https://en.wikipedia.org/wiki/Coronavirus>. – Date of access: 27.01.2020.
3. Mode of access: <https://longterminvestments.ru/coronavirus/>. – Date of access: 28.01.2020.
4. Mode of access: https://ru.wikipedia.org/wiki/открытая_рамка_считывания. – Date of access: 29.01.2020.
5. Mode of access: http://humbio.ru/humbio/sol_vir/00011516.htm. – Date of access: 25.01.2020.
6. Mode of access: <https://ru.wikipedia.org/wiki/вирион>. – Date of access: 15.01.2020.
7. Mode of access: <https://nplus1.ru/material/2020/01/21/2019-ncov>. – Date of access: 27.01.2020.
8. Mode of access: https://tsargrad.tv/articles/koronavirus_235310. – Date of access: 25.01.2020.
9. Mode of access: <https://vrachirf.ru/concilium/69363.html> msg_7122. – Date of access: 31.01.2020.
10. Mode of access: <https://www.mk.ru/social/2020/01/29/> html. – Date of access: 31.01.2020.

Поступила в редакцию 03.02.2020

Адрес для корреспонденции: e-mail: chir@tut.by – Чиркин А.А.

УДК 504.5:581.526.452(282.247.321.78)

АНАЛИЗ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛУГОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПОЙМЫ р. ИПУТЬ

Н.М. Дайнеко, С.Ф. Тимофеев, С.В. Жадько

Учреждение образования «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»*Одной из проблем сельскохозяйственного производства является техногенное загрязнение почвы и растений.**Цель работы – изучить накопление цезия-137 и тяжелых металлов в почве и надземной фитомассе луговых экосистем поймы.**Материал и методы.* Материалом исследования являлись пойменные луга р. Ипуть на территории Добрушского района. При этом использовали эколого-флористический подход, радиологические, агрохимические, химические, зоотехнические методы.*Результаты и их обсуждение.* Почва исследуемых объектов, в основном кислая и слабокислая, бедна подвижными соединениями калия и фосфора. Удельная активность цезия-137 в почве находилась в диапазоне 820–1188 Бк/кг. Наибольшее содержание цезия-137 отмечено в травяном покрове ассоциации *Caricetum gracilis* – 828 Бк/кг, а наименьшее – в ассоциации *Poa pratensis*–*Agrostietum caninae* – 309 Бк/кг. По среднему содержанию тяжелые металлы могут быть размещены в следующих нисходящих рядах: Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Cd. Содержание тяжелых металлов в воздушной фитомассе колебалось от 0,06 мг/кг до 104,8 мг/кг. Наибольшая изученная урожайность отмечена в ассоциации *Caricetum gracilis* – 28 кг/га сухой массы. Пищевая ценность растительной пищи варьировала от 0,5 до 0,64 кормовых единиц.*Заключение.* Удельная активность цезия-137 в травяном корме не превышала предельно допустимой концентрации 1300 Бк/кг. В наших исследованиях не установлено превышения предельно допустимой концентрации тяжелых металлов как в почве, так и в растительных образцах. На урожайность луговых экосистем оказали влияние засушливые условия первой половины мая месяца. Получаемый травяной корм отвечал требованиям кормления сельскохозяйственных животных.*Ключевые слова:* луговая растительность, пойма, р. Ипуть, техногенное загрязнение.

ANALYSIS OF TECHNOGENIC POLLUTION OF MEADOWLAND VEGETATION OF THE FLOODPLAIN OF THE IPUT RIVER

M.M. Dayneko, S.F. Tsimafeyeu, S.V. Zhadko

Educational Establishment "F. Skorina Gomel State University"

*One of the problems of agricultural production is man-made pollution of soil and plants.**The purpose of the research is to study the accumulation of cesium-137 and heavy metals in the soil and aboveground phytomass of meadow ecosystems of the floodplain.**Material and methods.* The objects of the research were floodplain meadows of the Iput River on the territory of Dobrush District. When conducting the research, an ecological-floristic approach, radiological, agrochemical, chemical, and zootechnical methods were used.*Findings and their discussion.* The soils of the studied objects, mainly acidic and slightly acidic, are poor in mobile compounds of potassium and phosphorus. The specific activity of cesium-137 in the soil was in the range of 820–1188 Bq/kg. The highest content of cesium-137 was noted in the grass stock of the association *Caricetum gracilis* – 828 Bq/kg, and the lowest – in the association *Poa pratensis*–*Agrostietum caninae* – 309 Bq/kg. According to the average content, heavy metals can be placed in the following descending series: Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Cd. The content of heavy metals in the aerial phytomass ranged from 0,06 mg/kg to 104,8 mg/kg. The highest yield studied was noted in the association *Caricetum gracilis* – 28 kg/ha of dry mass. The nutritional value of herbal food varied from 0,5 feed units to 0,64 feed units.*Conclusion.* The specific activity of cesium-137 in grass feed did not exceed the maximum permissible concentration of 1300 Bq/kg. In our studies, it has not been established that the maximum permissible concentration of heavy metals is exceeded both in the soil and in plant samples. The productivity of meadow ecosystems was influenced by the arid conditions of the first half of May. The resulting herbal feed met the requirements for feeding farm animals.*Key words:* meadow vegetation, floodplain, the Iput River, technogenic pollution.

Одной из проблем сельскохозяйственного производства является загрязнение почв тяжелыми металлами. Загрязнение тяжелыми металлами и токсическими элементами становится все более частым явлением. При сжигании угля и нефти с твердыми и жидкими отходами в почву поступает значительное количество химических элементов и их соединений разной природы.

Тяжелые металлы поступают в почву с удобрениями и пестицидами, в основном они аккумулируются в подстилке и гумусовом горизонте. Их распределение зависит от розы ветров, ландшафта, характера и особенностей источника загрязнения.

Недостаток микроэлементов в почвах приводит к снижению урожайности растений и их качества. Основными микроэлементами для жизнедеятельности растений и других живых организмов являются марганец, медь, бор, цинк, молибден, никель, кобальт, фтор, ванадий, йод. Они же и тяжелые металлы.

Почва оказывает существенное воздействие на минеральный состав растительности. Минеральный состав растений варьирует в широких пределах, что обусловлено воздействием многочисленных факторов. Прежде всего, необходимо отметить биологические видовые особенности растения, которые способствуют различному поглощению тяжелых металлов. Другим важным фактором является видовой состав фитоценоза, который также оказывает воздействие на данный параметр. Поглощение элементов может быть как корневое, так и не корневое. Один из факторов – форма нахождения тяжелого металла в почве. Кроме того, существенное значение могут иметь кислотность почвенного раствора и катионный состав почвы. Мелиорация почв и внесение различных удобрений также являются мощными факторами воздействия на минеральный состав растений. Таким образом, содержание тяжелых металлов в надземной фитомассе растений может варьировать в широких пределах.

Цель работы – изучить накопление цезия-137 и тяжелых металлов в почве и надземной фитомассе луговых экосистем поймы р. Ипуть.

Материал и методы. Материалом исследования являлись пойменные луга бассейна р. Ипуть на территориях Добрушского района Гомельской области. При этом использовали эколого-флористический подход [1].

Определение качественных показателей параметров сена проводили по следующим методикам. Обменная энергия и кормовые единицы по ГОСТу 4808-87, массовая доля сухого вещества по ГОСТу 27548-97, массовая доля сырого протеина по ГОСТу 13496.4-93, массовая доля сырой клетчатки по ГОСТу 13496.2-91, массовая доля сырой золы по ГОСТу 26226-95, массовая доля фосфора по ГОСТу 26657-97, массовая доля сырого жира по ГОСТу 13496.15-97, массовая доля кальция по ГОСТу 26570-95, массовая доля калия по ГОСТу 30504-97 [2–10].

Зоотехнический анализ кормов проводили в лаборатории массовых анализов РНИУП «Институт радиологии», аккредитованной Государственным предприятием «БГЦА» на соответствие требованиям СТБ ИСО/МЭК 17025-2007 в сфере проведения испытаний, аттестат аккредитации ВУ/112 1.0938.

Оценку радиоактивного загрязнения растений и возможности их безопасного использования давали путем сопоставления полученных результатов с нормативным показателем Республиканского допустимого уровня содержания ^{137}Cs в кормах, равным 1300 Бк/кг, а по ^{90}Sr – 260 Бк/кг [11]. Содержание тяжелых металлов (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) в пробах почвы и образцах растений определялось на атомно-абсорбционном спектрометре SOLAAR M6 в Институте радиологии НАН Б.

Латинские названия видов сосудистых растений даны по [12].

Результаты обрабатывали статистически с использованием пакетов прикладных программ Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. Исследования проводили в 2016–2018 гг. Анализ метеорологических условий показал, что все среднемесячные температуры воздуха превышали средние многолетние данные. Так, в апреле на 4,4°C, мае – 4,5°C, июне – 2,2°C, июле – 0,5°C, августе – 2,2°C, сентябре – 3,5°C, в среднем за вегетационный сезон (табл. 1).

Таблица 1

**Среднемесячная температура воздуха (°C, над чертой) и сумма осадков (мм, под чертой)
по данным Гомельского областного центра
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды**

Месяц	°C/мм	Средние многолетние
Апрель	11	6,6
	19,1	45,0
Май	18,4	13,9
	20,6	55,0
Июнь	19,2	17,0
	67,6	79,0
Июль	20,3	19,8
	186,0	90,0
Август	20,9	18,7
	186,0	61,0
Сентябрь	16,5	13,0
	68,5	58,0
Сумма осадков, мм	399,5	388,0

Анализ суммы осадков выявил, что в апреле, мае и июне количество осадков соответственно на 25,9 мм, 34,4 мм, 11,4 мм меньше, чем средние многолетние данные. В июле месяце количество осадков было в два раза больше средней многолетней величины, а в августе на 125 мм выше средней многолетней, а в сентябре – на 10 мм больше средней многолетней.

Ниже приводится характеристика луговых ассоциаций поймы р. Ипуть Добрушского района. Ассоциация *Caricetum gracilis*, вариант *typica*. Д.в. асс. – *Carex acuta*. Прочие виды: *Caltha palustris*, *Lysimachia vulgaris*, *Sium latifolium*, *Galium palustre*, *Lythrum salicaria*, *Carex vesicaria*, *Glyceria fluitans*, *Agrostis stolonifera*, *Lysimachia nummularia*. Проектное покрытие 70–80%. Количество видов 7–10. Места описаний: межгивное понижение правобережной центральной поймы; понижение левобережной центральной поймы; межгивное понижение левобережной центральной поймы; глубокое межгивное понижение левобережной центральной поймы; понижение левобережной прирусловой поймы. Почвы: дерново-глеевая, суглинистая перегнойно-илловато-глеевая, дерново-глееватая, супесчаная.

Асс. *Poo palustris*–*Alopecuretum pratensis*; вариант *Beckmannia eruciformis*. Д.в. асс. *Poa palustris*, *Alopecurus pratensis*; Д.в. варианта *Beckmannia eruciformis*, *Carex vulpine*, *Vicia cracca*. Д.в. союза *Molinion* – *Achillea ptarmica*, *Allium angulosum*; Д.в. порядка *Molinietales* – *Coronaria flos-cuculi*; Д.в. *Caltion* – *Myosotis palustris*; Д.в. союза *Filipendulo*–*Petasition* – *Veronica longifolia*; Д.в. союза *Magnocaricion* – *Galium palustre*. Прочие виды: *Rumex thyrsiflorus*, *Lysimachia nummularia*. Проектное покрытие – 85%. Количество видов 16–17. Места описаний: плоская равнина правобережной центральной поймы; плоская равнина левобережной центральной поймы, плоская равнина левобережной центральной поймы; пониженная равнина правобережной центральной поймы. Почвы: дерново-глееватая, суглинистая, дерново-глееватая, супесчаная.

Асс. *Poo-Festucetum pratensis*, вариант *typica*, субассоциация *deschamysietosum*. Д.в. асс. *Festuca pratensis*, *Poa pratensis*, *Deschampsia cespitosa*, *Ranunculus acris*, *Trifolium pratense*, *Plantago lanceolata*. Д.в. союза *Molinion* – *Cnidium dubium*, *Allium angulosum*, *Achillea ptarmica*. Д.в. класса *Molinio*–*Arrhenatheretea* – *Vicia cracca*, *Rhinanthus minor*, *Achillea millefolium*. Д.в. порядка *Molinietales* – *Coronaria flos-cuculi*, *Filipendula ulmaria*. Д.в. союза *Geum rivale*, *Myosotis palustris*. Д.в. союза *Cynosurion* – *Trifolium repens*. Д.в. союза *Agropyro*–*Rumicion crispi* – *Ranunculus repens*, *Potentilla anserina*, *Leontodon autumnalis*. Д.в. союза *Magnocaricion* – *Poa palustris*. Прочие виды – *Prunella vulgaris*, *Rumex thyrsiflorus*, *Anthoxanthum odoratum*, *Veronica chamaedrys*, *Ranunculus auricomus*, *Inula britannica*, *Agrostis tenuis*, *Stellaria graminea*, *Rumex acetosella*. Общее проективное покрытие – 70%. Количество видов 20–25. Места описаний: плоская гряда левобережной центральной поймы, широкая плоская гряда правобережной центральной поймы. Почвы: дерново-глееватая, супесчаная.

Асс. *Poo pratensis*–*Agrostietum caninae*. Д.в. асс. *Agrostis canina*, *Poa pratensis*. Д.в. класса *Sedo*–*Scleranthetea*–*Potentilla argentea*, *Rumex acetosella*, *Sedum acre*. Д.в. класса *Phleum pretense*, *Rhinanthus vernalis*. Д.в. порядка *Molinietales* *Deschampsia cespitosa*, *Vicia cracca*. Д.в. союза *Molinion* – *Allium angulosum*. Д.в. союза *Magnocaricion* – *Poa palustris*. Прочие виды: *Rumex thyrsiflorus*, *Inula britannica*, *Juncus atratus*, *Gratiolla officinalis*, *Sedum purpureum*. Общее проективное покрытие 75%. Количество видов 15–18. Места описаний: плоская равнина левобережной прирусловой поймы, плоская гряда левобережной центральной поймы, склон гряды левобережной центральной поймы. Почвы: дерновая, слабо-развитая, супесчаная, дерновая, слабоподзоленная, супесчаная.

Рассматривая результаты агрохимического анализа почв поймы р. Ипуть Добрушского района можно отметить, что почвы, в основном, кислые и слабокислые, бедны подвижными соединениями калия и фосфора. Наибольшим содержанием органического вещества отличались почвы ассоциаций *Caricetum gracilis* и *Poo palustris*–*Alopecuretum pratensis*, а минимальное количество было в почве ассоциации *Poo-Festucetum pratensis* (табл. 2).

Таблица 2

**Агрохимическая характеристика почв луговых экосистем
поймы р. Ипуть Добрушского района**

Номер объекта, название ассоциации	Определяемые показатели			
	pH _{KCl}	калий (подвижный), мг/кг	фосфор (подвижный), мг/кг	органическое в-во, %
1, <i>Caricetum gracilis</i>	4,43	42,0	33,0	72,0
2, <i>Poo palustris</i> – <i>Alopecuretum pratensis</i>	4,10	38,0	13,0	6,23
3, <i>Poo-Festucetum pratensis</i>	4,75	46,0	40,0	1,34
4, <i>Poo pratensis</i> – <i>Agrostietum caninae</i>	5,18	30,0	78,0	3,90

Содержание радиоцезия в почве луговых экосистем в пойме р. Ипуть Добрушского района варьировало от 1180 Бк/кг в почве ассоциации *Caricetum gracilis* до 820 Бк/кг в почве ассоциации *Poo palustris–Alopecuretum pratensis*, промежуточное положение занимали ассоциации *Poo–Festucetum pratensis* – 1015 Бк/кг и *Poo pratensis–Agrostietum caninae* – 980 Бк/кг. В пересчете на плотность загрязнения анализируемые параметры составили 213–307 Бк/кг или 6–8 Ки/км². Предельная плотность загрязнения сельскохозяйственных угодий лимитируется показателем 10 Ки/км². Следовательно, анализируемые почвы являются пригодными для заготовки кормов по данному показателю.

Анализ удельной активности цезия-137 в надземной фитомассе луговых экосистем в пойме р. Ипуть Добрушского района показал (табл. 3), что наибольшая удельная активность отмечена в ассоциации *Caricetum gracilis*, наименьшая удельная активность наблюдалась в ассоциации *Poo palustris–Alopecuretum pratensis*, что в 2,7 раза меньше, чем в ассоциации *Caricetum gracilis*, в ассоциации *Poo palustris–Alopecuretum pratensis* удельная активность была в 2,4 раза, в ассоциации *Poo–Festucetum pratensis* в 2 раза меньше, чем в ассоциации *Caricetum gracilis*. Наибольший коэффициент накопления (КН) также наблюдался в ассоциации *Caricetum gracilis*. В двух ассоциациях *Poo palustris–Alopecuretum pratensis* и *Poo–Festucetum pratensis* разница между КН оказалась незначительной. Минимальный КН отмечался в ассоциации *Poo pratensis–Agrostietum caninae*.

Таблица 3

Удельная активность ¹³⁷Cs и КН в надземной фитомассе луговых экосистем в пойме р. Ипуть Добрушского района

№ объекта	Название ассоциации	¹³⁷ Cs	
		удельная активность ¹³⁷ Cs, Бк/кг	КН ¹³⁷ Cs загрязнения, Бк/кг/Бк/кг
1	<i>Caricetum gracilis</i>	828,0±74,5	0,70
2	<i>Poo palustris–Alopecuretum pratensis</i>	342,0±41,4	0,42
3	<i>Poo–Festucetum pratensis</i>	421,0±50,5	0,40
4	<i>Poo pratensis–Agrostietum caninae</i>	309,0±37,1	0,33

В наших исследованиях выявлены определенные закономерности по концентрации тяжелых металлов в почве поймы р. Ипуть Добрушского района (табл. 4). По среднему содержанию элементов можно построить следующий убывающий ряд слева направо: Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Cd. В этом ряду по абсолютному содержанию выделяется железо. Но его количество в почве не нормируется. Соотношение между железом и марганцем 16:1.

По всем остальным тяжелым металлам предусмотрена ПДК. В наших исследованиях не установлено превышение ПДК. Повышенное количество тяжелых металлов, за исключением Co, Cd и Ni, выявлено в почве под ассоциациями *Caricetum gracili* и *Poo palustris–Alopecuretum pratensis*. В почве под ассоциациями *Poo–Festucetum pratensis* и *Poo pratensis–Agrostietum caninae* содержание тяжелых металлов было меньше средних значений.

Амплитуда колебаний содержания тяжелых металлов составляла от 10 до 17 для марганца и железа, и от 1 до 4 для остальных элементов. Безусловно, чем больше элемента в почве, тем больше и варьирование.

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов в почвах луговых экосистем в пойме р. Ипуть Добрушского района

Название ассоциации	Определяемые показатели, абс.-сух. сост., мг/кг									
	Fe	Cu	Zn	Co	Mn	Pb	Cd	Ni	Cr	Всего
<i>Caricetum gracilis</i>	1125,0	2,65	2,44	<0,25	60,8	5,12	<0,07	<0,20	0,48	1197,0
<i>Poo palustris–Alopecuretum pratensis</i>	970,0	1,52	1,98	<0,25	52,7	1,18	<0,07	<0,20	0,36	1828,3
<i>Poo–Festucetum pratensis</i>	86,0	0,95	1,14	<0,25	31,2	0,66	<0,07	<0,20	0,40	120,9

Окончание табл. 4

Название ассоциации	Определяемые показатели, абс.-сух. сост., мг/кг									
	Fe	Cu	Zn	Co	Mn	Pb	Cd	Ni	Cr	Всего
<i>Poo pratensis–Agrostietum caninae</i>	70,0	0,67	0,88	<0,25	28,6	0,52	<0,07	<0,20	0,28	101,5
Максимум	1165,0	2,65	2,44	<0,25	60,8	5,12	<0,07	<0,20	0,48	–
Минимум	70,0	0,67	0,88	<0,25	28,6	0,52	<0,07	<0,20	0,28	–
Среднее	683,2	1,36	1,74	<0,25	42,6	1,69	<0,07	<0,20	0,37	–
ПДК	–	3,0	37,0	20,0	1500	25,0	0,4	4,0	6,0	–

Содержание тяжелых металлов в надземной фитомассе ассоциаций существенно отличается. Прежде всего, необходимо отметить, что не выявлены различия по содержанию Co, Ni, Cr, Cd, Pb в фитомассе по ассоциациям. Исследованиями выявлено повышенное, по сравнению со средними значениями, накопление железа, марганца, цинка и меди. Относительно меньшее накопление тяжелых металлов установлено для ассоциаций *Caricetum gracilis* и *Poo pratensis–Agrostietum caninae* (табл. 5).

Таблица 5

**Содержание тяжелых металлов в надземной фитомассе луговых экосистем
в пойме р. Ипуть Добрушского района**

Название ассоциации	Определяемые показатели, абс.-сух. сост., мг/кг									
	Fe	Cu	Zn	Co	Mn	Pb	Cd	Ni	Cr	Всего
<i>Caricetum gracilis</i>	56,12	3,97	14,7	<0,25	107,8	<0,06	<0,07	<0,20	<0,16	183,3
<i>Poo palustris–Alopecuretum pratensis</i>	104,8	5,02	27,2	<0,25	134,7	<0,06	<0,07	<0,20	<0,16	272,5
<i>Poo–Festucetum pratensis</i>	75,2	4,48	30,9	<0,25	196,2	<0,06	<0,07	<0,20	<0,16	307,5
<i>Poo pratensis–Agrostietum caninae</i>	58,1	2,90	26,8	<0,25	98,6	<0,06	<0,07	<0,20	<0,16	187,1
Максимум	104,8	5,02	30,9	<0,25	196,2	<0,06	<0,07	<0,20	<0,16	–
Минимум	58,1	2,90	14,7	<0,25	98,6	<0,06	<0,07	<0,20	<0,16	–
Среднее	73,5	4,09	24,9	<0,25	134,3	<0,06	<0,07	<0,20	<0,16	–

Содержание тяжелых металлов в надземной фитомассе луговых экосистем составило 0,06–104,8 мг/кг.

Сравнение убывающих рядов по содержанию тяжелых металлов приведено в табл. 6. Из девяти элементов лишь совпадают 3 элемента: железо, марганец и цинк. Это элементы, находящиеся в большем количестве в почве. Их содержание в почве 1,7–683,2 и в растениях 24,9–73,5 мг/кг.

Таблица 6

**Среднее содержание тяжелых металлов в почвенно-растительном покрове пойменного луга
р. Ипуть Добрушского района**

Объект	Определяемые элементы, в абс.-сух. сост., мг/кг									
	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Cr	Cd	Pb	
Фитомасса	73,5	134,3	24,9	4,09	<0,25	<0,20	<0,16	<0,07	<0,06	
Почва	Fe	Mn	Zn	Pb	Cu	Cr	Co	Ni	Cd	
	683,2	42,6	1,74	1,69	1,36	0,37	<0,25	<0,20	<0,07	

Коэффициенты накопления варьируют в пределах 0,04–14,3 (табл. 7). Наибольшие значения выявлены для цинка, марганца и меди. Остальные металлы имеют показатели гораздо ниже. Минимальный коэффициент выведен для свинца.

Таблица 7

**Коэффициенты накопления тяжелых металлов надземной фитомассой
пойменного луга р. Ипуть Добрушского района**

Объекты	Zn	Mn	Cu	Co	Ni	Cd	Cr	Fe	Pb
Фитомасса	24,9	134,3	4,09	0,25	0,2	0,07	0,16	73,5	0,06
Почва	1,74	42,6	1,36	0,25	0,2	0,07	0,37	683,2	1,69
КН	14,3	3,2	3,0	1,0	1,0	1,0	0,4	0,1	0,04

Анализ урожайности изучаемых луговых экосистем в пойме р. Ипуть Добрушского района (табл. 8) показал, что в связи с засушливыми условиями в первой половине мая отмечалась невысокая урожайность травостоя. Наибольшая урожайность зафиксирована в ассоциации *Caricetum gracilis*, а минимальная – в ассоциации *Poo pratensis–Agrostietum caninae*. Промежуточное положение занимали ассоциации *Poo–Festucetum pratensis* и *Poo palustris–Alopecuretum pratensis*.

Таблица 8

Урожайность изучаемых луговых экосистем в пойме р. Ипуть Добрушского района

№ объекта	Название ассоциации	Урожайность, в ц/га сух. мас.
1	<i>Caricetum gracilis</i>	28±1,4
2	<i>Poo palustris–Alopecuretum pratensis</i>	26±1,3
3	<i>Poo–Festucetum pratensis</i>	22±1,1
4	<i>Poo pratensis–Agrostietum caninae</i>	18±0,09

Самая высокая урожайность наблюдалась в ассоциации *Caricetum gracilis*, в остальных трех ассоциациях разница в урожайности была незначительной (табл. 8).

В целом можно отметить, что в настоящее время в связи с уменьшением количества разливов и их продолжительности, а также отсутствием антропогенного фактора происходит существенное изменение травостоя заливных лугов.

Одним из видов грубых кормов является сено. Это воздушно-сухой корм с содержанием воды не выше 17%. Вода в кормах содержится в свободном и связанном виде. Содержание сухого вещества 81–83%. Первоначальным анализом является определение содержания воды и сухого вещества. Сухое вещество условно разделяют на органическое вещество и минеральное вещество.

Органическое вещество делят на 3 группы – азотсодержащие, биологически активные и безазотистые вещества. В этих группах определяют сырой протеин, сырую клетчатку, сырой жир и безазотистые экстрактивные вещества. В минеральных веществах определяют макроэлементы и микроэлементы. Это и есть схема зоотехнического анализа. Сырой протеин – это все азотсодержащие вещества корма. Его содержание 7–9%.

Сырая клетчатка – основная часть оболочек растительных клеток, состоящая из целлюлозы и гемицеллюлоз. При переваривании пищи сырая клетчатка помогает разрыхлению корма, делает его более доступным пищеварительным сокам.

По количеству клетчатки корма резко различаются. Больше всего ее в соломе – 36–42%, в сене – 20–30%. Мало клетчатки в зерне и очень мало в корнеклубнеплодах – от 0,4% до 2%. В молодых растениях клетчатки меньше, чем в старых. Чем больше клетчатки в корме, тем ниже его питательность. Это связано с тем, что клетчатка переваривается хуже, чем другие питательные вещества. Группа БЭВ состоит из легкоперевариваемых углеводов – крахмала, простых сахаров, органических кислот.

Неорганическое вещество представлено минеральными элементами – макро- (Ca, P, Mg, K, Na, S и Cl) и микроэлементами (Fe, Mn, Zn, Cu, Co, J, Se).

В зоотехнической практике в кормах определяют сырой протеин, сырой жир, сырую клетчатку, БЭВ, сырую золу, основные минеральные макро- и микроэлементы, витамины, нитраты и нитриты.

В соответствии с целью и задачами исследований были отобраны пробы травостоя с пойменных лугов Добрушского района.

Результаты зоотехнического анализа травяных кормов пойменного луга р. Ипуть Добрушского района приведены в табл. 9. Содержание сухого вещества в воздушно-сухих образцах травостоя немногим более 77%. Это означает, что содержание воды составляет около 23%, такое сено не соответствует нормативам и хранится хуже, чем при стандартной влажности 17%. Различий по образцам практически нет.

Таблица 9

**Результаты зоотехнического анализа травяных кормов
пойменного луга р. Ипуть Добрушского района**

Номер объекта, название ассоциации	Определяемые показатели, абс.-сух. вещ-во, %										Обменная энергия, М/Дж/кг
	сухое в-о	Ca	K	P	сырая клет- чатка	сырой жир	сырой про- теин	сырая зола	перевари- ваемый протеин	КЕ	
1, <i>Caricetum gracilis</i>	77,12	0,22	2,98	0,34	33,90	3,15	16,28	6,28	11,45	0,60	8,65
2, <i>Poo palustris– Alopecuretum pratensis</i>	77,18	0,45	2,25	0,29	34,10	2,06	15,93	8,20	10,81	0,57	8,41
3, <i>Poo pratensis– Agrostietum caninae</i>											
4, <i>Poo–Festucetum pratensis</i>	77,07	0,38	2,13	0,40	35,10	3,12	27,51	11,90	20,57	0,55	8,27

Различия по содержанию макроэлементов – фосфора, кальция и калия – составляли 1,4–2,0 раза.

Оптимальное содержание сырой клетчатки находится в пределах 20–30%. В проанализированных пробах этот параметр составил 33,9–35,1%.

По общепринятым показателям содержание сырого протеина в естественных травостоях в зависимости от классности от 11% до 7%. По данному показателю существенно выделяется травостой ассоциации *Poo–Festucetum pratensis*. Превышение по сравнению с другими образцами составило 1,7 раза. Содержание сырого протеина в других образцах превышало нормативные значения данного показателя.

Показатель перевариваемого протеина был получен расчетным путем на основании сырого протеина. В связи с этим имеет место такая же закономерность по содержанию и по ассоциациям, как и для сырого протеина.

По общепринятым показателям количество кормовых единиц составляет в зависимости от классности сена КЕ 0,64–0,5. Результаты анализа свидетельствуют о том, что по данному показателю сено можно отнести ко 2 классу. По данному показателю доминирует ассоциация *Caricetum gracilis*. Имеют место различия по количеству кормовых единиц по ассоциациям.

Обменная энергия в данном корме нормируется показателями 7,9–8,9 МДж/кг. Поскольку это расчетный параметр, то и зависимости будут аналогично содержанию кормовых единиц.

Заключение. Почвы изучаемых объектов, в основном, кислые, слабокислые, бедные подвижными соединениями калия и фосфора. Удельная активность цезия-137 в почве варьировала в пределах 820–1188 Бк/кг.

Наибольшая удельная активность цезия-137 в фитомассе луговых экосистем отмечена в ассоциации *Caricetum gracilis* (828 Бк/кг), а наименьшая – в ассоциации *Poo pratensis–Agrostietum caninae* (309 Бк/кг).

Выявлены определенные закономерности по концентрации тяжелых металлов в почве. По среднему содержанию элементов можно построить следующий убывающий ряд слева направо: Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Cd. В наших исследованиях не установлено превышения в почве предельно допустимой концентрации.

Содержание Co, Ni, Cr, Cd и Pb в надземной фитомассе луговых ассоциаций практически между собой не отличалось. Содержание тяжелых металлов в надземной фитомассе луговых экосистем колебалось от 0,06 мг/кг до 104,8 мг/кг.

Наибольшая урожайность изучаемых луговых экосистем отмечена в ассоциации *Caricetum gracilis* – 28 ц/га сухой массы, а минимальная – в ассоциации *Poo pratensis–Agrostietum caninae* – 18 ц/га сухой массы.

Питательность травяного корма луговых экосистем пойменного луга р. Ипуть варьировала от 0,5 до 0,64 кормовых единиц.

Полученные результаты могут быть использованы в сельскохозяйственном производстве, а также при мониторинге луговых экосистем в поймах рек Белорусского Полесья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Braun-Blanquet, J. Pflanzensociologie / J. Braun-Blanquet. – Wien–New York: Springer–Verlag, 1964. – 865 s.
2. Сено: ГОСТ 4808-87. – Введ. 01.05.1988. Разработан и внесен Госагропромом СССР: утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 24.09.87 № 3646. – М., 1988. – 6 с.
3. Корма растительные. Методы определения: ГОСТ 27548-97. Внесен Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 01.01.2005. – Минск, 1997. – 6 с.
4. Корма. Комбикорма. Комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина: ГОСТ 13496.4-93. – Введ. 01.01.1995. Разработан и внесен Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 21.10.1993. – М., 1995. – 16 с.
5. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения сырой клетчатки: ГОСТ 13496.2-91. – Введ. 01.07.1992. Утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 28.06.91 № 1183. – М., 1992. – 6 с.
6. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы: ГОСТ 26226-95. – Введ. 01.01.1997. Разработан и внесен Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 12.10.1995. – Минск, 1995. – 4 с.
7. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора: ГОСТ 26657-97. – Введ. 01.01.1999. Разработан и внесен Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации. – Минск, 1999. – 10 с.
8. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырого жира: ГОСТ 13496.15-97. – Введ. 01.01.1999. – М.: Стандартинформ, 2011. – 12 с.
9. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция: ГОСТ 26570-95. – Введ. 01.01.1997. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2003. – 14 с.
10. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Пламенно-фотометрический метод определения калия: ГОСТ 30504-97. – Введ. 01.01.1999. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2000. – 8 с.
11. Определитель высших растений Беларуси / под ред. В.И. Парфенова. – Минск: Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.
12. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2011–2015 гг. / В.С. Аверин [и др.]; под общ. ред. д-ра биол. наук В.С. Аверина. – Гомель: Полеспечать, 2013. – 95 с.

REFERENCES

1. Braun-Blanquet, J. Pflanzensociologie / J. Braun-Blanquet. – Wien–New York: Springer–Verlag, 1964. – 865 s.
2. Seno: Gost 4808-87 Vved. 01.05.1988 Razrabotan i vnesen Gosagropromom SSSR, Utverzhen i vveden v deistviye Postanovleniyem Gosudarstvennogo komiteta SSSR po standartam ot 09.24.87 [HAY: State Standard 4808-87. Adopted: 05/01/1988. Approved and Introduced by the State Agro-Industry of the USSR: Approved and Introduced by the Resolution of the USSR State Committee for Standards of 09.24.87 N 3646], M., 1988, 6 p.
3. Korma rastitelniye Metody opredeleniya: GOST 27548-97 Vnesen Mezhdnarnodnym sovetom po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii ot 01.01.2005 [Fodder Vegetation. Identification Methods: State Standard 27548-97. Introduced by the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification on 01.01.2005], Minsk, 1997, 6 p.
4. Korma. Kombikorma. Kombikormovoye syrye. Metody opredeleniya soderzhaniya azota i syrogo proteina GOST 13496.4-93. Vved. 01.01.1995 Razrabotan i vnesen Mezhdnarnodnym sovetom po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii ot 10.21.1993 [Fodder. Combined Fodder. Combined Fodder Raw Materials. Identification Methods of Nitrogen and Crude Protein: State Standard 13496.4-93. Introduced 01.01.1995 Developed and Introduced by the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification on 20.10.1993], M., 1995, 16 p.
5. Korma. Kombikorma. Kombikormovoye syrye. Metod opredeleniya syroi kletchatki GOST 13496.2-91. Vved. 07/01/1992. Utverzhen i vveden v deistviye Postanovleniyem Gosudarstvennogo komiteta SSSR po upravleniyu kachestvom produktsii i standartiyam ot 28.06.91 N 1183 [Fodder. Combined Fodder. Combined Fodder Raw Materials. Identification Method of Crude Cellulose, State Standard 13496.2-91. Introduced 01.07.1992 Approved and Introduced by the Resolution of the USSR State Committee for Product Quality and Standards Management of June 28, 91 N 1183], M., 1992, 6 p.
6. Korma. Kombikorma. Kombikormovoye syrye Metody opredeleniya syroi zoli GOST 26226-95 Vved. 01/01/1997 Razrabotan i vnesen Mezhdnarnodnym sovetom po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii ot 10/12/1995 [Fodder. Combined Fodder. Combined Fodder Raw Materials. Methods for the Identification of Crude Ash: State Standard 26226-95. Introduced 01/01/1997. Developed and Introduced by the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification of 10/12/1995. – Minsk, 1995, 4 p.
7. Korma. Kombikorma. Kombikormovoye syrye. Metody opredeleniya soderzhaniya fosfora GOST 26657-97. Vved. 01/01/1999. Razrabotan i vnesen Mezhdnarnodnym sovetom po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii [Fodder. Combined Fodder. Combined Fodder Raw Materials. Methods for the Identification of phosphorus content: State Standard. 26657-97. Introduced 01/01/1999. Developed and Introduced by the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification], Minsk, 1999, 10 p.
8. Korma. Kombikorma. Kombikormovoye syrye. Metody opredeleniya syrogo zhira GOST 13496.15-97. Vved. 01/01/1999 [Fodder. Combined Fodder. Combined Fodder Raw Materials Methods for the Identification of Crude Fat: State Standard 13496.15-97. Introduced 01/01/1999], Moscow: Standartinform, 2011, 12 p.
9. Korma. Kombikorma. Kombikormovoye syrye Metodi opredeleniya kaltsiya GOST 26570-95 GOST 26570-9. Vved, 01/01/1997. [Fodder. Combined Fodder. Combined Fodder Raw Materials Calcium Identification Methods: State Standard 26570-95. Introduced 01/01/1997], Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification, 2003, 14 p.
10. Korma. Kombikorma. Kombikormovoye syrye. Plamenno-fotometricheski metod opredeleniya kaliya GOST 30504-97. Vved. 01/01/1999 [Fodder. Combined Fodder. Combined Fodder Raw Materials Flame Photometric Method for the Identification of Potassium: State Standard 30504-97. Introduced 01/01/1999], Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification, 2000, 8 p.
11. Parfenova V.I. Opredelitel vysshikh rastenii Belarusi [Guide to Higher Plants of Belarus], Minsk: Design PRO, 1999, 472 p.
12. Averbina V.S. Rekomendatsii po vedeniyu agropromyshlennogo proizvodstva v usloviyakh radioaktivnogo zagrazneniya zemel Respubliki Belarus na 2011–2015 gg. [Guidelines on Agricultural Production in the Conditions of Radioactive Contamination of Lands of the Republic of Belarus for 2011–2015], Gomel: Polespechat, 2013, 95 p.

Поступила в редакцию 06.09.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: dajneko@gsu.by – Дайнеко Н.М.

УДК 595.142.34:575.858(476)

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ДОЖДЕВОГО ЧЕРВЯ *Dendrobaena octaedra* НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Е.А. Держинский, В.М. Коцур, И.В. Свирковская
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»

Дождевые черви – важнейший компонент почвенной фауны. Вид *Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1926) чрезвычайно широко распространен в Палеарктике и, в частности, в Республике Беларусь. Это подстилочный вид, характерный для лесной подстилки хвойных и неморальных лесов. Генетическое разнообразие *D. octaedra* изучено слабо, информация по его последовательностям ДНК получена, главным образом, в работах по ДНК-штрихкодированию.

Цель исследования – изучить генетическое разнообразие *D. octaedra* на территории Беларуси по сравнению с общей изменчивостью данного вида во всем мире на основании результатов секвенирования последовательностей митохондриального гена цитохромоксидазы 1 (*cox1*).

Материал и методы. Собраны образцы *D. octaedra* из пяти точек Брестской, Могилевской и Гомельской областей. Для данных образцов проведены определение видовой принадлежности по морфологическим признакам, выделение ДНК, амплификация и секвенирование фрагмента митохондриального гена цитохром оксидазы I (*cox1*). Из базы данных GenBank были взяты последовательности *cox1* *D. octaedra* для образцов, у которых было указано место сбора (хотя бы с точностью до страны). Для полученной выборки построена сеть гаплотипов.

Результаты и их обсуждение. Получены последовательности *cox1* для 31 образца *D. octaedra* путем секвенирования по Сэнгеру. Было показано, что *D. octaedra* на территории Беларуси характеризуется сравнительно невысоким генетическим разнообразием по сравнению с западноевропейскими популяциями вида.

Выводы. По-видимому, *D. octaedra* заселил территорию Беларуси лишь после окончания последнего ледникового периода.

Ключевые слова: дождевые черви, *Dendrobaena octaedra*, *cox1*, цитохром оксидаза I, Беларусь, генетическое разнообразие.

GENETIC VARIABILITY OF THE EARTHWORM *Dendrobaena octaedra* IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Ye.A. Derzhinsky, V.M. Kotsur, I.V. Svirkovskaya
Educational Establishment “Vitebsk State P.M. Masherov University”

Earthworms are an essential component of soil fauna. *Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1926) is a widespread earthworm in the Palearctic and, in particular, in the Republic of Belarus. This is a characteristic forest litter species of coniferous and broad-leaved forests. The genetic diversity of *D. octaedra* has been poorly studied; information on its DNA sequences has been obtained mainly from DNA barcoding.

The purpose of the work is to study the genetic diversity of *D. octaedra* in Belarus in comparison with the general variability of this species throughout the world based on the results of the mitochondrial cytochrome oxidase 1 (*cox1*) gene sequence.

Material and methods. We collected specimens of *D. octaedra* from five points of the Brest, Mogilev and Gomel regions. Identification of species by morphological features, DNA extraction, amplification and mitochondrial gene of cytochrome oxidase I (*cox1*) fragment sequencing was carried out for the collected samples. The *cox1* sequences of *D. octaedra* specimens provided with information about the collecting place (at least the country) were taken from the GenBank. A network of haplotypes was constructed for this sample.

Findings and their discussion. We obtained *cox1* sequences for 31 specimens of *D. octaedra* by Sanger sequencing. It was shown that *D. octaedra* in the territory of Belarus is characterized by a relatively low genetic variability in comparison with Western European populations of the species.

Conclusion. Apparently, *D. octaedra* populated the territory of Belarus only after the end of the last glaciation.

Key words: earthworms, *Dendrobaena octaedra*, *cox1*, cytochrome oxidase I, Belarus, genetic variability.

Дождевые черви – одна из самых экологически значимых групп почвенной фауны, что обуславливает высокий интерес к ней. На территории Республики Беларусь встречаются 12 видов дождевых червей, из которых 1 представлен двумя подвидами [1; 2]. Один из самых распространенных из них – *Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1826). Он отмечен на всей территории республики в различных биоценозах [2]. Это подстилочный вид, характерный, главным образом, для лесной подстилки хвойных и неморальных лесов и один из немногих видов дождевых червей, обитающих в бореальной и тундровой зоне. Он также встречается в гниющей древесине, под мхами и лишайниками. *D. octaedra* широко распространен в Палеарктике, на север до полуостровов Коль-

ский, Канин, Югорский и Новой Земли, достигая, таким образом, Ледовитого океана. Повсеместно встречается на территории Восточно-Европейской равнины; в лесостепи населяет плакорные лесные ценозы, а в степи отмечен в байрачных лесах и поймах рек [3–6]. В азиатской части России распространен от Урала до Дальнего Востока, но здесь он не является характерным для естественных биоценозов. На Урале распространен от полярных хребтов до Зилаирского плато; встречается преимущественно в пойменных лесах и на луговых почвах. В Западной Сибири отмечен в районе Салехарда, в южной части полуострова Ямал и на юге Западно-Сибирской равнины – в среднем течении реки Омь и в окрестностях Томска, Новосибирска, Тюмени. В Восточной Сибири найден на Енисее (окрестности Сургутихи) и на юге Красноярского края. На Дальнем Востоке обнаружен в пригороде Владивостока и в заповеднике Кедровая Падь и в южной части острова Сахалин [4]. Этот вид успешно заселил и сходные климатические зоны Северной Америки, главным образом, при участии человека [7].

Цель исследования – изучить генетическое разнообразие *D. octaedra* на территории Республики Беларусь по сравнению с общей изменчивостью данного вида во всем мире на основании результатов секвенирования последовательностей митохондриального гена цитохромоксидазы 1 (*cox1*). Для этого мы попытались установить степень генетического сходства данного вида на территории республики по сравнению с предполагаемым центром разнообразия (Западная Европа) и регионами, куда он распространился сравнительно недавно (Северная Россия и Америка).

Материал и методы. Образцы дождевых червей были собраны нами в мае 2014 г. на территории Республики Беларусь в следующих точках: *Брестская обл.*: Пинский р-н, 2 км восточнее дер. Конюхи, 52°0'53.66" с.ш., 26°25'21.38" в.д., 2 экз. *Гомельская обл.*: Житковичский р-н, ст. Случь, 52°13'11.58" с.ш., 27°33'5.65" в.д., 13 экз.; Мозырский р-н, окрестности дер. Стрельск, 51°56'44.10" с.ш., 29°26'31.80" в.д., 12 экз. *Могилевская обл.*: Быховский р-н, окрестности дер. Прибор, 53°28'26.29" с.ш., 30°19'53.04" в.д., 1 экз.; Осиповичский р-н, окрестности дер. Дуброва, 53°27'43.56" с.ш., 28°37'44.93" в.д., 3 экз.

Выделение ДНК проводили при помощи набора фирмы BioSilica: фрагмент тела червя весом около 50 мг механически измельчали в гуанидинизотиоцианате; ДНК иммобилизовали на колонке и после промывок смывали водой. С полученной очищенной ДНК проводили полимеразную цепную реакцию (ПЦР). В состав реакции входили: 60 мМ Tris-HCl (pH 8.5), 1,5 мМ MgCl₂, 25 мМ KCl, 10 мМ 2-меркаптоэтанол, 0,1% Тритон X-100, 0,7 мМ праймеров (HCO2198 (5'-TAAAC-TTCAG-GGTGA-CCAAAAAATC-A-3') и LCO1490m (5'-TACTC-AACAA-ATCACAAGA-TATTG-G-3' [8]), 1 ед. полимеразы TaqSE (Сибэнзим, Новосибирск). Реакцию ПЦР проводили, используя следующий профиль реакции: 3 мин при 94°C; 40 циклов, включающих в себя 20 с при 94°C, 20 с при 50°C и 1 мин при 72°C; финальный цикл синтеза – 5 мин при 72°C. Полученные продукты ПЦР визуализировали на трансиллюминаторе BioRad (США) при помощи окрашивания бромистым этидием. Очистку проводили смесью ферментов *E. coli* Exonuclease I и Shrimp Alkaline Phosphatase (New England Biolabs, USA) при 37°C в течение 30 мин. Секвенирование ДНК осуществляли при помощи набора BigDye 3.1 (Applied Biosystems, USA) с каждого из двух использованных праймеров. Капиллярный электрофорез продуктов секвенирования проводили в Межинститутском центре секвенирования СО РАН (г. Новосибирск).

Полученные секвенограммы анализировали и при необходимости редактировали вручную в программе Chromas (Technelysium Pty Ltd). Последовательности *D. octaedra* из других стран были извлечены из базы данных GenBank [9]. Из полученных последовательностей были взяты только полноразмерные (длиной 658 п.н.) и не содержащие плохо прочитанные нуклеотиды: DQ092896–DQ092897, FJ214235, GU013836, JQ909013–JQ909017, JQ909019–JQ909026, JQ909028–JQ909032, JQ909036–JQ909054, KJ772497, KJ772504, KM611809, KM611907, KM611927, KM611950, KM611963, KM611988, KM612001, KM612002, KM612177, KM612210, KM612256, KX400644, KX400645, KX400719, KY750709, MF544155, MF544169, MF544179, MF544188, MF544212, MF544264, MF544393, MF544395, MF544459, MF544468, MF544642, MF544644, MF544663, MF544692, MF544807, MF544823, MF544825, MF544834, MF545029, MF545096, MF545115, MF545138, MF545184, MG421121 MG422081, MG422154, MG422238, MG422366, MG422458, MG422594, MG422679, MG422725, MG422759, MG423289, MG423458, MG423472, MH755642–MH755678. Вычисление нуклеотидного и гаплотипического разнообразия, попарных значений Fst было проведено в программе Arlequin v.3.0 [10]. Сеть гаплотипов была построена при помощи программы Network v. 4 [11].

Результаты и их обсуждение. Нами была получена 31 последовательность фрагмента гена *cox1*. Все они имели идентичную длину (658 п.н. без праймеров). Из базы данных GenBank были взяты полноразмерные и качественно прочитанные последовательности для *D. octaedra* из следующих стран: Канада (63 шт.), Франция (10 шт.), США (10 шт.), Россия (43 шт.), Австрия (2 шт.), Венгрия, Дания и Гренландия (по 1 шт.). Образцы из Канады и США были объединены в выборку Северная Америка; из Франции, Австрии, Дании и Венгрии – в выборку Западная Европа.

Показатели генетического разнообразия данных выборок представлены в табл. 1. Видно, что для выборки из Беларуси характерно невысокое нуклеотидное разнообразие, но при этом она отличается наивысшим гапло-

типическим разнообразием, в то время как в Западной Европе оно наименьшее. Наибольшее нуклеотидное разнообразие оказалось характерным для выборки из Западной Европы, наименьшее – для России и Беларуси.

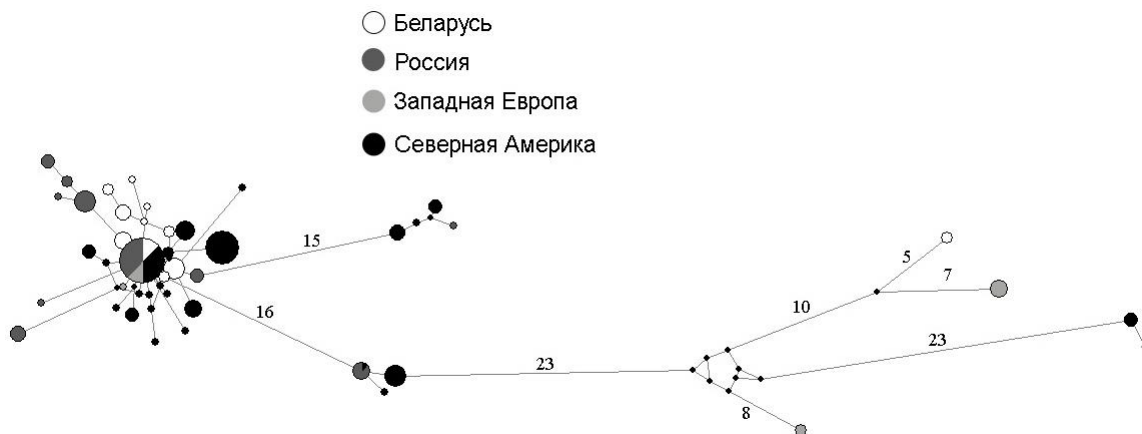
Таблица 1

Выборки *D. octaedra*, исследованные в данной работе

Показатель \ Регион	N	n	π	h
Беларусь	31	14	0.011(0.006)	0.939(0.021)
С. Америка	75	21	0.019(0.009)	0.893(0.022)
З. Европа	14	5	0.046(0.024)	0.802(0.069)
Россия	43	13	0.011(0.006)	0.855(0.038)

Примечание. N – число образцов, n – число уникальных гаплотипов, π – нуклеотидное разнообразие, h – гаплотипическое разнообразие. В скобках указано среднеквадратичное отклонение.

Для исследованной выборки была построена сеть гаплотипов (рис.). Можно видеть, что подавляющее большинство образцов представлено одной большой группой последовательностей, довольно близких друг к другу. При этом существуют гораздо более редкие гаплотипы, имеющие очень много нуклеотидных замен по сравнению с основным кластером. Среди этих гаплотипов большое количество приходится на долю Западной Европы, чем и объясняется в несколько раз более высокое по сравнению с другими регионами генетическое разнообразие.

Рис. Сеть гаплотипов, построенная для выборки *D. octaedra*

Размеры кружков пропорциональны количеству особей, относящихся к данному гаплотипу.

Цифры обозначают количество нуклеотидных замен для самых длинных ветвей.

Для выборок был также проведен популяционно-генетический анализ при помощи программы Arlequin. Значения попарных коэффициентов Фишера F_{st} представлены в табл. 2. Ожидается, что белорусская выборка оказалась наиболее близка к российской. При этом генетические расстояния данных двух выборок от североамериканской имеют близкие значения.

Таблица 2

Значения попарных коэффициентов F_{st} для исследованных выборок

Все значения достоверны ($p < 0,01$)

Регион	Беларусь	С. Америка	З. Европа
Беларусь	–	–	–
С. Америка	0.094	–	–
З. Европа	0.344	0.346	–
Россия	0.074	0.061	0.413

Считается [12; 13], что во время максимума последнего оледенения большая часть севера Европы была покрыта ледниковым щитом, а более южные районы, вплоть до побережья Черного и Каспийского морей, были зоной мерзлотных почв. В таких условиях стоит ожидать, что большинство видов дождевых червей вымерли, и затем распространились из более южных рефугиумов. При этом существует гипотеза, что *D. octaedra* как достаточно холодоустойчивый вид мог пережить оледенение в рефугиумах [4; 14]. Полученные нами результаты, однако, не могут подтвердить подобную гипотезу. Наивысшее генетическое разнообразие *D. octaedra* наблюдается в Западной Европе, на территории, наиболее близкой географически к предполагаемому доледниковому ареалу. Выборки из восточной Евразии и Северной Америки характеризуются меньшим нуклеотидным разнообразием. При этом изученная нами выборка из Беларуси, несмотря на большую географическую близость к Западной Европе, не отличается более высокими показателями.

В то же время можно сказать, что число гаплотипов в инвазивных популяциях весьма велико, что говорит о многочисленных случаях заноса этого вида и подтверждает ранее полученные заключения [7]. Та же ситуация характерна и для других космополитных видов дождевых червей [15; 16].

Заключение. В данной работе мы показали, что *D. octaedra* на территории Республики Беларусь характеризуется сравнительно невысоким генетическим разнообразием по сравнению с западноевропейскими популяциями вида. Это говорит о том, что *D. octaedra*, по-видимому, заселил страну лишь после окончания последнего ледникового периода.

Работа выполнена при поддержке гранта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (номер государственной регистрации 20191920 от 30.07.2019 г.). Авторы благодарны С.В. Шеховцову (Институт цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск) за техническую помощь при подготовке публикации.

ЛИТЕРАТУРА

- Хотько, Э.И. Почвенная фауна Беларуси / Э.И. Хотько. – Минск: Наука и техника, 1993. – 252 с.
- Максимова, С.Л. Дождевые черви (Lumbricidae) фауны Беларуси: справочник-определитель / С.Л. Максимова, Н.В. Гурина. – Минск: Беларуская навука, 2014. – 56 с.
- Перель, Т.С. Распространение и закономерности распределения дождевых червей фауны СССР / Т.С. Перель. – М.: Наука, 1979. – 272 с.
- Всеволодова-Перель, Т.С. Дождевые черви фауны России: кадастр и определитель / Т.С. Всеволодова-Перель. – М.: Наука, 1997. – 102 с.
- Стриганова, Б.Р. Животное население почв бореальных лесов Западно-Сибирской равнины / Б.Р. Стриганова, Н.М. Порядина. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. – 234 с.
- Shekhovtsov, S.V. Phylogeography of earthworms from high latitudes of Eurasia / S.V. Shekhovtsov, D.I. Berman, N.A. Bulakhova, O.L. Makarova, S.E. Peltek // Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae. – 2018. – Vol. 64, iss. 4. – P. 369–382.
- Cameron, E.K. Genetic structure of invasive earthworms *Dendrobaena octaedra* in the boreal forest of Alberta: insights into introduction mechanisms / E.K. Cameron, E.M. Bayne, D.W. Coltman // Molecular Ecology. – 2008. – Vol. 17, iss. 5. – P. 1189–1197.
- Folmer, O. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates / O. Folmer, M. Black, W. Hoeh, R. Lutz, R. Vrijenhoek // Molecular Marine Biology and Biotechnology. – 1994. – Vol. 3, iss. 5. – P. 294–299.
- GenBank [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide>. – Дата доступа: 01.11.2019.
- Excoffier, L. Arlequin ver. 3.0: An integrated software package for population genetics data analysis / L. Excoffier, G. Laval, S. Schneider // Evolutionary Bioinformatics Online. – 2005. – Vol. 1. – P. 47–50.
- Bandelt, H.-J. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies / H.-J. Bandelt, P. Forster, A. Röhl // Molecular Biology and Evolution. – 1999. – Vol. 16, iss. 1. – P. 37–48.
- Hewitt, G. The genetic legacy of the Quaternary ice ages / G. Hewitt // Nature. – 2000. – Vol. 405. – P. 907–913.
- Tarasov, P.E. Last glacial maximum biomes reconstructed from pollen and plant macrofossil data from northern Eurasia / P.E. Tarasov, V.S. Volkova, T. Webb III, J. Guiot, A.A. Andreev, L.G. Bezusko, T.V. Bezusko, G.V. Bykova, N.I. Dorofeyuk, E.V. Kvavadze, I.M. Osipova, N.K. Panova, D.V. Sevastyanov // Journal of Biogeography. – 2000. – Vol. 27, iss. 3. – P. 609–620.
- Hansen, P.L. Low genetic variation for *Dendrobaena octaedra* from Greenland compared to populations from Europe and North America: Refuge or selection? / P.L. Hansen, M. Holmstrup, M. Bayley, V. Simonsen // Pedobiologia. – 2006. – Vol. 50, iss. 3. – P. 225–234.
- Porco, D. Biological invasions in soil: DNA barcoding as a monitoring tool in a multiple taxa survey targeting European earthworms and springtails in North America / D. Porco, T. Decaens, L. Deharveng, S.W. James, D. Skarżyński, C. Erséus, K.R. Butt, B. Richard, P.D.N. Hebert // Biological Invasions. – 2013. – Vol. 15, iss. 4. – P. 899–910.
- Shekhovtsov, S.V. Different dispersal histories of lineages of the earthworm *Aporrectodea caliginosa* (Lumbricidae, Annelida) in the Palearctic / S.V. Shekhovtsov, E.V. Golovanova, S.E. Peltek // Biological Invasions. – 2016. – Vol. 18, iss. 3. – P. 751–761.

REFERENCES

- Khotko E.I. *Pochvennaya fauna Belarusi* [Soil Fauna of Belarus], Minsk: Nauka i Tekhnika, 1993, 252 p.
- Maksimova S.L., Gurina N.V. *Dozhdevyie chervi (Lumbricidae) fauny Belarusi: spravochnik-opredelitel* [Earthworms (Lumbricidae) of the Fauna of Belarus: Handbook & Guide], Minsk: Belaruskaya navuka, 2014, 56 p.
- Perel T.S. *Rasprostraneniye i zakonornosti raspredeleniya dozhdevyikh chervev fauny SSSR* [Distribution and Spreading Patterns of Earthworms of the Fauna of the USSR], M.: Nauka, 1979, 272 p.
- Vsevolodova-Perel T.S. *Dozhdevyie chervi fauny Rossii: kadastr i opredelitel* [Earthworms of the Fauna of Russia: Cadastre and Guide], M.: Nauka, 1997, 102 p.
- Striganova B.R., Poryadina N.M. *Zhivotnoye naseleniye pochv borealnykh lesov Zapadno-Sibirskoy Ravniny* [The Animal Population of the Soils of the Boreal Forests in West Siberian Plain], M.: Tovarichestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2005, 234 p.

6. Shekhovtsov, S.V. Phylogeography of earthworms from high latitudes of Eurasia / S.V. Shekhovtsov, D.I. Berman, N.A. Bulakhova, O.L. Makarova, S.E. Peltek // *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*. – 2018. – Vol. 64, iss. 4. – P. 369–382.
7. Cameron, E.K. Genetic structure of invasive earthworms *Dendrobaena octaedra* in the boreal forest of Alberta: insights into introduction mechanisms / E.K. Cameron, E.M. Bayne, D.W. Coltman // *Molecular Ecology*. – 2008. – Vol. 17, iss. 5. – P. 1189–1197.
8. Folmer, O. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates / O. Folmer, M. Black, W. Hoeh, R. Lutz, R. Vrijenhoek // *Molecular Marine Biology and Biotechnology*. – 1994. – Vol. 3, iss. 5. – P. 294–299.
9. GenBank [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide>. – Date of access: 01.11.2019.
10. Excoffier, L. Arlequin ver. 3.0: An integrated software package for population genetics data analysis / L. Excoffier, G. Laval, S. Schneider // *Evolutionary Bioinformatics Online*. – 2005. – Vol. 1. – P. 47–50.
11. Bandelt, H.-J. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies / H.-J. Bandelt, P. Forster, A. Röhl // *Molecular Biology and Evolution*. – 1999. – Vol. 16, iss. 1. – P. 37–48.
12. Hewitt, G. The genetic legacy of the Quaternary ice ages / G. Hewitt // *NATURE*. – 2000. – Vol. 405. – P. 907–913.
13. Tarasov, P.E. Last glacial maximum biomes reconstructed from pollen and plant macrofossil data from northern Eurasia / P.E. Tarasov, V.S. Volkova, T. Webb III, J. Guiot, A.A. Andreev, L.G. Bezusko, T.V. Bezusko, G.V. Bykova, N.I. Dorofeyuk, E.V. Kvavadze, I.M. Osipova, N.K. Panova, D.V. Sevastyanov // *Journal of Biogeography*. – 2000. – Vol. 27, iss. 3. – P. 609–620.
14. Hansen, P.L. Low genetic variation for *Dendrobaena octaedra* from Greenland compared to populations from Europe and North America: Refuge or selection? / P.L. Hansen, M. Holmstrup, M. Bayley, V. Simonsen // *Pedobiologia*. – 2006. – Vol. 50, iss. 3. – P. 225–234.
15. Porco, D. Biological invasions in soil: DNA barcoding as a monitoring tool in a multiple taxa survey targeting European earthworms and springtails in North America / D. Porco, T. Decaens, L. Deharveng, S.W. James, D. Skarżyński, C. Erséus, K.R. Butt, B. Richard, P.D.N. Hebert // *Biological Invasions*. – 2013. – Vol. 15, iss. 4. – P. 899–910.
16. Shekhovtsov, S.V. Different dispersal histories of lineages of the earthworm *Aporrectodea caliginosa* (Lumbricidae, Annelida) in the Palearctic / S.V. Shekhovtsov, E.V. Golovanova, S.E. Peltek // *Biological Invasions*. – 2016. – Vol. 18, iss. 3. – P. 751–761.

Поступила в редакцию 28.11.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: dernoctuid@mail.ru – Держинский Е.А.

СОДЕРЖАНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.П. Быстрыков*, Е.А. Невар**

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

***Государственное учреждение «Вилейский районный центр гигиены и эпидемиологии»*

На предприятиях, использующих металлообработку и занимающихся ею, в воздух рабочей зоны выделяются вредные вещества, которые могут ухудшать здоровье работающих. Необходим контроль уровня загрязнения воздуха рабочей зоны вредными веществами на основе переработанных ранее нормативов.

Цель статьи – дать экологическую оценку воздуха рабочей зоны производств, занимающихся металлообработкой.

Материал и методы. Материалом исследования явились значения содержания в воздухе рабочей зоны вредных веществ и пыли на предприятиях г. Вилейка – «Комдор», «Вилейский ремонтный завод», «Зенит-БелОМО».

Забор воздуха рабочей зоны проводился с помощью газоанализатора АНКAT-7664. Пробоподготовка отобранных проб воздуха и определение вредных веществ осуществлялись в соответствии с ГОСТом и СанПиНом в лаборатории Вилейского районного центра гигиены и эпидемиологии. Нормирование полученных результатов содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны проводилось по ПДК или ПДК_{сс}.

Результаты и их обсуждение. Содержание большинства вредных веществ в воздухе рабочей зоны обследованных предприятий соответствует нормативам, за исключением рабочих мест сварщиков, работающих на аппаратах ASEA-250 или -500. Содержание марганца в сварочных аэрозолях за период с 2017 по 2019 год неизменно и превышает как ПДУ, так и ПДК_{сс}. Содержание оксидов углерода, азота, серы и железа (III) на рабочих местах сварщиков на всех обследованных металлообрабатывающих предприятиях в пределах нормы. Содержание диоксида серы и оксида углерода несколько снизилось в 2019 году в сравнении с 2017–2018 гг.

Заключение. В целом санитарно-гигиеническое состояние металлообрабатывающих предприятий соответствует требованиям. Однако содержание марганца в сварочных аэрозолях на рабочих местах сварщиков превышает ПДК_{сс} на всех обследованных предприятиях.

Ключевые слова: санитарно-гигиеническое состояние металлообрабатывающих предприятий, вредные вещества в воздухе рабочей зоны, марганец в сварочных аэрозолях.

CONTENT OF HARMFUL SUBSTANCES IN THE AIR OF OPERATION AREAS OF METAL PROCESSING COMPANIES

V.P. Bystryakov*, E.A. Nevar**

**Educational Establishment "Vitebsk State P.A. Masherov University"*

***State Establishment "Vileika District Center of Hygiene and Epidemiology"*

At enterprises that use and are engaged in metalworking, harmful substances are released into the air of the operation areas, which can worsen the health of workers. It is necessary to control the level of air pollution of the operation areas with harmful substances, based on previously processed standards.

The purpose of the article is to give an environmental assessment of the air of the operation areas of industries using and engaged in metalworking.

Material and methods. The material of the study was the values of the content of harmful substances and dust in the air of the operation areas at the enterprises of the city of Vileika – "Comdor", "Vileika Repair Plant", "Zenit-BelOMO".

The air intake of the operation area was carried out using a gas analyzer ANKAT-7664. Sample preparation of selected air samples and determination of harmful substances were carried out in accordance with GOST and SanPiN in the laboratory of the Vileika District Center of Hygiene and Epidemiology. The norm setting of the obtained results of the content of harmful substances in the air of the operation area was carried out according to maximum allowable concentrations (MAC) or daily average MAC.

Findings and their discussion. The content of most harmful substances in the air of the operation area of the surveyed enterprises complies with the standards, with the exception of workplaces of welders working on ASEA-250, or -500 devices. The manganese content in welding aerosols for the period from 2017 to 2019 is unchanged and exceeds both the MPL and daily average MAC. The content of oxides of carbon, nitrogen, sulfur and iron (III), in the workplaces of welders, in all the examined metal-working enterprises, is within the normal range. The content of sulfur dioxide and carbon monoxide decreased slightly in 2019 compared to 2017–2018 years.

Conclusion. *The sanitary and hygienic condition of metal processing enterprises in general meets the requirements. However, the manganese content in welding aerosols at welders', workplaces exceeds daily average MAC at all surveyed enterprises.*

Key words: *sanitary and hygienic condition of metal-working enterprises, harmful substances in the air of the operation areas, manganese in welding aerosols.*

В соответствии с Государственной программой Республики Беларусь о социальной защите и содействии занятости населения на 2016–2020 годы уровень санитарно-эпидемического благополучия работающего населения должен быть повышен. Химические факторы воздействуют на здоровье и жизнедеятельность организма и могут вызвать профессиональные отравления и заболевания, возникшие от воздействия вредных веществ в процессе выполнения работы на производстве. В связи с этим нормативы контроля вредных веществ в воздухе рабочей зоны и периодичности их определения были переработаны [1].

В частности, остается проблемным уровень загрязнения воздуха рабочей зоны вредными веществами на предприятиях, использующих металлообработку и занимающихся ею. Вредные вещества, которые могут пагубно влиять на здоровье работающих, выделяются в воздух рабочей зоны на таких производствах в виде газов, паров и аэрозолей. Источниками загазованности рабочей зоны могут являться выбросы вредных газов при разгерметизации оборудования, выделение газов при обработке материалов, окраска распылением, сушка окрашенных поверхностей, гальваническая обработка. Источники запыленности рабочей зоны: обработка материалов абразивным инструментом (заточка, шлифование), сварка, газовая и плазменная резка, переработка сыпучих материалов, пайка свинцовыми припоями. При сварке металлов в воздух рабочей зоны выделяются оксиды марганца, железа, хрома, пары и окись цинка и свинца, фтористые соединения, ацетилен, фосфин, моноксид углерода. При резке металлов и обработке на токарных, фрезерных и слесарных станках в воздух рабочей зоны выделяются оксиды углерода, азота, серы, железа, кремния, формальдегид, при покраске металлических изделий – ксилол, толуол, бутилацетат, формальдегид.

Цель статьи – дать экологическую оценку воздуха рабочей зоны производств, использующих металлообработку и занимающихся ею.

Материал и методы. Для этого нами было проведено изучение содержания вредных веществ и пыли на предприятиях города Вилейка, в котором развиты металлообрабатывающие производства. В Вилейке находятся металлообрабатывающие предприятия «Комдор» и «Вилейский ремонтный завод», имеющие большие объемы работы, количество цехов и число работающих. Крупное предприятие «Зенит-БелОМО» также использует металлообработку в подразделениях цех 105 и инструментальное производство 121. На указанных предприятиях проводится как обработка металлов, так и производство готовых металлических изделий. Технологические процессы с металлом и металлическими изделиями на этих предприятиях включают в себя сварку, резку, термическую обработку, обработку на токарных, фрезерных, слесарных станках, покраску. В процессе этих работ выделяются вредные вещества, которые могут пагубно влиять на здоровье работающих.

На предприятии «Зенит-БелОМО» имеется собственная лаборатория, которая выполняет производственный лабораторный контроль, в том числе воздуха рабочей зоны. На предприятиях «Комдор» и «Вилейский ремонтный завод» производственный лабораторный контроль проводится ежегодно с помощью привлеченных аккредитованных лабораторий. Вышеперечисленными предприятиями г. Вилейка авторам статьи были предоставлены результаты определения вредных веществ в воздухе рабочей зоны за 2017, 2018 годы.

Вилейским центром гигиены и эпидемиологии определение вредных веществ в воздухе рабочей зоны проводится в ходе проверок сотрудниками центра гигиены и эпидемиологии с помощью аккредитованных приборов в присутствии инженеров предприятий. В рамках мониторинга и проверки (апрель 2019 г.) предприятий г. Вилейка, использующих металлообработку, в соответствии с приказом главного государственного санитарного врача Вилейского района, одним из авторов статьи (Е.А. Нева) были проведены мониторинг и проверка производственных, вспомогательных и бытовых помещений предприятий «Комдор», «Вилейский ремонтный завод», металлообрабатывающих цехов «Зенит-БелОМО». Забор воздуха рабочей зоны проводился в соответствии с санитарными правилами и методиками (ГОСТ 12.1.005-88; СанПиН «Требования к контролю воздуха рабочей зоны», утв. постановлением Министерства здравоохранения от 11.10.2017 № 92) с помощью газоанализатора АНК-7664. Пробоподготовка отобранных проб воздуха и определение вредных веществ осуществлялись в лаборатории Вилейского районного центра гигиены и эпидемиологии. Нормирование полученных результатов содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны проводилось по предельно допустимым концентрациям (ПДК) или среднесуточным значениям (ПДК_{ср}) загрязнения воздушной среды, установленным гигиеническими нормативами [2; 3].

Результаты и их обсуждение. В ходе осмотров предприятий, использующих обработку металла, установлено следующее. Объем производственных помещений исследуемых предприятий на одного работающего составляет более 15 м³, а свободная площадь помещений – более 4,5 м³. Все производственные, вспомогательные и бытовые помещения обозначены табличками с указанием их назначения и используются только по назначению. Бытовые помещения на «Зенит-БелОМО» для работающих, связанных с обработкой металлов,

расположены в отдельном корпусе с целью предотвращения влияния вредного фактора во время перерывов и обеда. Имеются гардеробные для личной и спецодежды, комната приема пищи, собственная столовая. На Вилейском ремонтном заводе и предприятии «Комдор» также располагаются необходимые санитарно-бытовые помещения. В производственных помещениях не допускается хранение личных вещей, пищевых продуктов, химических веществ в таре, не имеющей соответствующей маркировки.

В состав предприятия «Комдор» входят участок покраски, цех плазменной резки металлов, мастерская, где проводится сварка металлов. Плазменная резка металла используется только на предприятии «Комдор». Для этих целей оборудован в отдельно стоящем здании от производства цех плазменной обработки металла. Плазменная установка имеет встроенные отсосы в технологическую оснастку поточной линии. На участке плазменной установки обезжиривание поверхностей обрабатываемых материалов проводится на постоянном месте, оборудованном местным отсосом. Для обезжиривания используют бензин и специальные обезжириватели, более опасные трихлорэтилен, дихлорэтан не применяются. Механизированная плазменная резка выполняется на раскроечном столе, оснащенном нижними (боковыми) секционными вытяжными устройствами.

«Вилейский ремонтный завод» состоит из участков покраски, цеха обработки металлов (в нем находятся станки и оборудование), сварочного участка.

На предприятии «Зенит-БелОМО» обработкой металла занимаются цех 105 и инструментальное производство 121. Последнее представлено токарным, фрезерным, слесарным и сварочным, тяжелой оснастки, термозаготовительным и электромеханическим участками. На термозаготовительном участке конструкция термической печи обеспечивает механизацию посадки металла в печь и выдачу его из печи. Имеется дистанционное управление механизмами печи и предусмотрены механизмы для очистки и удаления шлака. Сварка и резка мелких и средних изделий на стационарном сварочном посту в цеху 121 производится в сварочной кабине с открытым верхом. Сварочное оборудование имеет приспособление для механизированной засыпки флюса в сварочную ванну. Цех 105 представлен четырьмя участками: автоматом-механическим, доделки механических деталей, станков токарной группы, моечной деталей.

Технологическое оборудование, в процессе эксплуатации которого происходит выделение пыли, водяного пара, химических веществ в виде пара и газа, на всех обследованных предприятиях герметизировано, снабжено уплотнителями, укрытиями. Сбор и удаление пыли осуществляются только пылесосами или влажным способом. На всех исследуемых предприятиях оборудована естественная и механическая вентиляция. Естественная вентиляция на предприятиях представлена вентиляционными каналами, которые оборудованы во всех цехах, и специальными воздухопроводами. Имеется вытяжная и приточно-вытяжная механическая вентиляция, за счет работы вентиляторов. Системы вентиляции сконструированы таким образом, что исключается наличие воздушного потока, проходящего из загрязненной области в чистую. Вентиляционные системы в металлообрабатывающих цехах «Зенит-БелОМО», «Комдор», «Вилейский ремонтный завод» находятся в исправном состоянии, очищены от загрязнений. На «Зенит-БелОМО» регулярно проводятся их испытания и обслуживание. На предприятиях «Комдор», «Вилейский ремонтный завод» испытания вентиляционных систем не проводились. Пылесборники циклонов на металлообработке предприятия «Зенит-БелОМО» очищаются по мере наполнения, фильтры вентиляционных систем заменены и очищены от загрязнений.

Операции, связанные с обслуживанием оборудования для нанесения покрытий, на обследованных предприятиях механизированы.

На всех рабочих местах исследуемых предприятий в производственных помещениях, где выполняются работы с кислотами и щелочами, имеются нейтрализующие вещества.

С целью предотвращения попадания в воздух рабочей зоны вредных веществ, которые могут накапливаться на металлической стружке, стружка с рабочих мест всех предприятий хранится в отдельных контейнерах на специально отведенных местах. Чистый и использованный обтирочный материал, который имеет следы масла, растворителей, хранится отдельно в плотно закрывающейся металлической таре.

Полы всех производственных помещений, связанных с обработкой металла, выполнены из влагостойких материалов, легко поддающихся мойке и обработке. Полы поддерживаются в исправном состоянии – не имеют неровностей и выбоин, в которых могут скапливаться пролитое техническое масло, бензин, растворители, с последующим выделением вредных веществ в воздух рабочей зоны.

Согласно результатам выполненных в 2019 году анализов воздуха рабочей зоны, приведенных в табл. 1, содержание большинства вредных веществ в воздухе рабочей зоны металлообрабатывающих цехов «Зенит-БелОМО» соответствует нормативам. Однако на рабочих местах сварщиков содержание марганца в сварочных аэрозолях превышает ПДК_{ср}: при работе на сварочном аппарате WPE 5000ES в два с половиной раза, а при работе на сварочном аппарате ASEA-250 почти в два раза. Несколько меньше превышение ПДК_{ср} в воздухе рабочей зоны по марганцу на рабочем месте электросварщика, работающего на сварочном трансформаторе, тип 500. На рабочем месте коррективщика выявлено превышение нормативов содержания в воздухе рабочей зоны серной кислоты и хлороводорода. Однако такое возможное превышение учтено в условиях труда коррек-

тировщика: время работы с серной кислотой составляет не более двух часов в смену (при допустимом 2-м классе условий труда), а для работы с хлороводородом установлен класс условий труда 3.2 (вредные условия труда второй степени).

Таблица 1

**Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны
на рабочих местах «Зенит-БелОМО» за 2019 год**

Рабочее место	Контролируемое вещество (определяемый ингредиент)	ПДК, мг/м ³	Содержание, мг/м ³	Класс условий труда
Электросварщика. (Трансформатор сварочный, тип 500)	марганец в сварочных аэрозолях	ПДУ – 0,6, ПДК _{сс} – 0,2	0,31	3.1
	железа оксид (III)	6	2,6	2
	азота диоксид	2,0	0,68	2
	углерода оксид	20,0	6,1	2
	серы диоксид	10,0	1,6	2
	пыль (сварочный аэрозоль)	–	13,9	2
Корректировщика. (Металлопокрытия и окраска)	хромовый ангидрид	0,03	0,014	2
	серная кислота	1	2,3	2
	щелочь	0,5	0,89	2
	хлороводород	5	18,3	3.2
Сварщика. (Сварочный аппарат ASEA-250)	марганец (в сварочных аэрозолях)	ПДУ – 0,6, ПДК _{сс} – 0,2	0,38	3.1
	железа оксид (III)	6	3,2	2
	азота диоксид	2,0	0,8	2
	углерода оксид	20,0	2,9	2
	серы диоксид	10,0	1,2	2
	пыль (сварочный аэрозоль)	–	13,9	2
Токаря машинно-слесарных работ	углерода оксид	20,0	9,8	2
	азота диоксид	2,0	1,8	2
	железа оксид (III)	6	5,8	2
	серная кислота	1,0	0,17	2
Сварщика. (Сварочный аппарат WPE 5000ES)	марганец в сварочных аэрозолях	ПДУ – 0,6, ПДК _{сс} – 0,2	0,5	3.1
	железа оксид (III)	6	3,8	2
	азота диоксид	2,0	0,9	2
	углерода оксид	20,0	3,4	2
	серы диоксид	10,0	1,9	2
	пыль (сварочный аэрозоль)	–	10,3	2
Слесаря-фрезеровщика. (Фрезерный станок F60040-2200)	углерода оксид	20,0	9,8	2
	азота диоксид	2,0	1,8	2
	железа оксид (III)	6	5,8	2
Токаря. (Токарный станок ИЖ 250)	углерода оксид	20,0	15,5	2
	азота диоксид	2,0	1,9	2
	железа оксид (III)	6	5,2	2
	серная кислота	1,0	0,1	2

Согласно результатам выполненных в 2019 году определений, приведенных в табл. 2, содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны предприятия «Комдор» соответствует нормативам, за исключением рабочего

места сварщика (сварочный аппарат ASEA-500). На рабочем месте сварщика, также как и на предприятии «Зенит-БелОМО», содержание марганца в сварочных аэрозолях почти в два раза превышало ПДК_{СС}.

Таблица 2

**Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны
на рабочих местах «Комдор» за 2019 год**

Рабочее место	Контролируемое вещество (определяемый ингредиент)	ПДК, мг/м ³	Содержание, мг/м ³	Класс условий труда
Сварщика. (Сварочный аппарат ASEA-500)	марганец в сварочных аэрозолях	ПДУ – 0,6, ПДК _{СС} – 0,2	0,38	3,1
	железа оксид (III)	6,0	2,9	2
	азота диоксид	2,0	0,68	2
	углерода оксид	20,0	6,1	2
	серы диоксид	10,0	1,6	2
	пыль (сварочный аэрозоль)	–	13,9	2
Слесаря. (Обслуживание и ремонт оборудования)	углерода оксид	20,0	7,3	
	серная кислота	1,0	0,11	
	азота диоксид	2,0	0,5	
	железа оксид (III)	6,0	1,4	
Покрасчика ме- таллических из- делий	формальдегид	0,5	0,1	2
	ксилол	ПДУ – 150 ПДК _{СС} – 50	25,7	2
	толуол	ПДУ – 150 ПДК _{СС} – 50	15,7	2
Токаря. (Токарный станок CORMAK 700)	углерода оксид	20,0	15,5	2
	азота диоксид	2,0	1,9	2
	железа оксид (III)	6	5,2	2
	серная кислота	1,0	0,1	2

Согласно результатам выполненных в 2019 г. определений содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны предприятия «Вилейский ремонтный завод», которые приведены в табл. 3, оно также соответствует нормативам, за исключением рабочего места сварщика (сварочный аппарат ASEA-250). На этом рабочем месте содержание марганца в сварочных аэрозолях превышало ПДК_{СС} в три раза, а ПДУ – на 0,05 мг/м³.

Таблица 3

**Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны
на рабочих местах Вилейского ремонтного завода за 2019 год**

Рабочее место	Контролируемое вещество (определяемый ингредиент)	ПДК, уровень, мг/м ³	Содержание, мг/м ³	Класс условий труда
Сварщика. (Сварочный аппарат ASEA-250)	марганец в сварочных аэрозолях	ПДУ – 0,6, ПДК _{СС} – 0,2	0,65	3.2
	железа оксид (III)	6,0	3,4	2
	азота диоксид	2,0	1,2	2
	углерода оксид	20,0	7,8	2
	серы диоксид	10,0	5,6	2
	пыль (сварочный аэрозоль)	–	10,1	2
Токаря. (Токарный станок ИЖ 1И611П)	углерода оксид	20,0	16,3	2

Окончание табл. 3

Рабочее место	Контролируемое вещество (определяемый ингредиент)	ПДК, уровень, мг/м ³	Содержание, мг/м ³	Класс условий труда
Токаря. (Токарный станок ИЖ 1И611П)	серная кислота	1,0	0,19	2
	азота диоксид	2,0	1,5	2
	железа оксид (III)	6,0	5,8	2
Токаря. (Токарный станок ДИП 300)	углерода оксид	20,0	18,1	2
	серная кислота	1,0	0,8	2
	азота диоксид	2,0	1,7	2
	железа оксид (III)	6,0	5,6	2
Слесаря-фрезеровщика. (Фрезерный станок 6Н-10)	углерода оксид	20,0	11,6	2
	азота диоксид	2,0	0,5	2
	железа оксид (III)	6	3,3	2

В связи с выявленным неблагоприятным состоянием в 2019 г. воздуха рабочей зоны рабочих мест сварщиков, работающих на сварочных аппаратах ASEA-250 или ASEA-500, представляет интерес сравнить результаты определения вредных веществ в воздухе рабочей зоны этих рабочих мест за 2019 г. с данными за предыдущий период 2017–2018 гг. Результаты подобного сравнения для трех обследованных предприятий представлены в табл. 4–6.

Из данных, отображенных в табл. 4, можно сделать вывод, что на рабочем месте сварщика (сварочный аппарат ASEA-250) предприятия «Зенит-БелОМО» содержание в воздухе рабочей зоны азота диоксида, железа оксида (III) за весь период 2017–2019 гг. соответствует норме. Содержание марганца в сварочных аэрозолях за весь период 2017–2019 гг. превышало ПДК_{СС}, но соответствовало ПДУ. В 2019 году концентрации марганца, а также оксида железа (III), оксида углерода, диоксида серы в воздухе рабочей зоны в сравнении с 2017–2018 годами несколько снизились.

Таблица 4

Содержание вредных веществ на рабочем месте сварщика «Зенит-БелОМО» за 2017–2019 гг.

Контролируемое вещество	ПДК, ПДУ, ПДК _{СС} , мг/м ³	Содержание (мг/м ³) в 2017 г.	Содержание (мг/м ³) в 2018 г.	Содержание (мг/м ³) в 2019 г.
Марганец в сварочных аэрозолях	ПДУ – 0,6, ПДК _{СС} – 0,2	0,46	0,38	0,31
Железа оксид (III)	6	2,8	2,7	2,6
Азота диоксид	2,0	0,69	0,68	0,68
Углерода оксид	20,0	6,4	6,3	6,1
Серы диоксид	10,0	1,9	1,8	1,6

Из данных табл. 5 можно сделать вывод, что на предприятии «Комдор» на рабочем месте сварщика (сварочный аппарат ASEA-500) содержание в воздухе оксидов углерода, азота, серы и железа (III) с 2017 по 2019 г. значительно ниже соответствующих ПДК. В 2019 году содержание диоксида серы снизилось в сравнении с 2017–2018 гг. В 2018–2019 гг. содержание оксида железа (III) в сравнении с 2017 г. также снизилось. Содержание марганца в сварочных аэрозолях за период с 2017 по 2019 г. превышает ПДК_{СС}, но ниже, чем ПДУ. При этом в 2019 г. содержание марганца значительно снизилось в сравнении с 2017–2018 гг.

Таблица 5

Содержание вредных веществ на рабочем месте сварщика предприятия «Комдор» за 2017–2019 гг.

Контролируемое вещество	ПДК, ПДУ, ПДК _{СС} , мг/м ³	Содержание (мг/м ³) в 2017 г.	Содержание (мг/м ³) в 2018 г.	Содержание (мг/м ³) в 2019 г.
Марганец в сварочных аэрозолях	ПДУ – 0,6, ПДК _{СС} – 0,2	0,56	0,50	0,38
Железа оксид (III)	6	3,5	2,9	2,9
Азота диоксид	2,0	0,68	0,68	0,68
Углерода оксид	20,0	6,1	6,1	6,1
Серы диоксид	10,0	1,8	1,8	1,6

Из данных, представленных в табл. 6, можно сделать вывод, что на рабочем месте сварщика (сварочный аппарат ASEA-250) предприятия «Вилейский ремонтный завод» содержание в воздухе рабочей зоны оксидов углерода, азота, серы и железа (III) за период 2017–2019 гг. соответствует требованиям. Содержание диоксида серы и оксида углерода несколько снизилось в 2019 году в сравнении с 2017–2018 гг. Содержание марганца в сварочных аэрозолях за период с 2017 по 2019 год неизменно превышает как ПДУ, так и ПДК_{сс}.

Таблица 6

Содержание вредных веществ на рабочем месте сварщика предприятия «Вилейский ремонтный завод» за 2017–2019 гг.

Контролируемое вещество	ПДК, ПДУ, ПДК _{сс} , мг/м ³	Содержание (мг/м ³) в 2017 г.	Содержание (мг/м ³) в 2018 г.	Содержание (мг/м ³) в 2019 г.
Марганец в сварочных аэрозолях	ПДУ – 0,6, ПДК _{сс} – 0,2	0,65	0,65	0,65
Железа оксид (III)	6	3,4	3,4	3,4
Азота диоксид	2,0	1,2	1,2	1,2
Углерода оксид	20,0	8,0	8,0	7,8
Серы диоксид	10,0	5,9	5,8	5,6

В табл. 7 даны результаты содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны на рабочих местах сварщиков, работающих на сварочных аппаратах ASEA-250 или ASEA-500, на всех обследованных предприятиях за 2019 год.

Таблица 7

Сравнение содержания вредных веществ на рабочем месте сварщика на различных предприятиях за 2019 год

Контролируемое вещество	«Зенит-БелОМО». Содержание, мг/м ³	«Комдор». Содержание, мг/м ³	«Вилейский ремонтный завод». Содержание, мг/м ³
Марганец в сварочных аэрозолях	0,31	0,38	0,65
Железа оксида (III)	2,6	2,9	3,4
Азота диоксид	0,68	0,68	1,2
Углерода оксид	6,1	6,1	7,8
Серы диоксид	1,6	1,6	5,6

Из приведенных в табл. 7 данных следует, что самое низкое содержание марганца в сварочных аэрозолях (0,31 мг/м³) выявлено на рабочем месте сварщика, работающего на сварочном аппарате ASEA-250 на предприятии «Зенит-БелОМО». Однако и это содержание марганца превышает ПДК_{сс} – 0,2 мг/м³. Самое высокое превышение ПДК_{сс} по содержанию марганца установлено на «Вилейском ремонтном заводе» – 0,65 мг/м³. Это на 0,34 мг/м³ больше, чем содержание марганца в сварочных аэрозолях на «Зенит-БелОМО», и на 0,27 мг/м³ больше, чем содержание марганца в сварочных аэрозолях на предприятии «Комдор». Содержание остальных нормируемых веществ в воздухе рабочей зоны – оксидов углерода, азота, серы и железа (III) – на рабочих местах сварщиков, работающих на сварочных аппаратах ASEA-250 или ASEA-500, на всех обследованных металлообрабатывающих предприятиях г. Вилейка, – в пределах нормы.

Заключение. На основании проведенного исследования определено, что в целом санитарно-гигиеническое состояние металлообрабатывающих предприятий «Комдор», «Вилейский ремонтный завод» и «Зенит-БелОМО» соответствует требованиям санитарных правил, устанавливающих требования к промышленным предприятиям, связанным с обработкой металла.

Однако содержание марганца в сварочных аэрозолях на рабочих местах сварщиков превышает ПДК_{сс} на всех обследованных предприятиях.

На рабочем месте корректировщика на «Зенит-БелОМО» выявлено превышение нормативов содержания в воздухе рабочей зоны серной кислоты и хлороводорода. Однако подобное возможное превышение учтено в условиях труда корректировщика.

В связи с наличием вредных веществ в воздухе рабочей зоны предприятий «Комдор», «Вилейский ремонтный завод», металлообрабатывающих цехов «Зенит-БелОМО» указанными предприятиями совместно с органами госнадзора разработаны и выполняются мероприятия по улучшению условий труда и снижению вредного воздействия химических веществ. К наиболее эффективным реализуемым на этих предприятиях мероприятиям по снижению воздействия на организм работников вышеназванных вредных производственных факторов и улучшению условий труда относятся обеспечение работающих в условиях содержания в воздухе рабочей зоны вредных веществ молоком или равноценными продуктами, так как молоко и кисломолочные продукты способствуют выведению вредных веществ из организма; обеспечение средствами индивидуальной защиты; наличие и функционирование естественной и механической вентиляции (вытяжной и приточно-вытяжной). Для сварщиков, в частности, имеются специальные сварочные щитки с автономным блоком подачи воздуха. Для работающих в условиях превышения нормативов содержания вредных веществ установлены дополнительные меры защиты: ограничение времени пребывания в вредной среде (сокращенный рабочий день, перемены в работе, дополнительный отпуск), доплаты к заработной плате за вредные условия труда.

На рабочих местах, связанных с обработкой металла, на обследованных предприятиях заняты мужчины, женский труд на работах, связанных с обработкой металла, не используется.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гиндюк, А.В. Современные подходы к гигиенической оценке вредных веществ в воздухе рабочей зоны в Республике Беларусь / А.В. Гиндюк [и др.] // Актуальные проблемы охраны труда и безопасности производства: материалы X Юбил. междунар. науч.-практ. конф., Пермь, 14–15 нояб. 2017 г. / Перм. нац.-иссл. политехн. ун-т. – Пермь, 2017. – С. 199–205.
2. Об утверждении санитарных норм и правил «Требования к контролю воздуха рабочей зоны», гигиенических нормативов «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны», «Ориентировочные безопасные уровни воздействия вредных веществ в воздухе рабочей зоны», «Предельно допустимые уровни загрязнения кожных покровов вредными веществами»: постановление Минздрава Республики Беларусь от 11.10.2017 № 92. – Минск, 2017. – 340 с.
3. СанПин 11.10.2017 № 92. Требования к контролю воздуха рабочей зоны. – Минск: Мин-во здравоохранения, 2017. – 10 с.

REFERENCES

1. Gindyuk A.V. *Materiali X Yubil. Mezhdun. nauch.-prakt. konf. "Aktualniye problemi okhrany truda i bezopasnosti proizvodstva"* Perm, 14–15 noyab. 2017 g. [Proceedings of the 10th Jubilee International Scientific and Practical Conference "Topical Issues of Labor Protection and Production Safety", Perm, November 14–15, 2017], Perm National Research Polytechnic University, Perm, 2017, pp. 199–205.
2. *Ob utverzhdenii Sanitarnykh norm i pravil "Trebovaniya k kontroliu vozdukha rabochei zony". Gigiyenicheskikh normativov "Predelno-dopustimye kontsentratsii vrednykh veshchestv v vozdukhke rabochei zony", "Oriyentirovochniye bezopasniye urovni vozeistviya vrednykh veshchestv v vozdukhke rabochei zony", Predelno-dopustimiy urovni zagriazneniya kozhnykh pokrovovvrednymi veshchestvami"*: Postanovleniye Minzdravookhraneniya Respubliki Belarus ot 11.10.2017 No 92 [On the Approval of Sanitary Norms and Rules "Requirements for Air Control of the Operation Area", Hygienic Standards "Maximum Allowable Concentrations of Harmful Substances in the Air of the Operation Zone", "Estimated Safe Levels of Exposure to Harmful Substances in the Air of the Operation Zone", "Maximum Allowable Levels of Skin Contamination with Harmful Substances": Decree of the Ministry of Health of the Republic of Belarus of October 11, 2017 No. 92], Minsk, 2017, 340 p.
3. *SanPin 11.10.2017 № 92. Trebovaniya k kontroliu vozdukha rabochei zony* [SanPin 10.11.2017 No. 92. Requirements for Air Control of the Operation Area], Minsk: Ministry of Health, 2017, 10 p.

Поступила в редакцию 02.09.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: bystrakou@tut.by – Быстрыков В.П.

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ САЖЕНЦЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Е.Г. Тюлькова

Учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет
потребительской кооперации»

В статье рассматриваются и анализируются в сравнительном аспекте закономерности изменения параметров фотосинтетической активности саженцев древесных растений в условиях воздействия различных концентраций растворов о-ксилола и бенз(а)пирена.

Цель исследования – изучение закономерностей изменения показателей эффективности деятельности фотосинтетического аппарата древесных растений (на примере саженцев березы повислой *Betula pendula* Roth. и тополя пирамидального *Populus pyramidalis* Roz.) в задаваемых условиях эксперимента при воздействии различных доз о-ксилола и бенз(а)пирена. Используемые дозы действующих веществ (по пять для каждого соединения) в эксперименте рассчитывались исходя из установленных для атмосферного воздуха предельно допустимых концентраций токсикантов и составили 0,0002–0,06 мкг/мл для о-ксилола и 0,000005–0,0015 нг/мл для бенз(а)пирена.

Материал и методы. Материал исследования – листовые пластинки одних из наиболее распространенных представителей древесных растений городской среды – березы повислой *Betula pendula* Roth. и тополя пирамидального *Populus pyramidalis* Roz. Параметры флуоресценции хлорофилла а измеряли на флуориметре Dual-PAM 100. Математическую обработку цифрового материала выполняли в Excel.

Результаты и их обсуждение. В результате проведенного эксперимента с использованием метода PAM-флуориметрии с целью оценки воздействия на параметры активности фотосистемы II фотосинтеза саженцев двух видов древесных растений различных доз о-ксилола и бенз(а)пирена в условиях эксперимента установлено, что в случае воздействия растворов о-ксилола максимальные изменения параметров флуоресценции с учетом сравнения экспериментальных саженцев с контролем отмечены у тополя пирамидального через трое суток. Обработка бенз(а)пиреном обусловила максимальные изменения по сравнению с контрольными образцами у березы повислой через одни сутки. При сравнении количественных различий по отношению к контрольным образцам выявлено наиболее сильное влияние растворов о-ксилола в отличие от бенз(а)пирена.

В результате количественной оценки влияния изученных ароматических углеводородов через одни и трое суток получено, что после обработки о-ксилолом флуоресцентные показатели исследуемых саженцев снижались более интенсивно через трое суток эксперимента, тогда как влияние бенз(а)пирена у тополя пирамидального приводило к их снижению уже через одни сутки после воздействия, а у березы повислой – через трое суток. При этом наиболее существенные различия между параметрами, зарегистрированными через одни и трое суток, были характерны для тополя пирамидального, а среди двух использованных соединений наиболее длительно действующим в течение времени эксперимента явился о-ксилол.

Также в процессе исследований были выявлены отличительные особенности кривых кинетики фотохимического (qP) и нефотохимического (qN) тушения опытных и экспериментальных образцов.

Заключение. В результате проведенного эксперимента установлены не только количественные различия параметров флуоресценции хлорофилла а саженцев древесных растений двух видов по сравнению с контролем и с течением времени действия применяемых соединений, но и отличительные особенности кривых кинетики фотохимического (qP) и нефотохимического (qN) тушения опытных и контрольных образцов.

Ключевые слова: саженцы березы повислой *Betula pendula* Roth., саженцы тополя пирамидального *Populus pyramidalis* Roz., о-ксилол, бенз(а)пирен, бутилацетат, хлорофилл а, PAM-флуориметрия.

STUDYING WOODY PLANT SEEDLING PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY PARAMETERS UNDER THE INFLUENCE OF AROMATIC HYDROCARBONS

E.G. Tyulkova

Educational Establishment “Belarusian Trade and Economic University of Consumer Cooperation”

The article discusses and analyzes in a comparative aspect the patterns of changing the parameters of woody plant seedling photosynthetic activity under the influence of o-xylol and benz(a)pyrene solutions of various concentrations.

The objective is to study the patterns of changes in the photochemical activity of woody plant photosynthetic apparatus (using the example of hanging birch *Betula pendula* Roth. and poplar pyramidal *Populus pyramidalis* Roz. seedlings) under specified experimental conditions when exposed

to o-xylol and benz(a)pyrene in various doses. The used doses of active substances (five for each compound) in the experiment were calculated based on the maximum permissible concentrations of toxicants established for atmospheric air and amounted to 0,0002–0,06 mcg/ml for o-xylol and 0,000005–0,0015 ng/ml for benz(a)pyrene.

Material and methods. The object of study is leaf blades of one of the most common representatives of urban environment woody plants – the hanging birch *Betula pendula* Roth. and poplar pyramidal *Populus pyramidalis* Roz. The parameters of chlorophyll a fluorescence were measured on a Dual-PAM 100 fluorimeter. The digital material was mathematically processed using Excel.

Findings and their discussion. As a result of the experiment using the method of PAM fluorimetry in order to assess the effect on the parameters of photosystem 2 photosynthesis of two species of woody plant seedlings of different doses of o-xylol and benz(a)pyrene under the experimental conditions, it was found out that, in the case of exposure to o-xylol solutions, the maximum changes in fluorescence parameters, taking into account the comparison of experimental seedlings with control, were noted in pyramidal poplar after three days. The treatment with benz(a)pyrene caused maximum changes in comparison with the control samples of *Betula pendula* Roth. after one day. When comparing quantitative differences with respect to control samples, the strongest effect of o-xylol solutions was revealed in contrast to benz(a)pyrene.

As a result of a quantitative assessment of the studied aromatic hydrocarbons effect after one and three days, it was obtained that after treatment with o-xylol, the fluorescence indices of the studied seedlings decreased more intensively after three days of the experiment, while the influence of benz(a)pyrene in pyramidal poplar led to their reduction after only one day after exposure, and in *Betula pendula* Roth. – after three days. In this case, the most significant differences between the parameters recorded after one and three days were characteristic of pyramidal poplar, and among the two compounds used, o-xylol was the most long-acting during the experiment time.

Also, in the process of research, distinctive features of the kinetics curves of photochemical (qP) and non-photochemical (qN) quenching of experimental and control samples were revealed.

Conclusion. The experiment revealed not only quantitative differences in the fluorescence parameters of chlorophyll a seedlings of two species of woody plants compared to the control and over time the action of the compounds used, but also the distinctive features of the kinetics curves of photochemical (qP) and non-photochemical (qN) quenching of experimental and control samples.

Key words: seedlings hanging birch *Betula pendula* Roth., seedlings of poplar pyramidal *Populus pyramidalis* Roz., o-xylol, benz(a)pyrene, butyl acetate, chlorophyll a, PAM fluorimetry.

В настоящее время представители группы неметановых летучих органических соединений и их производные относятся к числу одних из наиболее распространенных загрязнителей окружающей среды. При этом важная роль в детоксикации летучих органических веществ в целом и ароматических углеводородов в частности в атмосферном воздухе принадлежит растениям. Однако растения сами подвергаются стрессовому воздействию таких соединений [1–8]. Известно, что фотосинтетический аппарат является одной из наиболее уязвимых и чувствительных систем растительной клетки [1; 4; 8]. Сегодня в литературе недостаточно сведений о механизмах и путях воздействия летучих органических соединений на фотосинтетический аппарат растений, что привлекает интерес исследователей к этой проблеме. Поэтому целью исследований явилось изучение закономерностей изменения показателей фотохимической активности фотосинтетического аппарата древесных растений (на примере саженцев березы повислой *Betula pendula* Roth. и тополя пирамидального *Populus pyramidalis* Roz.) в задаваемых условиях эксперимента при воздействии различных доз о-ксилола и бенз(а)пирена.

Материал и методы. Выбор саженцев березы повислой *Betula pendula* Roth. и тополя пирамидального *Populus pyramidalis* Roz. связан с тем, что они являются одними из наиболее распространенных представителей растений в городских условиях. Использование о-ксилола обусловлено преобладающим количеством этого соединения в выбросах отдельных промышленных предприятий города Гомеля (ОАО «Гомельский завод литья и нормалей») по сравнению с другими загрязняющими веществами. Что касается бенз(а)пирена, то несмотря на невысокое наличие в выбросах предприятий теплоэнергетики (ТЭЦ-2), его применение в эксперименте связано с высокой токсичностью, способностью в небольших количествах вызывать значительный эффект, недостаточной изученностью эффектов влияния и возможностью проведения сравнительной оценки влияния полициклического ароматического углеводорода и одноядерных ароматических углеводородов (о-ксилол) на растительные организмы.

Листовые пластинки древесных саженцев обрабатывали водными растворами углеводородов. Размеры используемых доз углеводородов рассчитывались исходя из установленных для атмосферного воздуха предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ [9]. В соответствии с нормативами ПДК ксилолов в атмосферном воздухе находится 200 мкг/м³; бенз(а)пирена – 5,0 нг/м³. Для о-ксилола использовали величину максимальной разовой ПДК; для бенз(а)пирена – среднесуточную ПДК [9].

В качестве контроля применяли необработанные растения; экспериментальными явились растения, обработанные водными растворами исследуемых соединений в следующих концентрациях: 0,0002–0,06 мкг/мл о-ксилола; 0,000005–0,0015 нг/мл бенз(а)пирена.

Обработка листовых пластинок древесных саженцев осуществлялась путем опрыскивания водными растворами (по 50 мл водного раствора каждой дозы вводимого соединения).

Для оценки фотохимической активности фотосистемы II использовали метод импульсно-модулированной флуоресцентной спектроскопии (PAM, pulse-amplitude modulated fluorometry), позволяющий проводить прижизненную регистрацию кинетической кривой индукции флуоресценции хлорофилла *a*. Параметры флуоресценции хлорофилла *a* измеряли на флуориметре Dual-PAM 100 («Walz», Германия) по методам [10; 11]. Листья предварительно адаптировали к темноте в течение 15 минут. Модулированный с низкой частотой (32 Гц) свет

(650 нм) очень низкой интенсивности (0,04 мкмоль квантов/ м²с) возбуждал флуоресценцию, повышая ее минимальный уровень (F_0). Повышение выхода флуоресценции до уровня F_m инициировали включением света (665 нм) высокой интенсивности (3500 мкмоль квантов/ м²с). Параметры флуоресценции измеряли с использованием актиничного света (120 мкмоль квантов/ м²с) и рассчитывали по формулам 1–6:

$$\frac{F_v}{F_m} = \frac{F_m - F_0}{F_m}, \quad (1)$$

$$F_v = F_m - F_0, \quad (2)$$

$$Y(II) = \frac{F'_m - F}{F'_m}, \quad (3)$$

$$qP = \frac{F'_m - F}{F'_m - F_0}, \quad (4)$$

$$qN = \frac{F_m - F'_m}{F_m - F_0}, \quad (5)$$

$$qL = qP \times \frac{F_0}{F}, \quad (6)$$

где F_0 и F'_0 – минимальный уровень флуоресценции хлорофилла *a* в листьях, адаптированных к темноте и свету, соответственно; F_v – вариабельная флуоресценция хлорофилла *a*; F_m и F'_m – максимальный уровень флуоресценции хлорофилла *a* в листьях, адаптированных к темноте и свету, соответственно; F – выход флуоресценции на фоне действия модулированного и актиничного света, $\frac{F_v}{F_m}$ – потенциальный квантовый выход фотохи-

мических реакций фотосистемы II; $Y(II)$ – эффективный квантовый выход фотохимических реакций фотосистемы II; qP и qN – фотохимическое и нефотохимическое тушение флуоресценции хлорофилла *a* соответственно; qL – параметр, отражающий степень открытости реакционных центров фотосистемы II.

Скорость нециклического электронного транспорта рассчитывали по формуле 7:

$$ETR = Y(II) \times PAR \times c \times 0,5, \quad (7)$$

где $Y(II)$ – эффективный квантовый выход фотохимических реакций фотосистемы II; PAR – интенсивность света (мкмоль квантов/м² с); c – часть абсорбированного света (обычно 0,84); 0,5 – часть фотосинтетически активной радиации, приходящейся на фотосистему II [12].

Достоверность различий между параметрами флуоресценции хлорофилла *a* в экспериментальных и контрольных пробах оценивали с помощью дисперсионного анализа. Математическую обработку цифрового материала выполняли с помощью *M. Excel*.

С целью проведения сравнительной количественной оценки изменений параметров флуоресценции хлорофилла *a* древесных саженцев проводили вычисление среднего значения разности изучаемых параметров в начале и конце эксперимента в экспериментальных образцах при обработке каждым из использованных соединений, а также среднего значения разности изучаемых параметров в контрольных и экспериментальных образцах.

Результаты и их обсуждение. Результаты определения параметров флуоресценции хлорофилла *a* древесных саженцев свидетельствуют о том, что обработка о-ксилолом и бенз(а)пиреном экспериментальных образцов явилась причиной разнонаправленных изменений по сравнению с контрольными пробами (табл. 1–4, рис. 1–2).

**Параметры флуоресценции хлорофилла *a* саженцев березы повислой *Betula pendula* Roth.
в условиях эксперимента после обработки о-ксилолом**

Концентрация раствора о-ксилола, мкг/мл	Параметры флуоресценции хлорофилла <i>a</i>					
	$\frac{F_v}{F_m}$	$Y(II)$	$ETR(II)$	qN	qP	qL
через одни сутки после обработки						
контроль	0,609±0,025	0,682±0,030	19,5±0,8	0,226±0,010	0,882±0,030	0,629±0,021
0,0002	0,618±0,021*	0,630±0,021*	18,0±0,5*	0,396±0,014*	0,882±0,024	0,680±0,018*
0,01	0,631±0,012*	0,569±0,018*	16,2±0,6*	0,375±0,012*	0,829±0,031*	0,603±0,025*
0,02	0,653±0,030*	0,640±0,013*	18,3±0,4*	0,179±0,008*	0,826±0,021*	0,515±0,017*
0,04	0,671±0,014*	0,627±0,011*	17,9±0,7*	0,309±0,10*	0,815±0,030*	0,502±0,019*
0,06	0,665±0,022*	0,500±0,015*	14,3±0,5*	0,441±0,017*	0,725±0,015*	0,449±0,013*
через трое суток после обработки						
контроль	0,608±0,027	0,652±0,023	18,6±0,7	0,273±0,010	0,875±0,032	0,640±0,012
0,0002	0,639±0,030*	0,611±0,025*	17,5±0,8*	0,351±0,015*	0,822±0,031*	0,542±0,017*
0,01	0,717±0,025*	0,626±0,020*	17,9±0,7*	0,341±0,010*	0,809±0,030*	0,490±0,015*
0,02	0,684±0,028*	0,599±0,027*	17,1±0,5*	0,404±0,010*	0,795±0,025*	0,491±0,020*
0,04	0,627±0,015*	0,601±0,10*	17,2±0,4*	0,235±0,08*	0,785±0,024*	0,460±0,020*
0,06	0,677±0,031*	0,459±0,015*	13,1±0,4*	0,583±0,019*	0,676±0,024*	0,400±0,015*

Примечание. Здесь и далее в табл. 2–4: F_v / F_m – потенциальный квантовый выход фотохимических реакций фотосистемы II; $Y(II)$ – эффективный квантовый выход фотохимических реакций фотосистемы II; $ETR(II)$ – скорость фотосинтетического электронного транспорта; qN и qP – нефотохимическое и фотохимическое тушение флуоресценции; qL – количество открытых реакционных центров.

Здесь и далее в табл. 2–4 достоверные значения параметров флуоресценции хлорофилла *a* при $p \leq 0,05$ обозначены *.

В настоящее время известно, что энергия солнечного света, поглощаемая фотосинтетическим аппаратом листа, расходуется в следующих направлениях: в процессе фотосинтеза (фотохимическое тушение qP), на нефотохимическое тушение (переход в тепло qN) и испускание в виде кванта света (флуоресценция F). Влияние неблагоприятных условий роста и развития может воздействовать на характеристики активности фотосистемы II фотосинтеза, и значение потенциального квантового выхода фотохимических реакций может снижаться в неблагоприятных условиях среды произрастания растения [1]. В наших исследованиях величина потенциального квантового выхода после обработки всеми дозами раствора о-ксилола саженцев березы повислой не снижалась, а наоборот, несколько увеличивалась в течение всего времени эксперимента по сравнению с контролем: в 1,01–1,09 раза через одни сутки после обработки и в 1,05–1,11 раза через трое суток (диапазон изменений определяли с учетом различий между минимальной дозой и контролем, а также максимальной дозой и контролем). У тополя пирамидального потенциальный квантовый выход фотохимических реакций снижался на протяжении периода эксперимента (табл. 2): в 1,03–1,14 раза через одни сутки и в 1,11–1,26 раза через трое суток, т.е. изменения этого параметра носили более резкий характер и различались у разных видов древесных растений.

Эффективный квантовый выход $Y(II)$, характеризующий активность фотосинтетического аппарата в реальных условиях, в отличие от потенциального квантового выхода снижался во всех вариантах у исследуемых саженцев: у березы повислой – в 1,08–1,37 раза через одни сутки после обработки и в 1,07–1,42 раза через трое суток. У тополя пирамидального снижение эффективного квантового выхода было более значительным и составило через 1 сутки 1,05–1,47 раза, а через трое суток – 1,12–1,62 раза. Направление изменения величины скорости фотохимического электронного транспорта $ETR(II)$ носило тот же характер, что и эффективного квантового выхода $Y(II)$: у березы повислой наблюдалось снижение в 1,09–1,37 раза через одни сутки после обработки и в 1,07–1,42 раза через трое суток; у тополя пирамидального – в 1,05–1,47 раза через одни сутки и в 1,12–1,63 раза через трое суток. Нефототоксическое тушение флуоресценции хлорофилла *a* (qN) под влиянием о-ксилола возрастало практически во всех вариантах в течение эксперимента, причем наиболее резко у тополя пирамидального: в 1,47–3,74 раза через одни сутки и в 3,31 раза через трое суток после обработки максимальной дозой. Фотохимическое тушение флуоресценции хлорофилла *a* (qP) и количество открытых реакционных центров (qL) снижались с закономерностью, аналогичной эффективному квантовому выходу $Y(II)$ и скорости фотохимического электронного транспорта $ETR(II)$. При этом через одни сутки после воздействия фотохимическое тушение флуоресценции хлорофилла *a* (qP) и количество

открытых реакционных центров (qL) в листьях березы повислой снижались менее интенсивно по сравнению с тополем пирамидальным, тогда как через трое суток влияние раствора о-ксилола в максимальной дозе на фотосинтетический аппарат березы повислой усилилось.

Таблица 2

Параметры флуоресценции хлорофилла a саженцев тополя пирамидального *Populus pyramidalis* Roz. в условиях эксперимента после обработки о-ксилолом

Концентрация раствора о-ксилола, мкг/мл	Параметры флуоресценции хлорофилла a					
	$\frac{F_v}{F_m}$	γ (II)	ETR (II)	qN	qP	qL
через одни сутки после обработки						
контроль	0,786±0,030	0,736±0,025	21,0±0,9	0,127±0,004	0,931±0,037	0,738±0,027
0,0002	0,764±0,025*	0,703±0,025*	20,1±0,8*	0,187±0,008*	0,894±0,035*	0,643±0,022*
0,01	0,647±0,014*	0,671±0,024*	19,2±0,7*	0,332±0,017*	0,881±0,034*	0,639±0,030*
0,02	0,693±0,018*	0,548±0,017*	15,7±0,6*	0,477±0,020*	0,779±0,029*	0,510±0,015*
0,04	0,694±0,026*	0,524±0,018*	15,0±0,5*	0,441±0,012*	0,750±0,028*	0,474±0,014*
0,06	0,689±0,027*	0,501±0,015*	14,3±0,4*	0,473±0,019*	0,716±0,029*	0,431±0,019*
через трое суток после обработки						
контроль	0,784±0,029	0,742±0,027	21,2±0,8	0,172±0,008	0,934±0,030	0,743±0,027
0,0002	0,710±0,025*	0,666±0,023*	19,0±0,7*	0,160±0,004*	0,865±0,025*	0,595±0,029*
0,01	0,744±0,027*	0,671±0,024*	19,2±0,6*	0,169±0,005*	0,861±0,033*	0,578±0,021*
0,02	0,714±0,030*	0,559±0,025*	16,0±0,7*	0,343±0,010*	0,772±0,027*	0,483±0,015*
0,04	0,754±0,028*	0,596±0,029*	17,0±0,8*	0,131±0,008*	0,762±0,029*	0,412±0,018*
0,06	0,621±0,021*	0,458±0,020*	13,1±0,5*	0,569±0,018*	0,735±0,028*	0,512±0,014*

Бенз(а)пирен в эксперименте с древесными саженцами явился причиной роста величины потенциального квантового выхода фотохимических реакций $\frac{F_v}{F_m}$ у березы повислой (в 1,02–1,06 раза через одни сутки и в 1,12–1,13 раза через трое суток), причем, несмотря на более высокую токсичность бенз(а)пирена, рост потенциального квантового выхода в количественном выражении был практически аналогичным влиянию о-ксилола (табл. 3).

Таблица 3

Параметры флуоресценции хлорофилла a саженцев березы повислой *Betula pendula* Roth. в условиях эксперимента после обработки бенз(а)пиреном

Концентрация раствора бенз(а)пирена, нг/мл	Параметры флуоресценции хлорофилла a					
	$\frac{F_v}{F_m}$	γ (II)	ETR (II)	qN	qP	qL
через одни сутки после обработки						
контроль	0,609±0,025	0,682±0,030	19,5±0,8	0,226±0,010	0,882±0,030	0,629±0,021
0,000005	0,620±0,021*	0,663±0,020*	18,9±0,4*	0,329±0,015*	0,889±0,025*	0,670±0,024*
0,00025	0,656±0,023*	0,652±0,014*	18,6±0,7*	0,237±0,012*	0,845±0,024*	0,556±0,021*
0,0005	0,664±0,025*	0,656±0,002*	18,7±0,3*	0,212±0,011*	0,832±0,012*	0,511±0,015*
0,001	0,660±0,025*	0,604±0,025*	17,3±0,5*	0,388±0,014*	0,807±0,030*	0,512±0,024*
0,0015	0,648±0,012*	0,512±0,015*	14,6±0,6*	0,449±0,012*	0,746±0,027*	0,480±0,017*
через трое суток после обработки						
контроль	0,608±0,027	0,652±0,023	18,6±0,7	0,273±0,010	0,875±0,032	0,640±0,012
0,000005	0,681±0,012*	0,682±0,021*	19,5±0,8*	0,152±0,007*	0,863±0,025*	0,570±0,025*
0,00025	0,665±0,023*	0,567±0,022*	16,2±0,4*	0,348±0,015*	0,788±0,035*	0,512±0,014*
0,0005	0,705±0,024*	0,608±0,028*	17,4±0,6*	0,297±0,012*	0,785±0,034*	0,453±0,016*
0,001	0,636±0,028*	0,571±0,016*	16,3±0,8*	0,255±0,010*	0,770±0,035*	0,466±0,013*
0,0015	0,688±0,024*	0,571±0,017*	16,3±0,6*	0,424±0,018*	0,769±0,029*	0,462±0,018*

У тополя пірамідального потенціальний квантовий вихід фотохімічних реакцій знижалося на протязі періода експерименту (табл. 4): в 1,05–1,51 рази через одні сутки і в 1,19 рази через трое суток в максимальній дозі, т.е. через одні сутки після обробки зниження було більш інтенсивним по порівнянню з о-ксилолом.

Таблиця 4

**Параметри флуоресценції хлорофілла *a* саджанців тополя пірамідального
Populus pyramidalis Roz. в умовах експерименту після обробки бенз(а)пиреном**

Концентрація раствору бенз(а)пи- рена, нг/мл	Параметри флуоресценції хлорофілла <i>a</i>					
	$\frac{F_v}{F_m}$	$Y (II)$	$ETR (II)$	qN	qP	qL
через одні сутки після обробки						
контроль	0,786±0,030	0,736±0,025	21,0±0,9	0,127±0,004	0,931±0,037	0,738±0,027
0,000005	0,747±0,025*	0,713±0,026*	20,4±0,7*	0,181±0,009*	0,910±0,026*	0,687±0,015*
0,00025	0,722±0,018*	0,654±0,023*	18,7±0,5*	0,243±0,012*	0,867±0,025*	0,615±0,016*
0,0005	0,742±0,027*	0,565±0,020*	31,1±0,6*	0,620±0,021*	0,823±0,038*	0,593±0,025*
0,001	0,600±0,021*	0,388±0,015*	11,1±0,4*	0,611±0,028*	0,645±0,030*	0,421±0,015*
0,0015	0,519±0,010*	0,312±0,012*	8,9±0,3*	0,535±0,025*	0,605±0,025*	0,426±0,017*
через трое суток після обробки						
контроль	0,784±0,029	0,742±0,027	21,2±0,8	0,172±0,008	0,934±0,030	0,743±0,027
0,000005	0,786±0,035*	0,740±0,024*	21,1±0,9	0,155±0,007*	0,928±0,034*	0,725±0,026*
0,00025	0,755±0,028*	0,704±0,015*	20,1±0,8*	0,130±0,006*	0,900±0,025*	0,664±0,030*
0,0005	0,734±0,026*	0,702±0,026*	20,1±0,7*	0,168±0,005*	0,899±0,023*	0,663±0,024*
0,001	0,705±0,015*	0,678±0,017*	19,4±0,5*	0,326±0,010*	0,855±0,029*	0,549±0,020*
0,0015	0,657±0,023*	0,530±0,018*	15,2±0,7*	0,417±0,018*	0,782±0,030*	0,536±0,018*

Ефективний квантовий вихід фотохімічних реакцій $Y (II)$ і швидкість електронного транспорту $ETR (II)$ в експерименті з саджанцями берези повислої за виключенням мінімальної дози впливу бенз(а)пирена через трое суток характеризувалися рівним зниженням величин по порівнянню з контролем; в опиті з тополем пірамідальним – також зниженням значень, однак більш активним по порівнянню з березою повислої: у берези повислої – в 1,03–1,33 рази через одні сутки, в 1,14 рази – через трое суток; у тополя пірамідального – в 1,03–2,37 рази через одні сутки, в 1,40 рази – через трое суток.

Нефотохімічне тушення флуоресценції хлорофілла *a* (qN) під впливом бенз(а)пирена зростало практично в усіх варіантах в часі експерименту, за виключенням мінімальної дози впливу, причому найбільш різко у тополя пірамідального: в 1,43–4,23 рази через одні сутки і в 2,42 рази через трое суток після обробки максимальною дозою; у берези повислої – в 1,46–1,99 рази через одні сутки, в 1,55 рази – через трое суток.

Фотохімічне тушення флуоресценції хлорофілла *a* (qP) і кількість відкритих реакційних центрів (qL) у тополя пірамідального знижалося більш сильно по порівнянню з березою повислої через одні сутки (крім мінімальної дози у берези повислої): в 1,18–1,31 рази (береза повисла), в 1,54–1,73 рази (тополь пірамідальний); через трое суток – в 1,12–1,38 рази (береза повисла), в 1,19–1,39 рази (тополь пірамідальний), т.е. у берези повислої зниження цих параметрів посилювалося, а у тополя пірамідального вплив бенз(а)пирена було виражено слабше.

Достовірність відмінностей між параметрами флуоресценції хлорофілла *a* листових пластинок експериментальних і контрольних саджанців деревних рослин оцінювали з допомогою дисперсійного аналізу.

Результати дисперсійного аналізу комплексів, включаючих параметри флуоресценції хлорофілла *a* при кожній вводимій дозі вуглеводорода через 1 і 3 сутки після обробки і контролю, дозволили установити достовірність їх змін ($F_{\text{факт.}} = 22,15 \div 256,91$ для берези повислої; $F_{\text{факт.}} = 11,36 \div 521,18$ для тополя пірамідального; $F_{\text{крит.}} (1, 6) = 5,99$ при $p \leq 0,05$). Виключення склали наступні недостовірні відмінності вивчених параметрів між контролем і експериментальною пробою: через одні сутки фотохімічне тушення флуоресценції qP при обробці 0,0002 мкг/мл розчином о-ксилола саджанців берези повислої; швидкість електронного транспорту $ETR (II)$ при обробці 0,000005 нг/мл бенз(а)пиреном саджанців тополя пірамідального через трое суток.

Сравнение комплексов дисперсий параметров флуоресценции хлорофилла *a* через 1 и 3 суток в эксперименте позволило установить достоверность их изменений с течением времени действия органических соединений без учета контрольных проб ($F_{\text{фактич.}} = 6,73 \div 257,15$ для березы повислой; $F_{\text{фактич.}} = 7,32 \div 418,82$ для тополя пирамидального; $F_{\text{критич.}} (1, 6) = 5,99$ при $p \leq 0,05$). Исключение составил у березы повислой эффективный квантовый выход $Y(II)$ при обработке растворами бенз(а)пирена 0,000005 нг/мл и 0,0005 нг/мл через одни и трое суток, скорость электронного транспорта $ETR(II)$ при обработке раствором бенз(а)пирена 0,0005 нг/мл через одни и трое суток; у тополя пирамидального – эффективный квантовый выход $Y(II)$ и скорость электронного транспорта $ETR(II)$ при обработке раствором о-ксилола 0,01 мкг/мл через одни и трое суток, изменение которых в течение времени эксперимента носило недостоверный характер.

С целью проведения количественной оценки влияния использованных ароматических углеводов нами был проведен расчет различий параметров флуоресценции в листьях саженцев древесных растений между контрольными и экспериментальными значениями, а также между пробами, измеренными через одни и трое суток после обработки.

В результате количественной оценки влияния всех доз изученных ароматических углеводов на параметры флуоресценции хлорофилла *a* экспериментальных саженцев древесных растений по сравнению с контролем получено, что после обработки раствором о-ксилола исследуемые флуоресцентные показатели листовых пластинок березы повислой в целом снижались более интенсивно через одни сутки после воздействия, а тополя пирамидального – через трое суток (рис. 1). При этом максимальные изменения по сравнению с контрольными образцами были характерны для тополя пирамидального через трое суток эксперимента с о-ксилолом.

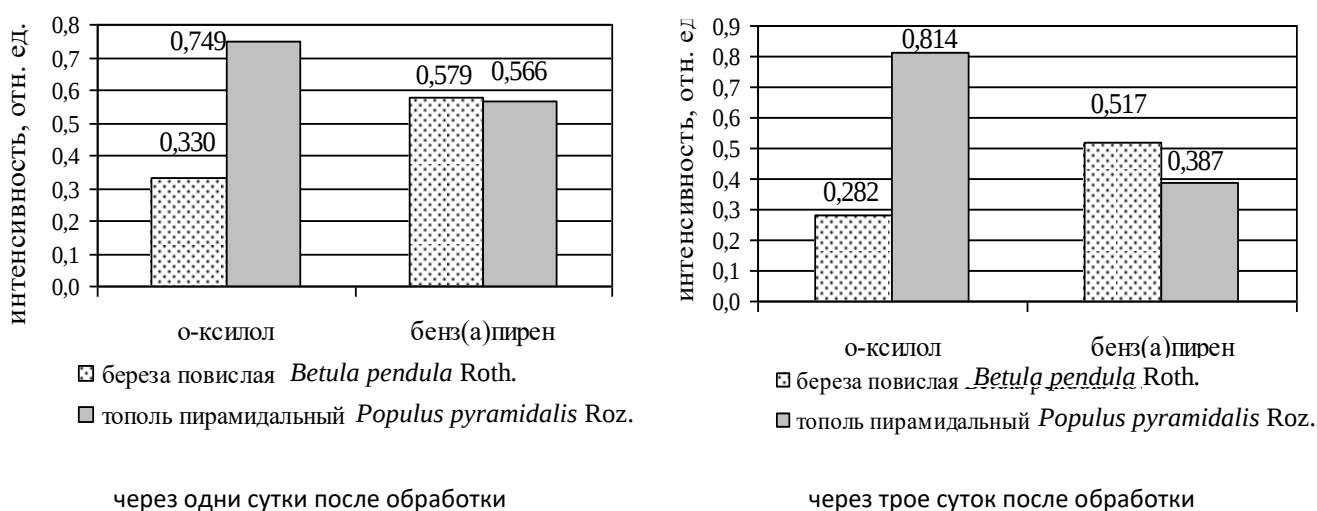


Рис. 1. Изменение параметров флуоресценции хлорофилла *a* в листьях саженцев древесных растений по сравнению с контролем

Применение раствора бенз(а)пирена привело к тому, что флуоресцентные показатели в листовых пластинках березы повислой и тополя пирамидального в целом снижались более интенсивно по сравнению с контрольными пробами через одни сутки после воздействия, тогда как через трое суток опыта воздействие бенз(а)пирена ослабевало, причем у тополя пирамидального более интенсивно по сравнению с березой повислой. Максимальные изменения по сравнению с контрольными образцами при воздействии бенз(а)пирена были характерны для березы повислой через одни сутки. В целом с учетом сравнения экспериментальных саженцев древесных растений, обработанных о-ксилолом и бенз(а)пиреном, с контролем максимальные изменения параметров флуоресценции отмечены для растворов о-ксилола.

В результате количественной оценки влияния изученных ароматических углеводов на параметры флуоресценции хлорофилла *a* экспериментальных саженцев древесных растений через одни и трое суток получено, что после обработки о-ксилолом флуоресцентные показатели исследуемых саженцев снижались более интенсивно через трое суток эксперимента, тогда как влияние бенз(а)пирена у тополя пирамидального приводило к их снижению уже через одни сутки после воздействия, а у березы повислой – через трое суток (рис. 2).

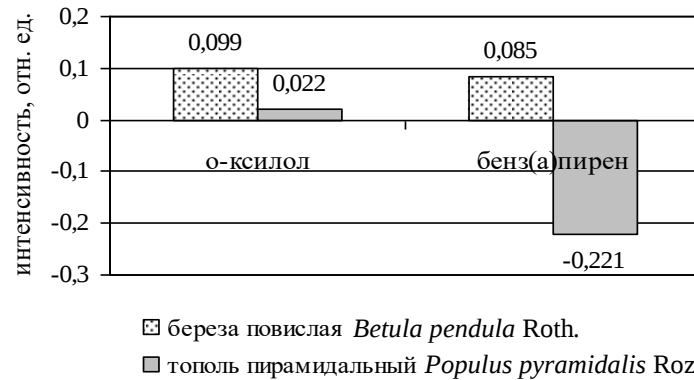


Рис. 2. Изменение параметров флуоресценции хлорофилла *a* в листьях саженцев древесных растений за период эксперимента (одни–трое суток)

При этом наиболее существенные различия между параметрами, зарегистрированными через одни и трое суток, были характерны для тополя пирамидального. В целом с учетом сравнения экспериментальных саженцев древесных растений в течение времени опыта максимальные изменения параметров флуоресценции отмечены в случае использования растворов бенз(а)пирена.

Широко применяемыми параметрами для анализа особенностей функционирования фотосистемы II фотосинтеза являются фотохимическое (qP) и нефотохимическое (qN) тушения флуоресценции хлорофилла *a*. В этой связи интерес представляют графики кинетики параметров qP и qN при импульсной модуляции освещения у контрольных саженцев и образцов, подвергнутых обработке (рис. 3).

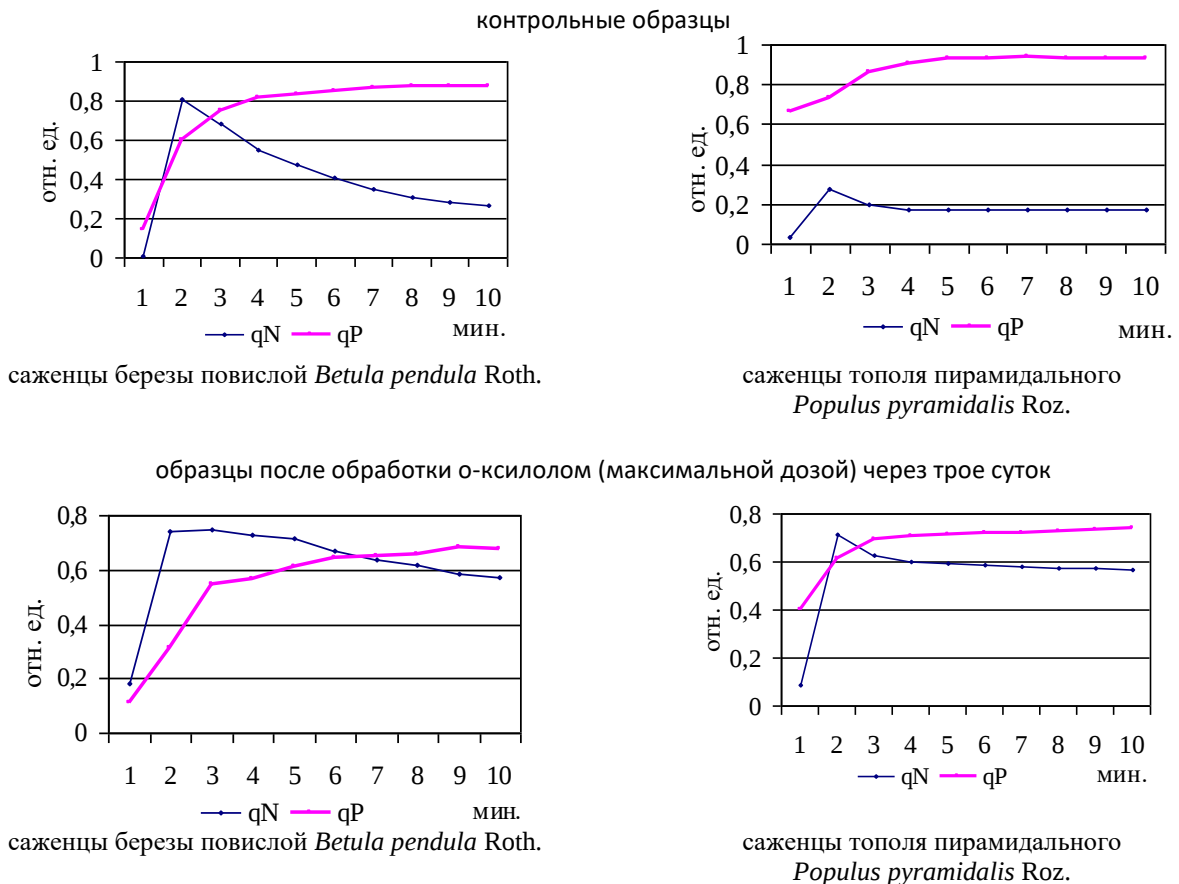


Рис. 3. Кинетика фотохимического (qP) и нефотохимического (qN) тушения флуоресценции хлорофилла *a* в листьях саженцев древесных растений (контрольных и после обработки максимальной дозой о-ксилола через трое суток)

Характер кривых фотохимического (qP) и нефотохимического (qN) тушения флуоресценции хлорофилла a в листьях саженцев, несмотря на сходные тенденции изменения количественных параметров в условиях опыта по сравнению с контролем, различался у березы повислой и тополя пирамидального. Это проявлялось в том, что у березы повислой в контроле величина qP возрастала, а значение qN снижалось достаточно быстро при освещении листовых пластинок после их пребывания в темноте, тогда как в опытных образцах кинетика изменения параметров фотохимического (qP) и нефотохимического (qN) тушения флуоресценции была более медленной по сравнению с контролем. Ответная реакция тополя пирамидального как в контрольных, так и в опытных образцах имела другой вид. Это выражалось в отсутствии точек пересечения кривых qP и qN в контроле, тогда как в опыте на начальных этапах освещения листовых пластинок после темноты наблюдались достаточно быстрое достижение qP и qN определенных уровней и дальнейшее их стремление к итоговым величинам, при нахождении в течение оставшегося времени в области этих уровней. Также отмечались различия между характером кривых фотохимического (qP) и нефотохимического (qN) тушения флуоресценции хлорофилла a в листьях саженцев в случае с растворами бенз(а)пирена. Следует отметить, что поскольку расход поглощенной световой энергии в процессе фотосинтеза предусматривает кроме этих двух параметров еще испускание ее в виде кванта света (флуоресценция F), то в дальнейших исследованиях нами будет проведен сравнительный анализ кинетики кривых минимальной и максимальной флуоресценции хлорофилла a у различных видов древесных саженцев.

Таким образом, в результате проведенного эксперимента были выявлены не только количественные различия параметров флуоресценции хлорофилла a саженцев древесных растений двух видов по сравнению с контролем и с течением времени действия используемых соединений, но и отличительные особенности кривых кинетики фотохимического (qP) и нефотохимического (qN) тушения опытных и контрольных образцов.

Заключение. В результате проведенного эксперимента с применением метода РАМ-флуориметрии с целью оценки воздействия на параметры активности фотосистемы II фотосинтеза саженцев двух видов древесных растений различных доз о-ксилола и бенз(а)пирена в условиях эксперимента установлено, что в случае воздействия растворов о-ксилола максимальные изменения параметров флуоресценции с учетом сравнения экспериментальных саженцев с контролем отмечены у тополя пирамидального через трое суток. Обработка бенз(а)пиреном обусловила максимальные изменения по сравнению с контрольными образцами у березы повислой через одни сутки. При сравнении количественных различий по отношению к контрольным образцам выявлено наиболее сильное влияние растворов о-ксилола в отличие от бенз(а)пирена.

В результате количественной оценки влияния изученных ароматических углеводородов через одни и трое суток получено, что после обработки о-ксилолом флуоресцентные показатели исследуемых саженцев снижались более интенсивно через трое суток эксперимента, тогда как влияние бенз(а)пирена у тополя пирамидального приводило к их снижению уже через одни сутки после воздействия, а у березы повислой – через трое суток. При этом наиболее существенные различия между параметрами, зарегистрированными через одни и трое суток, были характерны для тополя пирамидального, а среди двух использованных соединений наиболее длительно действующим в течение времени эксперимента явился о-ксилол.

Также в процессе исследований установлены отличительные особенности кривых кинетики фотохимического (qP) и нефотохимического (qN) тушения опытных и контрольных образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кабашникова, Л.Ф. Фотосинтетический аппарат и потенциал продуктивности хлебных злаков / Л.Ф. Кабашникова. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 327 с.
2. Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния / Н.С. Касимов [и др.]. – М.: ИП Филимонов М.В., 2014. – 560 с.
3. Сергейчик, С.А. Влияние формальдегида (НСНО) на флуоресценцию хлорофилла, содержание фотосинтетических пигментов, белков и активность пероксидазы древесных растений / С.А. Сергейчик // Экологический вестник. – 2012. – № 1. – С. 16–24.
4. Изучение параметров флуоресценции хлорофилла древесных растений в условиях различной транспортной нагрузки / М.Ю. Алиева [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – № 1(3). – С. 701–704.
5. Исследование фотосинтетической активности растений в зависимости от высотного градиента / Е.В. Пиняскина [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. – № 3(2). – С. 762–764.
6. Орехов, Д.И. Изучение параметров флуоресценции хлорофилла в листьях древесных растений, растущих в условиях г. Москвы / Д.И. Орехов, Ю.П. Козлов // Вестник РУДН. – 2010. – № 4. – С. 23–28.
7. Пиняскина, Е.В. Изучение параметров фотосинтетической активности растений в зависимости от вертикальной поясности / Е.В. Пиняскина, А.Т. Мамаев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – № 1(3). – С. 788–791.
8. Ланкин, А.В. Механизмы токсического действия полициклических ароматических углеводородов на фотосинтетический аппарат: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.01.05 / А.В. Ланкин; Ин-т физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН. – М., 2016. – 22 с.
9. Постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь «Об утверждении и введении в действие нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и ориентировочно безопасных уровней воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест массового отдыха населения» от 08.11.2016 № 113.
10. Krause, G.N. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. Ann. Rev. / G.N. Krause, E. Wels // Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 1991. – Vol. 42. – P. 313–349.

11. Rochacek, K. Technique of the modulated chlorophyll fluorescence: basic concepts, useful parameters and some application / K. Rochacek, M. Bartak // *Photosynthetica*. – 1999. – Vol. 37. – P. 339–363.
12. Korneev, D.Ju. Informacionnie vozmozhnosti metoda induktsii fluorescencii (Information capabilities of the fluorescence induction method) / D.Ju. Korneev. – Kiev: «Albatros», 2002. – 188 p.

REFERENCES

1. Kabashnikova L.F. *Fotosinteticheski apparat i potentsial produktivnosti khlebnykh zlakov* [Photosynthetic Apparatus and the Productivity Potential of Cereals], Minsk, Belarus. navuka, 2011, 327 p.
2. Kasimov N.S. *Regiony i goroda Rossii: integralnaya otsenka ekologicheskogo sostoyaniya* [Regions and Cities of Russia: an Integrated Assessment of the Ecological State], M.: IP Filimonov M.V., 2014, 560 p.
3. Sergeychik S.A. *Ekologicheski vestnik* [Ecological Bulletin], 2012, 1, pp. 16–24.
4. Aliyeva M.Yu. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2014, 1(3), pp. 701–704.
5. Pinyaskina E.V. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2013, 3(2), pp. 762–764.
6. Orekhov D.I., Kozlov Yu.P. *Vestnik RUDN* [Bulletin of the Russian Peoples' Friendship University], 2010, 4, pp. 23–28.
7. Pinyaskina E.V., Mamayev A.T. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2014, 1(3), pp. 788–791.
8. Lankin A.V. *Mekhanizmy toksicheskogo deistviya politsiklicheskikh aromatischeskikh uglevodorodov na fotosinteticheski apparat: avtoref. diss. ... kand. biol. nauk: 03.01.05* [Mechanisms of the Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Toxic Effect on the Photosynthetic Apparatus: PhD (Biology) Dissertation Abstract], Institute of Plant Physiology of RAS, Moscow, 2016, 22 p.
9. *Postanovleniye Ministerstva zdravoohraneniya Respubliki Belarus "Ob utverzhdenii i vvedenii v deistviye normativov predelno dopustimyykh kontsentratsii zagriazniyushchikh veshchestv v atmosfernom vozdukh i orientirovochno bezopasnykh urovnei vozdeistviya zagriazniyushchikh veshchestv v atmosfernom vozdukh naseleennykh punktov i mest massovogo otdykha naseleniya" ot 08.11.2016 № 113* [Decree of the Republic of Belarus Health Ministry "On the Approval and Enactment of Standards for Maximum Permissible Concentrations of Pollutants in the Air and Tentatively Safe Levels of Exposure to Pollutants in the Air of Settlements and Places of Public Recreation" of 08.11.2016 № 113].
10. Krause, G.N. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. *Ann. Rev.* / G.N. Krause, E. Wels // *Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* – 1991. – Vol. 42. – P. 313–349.
11. Rochacek, K. Technique of the modulated chlorophyll fluorescence: basic concepts, useful parameters and some application / K. Rochacek, M. Bartak // *Photosynthetica*. – 1999. – Vol. 37. – P. 339–363.
12. Korneev, D.Ju. Informacionnie vozmozhnosti metoda induktsii fluorescencii (Information capabilities of the fluorescence induction method) / D.Ju. Korneev. – Kiev: «Albatros», 2002. – 188 p.

Поступила в редакцию 02.09.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: tut-3@mail.ru – Тюлькова Е.Г.

УСТАНОВЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*Pinus sylvestris* L.) ПО СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ В БИК-ДИАПАЗОНЕ

А.Н. Хох*, В.Б. Звягинцев**

*Государственное учреждение «Научно-практический центр Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь»

**Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»

В представленной статье сделана попытка оценить потенциал метода молекулярной спектроскопии в ближней ИК-области для установления территориальной принадлежности сосновых лесоматериалов.

Цель исследования – разработать подходы для дифференциации образцов древесины *Pinus sylvestris* L. из разных мест Республики Беларусь.

Материал и методы. Для эксперимента были использованы буровые керны с 12 временных пробных площадей, заложенных в 2015–2016 гг. на территории Могилевской области в рамках выполнения задания 3.2.01 «Разработка новых подходов к судебно-экспертному исследованию объектов растительного происхождения» по государственной программе научных исследований «Научное обеспечение судебно-экспертной деятельности и защиты от чрезвычайных ситуаций». Исследования были проведены с помощью портативного БИК-спектрометра MicroNIR компании «VIAVI».

Результаты и их обсуждение. Показано, что БИК-спектры всех изученных образцов имеют схожий вид, однако применение хемометрических алгоритмов анализа позволяет осуществить их дифференциацию. С учетом скорректированных данных с использованием специализированного программного обеспечения The Unscrambler X Lite (CAMO, США) методом главных компонент построены предсказательные классификационные модели (выделено 8 однородных групп).

Заключение. Метод молекулярной спектроскопии в ближней ИК-области в сочетании со статистическими методами анализа многофакторных зависимостей может эффективно применяться для решения задач, связанных с установлением места произрастания древесины сосны. Однако для правильной интерпретации полученных результатов требуется корректная предварительная обработка спектрометрических данных.

Ключевые слова: древесина, ИК-спектроскопия в ближней области, место произрастания, хемометрические алгоритмы, метод главных компонент.

THE ESTABLISHMENT OF SCOTS PINE (*Pinus sylvestris* L.) GEORGAPHIC ORIGIN ACCORDING TO SPECTROMETRIC PARAMETERS IN THE NIR RANGE

A.N. Khokh*, V.B. Zvyagintsev**

*State Institution "Scientific and Practical Center
of the State Forensic Examination Committee of the Republic of Belarus"

**Educational Establishment "Belarusian State Technological University"

In the presented work, we have tried to estimate the potential of the method of near-infrared molecular spectroscopy to identify the territorial belonging of pine tree material.

The purpose of this work is to develop the approaches for the differentiation of wood samples of *Pinus sylvestris* L. from different places of the Republic of Belarus.

Material and methods. The experiment used drill cores from 12 temporary sample plots founded in 2015–2016 in the territory of Mogilev Region in the framework of the task 3.2.01 "The development of new approaches to the forensic investigation of objects of vegetable origin" under the state program of scientific researches "The scientific support of forensic activity and protection from emergencies". The studies were conducted using a MicroNIR portable NIR VIAVI spectrometer.

Findings and their discussion. It was shown that the NIR spectra of all the samples studied have a similar appearance, however the use of chemometric analysis algorithms allows their differentiation. Taking into account the adjusted data, predictive classification models were built using the method of principal components on the specialized software The Unscrambler X Lite (CAMO, USA) (8 homogeneous groups were selected).

Conclusion. The method of near-infrared molecular spectroscopy, in combination with statistical methods for analyzing multifactorial dependencies, can be efficiently used to solve problems related to the identification of the pine growing area. However, a key requirement for the correct interpretation of the findings is the adequate preliminary processing of spectrometric data.

Key words: wood, near infrared spectroscopy, growth place, chemometric algorithms, principal component analysis.

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) – самая распространенная лесообразующая порода в Республике Беларусь. В силу высокого качества древесины и хорошей транспортной доступности сосновые леса являются частым объектом правонарушений в области лесного законодательства, в том числе незаконных рубок леса. При их расследовании в ряде случаев возникает необходимость установить местность произрастания дерева и/или отождествить локальный участок, на котором оно выросло. Во всем мире эти вопросы не являются до конца решенными, несмотря на то, что существует ряд независимых научных методов, которые позволяют обеспечить получение необходимой информации для проверки сомнительных лесоматериалов и подтверждения фактов незаконного получения древесины.

В настоящее время чаще всего используются методы отслеживания древесины, основанные на ее внешних особенностях [1, с. 790]. Эти методы включают в себя как проверку наличия соответствующих сертификатов и лицензий, так и применение систем идентификации, основанных на методе штрихового кодирования, а также использовании радиочастотных меток [2, с. 11].

Однако самые надежные результаты идентификации лесоматериалов обеспечиваются только при применении методов, основанных на внутренних характеристиках дерева. Так, согласно устоявшейся практике одним из самых известных среди них является дендрохронологический анализ (макроскопический уровень) [1, с. 793; 3, с. 122], базирующийся на том факте, что рисунок годичных колец каждого дерева строго индивидуален и коррелирует с почвенно-климатическими условиями на территории их произрастания. Перспективным направлением является и анатомо-экологическое исследование клеточных структур древесины (микроскопический уровень) [4], например, подсчет количества ранних и поздних трахеид в каждом годичном слое, измерение размеров их полостей в радиальном и тангенциальном направлениях, а также толщины и площади клеточных стенок.

Конечно, здесь нельзя не отметить и методы генетического анализа. Так, установление географической области происхождения осуществляется посредством анализа популяционной генетики или филогеографии, а определение на уровне отдельных растений может осуществляться с помощью ДНК-генотипоскопии [5].

В последние 10–15 лет для идентификации места происхождения древесины после ее вырубki начинают применяться химические методы анализа [1, с. 794–796]. Одним из таких методов, который приобрел большую популярность за рубежом, является молекулярная инфракрасная спектроскопия в ближней волновой области спектра (далее БИК-спектроскопия). Использование данного метода с целью установления места произрастания базируется на том, что древесина представляет собой сложный органический материал, состоящий из целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина и экстрактивных веществ. Эти соединения генерируют полосы поглощения в ближней инфракрасной области, в основном представляющие собой обертоны и полосы комбинации функциональных групп О-Н, N-Н и С-Н [6, с. 383].

Представленное экспериментальное исследование является попыткой оценить потенциал неразрушающих спектроскопических методов для оценки древесины различного географического происхождения.

Цель статьи – разработать подходы для дифференциации образцов древесины *Pinus sylvestris* L. из разных мест Республики Беларусь (на примере Могилевской области).

Рабочая гипотеза базировалась на предположении о том, что если будут обнаружены значительные различия между спектрами, то это даст возможность связать подобные различия с происхождением образцов.

Материал и методы. В исследовании использован экспериментальный материал (буровые керны), полученный с 12 временных пробных площадей (далее ВПП), заложенных в сосняках мшистых (*Pinetum pleuroziosum*) в соответствии с принятыми в лесной таксации методиками [7]. Древесно-кольцевые хронологии для данных ВПП образуют один дендрохронологически однородный регион, а потому представляет практический интерес выявить его гетерогенность на основании спектрометрических параметров древесины сосны обыкновенной в БИК-диапазоне.

У всех деревьев на пробной площади измерялись диаметр стволов на высоте 1,3 м и общая высота. Каждому дереву присваивался класс Крафта. Краткая характеристика исследованных древостоев приведена в табл. 1.

Таксационные показатели древостоев сосны обыкновенной на временных пробных площадях

№ ВПП	Координаты		Средний d, см	Средняя h, м	Состав древостоя	Средний возраст, лет	Класс бонитета	Полнота
	широта	долгота						
MR01	53°00'22.3"N	29°23'13.6"E	32,6	26,3	10С	120	II	0,6
MR02	53°21'29.9"N	28°37'27.2"E	40,8	27,0	10С	115	I	0,8
MR03	53°23'16.4"N	30°14'17.0"E	37,7	28,9	8С1Д1Е	130	I	0,8
MR04	53°18'35.8"N	31°07'31.2"E	37,2	26,8	9С1Е+Д	120	II	0,8
MR05	53°15'29.8"N	32°07'09.7"E	38,1	29,1	10С	105	II	0,6
MR06	53°20'52.8"N	32°35'54.6"E	39,2	27,4	9С1Е	125	I	0,7
MR07	53°25'23.2"N	32°34'16.5"E	38,5	26,9	10С	115	I	0,9
MR08	53°31'54.8"N	31°24'55.5"E	27,9	23,2	10С	135	I	0,7
MR09	53°55'09.5"N	29°34'47.0"E	26,3	22,1	10С	95	I	0,8
MR10	53°53'30.0"N	29°43'30.1"E	21,3	20,5	10С	85	I	0,8
MR11	53°43'55.0"N	31°46'29.6"E	28,4	27,6	9С1Е	90	II	0,7
MR12	53°13'20.5"N	28°41'52.4"E	31,0	27,3	10С	90	I	0,8

На каждой ВПП у 20 деревьев возрастным буром «Haglof» с противоположных сторон перпендикулярно продольной оси ствола на высоте 1,0–1,3 м от поверхности земли отбиралось по 2 буровых керна с каждого дерева. Всего в совокупности было проанализировано 200 деревьев сосны.

Перед непосредственной записью БИК-спектров с буровыми кернами осуществлялась процедура специальной пробоподготовки. Вначале керны замачивались на 10–15 минут в горячей воде. Затем ножом с трапецевидным лезвием в поперечном направлении срезалась верхняя часть толщиной 1–1,5 мм, при этом старались добиться максимально ровной поверхности без царапин и других изъянов, поскольку рассеянный свет может существенно изменяться в зависимости от степени шероховатости.

В дальнейшем керны высушивались до постоянной массы, т.к. наличие в них воды может кардинальным образом влиять на внешний вид спектров (вода имеет довольно интенсивные полосы [8, с. 32] поглощения в БИК-области электромагнитного излучения).

Спектры NIR были получены с использованием портативного БИК-спектрометра MicroNIR OnSite с диодно-матричным детектором (VIAVI, США) в диапазоне 950–1650 нм в режиме диффузного отражения. Все измерения проводились в контролируемой влажности (<60%) и при 20°C. Для каждого образца древесины проводили 20 последовательных измерений.

Для обработки сигналов и анализа данных использовался пакет программного обеспечения The Unscrambler X компании CAMO [9]. Для оценки полученных результатов были применены методы главных компонент (PCA), дискриминантного анализа с помощью регрессии на латентные структуры (PLS-DA).

Результаты и их обсуждение. С целью изучения различий между образцами древесины с разных ВПП Могилевской области Республики Беларусь для каждого местоположения были рассчитаны средние БИК-спектры. Перед этим с ними была проведена предварительная обработка из-за содержания большого количества избыточной («шумовой») информации, посредством которой могут быть устранены или, по крайней мере, будут сведены к минимуму вариации, касающиеся изменений базовой линии вследствие аддитивного и мультипликативного рассеяния [10, с. 63], а также значительно снижена погрешность анализа. В нашем случае обработка заключалась в вычислении производной второго порядка по методу Савицкого–Голея (с использованием 7 сглаживающих точек). Вторая производная БИК-спектров показывает резкие полосы с большей разностью величин среди переменных [11, с. 139].

Вторые производные полученных спектров представлены на рис. 1.

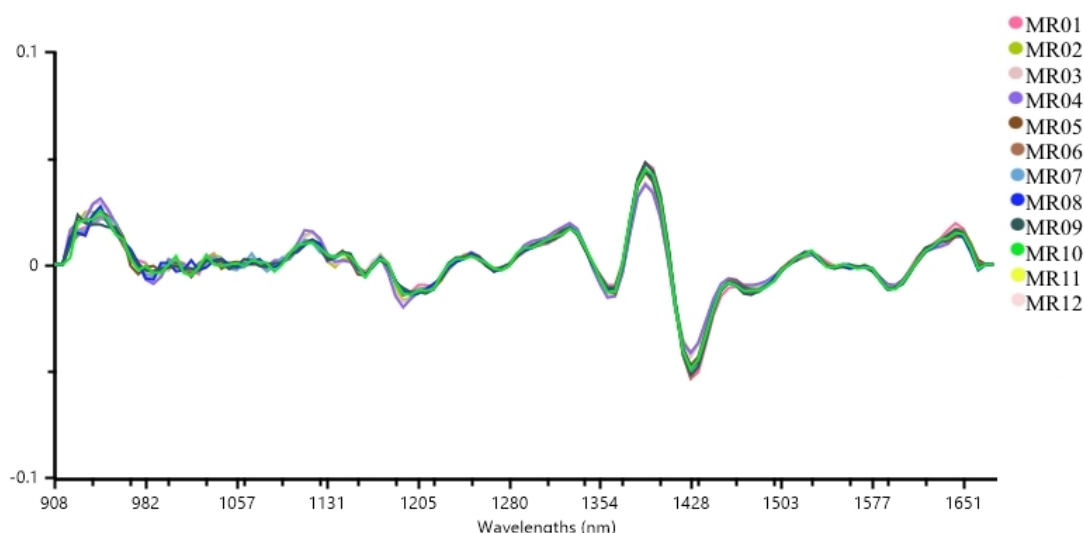


Рис. 1. Вторая производная усредненных спектров для образцов древесины с исследованных временных пробных площадей

Следует отметить, что кривые очень похожи, однако более тщательное изучение некоторых характерных спектральных полос свидетельствует о том, что видимые различия в каждом месте отбора образцов все-таки наблюдаются, т.е. для спектров с каждой ВПП свойственны свои особенности химического состава. Но из-за перекрытия между полосами в БИК-спектрах представляется затруднительным сделать вывод о тех химических соединениях, которые ответственны за эти различия.

В табл. 2 суммированы основные характеристические полосы и их положение для БИК-спектров (т.е. полосы, которые представляют наибольший интерес с точки зрения статистического анализа).

Таблица 2

Происхождение пиков в БИК-спектре исследуемых образцов

№	Длина волны, нм	Происхождение пика
1	1143	лигнин (CH ₃ - и ароматические группы)
2	1171	гемицеллюлоза (CH ₃ -группы в ацетиловых эфирных группах)
3	1188–1195	лигнин/(целлюлоза) (CH ₃ -группы)
4	1366	целлюлоза
5	1410	лигнин (фенольные гидроксильные группы)
6	1417	лигнин (ароматические, связанные C-H)
7	1447	лигнин/экстр. (фенольные OH-группы)
8	1471	гемицеллюлоза (водородные связи O(6)–H(6) глюкоманнана)
9	1473, 1476, 1480, 1484–1493	целлюлоза (полукристаллические области)
10	1489	целлюлоза (внутримолекулярная водородная связь)
11	1493	гемицеллюлоза (O(3)–H(3)...O(5) внутримолекулярные водородные связи глюкоманнана)
12	1580	целлюлоза (кристаллический регион в C ₂)
13	1586–1596	целлюлоза (кристаллический регион в C ₂)
14	1592	кристаллическая целлюлоза (C _{II})
15	1666	гемицеллюлоза (CH ₃ -группы)

С учетом отличающегося химического состава древесины на каждой ВПП был проведен анализ всех полученных нами спектров (всего 480) с применением метода главных компонент. В результате было обнаружено, что спектры образцов с ВПП MR01–MR03, MR09, MR10 и MR12 образуют шесть обособленных групп. Так, на рис. 2 видно, что все образцы древесины с данных ВПП четко отделены друг от друга и не перекрываются между собой. В то же время записанные для ВПП MR04–MR07 спектры образуют одну частично перекрывающуюся сферу. Та же ситуация наблюдается для ВПП MR08 и MR11.

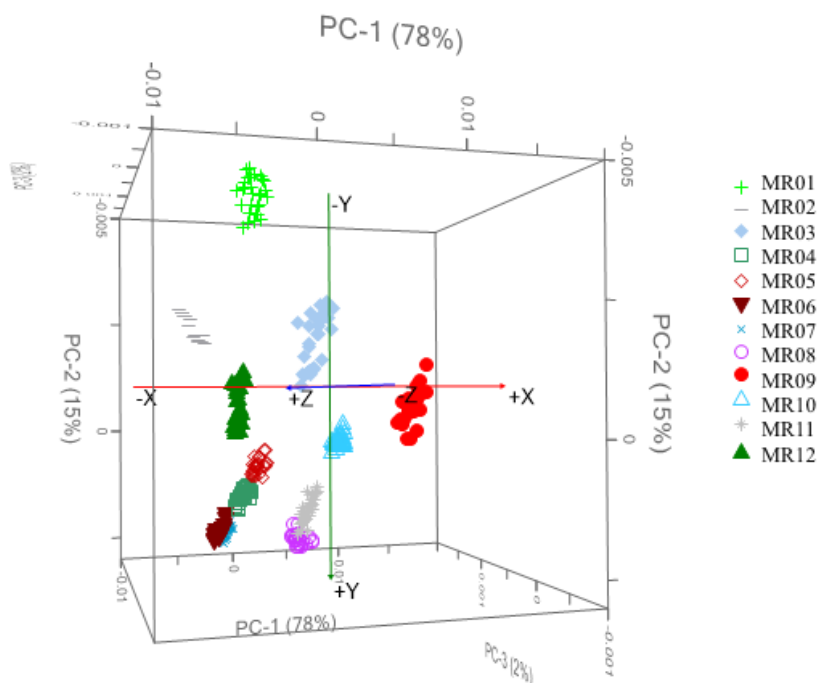


Рис. 2. Проекция наблюдений на факторную плоскость БИК-спектров: вторая производная, 7 точек сглаживания, 3 фактора

Смешивание и перекрытие некоторых спектров характерно для образцов из восточной части Могилевской области, произрастающих в сходных почвенно-экологических условиях. Так, деревья на ВПП MR01–MR03, MR09, MR10 и MR12 произрастают в Быховско-Хотимско-Ветковском районе, для которого характерно преимущественное превалирование дерново-подзолистых супесчаных, иногда заболоченных почв, а ВПП MR08 и MR11 находятся в Оршанско-Мстиславском районе с дерново-подзолистыми слабо- и среднеэродированными почвами. Кроме того, образцы с данных ВПП химически схожи и расположены очень близко друг к другу на диаграмме PCA. Отдельно следует отметить ВПП MR01, которая отделена от других проб на значительное расстояние.

В дальнейшем нами для 6 неперекрывающихся между собой групп была предпринята попытка проверить правильность классификации полученных спектров известного происхождения.

В табл. 3 представлены результаты по количеству скрытых/латентных переменных (LV), необходимых для различения образцов с каждой ВПП по отношению к другим, а также количество спектров, исключенных как выбросы на этапе обучения и на этапе проверки. Количество скрытых переменных определялось путем перекрестной проверки [12].

Таблица 3

Скрытые переменные и выбросы, идентифицированные в каждой из моделей PLS дискриминации

№ ВПП	LV	Выбросы исключены в тренировочном наборе	Выбросы исключают из проверки
MR01	12	9	6
MR02	13	6	4
MR03	20	6	4
MR09	21	8	4
MR10	10	10	5
MR12	20	16	12

Отметим, что в каждой классификационной модели две трети выборки (выбранные случайным образом) становились частью учебной группы. Остальные образцы использовались как проверочные, т.е. это были те образцы, с помощью которых оценивалась эффективность созданной модели. Спектры каждого образца находились только в одной из групп, чтобы исключить проверку «самого себя».

В результате объясненная дисперсия составила 99,2% для MR01; 99,4% для MR02; 99,9 для MR03; 98,8% для MR09; 99,8% для MR10 и 99,9% для MR12. За исключением MR01 и MR02 для остальных четырех ВПП требуется большое количество скрытых переменных (больше 19), что может указывать на то, что сосновые насаждения на данных территориях в большей степени схожи между собой или же в исследованных выборках наблюдается высокий разброс спектральной информации. Количество выбросов варьируется от 4 до 16. Наибольшее число выбросов характерно для MR09. Однако необходимо подчеркнуть тот факт, что идентификация образца как выброса еще не означает неправильный результат, а только указывает на то, что образец обладает некоторыми характеристиками, которые отличают его от тех, которые включены в тренировочный набор.

Далее для оценки работоспособности моделей образцы из тренировочного набора были использованы для определения следующих показателей качества модели:

- 1) FNR – доля ложноотрицательных результатов, т.е. процент выборки определенного вида, идентифицированный как принадлежащий к другим видам;
 - 2) FPR – доля ложноположительных результатов, т.е. процент выборок других видов, идентифицированных как принадлежащие к определенному виду;
 - 3) STR – показатель чувствительности, т.е. процент правильно идентифицированных образцов, принадлежащих к определенному виду;
 - 4) SPR – коэффициент специфичности, т.е. процент выборок, принадлежащих другим видам, правильно идентифицированных как другие виды;
 - 5) EFR – коэффициент эффективности, рассчитываемый как разность (100% минус FNR и FPR).
- Рассчитанные значения перечисленных выше показателей приведены в табл. 4.

Таблица 4

Показатель	Показатели качества моделей PLS дискриминации					
	Временная пробная площадь					
	MR01	MR02	MR03	MR09	MR10	MR12
FNR (%)	0	9,2	1,1	0	0	11,1
FPR (%)	0	0	2,5	2,4	1,7	7,3
STR (%)	98,6	82,7	100	100	100	88,9
SPR (%)	100	96,2	98,6	97,5	97,8	90,8
EFR (%)	98,4	82,6	97,3	97,2	97,2	79,8

Как видно из табл. 4, модель для образцов с ВПП MR01 показывает самый высокий коэффициент эффективности (EFR = 98,4%), в то время как модель MR12 – самый низкий (EFR = 79,8%). Эти результаты свидетельствуют о том, что изменение химических характеристик для деревьев сосны обыкновенной на данной территории больше, чем у других исследованных образцов. Однако даже модель с самым низким показателем эффективности показывает высокий уровень правильной классификации исследованных образцов.

Заключение. В целом полученные для проанализированных с применением хемометрических алгоритмов классификации БИК-спектров результаты продемонстрировали, что насаждения сосны обыкновенной, произрастающие на временных пробных площадях MR01, MR02, MR03, MR09, MR10 и MR12, могут быть успешно классифицированы с использованием алгоритма PLS дискриминации.

Для выявленных двух перекрывающихся групп: 1) ВПП MR04–MR07 и 2) MR08 и MR11 – потребуются проведение дополнительных исследований и разработка соответствующих классификационных моделей с применением различных способов коррекции рассеяния и обработки спектрометрических данных, которые позволили бы осуществить их разделение.

Однако даже с учетом имеющейся на данный момент информации мы смогли разделить дендрохронологически однородный регион на 8 подрегионов, что помогло сузить групповую принадлежность исследуемых образцов и провести отождествление местности, на которой они выросли (т.е. установить источник происхождения).

Таким образом, БИК-спектроскопия – это инструментальный экспресс-метод, позволяющий производить исследования без разрушения объекта и не требующий использования дорогостоящих расходных материалов, который подходит для установления места произрастания растительных объектов, а потому может быть рекомендован для отслеживания происхождения древесины и обнаружения фактов незаконных рубок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dormontt, E.E. Forensic timber identification: It's time to integrate disciplines to combat illegal logging / E.E. Dormontt [et al.] // *Biological Conservation*. – 2015. – Vol. 191. – P. 790–798.
2. Tzoulis, I.K. Wood tracking information systems to confront illegal logging / I.K. Tzoulis, Z.S. Andreopoulou, E. Voulgaridis // *Agrárinformatika*. – 2014. – Vol. 5, № 1. – P. 9–17.
3. Yaman, B. The use of dendrochronological method in dating of illegal tree cuttings in Turkey: a case study / B. Yaman, U. Akkemik // *Baltic Forestry*. – 2009. – Vol. 15, № 1. – P. 122–126.
4. Хох, А.Н. Изучение анатомических параметров годичных слоев сосны обыкновенной для установления места произрастания / А.Н. Хох, В.Б. Звягинцев // *Вестн. Мазыр. дзярж. пед. ун-та імя І.П. Шамякіна*. – 2019. – № 1(53). – С. 55–63.
5. Tereba, A. Analysis of DNA profiles of ash (*Fraxinus excelsior* L.) to provide evidence of illegal logging / A. Tereba [et al.] // *Wood science and technology*. – 2017. – Vol. 51, № 6. – P. 1377–1387.
6. Shenk, J.S. Handbook of Near-infrared analysis / J.S. Shenk [et al.] // *Application of NIR spectroscopy to agricultural products*. – 1992. – Vol. 27. – P. 383–431.
7. Мелехов, И.С. Лесоведение: учебник для вузов / И.С. Мелехов. – 3-е изд., стер. – М.: МГУЛ, 2004. – 398 с.
8. Lazarescu, C. Wood species identification by near-infrared spectroscopy / C. Lazarescu, F. Hart, Z. Pirouz // *International Wood Products Journal*. – 2017. – Vol. 8, № 1. – P. 32–35.
9. Kessler, W. A Handy Tool for Chemometrics: The Unscrambler X / W. Kessler, R. Kessler // *Scientific Computing*. – 2010. – Vol. 27, № 4. – 13 p.
10. Li, S. A model-based fault detection and diagnostic methodology based on PCA method and wavelet transform / S. Li, J. Wen // *Energy and Buildings*. – 2014. – Vol. 68. – P. 63–71.
11. Xu, L. Ensemble preprocessing of near infrared (NIR) spectra for multivariate calibration / L. Xu [et al.] // *Analitica Chimica Acta*. – 2008. – № 616. – P. 138–142.
12. Soares, L.F. Evaluation of a NIR handheld device and PLS-DA for discrimination of six similar Amazonian wood species / L.F. Soares [et al.] // *Química Nova*. – 2017. – Vol. 40, № 4. – P. 418–426.

REFERENCES

1. Dormontt, E.E. Forensic timber identification: It's time to integrate disciplines to combat illegal logging / E.E. Dormontt [et al.] // *Biological Conservation*. – 2015. – Vol. 191. – P. 790–798.
2. Tzoulis, I.K. Wood tracking information systems to confront illegal logging / I.K. Tzoulis, Z.S. Andreopoulou, E. Voulgaridis // *Agrárinformatika*. – 2014. – Vol. 5(1). – P. 9–17.
3. Yaman, B. The use of dendrochronological method in dating of illegal tree cuttings in Turkey: a case study / B. Yaman, U. Akkemik // *Baltic Forestry*. – 2009. – Vol. 15(1). – P. 122–126.
4. Khokh A.N., Zvyagintsev V.B. *Vesnik MDPU imya I.P. Shamyakina* [Journal of Mzyr State Pedagogical University named after I.P. Shamyakin], 2019, 1(53), p. 55–63.
5. Tereba, A. Analysis of DNA profiles of ash (*Fraxinus excelsior* L.) to provide evidence of illegal logging / A. Tereba [et al.] // *Wood science and technology*. – 2017. – Vol. 51(6). – P. 1377–1387.
6. Shenk, J. S. Handbook of Near-infrared analysis / J. S. Shenk [et al.] // *Application of NIR spectroscopy to agricultural products*. – 1992. – Vol. 27. – P. 383–431.
7. Melekhov I.S. *Lesovedeniye: uchebnik dlya vuzov* [Silvics: University Textbook], M.: MSFU, 2004, 398 p.
8. Lazarescu, C. Wood species identification by near-infrared spectroscopy / C. Lazarescu, F. Hart, Z. Pirouz // *International Wood Products Journal*. – 2017. – Vol. 8(1). – P. 32–35.
9. Kessler, W. A Handy Tool for Chemometrics: The Unscrambler X / W. Kessler, R. Kessler // *Scientific Computing*. – 2010. – Vol. 27(4). – 13 p.
10. Li, S. A model-based fault detection and diagnostic methodology based on PCA method and wavelet transform / S. Li, J. Wen // *Energy and Buildings*. – 2014. – Vol. 68. – P. 63–71.
11. Xu, L. Ensemble preprocessing of near infrared (NIR) spectra for multivariate calibration / L. Xu [et al.] // *Analitica Chimica Acta*. – 2008. – № 616. – P. 138–142.
12. Soares, L.F. Evaluation of a NIR handheld device and PLS-DA for discrimination of six similar Amazonian wood species / L.F. Soares [et al.] // *Química Nova*. – 2017. – Vol. 40(4). – P. 418–426.

Поступила в редакцию 10.07.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: 1ann1hoh@gmail.com – Хох А.Н.

УДК 628.381.4

ТРАНСФОРМАЦИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЗОНЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ОРОШЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ОАО «СГЦ “ЗАПАДНЫЙ”»)

О.Е. Чезлова, А.А. Волчек

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси

Поверхностные воды, находящиеся в зоне влияния мелиоративных систем с использованием животноводческих сточных вод, подвергаются значительному загрязнению и эвтрофикации при отсутствии научно-разработанной технологии.

Цель работы – оценить влияние химических и микробиологических компонентов осветленных животноводческих сточных вод ОАО «СГЦ “Западный”» на качество поверхностных вод.

Материал и методы. Определялись химические и микробиологические показатели поверхностных вод мелиоративных каналов в зоне влияния земледельческих полей орошения непосредственно после полива стоками и через 9 месяцев. При этом использовались фотометрический, титриметрический, турбидиметрический, гравиметрический и другие методы исследования.

Результаты и их обсуждение. Основными химическими загрязнителями поверхностных вод явились биогенные формы азота. В месте выпуска дренажных вод через 9 месяцев по азоту аммонийному наблюдалось превышение ПДК в 3,5 раза, по азоту нитритному в 2,3 раза, по азоту нитратному в 2 раза. Основными бактериологическими загрязнителями поверхностных вод явились общие колиформные бактерии. Через 9 месяцев после поливов стоками в воде мелиоративного канала гигиеническая норма по этому показателю превышена в 2,4 раза.

Заключение. Полив земледельческих полей орошения сточными водами свиноводческого комплекса вызывает ухудшение качества поверхностных вод в местах выхода дренажных коллекторов до 9 месяцев.

Ключевые слова: поверхностные воды, сточные воды, земледельческие поля орошения, химическое загрязнение, бактерии.

TRANSFORMATION OF THE QUALITY OF SURFACE WATERS OF THE EXPOSURE AREA OF AGRICULTURAL IRRIGATION FIELDS (ON THE EXAMPLE OF PIG-BREEDING COMPLEX “ZAPADNY”)

O.E. Chezlova, A.A. Volchak

*Polesky Agrarian and Ecological Institute of the National Academy
of Sciences of the Belarus*

Surface waters located in the zone of influence of reclamation systems using livestock wastewater are subject to significant pollution and eutrophication in the absence of a scientifically developed technology.

The purpose of the work is to evaluate the effect of chemical and microbiological components of clarified livestock wastewater of pig-breeding complex “Zapadny” on the quality of surface waters.

Material and methods. The chemical and microbiological indicators of surface water of reclamation canals in the zone of influence of agricultural irrigation fields immediately after irrigation with runoff and after 9 months are estimated.

Findings and their discussion. The main chemical pollutants of surface water were biogenic forms of nitrogen. At the place of drainage water discharge, after 9 months, the maximum concentration limit was exceeded by ammonia nitrogen by 3,5 times, by nitrite nitrogen by 2,3 times, and by nitrate nitrogen by 2 times. The main bacteriological pollutants of surface water were common coliform bacteria. 9 months after irrigation with drains in the water of the drainage channel, the hygiene norm for this indicator was exceeded by 2,4 times.

Conclusion. Irrigation of agricultural fields of irrigation with sewage from a pig-breeding complex causes deterioration in the quality of surface water at the exit points of drainage collectors up to 9 months.

Key words: surface water, wastewater, agricultural irrigation fields, chemical pollution, bacteria.

При орошении животноводческими сточными водами (СВ) сельхозугодий создается реальная угроза нарушения экологического равновесия в существующих экосистемах, ведь при этом происходят накопление и перенос химических загрязнителей и патогенной микрофлоры [1–4].

Исследование химического и микробиологического состава вод дренажного стока земледельческих полей орошения (ЗПО) и путей миграции их компонентов необходимо, во-первых, для обоснования рациональных

норм СВ на орошаемых почвах; во-вторых, при разработке мероприятий по охране окружающей среды, оценке влияния вод дренажного стока на состав и качество воды водоприемников, на их гидробиоту; в-третьих, эти сведения определяют конструктивные особенности дренажа, направленные на оптимизацию факторов плодородия почв [5].

К химическим загрязнителям сельскохозяйственных земель в районе расположения животноводческих объектов относятся нитраты, нитриты, аммоний, медь, цинк, сульфаты. При этом основными источниками загрязнения являются минеральные азотные соединения [3; 6]. Поверхностные воды (ПВ) в зоне размещения ЗПО загрязняются преимущественно биогенными и органическими веществами, интенсивность поступления которых зависит от природных условий и технологии орошения стоками [2].

Наибольшее бактериальное загрязнение дренажных вод (ДВ) наблюдается в течение первых дней после полива СВ. Через 11 дней после полива ДВ становятся в 10 раз чище СВ по коли-титру, а по общей бактериальной обсемененности степень очистки составляет 99,4–99,9% [7]. Однако, как показывают исследования, во все годы полива ЗПО животноводческими стоками качество речных вод, находящихся в зоне их воздействия, не соответствует гигиеническим нормам. Так, содержание лактозоположительной кишечной палочки в воде реки достигало 24000 КОЕ/100 мл, энтерококка – 23 КОЕ/100 мл, сальмонеллы – до 5 КОЕ/1000 мл. После прекращения поливов СВ санитарно-бактериологическое состояние вод улучшается, патогенная флора в воде исчезает [8].

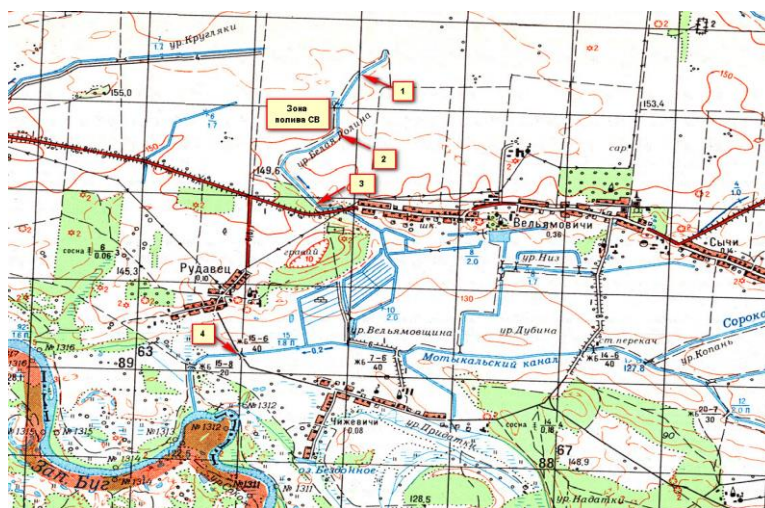
Оценка выноса загрязняющих веществ и бактерий за пределы ЗПО селекционно-гибридного центра (СГЦ) «Западный» приобретает большую актуальность в связи с размещением указанных территорий в пределах водосбора трансграничной реки Западный Буг. Согласно проведенному анализу экологической обстановки в бассейне данной реки, проведенному Национальной системой мониторинга окружающей среды, отмечается усиление трансграничного переноса загрязняющих веществ (в основном биогенных элементов) за счет поступления их на пограничном участке с промежуточных водосборов.

Цель работы – оценка влияния химических (азота аммонийного, азота нитратного, азота нитритного, фосфора фосфатного, сульфатов, хлоридов, общей минерализации) и микробиологических (общих колиформных бактерий (ОКБ), термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ), энтерококков, сульфитредуцирующих кластридий, патогенных бактерий р. *Salmonella*, общего микробного числа (ОМЧ)) компонентов осветленных животноводческих СВ СГЦ «Западный» на качество ПВ.

Материал и методы. ОАО «СГЦ “Западный”» является типичным животноводческим комплексом юго-запада Беларуси, рассчитанным на воспроизводство, выращивание и откорм в течение года более 100000 голов свиней. В год на предприятии образуется до 400 тыс. м³ стоков, которые утилизируются на ЗПО.

Почва ЗПО характеризуется как дерново-подзолистая, глееватая. На исследуемом участке заложен гончарный дренаж на глубине 1,2 м. Зона исследования включала участок, отведенный для орошения, – 40 га и прилегающие мелиоративные каналы. Среднегодовое количество атмосферных осадков по метеостанции Брест составляет около 610 мм, а суммарное испарение – 550 мм [9].

Отбор проб для исследования производился дважды: первый – в 2014 году через 5 дней после полива (24.09.2014); второй – в начале вегетационного сезона 2015 года (11.06.2015) (рис. 1).



1 – мелиоративный канал 200 м выше зоны орошения; 2 – выход дренажных вод в мелиоративный канал; 3 – мелиоративный канал 500 м ниже зоны полива; 4 – Мотыкальский канал

Рис. 1. Зона проведения исследований и точки отбора проб

Точки отбора проб: 1 – ПВ мелиоративного канала в 200 м выше зоны орошения; 2 – 2014 г. – ДВ непосредственно из дренажного устья; 2015 г. – вода мелиоративного канала возле дренажного устья; 3 – ПВ мелиоративного канала в 500 м ниже зоны орошения. В 2015 году дополнительно исследована точка 4 – ПВ Мотыкальского мелиоративного канала, левого притока р. Западный Буг.

Полив исследуемого участка осветленными СВ производился в августе-сентябре 2014 г. после уборки выращиваемой культуры (ячмень). Фактическая оросительная норма на исследуемом участке составила в среднем 2000 м³/га (более 1000 кгN/га). Химический состав СВ, мг/дм³: сухой остаток – 1901; азот аммонийный – 135; азот нитритный – 0,0012; азот нитратный – 3,42; фосфор фосфатный – 1,45; сульфаты – 832; хлориды – 523.

Погодные условия в день отбора проб в 2014 г. были следующими: среднесуточная температура воздуха – +7,6°C, без осадков. В период, предшествовавший отбору проб (с 18.09 по 23.09.2014 г.), погода отличалась неустойчивостью: среднесуточная температура воздуха колебалась от 15,1°C (18.09.2014 г.) до 9,4°C (23.09.2014 г.); осадки наблюдались 20.09, 22.09, 23.09. 2014 г. (соответственно 0,5; 18,0; 5,0 мм). Погодные условия в день отбора проб в 2015 г.: среднесуточная температура воздуха – +17,1°C, без осадков.

Отбор проб дренажных и поверхностных вод проводился в соответствии с СТБ ГОСТ Р 51592-2001 «Вода. Общие требования к отбору проб». Пробы отбирались с глубины 10–15 см от поверхности воды. До начала исследования пробы хранились в холодильнике.

Определение азота аммонийного, нитратного и нитритного, фосфора фосфатного проводилось фотометрическим методом, хлоридов – титриметрическим, сульфатов – турбидиметрическим, общей минерализации – гравиметрическим.

Выявление бактериологических показателей осуществлялось стандартным методом. Из отобранных образцов вод готовились серии десятичных разведений и производился посев на диагностические среды в соответствии с выбранным показателем. Результат выражался в КОЕ в 100 мл (ОКБ, ТКБ, энтерококки), КОЕ в 1000 мл (сальмонеллы), КОЕ в 20 мл (сульфитредуцирующие клостридии), КОЕ/мл (ОМЧ).

Результаты и их обсуждение. Оценивая длительность биогеоценного загрязнения ПВ вследствие поливов СВ в районе ЗПО СГЦ «Западный» (рис. 2), необходимо заметить, что содержание минеральных форм азота в месте выхода ДВ в канал в начале следующего после поливов сезона (через 9 месяцев) по азоту аммонийному снижается в 26 раз и достигает значения 1,349 мг/дм³; по азоту нитритному возрастает в 37 раз и достигает значения 0,056 мг/дм³; по азоту нитратному возрастает в 1,8 раза и достигает значения 18,4 мг/дм³. По всем формам азота в данной точке отбора проб наблюдалось превышение ПДК: по азоту аммонийному в 3,5 раза, по азоту нитритному в 2,3 раза, по азоту нитратному в 2 раза. Количество фосфора фосфатного в районе дренажного устья в 2015 году возрастает до уровня ПДК (0,067 мг/дм³).

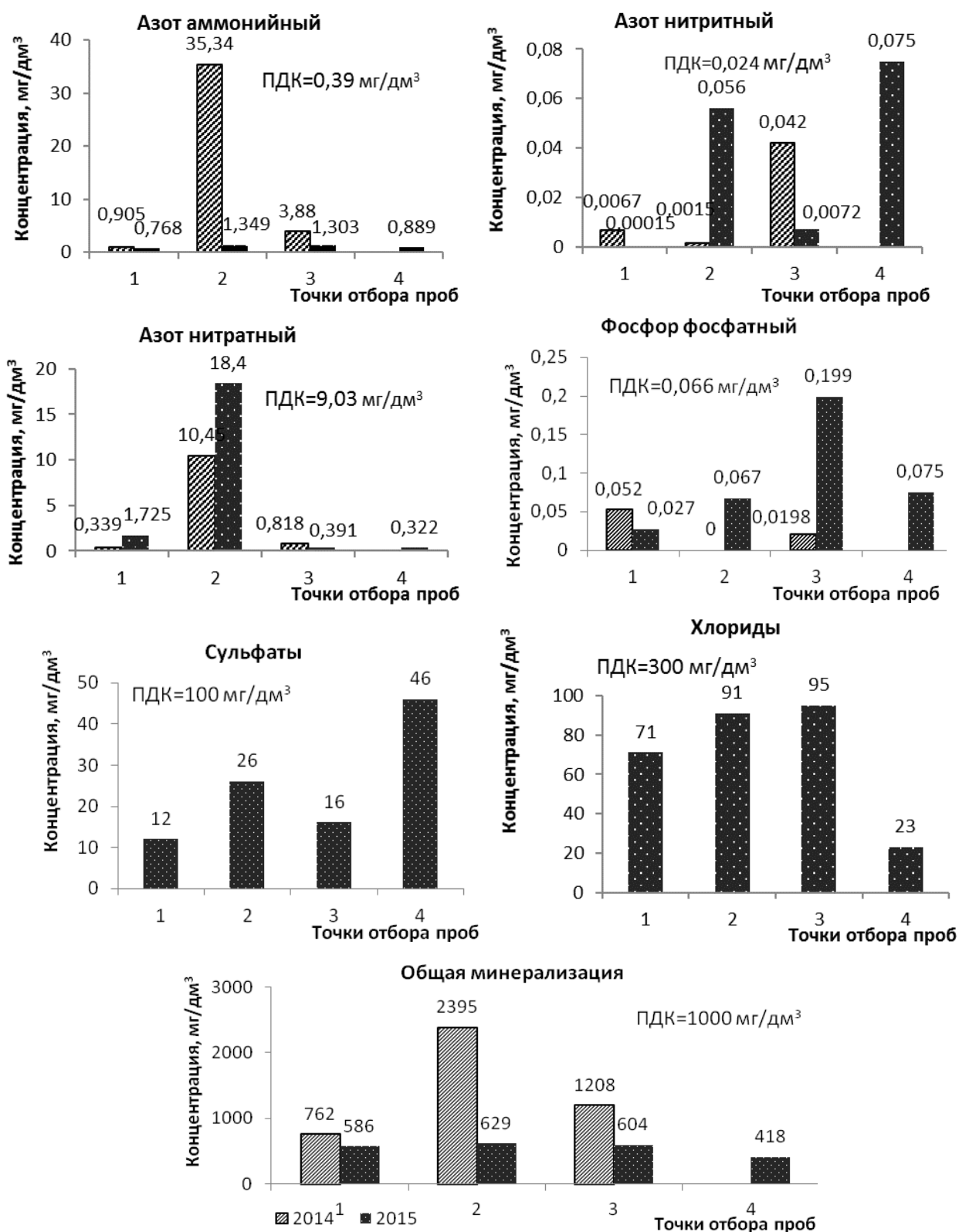
В дальнейшем по ходу мелиоративных каналов наблюдалось снижение количества минеральных форм азота. В точке в 500 м ниже по течению содержание азота нитритного и нитратного уменьшалось, соответственно, в 7,8 и 47 раз и было значительно ниже ПДК (соответственно в 3,3 и 23 раза) за счет процессов денитрификации, потребления фитопланктоном и высшей водной растительностью. Количество азота аммонийного снижалось незначительно, ПДК оставалось превышено в 3,3 раза. Обращает на себя внимание значительное повышение в данной точке количества фосфора (до 0,199 мг/дм³), что вызвано, по-видимому, иным источником загрязнения.

При оценке качества воды Мотыкальского канала следует отметить значительное возрастание количества азота нитритов (в 10 раз в сравнении с мелиоративным каналом), которое, вероятно, также не связано с поливами СВ. Количество азота аммонийного снижается в 1,5 раза, но ПДК остается повышено в 2,3 раза.

Общая минерализация ДВ снижается через 9 месяцев после поливов СВ в 3,8 раза и определяется на уровне 629 мг/дм³. В точке отбора в 500 м ниже по течению этот показатель изменяется незначительно (до 604 мг/дм³). Сравнивая полученные значения с содержанием сухого остатка в Мотыкальском канале (418 мг/дм³), можно предположить, что через 9 месяцев после поливов СВ влияние дренажного стока ЗПО не существенно. Концентрация сульфатов через 9 месяцев после поливов СВ в месте выхода ДВ и через 500 м ниже по течению (26 и 16 мг/дм³ соответственно) находилась значительно ниже ПДК и в 2 раза меньше их количества в Мотыкальском канале. Концентрация хлорид-иона в водах мелиоративного канала (91–95 мг/дм³) превышала в 4 раза его количество в Мотыкальском канале, но ПДК по данному компоненту превышено не было.

В целом можно предположить, что непосредственно после поливов СВ дренированные ЗПО являются потенциальным источником загрязнения по минеральным формам азота, общей минерализации. К началу следующего после поливов СВ вегетационного сезона они остаются источником загрязнения по биогенным формам азота.

Содержание в ДВ значительного количества бактерий стоков приводит к изменениям в микробиологическом составе ПВ, находящихся в зоне воздействия ЗПО. Экологические исследования последних лет свидетельствуют о том, что многие возбудители инфекций, попадая в окружающую среду, благодаря высокой экологической пластичности могут не только длительно сохраняться в ней, но и размножаться [10].



1 – мелиоративный канал 200 м выше зоны полива; 2 – дренажное устье; 3 – мелиоративный канал 500 м ниже зоны полива; 4 – Мотыкальский канал

Рис. 2. Химические компоненты дренажных и поверхностных вод

Согласно проведенным нами ранее исследованиям [11] почвенная очистка от бактерий кишечной группы через 5 дней после полива СВ составила 11,4%, т.е. значительная часть ОКБ попала в водоприемник ДВ. Через 9 месяцев после поливов СВ в месте выхода ДВ в мелиоративный канал количество данных бактерий достигло 2400 КОЕ/100 мл, что превышает гигиеническую норму в 2,4 раза (рис. 3).

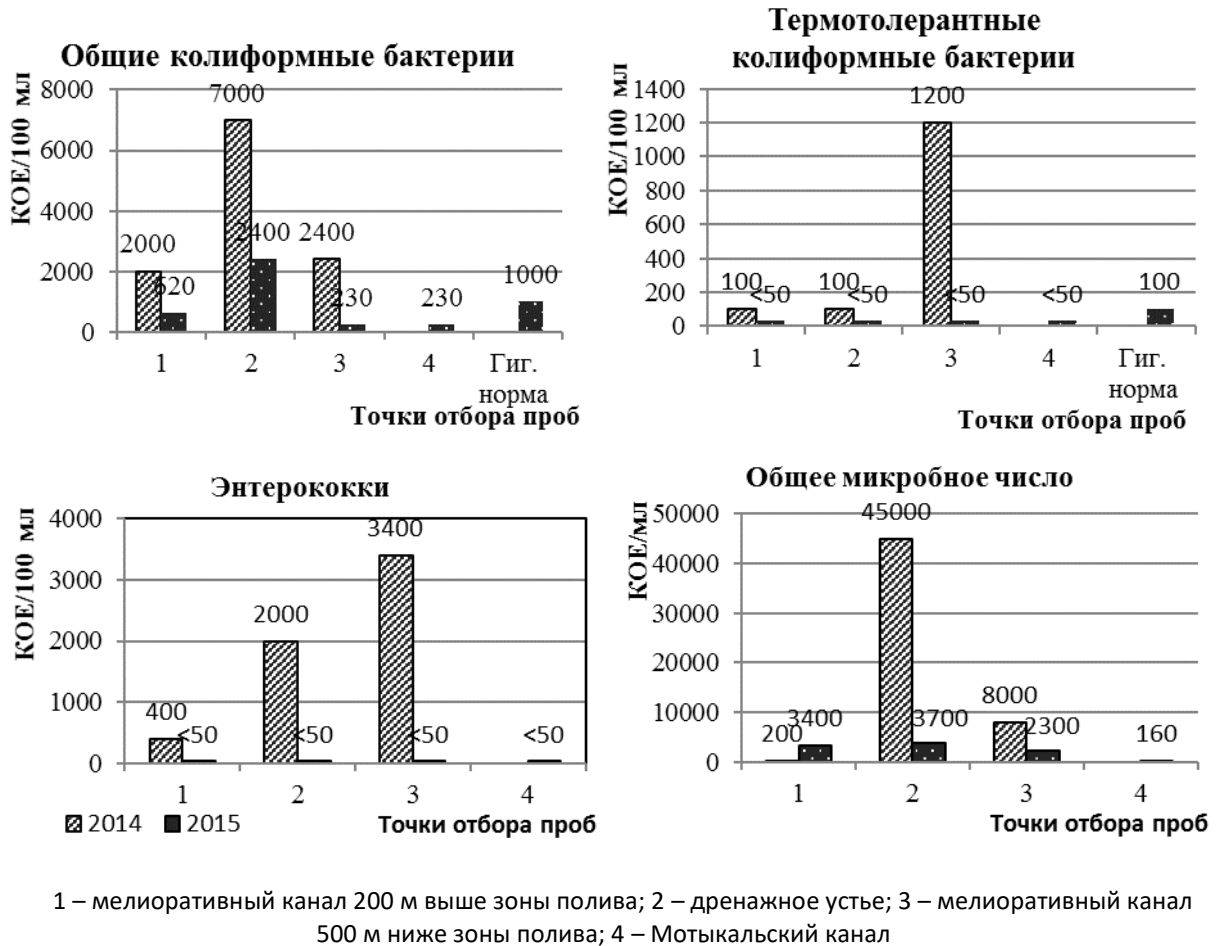


Рис. 3. Микробиологические показатели дренажных и поверхностных вод

В точке отбора в 500 м ниже по течению количество бактерий данной группы снижается в 10,4 раза (до уровня 230 КОЕ/100 мл) и не превышает гигиеническую норму. Содержание ТКБ в данных точках отбора определялось на уровне <50 КОЕ/100 мл при гигиенической норме 100 КОЕ/100 мл.

Почвенная очистка в отношении энтерококков в течение первых 5 суток после поливов стоками была высокой, составляя 96,7%. Через 9 месяцев после поливов по всем точкам отбора проб количество данных бактерий было незначительно и не превышало 50 КОЕ/100 мл.

Очень эффективной явилась почвенная очистка СВ от спор сульфитредуцирующих клостридий – 99,8%. Как следствие, данный микроорганизм не обнаруживался в пробах поверхностных вод ни в 2014, ни в 2015 году. Сальмонеллы также не были выявлены в исследуемых пробах.

По показателю ОМЧ эффективность почвенной очистки в 2014 году составила 81,3%. По данному показателю ДВ относились к IV классу качества вод – «загрязненные» [12]. По завершении 9-ти месяцев в ПВ в месте выхода ДВ этот показатель снижается в 12 раз, до уровня 3700 КОЕ/мл, что соответствует II классу качества вод – «чистые».

Оценивая в целом трансформацию ПВ в результате поливов СВ, можно констатировать, что через 9 месяцев после полива в месте выхода ДВ вода мелиоративного канала содержит значительное количество биогенных веществ (азот аммонийный, нитритный и нитратный) и микроорганизмов (ОКБ) и потенциально может являться источником загрязнения ПВ ниже по течению. Для минимизации негативного влияния СВ рекомендуется создавать водооборотные системы для повторного использования ДВ. Для этого необходимо создание подземных накопительных емкостей, колодцев, прудов-накопителей.

Заключение. Полив земельных полей орошения сточными водами свиноводческого комплекса вызывает ухудшение качества дренажных вод по химическим и микробиологическим показателям, что приводит к загрязнению поверхностных вод в местах выхода дренажных коллекторов до 9 месяцев.

Основными химическими загрязнителями поверхностных вод являются биогенные формы азота. В месте выпуска дренажных вод через 9 месяцев по азоту аммонийному наблюдалось превышение ПДК в 3,5 раза, по азоту нитритному – в 2,3 раза, по азоту нитратному – в 2 раза. Основные бактериологические загрязнители поверхностных вод – общие колиформные бактерии. Через 9 месяцев после поливов стоками в воде мелиоративного канала гигиеническая норма по этому показателю превышена в 2,4 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведский, В.А. Охрана окружающей среды от загрязнения отходами животноводства: практ. пособие / В.А. Медведский, Т.В. Медведская. – Витебск: ВГАВМ, 2013. – 181 с.
2. Желязко, В.И. Использование бесподстилочного навоза на мелиорируемых агроландшафтах. Теория и практика / В.И. Желязко, П.Ф. Тиво. – Минск: ИООО «Право и экономика», 2006. – 296 с.
3. Тарасов, С.И. Агроэкологические особенности длительного применения бесподстилочного навоза / С.И. Тарасов, Н.А. Кумеркина // Химия в с/х. – 1996. – № 6. – С. 27–31.
4. Tanaś, W. Ecological state of environment near complexes of animal production / W. Tanaś, A.N. Kavgarenja // Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. – 2006. – Vol. 51, № 1. – P. 60–63.
5. Зайдельман, Ф.Р. Методы эколого-мелиоративных изысканий и исследований почв / Ф.Р. Зайдельман. – М.: Колос, 2008. – 486 с.
6. Демидов, А.Л. Воздействие навозосодержащих отходов животноводческих объектов Республики Беларусь на почвенный покров / А.Л. Демидов, В.В. Мажинская, И.В. Жигунова // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сб. тр. III Междунар. науч. эколог. конф., Краснодар, 20–21 марта 2013 г. / под ред. А.И. Трубилина, И.С. Белюченко; Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар, 2013. – С. 20–25.
7. Романенко, Н.А. Санитарно-эпидемические основы почвенной очистки сточных вод / Н.А. Романенко, Н.И. Хижняк, И.И. Бобун. – Кишинев: «Штиинца», 1993. – 215 с.
8. Кирейчева, Л.В. Микробоценоз ранее мелиорированных земель вблизи крупных свиноподкомплексов: монография / Л.В. Кирейчева, О.А. Захарова, К.Н. Евсенкин. – Рязань: Политех, 2011. – 426 с.
9. Волчек, А.А. Мухавец: энциклопедия малой реки / А.А. Волчек [и др.]. – Брест: Академия, 2006. – 344 с.
10. Литвин, В.Ю. Патогенные бактерии, общие для человека и растений: проблема и факты / В.Ю. Литвин, Е.Н. Емельяненко, В.И. Пушкарева // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. – 1996. – № 2. – С. 101–104.
11. Волчек, А.А. Оценка влияния микробиологической составляющей животноводческих стоков земельных полей орошения на дренажные воды (на примере СГЦ «Западный») / А.А. Волчек, О.Е. Чезлова // Природопользование: сб. науч. тр.; гл. ред. А.К. Карабанов. – Минск: СтройМедиаПроект, 2015. – С. 95–100.
12. Гусева, Т.В. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды / Т.В. Гусева [и др.]. – М.: Форум: ИНФРА-М, 2007. – 192 с.

REFERENCES

1. Medvedski V.A., Medvedskaya T.V. *Okhrana okruzhayushchei sredy ot zagriazneniya otkhodami zhivotnovodstva: prakticheskoye posobiye* [Protection of the Environment from Cattle Breeding Wastes Pollution: Practice Book], Vitebsk: VGAVM, 2013, 181 p.
2. Zheliazko V.I., Tivo P.F. *Ispolzovaniye bespodstilochnogo navoza na melioriruyemykh agrolandshaftakh. Teoriya i ptaktika* [Use of Manure on Ameliorated Agrolandscapes. Theory and practice], Mn.: IOOO "Pravo i ekonolika", 2006, 296 p.
3. Tarasov S.I., Kumerkina N.A. *Khimiya v s.kh.* [Chemistry in Agriculture], 1996, 6, pp. 27–31.
4. Tanaś W., Ecological state of environment near complexes of animal production / W. Tanaś, A.N. Kavgarenja // Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. – 2006. – Vol. 51(1). – P. 60–63.
5. Zaidelman F.R. *Metody ekologo-meliorativnykh izyskaniy i issledovaniy pochv* [Methods of Ecological and Amelioration Research of Soils], M.: Kolos, 2008, 486 p.
6. Demidov A.L., Mazhinskaya V.V., Zhigunova I.V. *Sbornik trudov III mezhdunarodnoi nauchnoi ekologicheskoi konferentsii "Problemi rekultivatsii otkhodov byta, promyshlennogo i selskokhoziaostvennogo proizvodstva", Kubanski gosudarstvenny agrarny universitet 20–21 marta 2013 g.* [Proceedings of the 3rd International Scientific Ecological Conference "Issues of Recultivation of Domestic, Industrial and Agricultural Wastes", Kuban State Agrarian University, March 20–21, 2013], Krasnodar, 2013, pp. 20–25.
7. Romanenko N.A., Khizhniak N.I., Bobun I.I. *Sanitarno-epidemicheskiye osnovy pochvennoi ochistki stochnykh vod* [Sanitary and Epidemiological Basics of Soil Wastewater Treatment], Kishinev "Shtiintsa", 1993, 215 p.
8. Kireicheva L.V., Zakharova O.A., Yevsenkin K.N. *Mikrobotsenoz raneye meliorirovannykh zemel vblizi krupnykh svinokompleksov: monografiya* [Microbecenosis of Earlier Ameliorated Lands Near Large Pig Complexes: Monograph], Riazan, Politekh, 2011, 426 p.
9. Vilchek A.A. *Mukhavets: entsiklopediya maloi reki* [The Mukhavets: Encyclopedia of a Small River], Brest: Akademia, 2006, 344 p.
10. Litvin V.Yu., Yemelyanenko E.N., Pushkareva V.I. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunologii* [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunology], Moscow, 1996, 2, pp. 101–104.
11. Volchek A.A., Chezlova O.E. *Prirodopolzovaniye: sb. nauch. tr.* [Nature Use: Proceedings], Minsk, StroiMediaProyekt, 2015, pp. 95–100.
12. Guseva T.V. *Gidrokhimicheskiye pokazateli sostoyaniya okruzhayushchei sredy* [Hydrochemical Parameters of the Environment State], M.: Forum: INFRA-M, 2007, 192 p.

Поступила в редакцию 13.01.2020

Адрес для корреспонденции: e-mail: olgachezlova@tut.by – Чезлова О.Е.

УДК 612.82:577.3

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДИАПАЗОНА МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

А.Д. Наумов

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

Электромагнитное излучение окружающей среды и промышленного и бытового оборудования постоянно влияет на человека. Действие электромагнитных полей на живые организмы может оказывать влияние на их функционирование, и механизмы, обуславливающие это воздействие, не полностью объяснены. Предполагается, что взаимодействие между электромагнитным излучением и живым организмом будет зависеть от дозы и параметров электромагнитных полей.

Цель статьи – раскрыть современное состояние проблемы электромагнитного излучения диапазона мобильной связи, акцентируя внимание на потенциально высокой биологической активности действия электромагнитных полей.

Материал и методы. Материалом исследования послужили научные работы зарубежных и отечественных специалистов, связанные с изучением действия электромагнитных полей на биологические объекты, включая человека. Применяли следующие методы: анализ, сравнение, обобщение и интерпретация представленных результатов.

Результаты и их обсуждение. За последнее десятилетие значительно выросли объемы использования мобильных телефонов, а вместе с ними и опасения о последствиях воздействия на здоровье электромагнитных полей, образуемых телефонами и базовыми станциями. Знания по этой теме постоянно дополняются, но до сих пор не известны все последствия такого воздействия электромагнитных полей на человека. Предполагается, что электромагнитное излучение оказывает неблагоприятные воздействия на многие функции, включая репродукцию человека, и может способствовать, как и многие факторы окружающей среды, снижению рождаемости, наблюдаемой во многих европейских странах и Беларуси.

Отмечено, что нет еще достаточных научных данных для обоснованного вывода о степени опасности электромагнитного излучения для здоровья человека.

Заключение. В связи с тем, что сохраняются пробелы в существующих знаниях, рекомендуется руководствоваться принципом предосторожности, предусматривая ограничение уровня воздействия электромагнитного излучения.

Ключевые слова: мобильная связь, электромагнитное излучение, биологические эффекты, здоровье.

BIOLOGICAL EFFECTS OF THE ELECTROMAGNETIC RADIATION OF THE MOBILE COMMUNICATION RANGE

A.D. Naumov

Educational Establishment “Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine”

Electromagnetic radiation (EMR) of the environment as well as industrial and household equipment constantly affects a person. The effect of electromagnetic fields (EMFs) on living organisms can change their functioning by mechanisms that are not fully explained. It is assumed that the interaction between EMR and a living organism will depend on the doses and parameters of the EMF.

The purpose of this article is to reveal the current state of the EMR problem by drawing attention on potentially high biological activity of EMFs.

Material and methods. The material of the study was the scientific works of foreign and regional experts related to the study of the effects of electromagnetic fields on biological objects, including humans. The main methods are theoretical analysis of scientific sources, own scientific works, comparison, generalization and interpretation of the presented results.

Findings and their discussion. Over the past decade, the mobile phone use has increased significantly as well as fears about the health effects of electromagnetic fields generated by cellphones and base stations. The knowledge in this field is still contributed and we don't know the consequence of this impact. It is supposed that EMR has negative effects on many functions, including human reproduction and can contribute, like many environmental factors, to fertility decline, which is observed in many European countries, particularly in Belarus.

It is noted that there is not enough scientific knowledge to make a reasonable conclusion about the danger to human health.

Conclusion. Due to the fact that gaps remain in existing knowledge, it is recommended to be guided by the precautionary principle, which provides for limiting the level of exposure to electromagnetic radiation.

Key words: mobile phones, electromagnetic radiation, biological effects, health.

Сегодня каждый человек подвергнут влиянию электромагнитного излучения (ЭМИ) различных частот. По данным We Are Social (2017), в мире насчитывается 4,92 миллиарда мобильных пользователей, что составляет 66% от общей численности населения. По прогнозам Ericsson, к 2021 году количество клиентов мобильных операторов достигнет 9 млрд. Из них мобильным интернетом будут пользоваться около 7,7 млрд подписчиков, что составит 85% от всех подключений.

По обеспеченности сотовыми телефонами Беларусь находится среди высокоразвитых стран мира. Как сообщает БЕЛТА, общая абонентская база в 2018 году составила 11,4 млн, 121,2 абонента на 100 жителей республики. Охват населения услугами сотовых операторов – более 99%.

Рассматривая мобильный телефон (МТ) как источник электромагнитного излучения следует отметить, его особенности: облучение происходит на максимальном приближении, действие ЭМИ распространяется на окружающих людей, частота и продолжительность электромагнитного воздействия контролируются пользователем.

Цель статьи – раскрыть современное состояние проблемы электромагнитного излучения диапазона мобильной связи, акцентируя внимание на потенциально высокой биологической активности действия электромагнитных полей.

Материал и методы. Материалом исследования послужили научные работы зарубежных и отечественных специалистов, связанные с изучением действия электромагнитных полей на биологические объекты, включая человека. Применяли следующие методы: анализ, сравнение, обобщение и интерпретация представленных результатов.

Результаты и их обсуждение. Мобильные телефоны и базовые станции (БС), являясь источниками высокочастотного и сверхвысокочастотного излучения, непосредственно воздействуя на состояние здоровья, могут приводить и к косвенным эффектам, таким как дорожно-транспортные происшествия и работа медицинского оборудования.

В зависимости от стандарта телефона (СТ) базовые станции излучают электромагнитную энергию в диапазоне частот от 450 до 1880 МГц. Мощность излучения СТ является величиной переменной и зависит от состояния канала связи МТ–БС, т.е. чем выше уровень сигнала БС в месте приема, тем меньше мощность излучения МТ. Максимальная мощность находится в границах 0,1–1,0 Вт. Наибольшей выходной мощностью СТ обладает при максимальном удалении от базовой станции и при уменьшении сигнала в результате экранирования (во время разговора в железобетонном здании, транспорте и др.) [1; 2].

Нормируемым параметром электромагнитных полей (ЭМП) радиочастотного диапазона для СТ является плотность потока энергии (ППЭ). Она выражается в мкВт/см². Предельно допустимый уровень его воздействия не должен превышать 100 мкВт/см². В момент вызова СТ излучает ЭМП наибольшей величины, постепенно уменьшаясь по мере установления связи с запрашиваемым абонентом, поддерживаются невысокие величины ППЭ. В момент вызова величины ППЭ могут превышать предельно допустимые уровни (ПДУ) в десятки раз, особенно на большом удалении от БС.

Для характеристики значения ЭМП, создаваемого сотовым телефоном, взаимодействующего с телом человека, используют значение поглощенной дозы. Эту величину выражают в Вт/кг и обозначают как SAR (Specific Absorption Rate). Обычно SAR определяют для ткани массой 1 или 10 г за интервал 6 минут. Международные нормы безопасности допускают интенсивность микроволнового излучения на частотах GSM стандарта порядка 500–1000 мкВт/см² (в зависимости от частоты). Следует отметить, что значение SAR устанавливается при работе телефона на максимальной мощности. Диапазон регулировки пиковой мощности в GSM-телефонах – примерно от 2 Вт до 20 мВт, т.е. разница между максимальной и минимальной мощностью около ста раз.

В качестве предельно допустимого для условий профессионального воздействия принято значение SAR, равное 0,4 Вт/кг для тотального воздействия на тело реципиента и 10 Вт/кг для локального воздействия на его голову и торс. Для условий непрофессионального воздействия 0,08 Вт/кг и 2 Вт/кг соответственно [2; 3].

Во многих странах ведутся исследования воздействия ЭМИ на биологические объекты. В большинстве случаев данные экспериментов по воздействию высокочастотного излучения на живой организм носят очень общий и разнородный характер. В их число входит как изучение клеточных культур и тканей (*in vitro*), так и лабораторных животных (*in vivo*), а также людей (добровольцев). С одной стороны, в этих исследованиях основное внимание уделяется функциональным изменениям в головном мозге, которые связывают с отклонениями в когнитивной функции (воздействие излучения на голову). С другой стороны, изучается наличие взаимосвязи между использованием МТ и развитием канцерогенеза, воздействием на репродуктивную функцию и развитие, на сердечно-сосудистую систему и весь организм. Результаты этих исследований часто указывают на обратимые биологические и физиологические эффекты, которые необязательно приводят к развитию патологии. Считается, что ЭМИ относится к тем факторам, для определения степени влияния которых необходим длительный период времени [1; 4; 5].

При работе сотового телефона головной мозг и периферические рецепторы зоны вестибулярного и слухового анализаторов и сетчатка обязательно подвергаются воздействию ЭМП сотового телефона, при различном глубинном распределении и величине поглощенной энергии.

Проведен ряд исследований, указывающих на повышение температуры кожи и барабанной перепонки во время применения мобильного телефона. В ряде работ рассмотрена проблема влияния ЭМП на ДНК клеток мозга. В экспериментах на крысах было показано, что при локальном и кратковременном облучении мозга

ЭМП изменяются функция нейрорецепторов мозга и реакция глиальных клеток [5; 6]. Полученные результаты свидетельствуют, что изменение клеточной пролиферации зависит не только от нагрева, а имеются специфические механизмы воздействия ЭМП, среди которых окислительный стресс является основным в условиях длительного воздействия ЭМП сотового телефона [7–9].

Последствия от воздействия электромагнитного излучения связаны в первую очередь с функциональным расстройством центральной нервной системы. Затем начинают развиваться нейро-дегенеративные процессы. Они проявляются в нарушении сна, повышенной утомляемости, возбудимости, неадекватности поведения, изменении скорости реакции.

Установлено достоверное увеличение времени реакции человека при продолжительном воздействии сигнала сотового телефона. Некоторыми исследователями зарегистрированы небольшие изменения альфа- и тета-ритма биоэлектрической активности мозга. Однако имеются работы, в которых не было зафиксировано достоверных изменений [4; 10; 11].

Исследования познавательной активности животных при действии сотовых телефонов настолько противоречивы, что не позволяют сделать однозначный вывод.

В серии эпидемиологических исследований шведских онкологов было выявлено достоверное увеличение риска развития невриноом слухового нерва и глиом у постоянных пользователей мобильных и радиотелефонов. Риск развития невриноом слухового нерва возрастал у последних в 3,5 раза при ипсилатеральном (одностороннем) пользовании мобильным телефоном в течение 10 лет и более. Риск развития глиом у пользователей мобильной связи (10 лет и более, ипсилатерально) увеличивался более чем пятикратно по сравнению с контрольной группой. При двустороннем пользовании мобильным телефоном возрастание рисков было менее выражено, хотя также достоверно превышало показатели контрольных групп. Риск развития опухолей был более выражен у молодых людей, пользующихся мобильными телефонами.

В рамках масштабного международного проекта Interphone было выявлено, что при суммарном времени пользования мобильным телефоном свыше 1640 часов, если это время набиралось пользователями в течение 1–4 лет, риск развития глиом возрастал в 3,77 раза, а риск развития менингиом – в 4,8 раза по сравнению с контрольными группами [6; 12].

В работах Г.Г. Верещако и соавторов (2013–2015), выполненных в Институте радиобиологии НАН Беларуси на лабораторных животных, установлено, что облучение крыс ЭМИ (900 МГц) в течение двух недель вызывает у них падение массы тела (–18,3%), повышение числа лейкоцитов (+19,8%), лимфоцитов (+25,6%), тромбоцитов (+67,1%), уменьшение числа моноцитов (–23,0%), эритроцитов и содержания гемоглобина в крови. Экспозиция ЭМИ (900 МГц) животных приводила к повышению активности аланин- и аспартатаминотрансфераз и ЩФ в сыворотке крови. Использование витаминов С и Е способствовало нормализации изучаемых показателей в крови облученных животных.

Чувствительность некоторых гематологических показателей к электромагнитному облучению в диапазоне сотовой связи отражена и в других работах. Это такие показатели, как число клеток белой крови, лейкограмма, количество тромбоцитов и эритроцитов, митотический индекс гемопоэтических стволовых клеток, а также показатель гематокрита, содержание гемоглобина и количество клеток костного мозга. Согласно имеющимся данным изменение вышеперечисленных показателей крови происходило при действии как кратковременного, так и длительного воздействия ЭМП сотового диапазона, хотя не все полученные данные носят однозначный характер.

В ряде работ анализируется действие ЭМП мобильной связи на состояние репродуктивной системы. Показано, что продолжительность разговора по сотовому телефону отрицательно коррелировала с количеством активно подвижных форм сперматозоидов и положительно с числом малоподвижных зрелых половых клеток.

Изучая подвижность и митохондриальный мембранный потенциал сперматозоидов, полученных от здоровых мужчин-доноров, облученных при 900 МГц *in vitro*, ученые пришли к заключению, что изменение этих показателей зависит от значения SAR. При низком уровне SAR (2,0 Вт/кг) влияние электромагнитного излучения на указанные показатели не выявлено, однако экспозиция с высоким уровнем SAR (5,7 Вт/кг) приводила к значительным изменениям на подвижность и мембранный потенциал сперматозоидов [4; 10].

Уровень тестостерона, пролактина, тиреотропного и адренокортикотропного гормонов в сыворотке крови облученных мужчин находился в пределах физиологической нормы. Для гормона роста и кортизола имело место значимое снижение их содержания на 28 и 12% соответственно по сравнению с периодом до облучения и периодом после облучения. Результаты исследований в этом случае показывают отсутствие существенного влияния экспозиции сотового телефона на эндокринную систему организма человека в условиях проведенного эксперимента.

Ограниченные возможности исследований по оценке влияния ЭМП МС на репродуктивную систему мужчин привели к проведению опытов на экспериментальных животных, свидетельствующих о снижении репродуктивного потенциала крыс-самцов под влиянием длительного электромагнитного облучения в диапазоне мобильной связи (900 МГц).

Исследований по вопросу воздействия радиочастот диапазона мобильной связи на женскую половую систему чрезвычайно мало и они противоречивы. Использование сотового телефона беременными женщинами может быть фактором риска аборт на ранних стадиях развития, а также вызвать уменьшение фонда половых клеток [1; 5; 10; 12].

Заключение. Таким образом, результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о потенциально высокой биологической активности электромагнитного излучения в диапазоне мобильной связи. Однако проведенный анализ показывает, что пока еще нет достаточно данных для обоснованного вывода о степени опасности мобильной связи для здоровья человека. Основная проблема в отсутствии данных по отдаленным эффектам связана с тем, что прошло мало времени с момента широкого использования сотовой связи, что вынуждает руководствоваться принципом предосторожности, предусматривая ограничение уровня воздействия, а также предоставлять населению актуальную информацию для возможности выбора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колешко, В.М. Мобильные телефоны, смартфоны и старение организма / В.М. Колешко, Е.А. Воробьев, Н.А. Хмурович. – Минск: БНТУ, 2011. – 315 с.
2. Мордачев, В.И. Системная экология сотовой радиосвязи / В.И. Мордачев. – Минск: Издательский центр БГУ, 2009. – 319 с.
3. Руководства МКЗНИ по ограничению воздействия переменных электрических, магнитных и электромагнитных полей (до 300 ГГц) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.who.int/peh-emf/publications/ICNIRP_Guidelines_rus_final.pdf. – Дата доступа: 06.12.2019.
4. Шибкова, Д.З. Эффекты воздействия электромагнитных излучений на разных уровнях организации биологических систем / Д.З. Шибкова, А.В. Овчинникова // Успехи современного естествознания. Физико-химическая биология. – 2015. – № 5. – С. 156–159.
5. Wdowiak, A. Effect of electromagnetic waves on human reproduction. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* / A. Wdowiak, P.A. Mazurek, A. Wdowiak, I. Bojar // *Ann Agric Environ Med*. – 2017. – № 24(1). – P. 13–18.
6. Hardell, L. Case-control study on cellular and cordless telephones and the risk for acoustic neuroma or meningioma in patients diagnosed 2000–2003 / L. Hardell, M. Carlberg, Mild K. Hansson // *Neuroepidemiology*. – 2005. – № 25(3). – P. 120–129.
7. Kesari, K.K. 900-MHz microwave radiation promotes oxidation in rat brain / K.K. Kesari, S. Kumar, J. Behari // *Electromagnetic Biology and Medicine*. – 2011. – № 30(4). – P. 219–234.
8. Leszczynski, D. Non-thermal activation of the hsp27/p38MAPK stress pathway by mobile phone radiation in human endothelial cells: molecular mechanism for cancer- and blood-brain barrier-related effects / D. Leszczynski, S. Joenväärä, J. Reivinen, R. Kuokka // *Differentiation*. – 2002. – № 70(2–3). – P. 120–130.
9. Leszczynski, D. Mobile phone radiation and gene expression / D. Leszczynski // *Radiat Res*. – 2007. – № 167(1). – P. 121–124.
10. Григорьев, Ю.Г. Сотовая связь и здоровье: электромагнитная обстановка. Радиобиологические и гигиенические проблемы. Прогноз опасности / Ю.Г. Григорьев, О.А. Григорьев; Федер. мед.-биофиз. центр им. А.И. Бурназяна. – М.: Экономика, 2013. – 565 с.
11. Mausset-Bonnefont, F.L. Acute exposure to GSM 900-MHz electromagnetic fields induces glial reactivity and biochemical modifications in the rat brain // A.L. Mausset-Bonnefont, H. Hirbec, X. Bonnefont, A. Privat, J. Vignon, R. de Seze // *Neurobiology*. – 2004. – № 17(1). – P. 445–454.
12. Верещако, Г.Г. Влияние электромагнитного излучения мобильных телефонов на состояние мужской репродуктивной системы и потомство / Г.Г. Верещако. – Минск: Беларус. навука, 2015. – 190 с.

REFERENCES

1. Koleshko V.M., Vorobyev E.A., Khmurovich N.A. *Mobilniye telephony, smartfony i starenie organizma* [Mobile Phones, Smart Phones and Ageing], Minsk: BNTU, 2011, 315 p.
2. Mordachev V.I. *Sistemnaya ekologiya sotovoi radiosvazi* [System Ecology of Cellular Radio Communication], Minsk: Izdatelski tsentr BGU, 2009, 319 p.
3. *Rukovodstva MKZNI po ogranicheniyu vozdeistviya peremennykh elektricheskikh, magnitnykh i elektromagnitnykh polei (do 300 GGTs)* [MKZNI Guidelines on Temporary Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)], Available at: http://www.who.int/peh-emf/publications/ICNIRP_Guidelines_rus_final.pdf. Accessed: 06.12.2019.
4. Shibkova D.Z., Ovchinnikova A.V. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. Fiziko-khimicheskaya biologiya* [Successes of the Contemporary Natural Science. Physical and Chemical Biology], 2015, 5, pp. 156–159.
5. Wdowiak A. Effect of electromagnetic waves on human reproduction. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* / A. Wdowiak, P.A. Mazurek, A. Wdowiak, I. Bojar // *Ann Agric Environ Med*. – 2017. – № 24(1). – P. 13–18.
6. Hardell, L. Case-control study on cellular and cordless telephones and the risk for acoustic neuroma or meningioma in patients diagnosed 2000–2003 / L. Hardell, M. Carlberg, Mild K. Hansson // *Neuroepidemiology*. – 2005. – № 25(3). – P. 120–129.
7. Kesari, K.K. 900-MHz microwave radiation promotes oxidation in rat brain / K.K. Kesari, S. Kumar, J. Behari // *Electromagnetic Biology and Medicine*. – 2011. – № 30(4). – P. 219–234.
8. Leszczynski, D. Non-thermal activation of the hsp27/p38MAPK stress pathway by mobile phone radiation in human endothelial cells: molecular mechanism for cancer- and blood-brain barrier-related effects / D. Leszczynski, S. Joenväärä, J. Reivinen, R. Kuokka // *Differentiation*. – 2002. – № 70(2–3). – P. 120–130.
9. Leszczynski, D. Mobile phone radiation and gene expression / D. Leszczynski // *Radiat Res*. – 2007. – № 167(1). – P. 121–124.
10. Grigoryev Yu.G., Grigoryev O.A. *Sotovaya svyaz i zdorovye: elektromagnitnaya obstanovka. Radiobiologicheskiye i gigiyenicheskiye problemy. Prognoz opasnosti* [Cellular Communication and Health: Electromagnetic Situation. Radiobiological and Hygienic Problems. Hazard Forecast], M.: Ekonomika, 2013, 565 p.
11. Mausset-Bonnefont, F.L. Acute exposure to GSM 900-MHz electromagnetic fields induces glial reactivity and biochemical modifications in the rat brain // A.L. Mausset-Bonnefont, H. Hirbec, X. Bonnefont, A. Privat, J. Vignon, R. de Seze // *Neurobiology*. – 2004. – № 17(1). – P. 445–454.
12. Vereshchako G.G. *Vliyaniye elektromagnitnogo izlucheniya mobilnykh telefonov na sostoyaniye muzhskoi reproduktivnoi sistemy i potomstvo* [Impact of Electromagnetic Radiation of Mobile Phones on the State of Male Reproductive System and Offspring], Minsk: Belaruskaya navuka, 2015, 190 p.

Поступила в редакцию 08.01.2020

Адрес для корреспонденции: e-mail: adnaumov@tut.by – Наумов А.Д.

УДК 574.4:504.054:666.94(476)

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ПИГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА ЛИСТЬЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ ПРИ ВНЕСЕНИИ МИКРОБНЫХ УДОБРЕНИЙ

А.М. Николайчук*, А.П. Яковлев*, М.Н. Вашкевич*, П.Н. Белый*, И.Н. Ананьева**

*ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»

**ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси»

В статье приводятся сведения о влиянии микробных препаратов, разработанных в институте микробиологии НАН Беларуси, «Гордебак» и штаммов микроорганизмов – CR-6 и CA-1 на содержание хлорофиллов а, b, а также каротиноидов в листьях древесных растений, произрастающих в условиях негативного влияния противогололедных реагентов.

Цель – изучение особенностей влияния микробных препаратов («Гордебак») и штаммов микроорганизмов – CR-6 и CA-1 на содержание фотосинтетических пигментов в условиях города.

Материал и методы. Материалом послужили листья древесных растений, произрастающих вдоль крупных магистралей г. Минска и г. Могилева (липа мелколистная, конский каштан обыкновенный, ясень обыкновенный, клен остролистный). Древесные растения, принимающие участие в исследованиях, были обработаны противомикробными препаратами – «Гордебак» и штаммами микроорганизмов – CR-6 и CA-1. Контролем послужили листья растений, не подвергшиеся обработкам. Определяли содержание хлорофилла а, хлорофилла b и каротиноидов в листьях древесных растений до и после обработки микробными препаратами. Для исследования было заложено 15 пробных площадок в г. Минске и г. Могилеве.

Результаты и их обсуждение. Анализируя полученные результаты влияния микробных препаратов «Гордебак» и штаммов микроорганизмов – CR-6 и CA-1 на древесные растения, произрастающие в городских условиях, следует отметить, что содержание пигментов в листьях древесных растений после их обработки увеличивается, это происходит в основном за счет повышения доли хлорофилла b в общем фонде пигментов и незначительного увеличения хлорофилла а. Однако количество каротиноидов в листьях древесных растений после обработки микробными препаратами, наоборот, снижается.

Заключение. Применение микробных препаратов «Гордебак» и штаммов микроорганизмов – CR-6 и CA-1 оказывает положительный эффект на растительные организмы, повышая их устойчивость в городских условиях, т.к. большинство исследованных видов после обработки данными препаратами хоть и незначительно, но увеличивает содержание фотосинтетических пигментов, особенно хлорофиллов а и b.

Ключевые слова: пигменты, хлорофилл а, хлорофилл b, каротиноиды, микробные удобрения, «Гордебак», штаммы микроорганизмов – CR-6 и CA-1, противогололедные реагенты.

FEATURES OF THE COMPOSITION OF THE PIGMENT COMPLEX OF WOOD PLANT LEAVES IN URBAN CONDITIONS WHEN APPLYING MICROBIAL FERTILIZERS

A.M. Nikolaychuk*, A.P. Yakovlev*, M.N. Vashkevich*, P.N. Bely*, I.N. Ananyeva**

*Central Botanical Gardens of the National Academy of Sciences of Belarus

**Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus

The article provides information on the effect of microbial preparations developed at the Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus – Gordebak and microorganism strains – CR-6 and CA-1, on the content of chlorophylls a, b, as well as carotenoids in the leaves of woody plants growing under the negative influence of anti-icing reagents.

The purpose of the article is to study the characteristics of the influence of microbial preparations ("Gordebak" and strains of microorganisms – CR-6 and CA-1) on the content of photosynthetic pigments in a city.

Material and methods. The material for the study was the leaves of woody plants growing along large highways in Minsk and Mogilev (small-leaved linden, horse chestnut, common ash, holly maple). The woody plants participating in the research were treated with antimicrobial agents – "Gordebak" and strains of microorganisms – CR-6 and CA-1. The content of chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids in the leaves of woody plants was determined before and after treatment with microbial preparations. For the study, 15 test sites were laid in Minsk and in Mogilev.

Findings and their discussion. Analyzing the results of the influence of the microbial preparations "Gordebak" and strains of microorganisms – CR-6 and CA-1 on woody plants growing under conditions of soil contamination with anti-icing reagents, it should be noted that the content

of pigments in the leaves of woody plants increases after treatment, this is mainly due to an increase in the proportion of chlorophyll *b* in the total pigment stock and a slight increase in chlorophyll *a*. However, the amount of carotenoids in the leaves of woody plants after treatment with microbial preparations, on the contrary, decreases.

Conclusion. The application of the microbe preparations "Gordebak" and strains of microorganisms – CR-6 and CA-1 results in a positive effect on vegetation organisms by increasing their stability in urban conditions since most of the studied species after treatment with these preparations slightly increased the content of photosynthetic pigments, especially chlorophylls *a* and *b*.

Key words: pigments, chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, carotenoids, microbial fertilizers, "Gordebak" and strains of microorganisms – CR-6 and CA-1, deicing reagents.

Функционирование промышленных предприятий и транспортных средств сопровождается загрязнением атмосферного воздуха, воды и почвы, которое зависит от особенностей технологии производства, мощности предприятий, эффективности работы очистных устройств, определяющих рассеивание аэротехногенных поллютантов и их распространение в окружающей среде. Проблема загрязнения воздуха особенно актуальна для городов, в которых сконцентрировано около 70% населения нашей страны и располагаются основные источники загрязнения – автотранспорт, объекты энергетики и промышленные предприятия. Эти источники ежегодно выбрасывают в атмосферу Беларуси большое количество загрязняющих веществ, включая диоксид серы, оксиды азота, оксид и диоксид углерода, углеводороды, тяжелые металлы.

Наиболее вероятной причиной массового повреждения и гибели растений в придорожных лесах вдоль МКАД считается отравление их хлоридом натрия. Повреждение придорожных насаждений обусловлено токсическим воздействием высоких концентраций хлоридов на надземные живые ткани растений, в первую очередь, на почки и прилегающие к ним ткани. Высокое содержание хлоридов натрия и кальция в придорожных почвах может также вызывать угнетение насаждений вследствие осмотических механизмов действия рассолов и дисбаланса потребления элементов растениями. Поэтому увеличение в почве придорожных лесов содержания подвижного хлора, который в нативной дерново-подзолистой почве присутствует в следовых количествах, вызывает существенную опасность [1].

Древесные растения на протяжении многих веков приспосабливались к изменениям, которые естественным образом происходили в окружающей среде. Теневые листья обычно имеют более высокую концентрацию хлорофилла *b*, чем световые. Длительный водный стресс ингибирует синтез хлорофиллов, чаще всего группы *b*. Каротиноидам принадлежит ключевая роль в предотвращении негативных проявлений от разрушения органических молекул свободными радикалами в процессах окисления, и, как светопоглотители, каротиноиды разделяют с хлорофиллом ключевую роль в энергетическом метаболизме высших растений. Считается, что хлорофилл *a* выполняет основную работу в составе светособирающего комплекса, а хлорофилл *b* и каротиноиды отвечают за функцию дополнительных и защитных пигментов [2].

Неблагоприятные условия среды (выбросы автотранспортных средств, влияние противогололедных реагентов) оказывают существенное влияние на фотосинтетический аппарат древесных растений и кустарников. Газообразные токсиканты могут нарушить световую и темновую стадию фотосинтеза, воздействуя на состояние пигментов [3]. Загрязнители атмосферы оказывают неодинаковое воздействие у разных по газоустойчивости видов, как на количественное содержание пигментов, так и на соотношение их форм [4]. Так, В.С. Николаевский установил, что чем выше процентное содержание хлорофиллов *a* и *b*, а также суммарное содержание всех пигментов, тем более устойчивым является растение. У толерантных видов количество хлорофилла *b* может возрасти в 2–3 раза. Отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* у растений является признаком фотохимической активности листьев, т.е. увеличение соотношения Хл *a*/Хл *b* является показателем высокой потенциальной интенсивности фотосинтеза [5]. В связи с этим актуальными являются вопрос изучения динамики содержания хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях древесных растений в зависимости от условий техногенной нагрузки на насаждения как одного из показателей устойчивости древесных растений к неблагоприятному влиянию поллютантов и определение влияния на пигментный фонд растений внесения бактериальных удобрений.

Чтобы снизить негативное воздействие противогололедных реагентов, а также улучшить рост древесных растений, произрастающих вдоль магистралей крупных городов нашей страны, в институте микробиологии НАН Беларуси предложили использовать микробные удобрения, содержащие солеустойчивые азотфиксирующие штаммы микроорганизмов – CR-6 и CA-1, а также биоудобрение «Гордебак». В настоящее время лаборатория экологической физиологии растений ГНУ «Центральный ботанический сад» совместно с институтом микробиологии НАН Беларуси, а также с ККУП «Минскзеленстрой» проводит эксперимент по изменению реакции древесных растений, произрастающих вдоль крупных магистралей в различных районах г. Минска и г. Могилева, до и после обработки микробным удобрением «Гордебак» и двумя штаммами микроорганизмов – CR-6 и CA-1.

Биоудобрение «Гордебак» используется для повышения урожайности и ускорения адаптации здорового посадочного материала древесных растений. Применение препарата эквивалентно дополнительному внесению 15–20% минерального азота и фосфора на гектар, так как основой препарата являются ассоциативные азотфиксирующие и фосфатмобилизующие бактерии. «Гордебак» не фитотоксичен, безвреден для человека, живот-

ных, рыб и полезных насекомых. Вегетирующие растения необходимо поливать 10% рабочей жидкостью (1 л препарата + 10 л воды), удобрение разбавляют непосредственно перед применением [6].

Солеустойчивые азотфиксирующие штаммы бактерий CR-6 и CA-1 были выделены в ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси» из образцов дерново-подзолистой почвы, отобранной в районе действия ОАО «Беларускалий». Штаммы CR-6 и CA-1 оказывают стимулирующий эффект на рост растений в условиях засоления, не являются патогенными для человека и животных [7]. Рабочий раствор для полива растений готовили из расчета: 2 части штамма CR-6 + 1 часть штамма CA-1 на 10 л воды.

Цель статьи – изучение особенностей влияния микробных препаратов («Гордебак») и штаммов микроорганизмов – CR-6 и CA-1 на содержание фотосинтетических пигментов в условиях города.

Материал и методы. В летний период 2019 года нами были отобраны листья липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), конского каштана обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.), ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.) и клена остролистного (*Acer platanoides* L.), произрастающих вдоль крупных магистралей нашей столицы (г. Минск) и областного центра нашей страны – г. Могилева, где были заложены ключевые участки (КУ): 11 КУ в г. Минске и 4 КУ в г. Могилеве, на которых опытные древесные растения были обработаны микробным препаратом «Гордебак» и штаммами микроорганизмов – CR-6 и CA-1 (табл. 1). Обработка древесных растений проводилась двукратно: первый раз – в конце весны и повторно – через один месяц. На каждой пробной площадке 5 деревьев были обработаны микробными препаратами и 5 растений выступали в роли контрольных образцов.

В качестве критерия устойчивости древесных растений к негативному влиянию загрязнения атмосферного воздуха на окружающую среду была использована видоспецифичность пигментного комплекса перечисленных выше видов растений.

Таблица 1

**Наименования ключевых участков (КУ) отбора проб листьев древесных растений
для определения содержания пигментов**

№ КУ	Вид растения	Место отбора проб
КУ-1	Клен остролистный	г. Минск, Кольцевая
КУ-2	Ясень обыкновенный	г. Минск, пр. Победителей, у дороги
КУ-3	Ясень обыкновенный	г. Минск, пр. Победителей, 2-й ряд
КУ-4	Липа мелколистная	г. Минск, ул. Орловская
КУ-5	Липа мелколистная	г. Минск, напротив гимназии 23, слева
КУ-6	Конский каштан обыкновенный	г. Минск, гимназия 23, справа
КУ-7	Липа мелколистная	г. Минск, ГУМ, справа
КУ-8	Липа мелколистная	г. Минск, ГУМ, слева
КУ-9	Липа мелколистная	г. Минск, Главпочтамт, слева
КУ-10	Липа мелколистная	г. Минск, ул. Купревича, справа
КУ-11	Липа мелколистная	г. Минск, ул. Купревича, слева
КУ-12	Липа мелколистная	г. Могилев, пр. Пушкинский, 21, справа
КУ-13	Липа мелколистная	г. Могилев, ул. Первомайская, 31
КУ-14	Липа мелколистная	г. Могилев, ул. Симонова, 14
КУ-15	Рябина обыкновенная	г. Могилев, ул. Симонова, 19 «А»

Для определения содержания пигментов отбирались образцы из средней части кроны в середине дня, когда содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях наибольшее (11.00–14.00). В лабораторных условиях определяли содержание хлорофилла *a*, *b* (Хл *a*, Хл *b*) и каротиноидов (К) спектрофотометрическим методом. Пигменты извлекали из листьев ацетоном. Содержание пигментов в листьях рассчитывали в два этапа:

1 этап – расчет концентрации пигментов листьев в ацетоне по формулам Веттштейна (мг/л):

$$Ca = 9,784 \cdot E_{662} - 0,990 \cdot E_{644} \quad (1)$$

$$Cb = 21,426 \cdot E_{644} - 4,650 \cdot E_{662} \quad (2)$$

$$Ck = 4,695 \cdot E_{440,5} - 0,268 \cdot (Ca + Cb), \quad (3)$$

где E_{662} , E_{644} , $E_{440,5}$ – показатели оптической плотности при соответствующих длинах волн (662; 644; 440,5);

2-й этап – расчет количества пигментов в листьях (мг/г сырой массы):

$$A = \frac{V \cdot C}{P \cdot 1000},$$

где V – объем спиртовой вытяжки (10 мл); C – концентрация пигментов в растворе ацетона (мг/л); P – навеска растительного материала (0,1 г)

Повторность опыта трехкратная, полученные результаты обработаны с помощью программы Excel [4].

Результаты и их обсуждение. Исследования показали, что в условиях города Минска в листьях липы мелколистной во всех случаях (кроме КУ-5 и 7) происходит увеличение содержания хлорофиллов a и b в растениях, которые в начале вегетационного периода были обработаны микробным препаратом «Гордебак» и штаммами микроорганизмов – CR-6 и CA-1 (табл. 2).

Содержание хлорофилла a в листьях липы колеблется от $1,16 \pm 0,01$ до $1,92 \pm 0,01$ мг/г в контрольных образцах и от $1,00 \pm 0,01$ до $2,00 \pm 0,02$ мг/г в листьях липы, обработанной микробными препаратами. На ключевом участке 5 количество хлорофилла a как в контрольном, так и опытном вариантах было самым низким по сравнению с другими участками отбора проб.

Что касается хлорофилла b , то следует сказать, что его содержание после обработки микробными препаратами ниже в тех же точках отбора, где и содержание хлорофилла a (КУ-5 и 7). Так, на КУ 5 его значение было самым низким – $0,45 \pm 0,01$ мг/г. На других ключевых участках количество хлорофилла b повышается после обработки деревьев микробными препаратами. Однако содержание хлорофилла b в листьях липы на КУ-8 в обработанном варианте увеличивается в 1,95 раза по сравнению с контрольными пробами ($1,67 \pm 0,16$ и $0,86 \pm 0,07$ мг/г соответственно).

Таблица 2

Содержание фотосинтетических пигментов в листьях липы мелколистной, произрастающей в условиях г. Минска, до и после обработки микробными препаратами (мг/г сырой массы)

№ КУ	Место отбора проб	Хл a	Хл b	К
КУ-4	г. Минск, ул. Орловская, контроль	$1,71 \pm 0,02$	$0,75 \pm 0,10$	$0,22 \pm 0,03$
	г. Минск, ул. Орловская, обработка	$1,89 \pm 0,02$	$1,35 \pm 0,22$	$0,11 \pm 0,06$
КУ-5	г. Минск, напротив гимназии 23 слева, контроль	$1,16 \pm 0,01$	$0,65 \pm 0,06$	$0,29 \pm 0,01$
	г. Минск, напротив гимназии 23 слева, обработка	$1,00 \pm 0,01$	$0,45 \pm 0,01$	$0,31 \pm 0,02$
КУ-7	г. Минск, ГУМ справа, контроль	$1,76 \pm 0,01$	$1,08 \pm 0,20$	$0,10 \pm 0,05$
	г. Минск, ГУМ справа, обработка	$1,28 \pm 0,02$	$0,49 \pm 0,17$	$0,31 \pm 0,05$
КУ-8	г. Минск, ГУМ слева, контроль	$1,77 \pm 0,01$	$0,86 \pm 0,07$	$0,15 \pm 0,02$
	г. Минск, ГУМ слева, обработка	$2,00 \pm 0,02$	$1,67 \pm 0,16$	$0,08 \pm 0,04$
КУ-9	г. Минск, Главпочтамт слева, контроль	$1,92 \pm 0,01$	$1,05 \pm 0,04$	$0,10 \pm 0,01$
	г. Минск, Главпочтамт слева, обработка	$1,98 \pm 0,01$	$1,36 \pm 0,09$	$0,05 \pm 0,02$
КУ-10	г. Минск, ул. Купревича справа, контроль	$1,44 \pm 0,02$	$0,59 \pm 0,06$	$0,26 \pm 0,01$
	г. Минск, ул. Купревича справа, обработка	$1,53 \pm 0,01$	$0,67 \pm 0,05$	$0,23 \pm 0,01$
КУ-11	г. Минск, ул. Купревича слева, контроль	$1,39 \pm 0,01$	$0,54 \pm 0,11$	$0,27 \pm 0,03$
	г. Минск, ул. Купревича слева, обработка	$1,73 \pm 0,01$	$0,94 \pm 0,02$	$0,15 \pm 0,01$

Интересно отметить, что у липы мелколистной происходит уменьшение числа каротиноидов у особей, обработанных микробными препаратами. А на КУ-5 и 7, где снижалось число как хлорофилла a , так и хлорофилла b в обработанных вариантах, содержание каротиноидов, наоборот, увеличилось и составило $0,31 \pm 0,02$ и $0,31 \pm 0,05$ мг/г соответственно, что является максимальным значением для данного показателя у липы мелколистной. Причем у липы возле ГУМа справа (КУ-7) число каротиноидов в обработанном варианте увеличилось в 3,1 раза по сравнению с контрольным вариантом. Минимальное количество каротиноидов у липы мелколистной в условиях города Минска отмечено на КУ-9 ($0,05 \pm 0,02$ мг/г) у особей после обработки микробными препаратами, а также в районе ГУМа слева (КУ 8) – $0,08 \pm 0,04$ мг/г (табл. 2).

На диаграмме показано суммарное содержание хлорофилла a , b и каротиноидов в листьях липы мелколистной до и после обработки микробными препаратами (рис. 1). На всех точках отбора проб кроме КУ-5 и 7 сумма пигментов была больше у обработанных особей. Наибольшая разница отмечена у липы, произрастающей около ГУМа с левой стороны (КУ-8) – $2,78 \pm 0,13$ мг/г в контрольном и $3,75 \pm 0,24$ мг/г в обработанном вариантах и на ул. Орловской (КУ-4) – $2,68 \pm 0,18$ мг/г и $3,35 \pm 0,37$ мг/г соответственно.

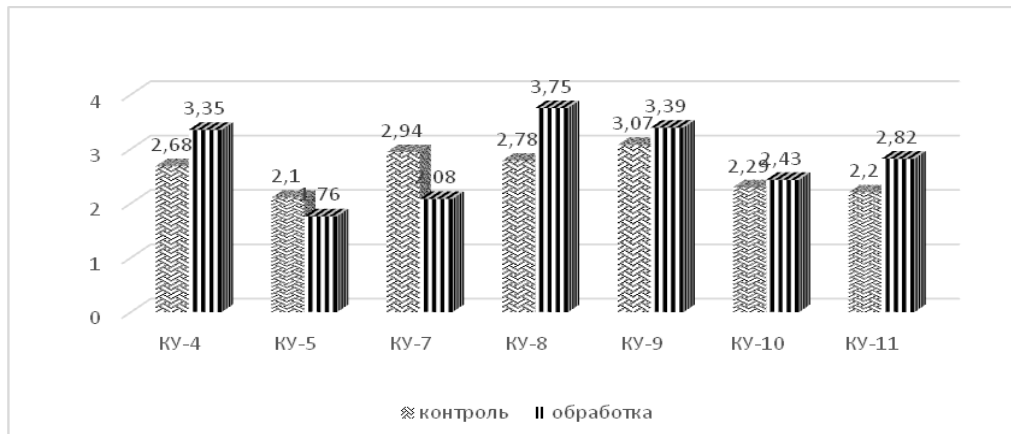


Рис. 1. Суммарное количество хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях липы мелколистной до и после обработки микробными препаратами (мг/г), г. Минск

Кроме липы мелколистной, в исследовании участвовали клен остролистный (КУ-1), ясень обыкновенный (КУ-2 и 3), конский каштан обыкновенный (КУ-6). Анализ проведенных исследований позволил установить, что содержание хлорофилла *a* и *b* у обработанных микробными препаратами особей увеличивается за исключением ясеня обыкновенного на КУ-3 (пр. Победителей, 2-й ряд) (табл. 3). Наибольшая разница в количестве хлорофилла *a* в контрольных и обработанных образцах отмечена у конского каштана обыкновенного, произрастающего на КУ-6 около гимназии 23 справа ($0,91 \pm 0,01$ мг/г и $1,44 \pm 0,01$ мг/г соответственно). Также у этого вида была выявлена наибольшая разница в содержании хлорофилла *b* ($0,29 \pm 0,16$ мг/г и $0,56 \pm 0,09$ мг/г соответственно). Что касается количества каротиноидов, то следует отметить их снижение у видов, обработанных микробными препаратами, на всех точках отбора проб за исключением ясеня обыкновенного, произрастающего на КУ-3, где содержание хлорофилла *a* и *b* повышалось у обработанных видов (табл. 3).

Таблица 3

Содержание хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях древесных растений до и после обработки микробными препаратами в условиях г. Минска

№ КУ	Вид растения	Место отбора	Хл а	Хл б	К
КУ-1	Клен остролистный (контроль)	г. Минск, Кольцевая	$1,79 \pm 0,08$	$0,97 \pm 0,07$	$0,14 \pm 0,04$
	Клен остролистный (обработка)	г. Минск, Кольцевая	$1,90 \pm 0,01$	$1,16 \pm 0,03$	$0,07 \pm 0,01$
КУ-2	Ясень обыкновенный (контроль)	г. Минск, пр. Победителей у дороги	$1,63 \pm 0,01$	$0,74 \pm 0,05$	$0,21 \pm 0,01$
	Ясень обыкновенный (обработка)	г. Минск, пр. Победителей, у дороги	$1,76 \pm 0,01$	$0,88 \pm 0,11$	$0,16 \pm 0,02$
КУ-3	Ясень обыкновенный (контроль)	г. Минск, пр. Победителей, 2-й ряд	$1,59 \pm 0,01$	$0,75 \pm 0,06$	$0,22 \pm 0,01$
	Ясень обыкновенный (обработка)	г. Минск, пр. Победителей, 2-й ряд	$1,45 \pm 0,02$	$0,61 \pm 0,01$	$0,28 \pm 0,01$
КУ-6	Конский каштан обыкновенный (контроль)	г. Минск, гимназия 23 справа	$0,91 \pm 0,01$	$0,29 \pm 0,16$	$0,31 \pm 0,05$
	Конский каштан обыкновенный (обработка)	г. Минск, гимназия 23 справа	$1,44 \pm 0,01$	$0,56 \pm 0,09$	$0,30 \pm 0,03$

На рис. 2 хорошо видно различие в суммарном содержании хлорофиллов и каротиноидов у некоторых видов древесных растений, участвующих в проведении эксперимента. Самое значительное различие между контрольными и обработанными вариантами установлено у конского каштана обыкновенного на КУ-6 (рис. 2). У ясеня обыкновенного, произрастающего на КУ-3, отмечается незначительное снижение общего количества пигментов у особей, обработанных микробными препаратами.

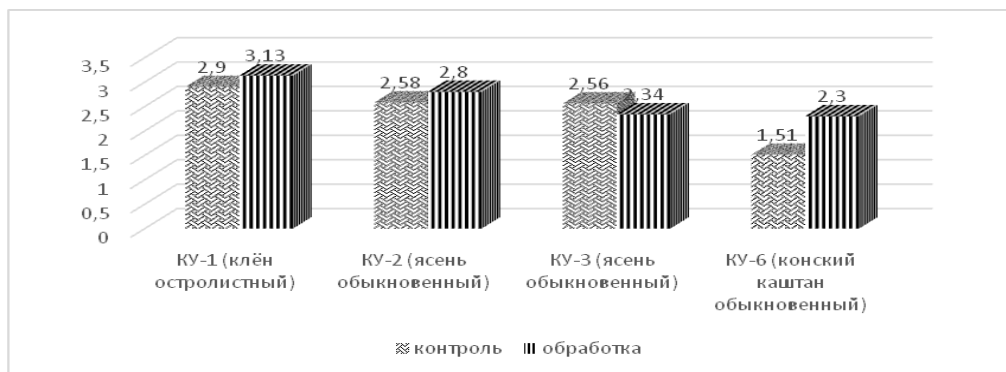


Рис. 2. Суммарное количество хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях клена остролистного, ясеня обыкновенного и конского каштана обыкновенного до и после обработки микробными препаратами (мг/г), г. Минск

В г. Могилеве в летний период были отобраны для исследования листья липы мелколистной и рябины обыкновенной. Из данных табл. 4 видно, что у липы мелколистной содержание хлорофилла *a* и хлорофилла *b* на КУ-12 у обработанных видов повышается незначительно (Хл *a* – $1,99 \pm 0,01$ мг/г в контроле и $2,00 \pm 0,01$ мг/г в обработке, Хл *b* – $1,57 \pm 0,02$ мг/г и $1,59 \pm 0,1$ мг/г соответственно). У липы мелколистной, произрастающей на КУ-14, содержание хлорофиллов *a* и *b* снижается у особей после обработки микробными препаратами с одновременным незначительным повышением каротиноидов. Что касается рябины обыкновенной, то здесь замечено снижение хлорофилла *a* и каротиноидов и незначительное увеличение хлорофилла *b* у видов, обработанных микробными препаратами (табл. 4).

Таблица 4

Содержание хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях древесных растений до и после обработки микробными препаратами в условиях г. Могилева

№ КУ	Вид растения	Место отбора	Хл <i>a</i>	Хл <i>b</i>	К
КУ-12	Липа мелколистная (контроль)	г. Могилев, пр. Пушкинский, 21 справа	$1,99 \pm 0,01$	$1,57 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,01$
	Липа мелколистная (обработка)	г. Могилев, пр. Пушкинский, 21 справа	$2,00 \pm 0,01$	$1,59 \pm 0,11$	$0,06 \pm 0,03$
КУ-13	Липа мелколистная (контроль)	г. Могилев, ул. Первомайская, 31	$1,10 \pm 0,01$	$0,40 \pm 0,06$	$0,22 \pm 0,02$
	Липа мелколистная (обработка)	г. Могилев, ул. Первомайская, 31	$1,23 \pm 0,01$	$0,34 \pm 0,23$	$0,31 \pm 0,07$
КУ-14	Липа мелколистная (контроль)	г. Могилев, ул. Симонова, 14	$1,64 \pm 0,01$	$0,84 \pm 0,08$	$0,19 \pm 0,02$
	Липа мелколистная (обработка)	г. Могилев, ул. Симонова, 14	$1,44 \pm 0,01$	$0,57 \pm 0,11$	$0,23 \pm 0,02$
КУ-15	Рябина обыкновенная (контроль)	г. Могилев, ул. Симонова, 19 «А»	$1,63 \pm 0,01$	$0,77 \pm 0,09$	$0,17 \pm 0,02$
	Рябина обыкновенная (обработка)	г. Могилев, ул. Симонова, 19 «А»	$1,36 \pm 0,01$	$0,84 \pm 0,42$	$0,16 \pm 0,11$

Сумма всех пигментов в листьях древесных растений, произрастающих вдоль крупных магистралей г. Могилева, до и после обработки микробными препаратами изображена на графике (рис. 3). Установлено, что у липы мелколистной на ключевом участке 12 нет значительных различий в содержании хлорофиллов и каротиноидов у контрольных и обработанных особей ($3,62 \pm 0,04$ и $3,65 \pm 0,20$ мг/г соответственно). А у липы мелколистной на ул. Симонова, 14 (КУ-14) и у рябины обыкновенной на ул. Симонова, 19 «А» (КУ-15) происходит снижение суммы пигментов в листьях особей, обработанных микробными препаратами (рис. 3).

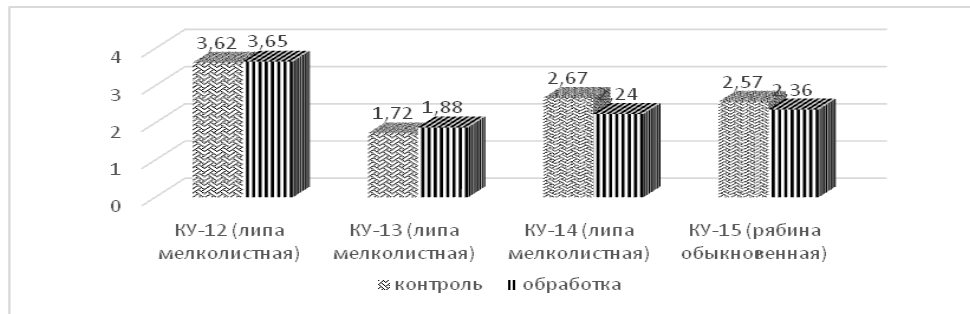


Рис. 3. Суммарное количество хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях древесных растений до и после обработки микробными препаратами (мг/г), г. Могилев

Заключение. Анализируя полученные результаты влияния обработок препаратами «Гордебак» и штаммами микроорганизмов – CR-6 и СА-1, следует отметить незначительное увеличение содержания пигментов в листьях древесных растений после обработки микробными препаратами в городских условиях. Увеличение происходит в основном за счет повышения доли хлорофилла *b* в общем фонде пигментов и незначительного увеличения хлорофилла *a*. Однако при повышении суммы хлорофиллов снижается количество каротиноидов в листьях древесных растений после обработки микробными препаратами. В некоторых случаях (КУ-12) у липы мелколистной содержание фотосинтетических пигментов до и после обработки препаратом «Гордебак» и штаммами микроорганизмов – CR-6 и СА-1 практически одинаково. А у липы, произрастающей напротив гимназии 23 и около ГУМа справа в г. Минске (КУ-5 и КУ-7), а также на ул. Симонова, 14 в г. Могилеве (КУ-14), отмечается снижение содержания количества пигментов в листьях после обработки микробными препаратами. То же происходит и у ясеня обыкновенного, чьи листья были отобраны на исследования на пр. Победителей во 2-м ряду от дороги в г. Минске (КУ-3).

Можно сказать, что применение микробного препарата «Гордебак» и штаммов микроорганизмов – CR-6 и СА-1 оказывает положительный эффект на растительные организмы, повышая их устойчивость в городских условиях, так как большинство исследованных нами видов после обработки данными препаратами хоть и незначительно, но увеличивает содержание фотосинтетических пигментов, особенно хлорофиллов *a* и *b*. Исследования, позволяющие установить зависимость влияния микробных препаратов на рост и развитие древесных растений в городских условиях, будут продолжены в дальнейшем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лысиков, А.Б. Динамика загрязнения почв сосновых насаждений в зоне Московской кольцевой автодороги / А.Б. Лысиков // Лесоведение. – 2005. – № 5. – С. 18–24.
2. Павлова, Л.М. Состояние фотосинтетических пигментов в вегетативных органах древесных растений в городской среде / Л.М. Павлова, И.М. Котельникова, Н.Г. Куимова, Н.Ю. Леусова, Л.П. Шумилова // Вестник РУДН. Сер., Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2010. – № 2. – С. 11–17.
3. Сергейчик, С.А. Экологическая физиология хвойных пород Беларуси в техногенной среде / С.А. Сергейчик, А.А. Сергейчик, Е.А. Сидорович; под ред. Б.И. Якушева. – Минск: Беларус. навука, 1998. – 199 с.
4. Гавриленко, В.Ф. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание: учеб. пособие / В.Ф. Гавриленко, М.Е. Ладыгина, Л.М. Хандобина; под ред. Б.А. Рубина. – М.: Высшая школа, 1975. – 392 с.
5. Николаевский, В.С. Биологические основы газоустойчивости растений / В.С. Николаевский. – Новосибирск: Наука, 1979. – 280 с.
6. Гордебак [Электронный ресурс] / Ин-т микробиологии НАН Беларуси. – Режим доступа: <http://mbio.bas-net.by>. – Дата доступа: 05.12.2019.
7. Наумович, Н. Выделение и характеристика солеустойчивых азотфиксирующих и фосфатсольюбилизирующих бактерий / Н. Наумович, З. Алещенкова // Zmogaus ir gamtos sauga: 24 international Scientific conference «Human and Nature Safety», 9–11 May 2018. – Lithuania, 2018. – S. 184–187.

REFERENCES

1. Lysikov A.B. *Lesovedeniye* [Forestry], 2005, 5, pp. 18–24.
2. Pavlova L.M., Kotelnikova I.M., Kuimova N.G., Leusova N.Yu., Shumilova L.P. *Vestnik RUDN seriya "Ekologiya i bezopasnost zhiznedeyatelnosti"* [Bulletin of RUDN, Series "Ecology and Life Safety", 2010, 2, pp. 11–17.
3. Sergeychik S.A., Sergeychik A.A., Sidorovich E.A. *Ekologicheskaya fiziologiya khvoynykh porod Belarusi v tekhnogennoi srede* [Ecological Physiology of Coniferous Species of Belarus in the Technogenic Environment], Mn.: Bel. navuka, 1998, 199 p.
4. Gavrilenko V.F., Ladygina M.E., Handobin L.M. *Bolshoi praktikum po fiziologii rastenii. Fotosintez. Dykhaniye: uchebnoye posobiye* [Big Practice Book on Plant Physiology. Photosynthesis. Breathing: Practice Book], M.: Vysshaya shkola, 1975, 392 p.
5. Nikolaevskiy V.S. *Biologicheskiye osnovy gazoustoichivosti rastenii* [Biological Basis of Gas Resistance of Plants], Novosibirsk: Nauka, 1979, 280 p.
6. *Gordebak: Institut mikrobiologii NAN Belarusi* [Gordebak: Institute of Microbiology of the NAS of Belarus]. – Available at: <http://mbio.bas-net.by>. – Accessed: 12/05/2019.
7. Naumovich N., Aleshchenkova Z. *Zmogaus ir gamtos sauga. 24 international Scientific conference "Human and Nature Safety", 9–11 May 2018. – Lithuania, 2018. – S. 184–187.*

Поступила в редакцию 28.01.2020

Адрес для корреспонденции: e-mail: alla_nik77@mail.ru – Николайчук А.М.



ПЕДАГОГІКА

УДК 378.14:054.68

СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ

В.И. Турковский, Р.В. Загорулько

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

Глобализация и академическая мобильность в сфере высшего образования предъявляют возрастающие требования к качеству и гибкости образовательных услуг.

Цель работы – анализ состояния процесса обучения иностранных студентов в контексте развития экспорта образовательных услуг, выявление его особенностей и направлений совершенствования.

Материал и методы. Исследование проводилось на базе УВО Витебской области. В изучении степени удовлетворенности субъектов образовательного процесса приняло участие 102 иностранных студента ВГУ имени П.М. Машерова различных факультетов I–IV курсов. В качестве основных методов были избраны анализ научных, научно-методических и документальных источников, беседа, наблюдение, изучение опыта деятельности, анкетирование.

Результаты и их обсуждение. Авторами были проанализированы состояние и тенденции процесса обучения иностранных студентов ВГУ имени П.М. Машерова в контексте развития экспорта образовательных услуг Беларуси. На основе теоретического и эмпирического исследования выявлены особенности и магистральные направления деятельности УВО по совершенствованию процесса обучения иностранных студентов, к которым относятся адаптация иностранных студентов к образовательному процессу и адаптация образовательного процесса, учитывающая социокультурные особенности обучаемых различных региональных групп.

Заключение. Реализация данных видов адаптации позволит повысить эффективность процесса обучения иностранных студентов.

Ключевые слова: экспорт образовательных услуг, иностранные студенты, процесс обучения, дидактическая система УВО, программы адаптации.

STATE AND WAYS OF IMPROVEMENT OF TEACHING FOREIGN STUDENTS

V.I. Turkovski, R.V. Zagorulko

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

Globalization and academic mobility in the sphere of higher education requires the quality and flexibility of academic services.

The research purpose is an analysis of the state of the foreign student teaching process in the context of the development of academic services export, finding out its features and improvement directions.

Material and methods. The study was conducted on the basis of Vitebsk Region universities. 102 first to fourth year Vitebsk State university foreign students from different faculties participated in the study of the degree of the academic process subjects' satisfaction. The main research methods were analysis of scientific, scientific and methodological as well as document sources, the talk, observation, the study of the experience, the questionnaire.

Findings and their discussion. The state and tendencies of foreign student teaching process at Vitebsk State P.M. Masharov University in the context of the development of academic services export were analyzed. On the basis of the theoretical and empiric research features and main directions of the University activity on the improvement of foreign student teaching process were identified which include adaptation of foreign students to the academic process and adaptation of the academic process that takes into account social and cultural peculiarities of students from different regional groups.

Conclusion. The implementation of these adaptation types will make it possible to increase the efficiency of the foreign student teaching process.

Key words: export of academic services, foreign students, teaching process, university didactic system, adaptation programs.

В отечественной практике подготовка иностранных специалистов имеет давние корни: первые иностранные слушатели были среди учеников Славяно-греко-латинской академии. Значительный опыт обучения иностранных студентов был накоплен в рамках помощи СССР странам «третьего мира». Советские вузы по численности иностранных студентов занимали 3-е место в мире после университетов США и Франции. Основная часть иностранных граждан, получавших высшее образование в Советском Союзе, обучалась в вузах РСФСР (70%). В российских вузах после распада СССР численность иностранных студентов из дальнего зарубежья сократилась в несколько раз. Появились студенты из стран Балтии и стран СНГ. По данным Института статистики ЮНЕСКО в настоящее время Россия входит в шестерку стран, наиболее привлекательных для иностранных студентов. Более половины всей общемировой студенческой мобильности приходится на США (19%), Великобританию (8%), Австралию (7%), Францию, Германию и Россию (по 5%).

По данным бюллетеня Белстата «Образование в Республике Беларусь 2018–2019» топ-10 иностранных студентов, обучающихся в Беларуси, составляют: 53,1% иностранных студентов – представители Туркменистана (1 место); 7,8% или 1439 человек от общего числа иностранных студентов – студенты из России (2–3 место); 1435 (7,8%) представителей Китая (2–3 место); 818 из Шри-Ланка – 4,4% (4 место). Пятое место – у студентов Индии (655 – 3,6%); шестое – у представителей Исламской Республики Иран – 529 (2,9%); седьмое – 514 (2,8%) у жителей Ливии; восьмое – 418 (2,3%) – граждане Таджикистана. Девятое и десятое места занимают соответственно Узбекистан (404 – 2,2%) и Нигерия (307 – 1,7%). Также в Беларуси получают высшее образование граждане Украины, Ирака, Казахстана, Литвы и Турции.

Численность студентов-иностранцев составила 3,75% от общей численности обучающихся в вузах Беларуси студентов. В 2010/2011 учебном году данный показатель не превышал 2,1%.

Обучение иностранных студентов вносит определенную специфику в образовательный процесс вуза. Мера этой специфичности обуславливается содержанием обучения, организационно-методическими и ресурсными особенностями, необходимостью социально-культурной и бытовой поддержки.

Цель работы – проанализировать состояние процесса обучения иностранных студентов в контексте развития экспорта образовательных услуг, управления многообразием в образовательной системе высшего образования, выявить его особенности и направления совершенствования на примере ВГУ имени П.М. Машерова.

Материал и методы. Материалом явились статистические данные по экспорту образовательных услуг высшей школой, результаты исследований по повышению качества подготовки иностранных студентов, материалы эмпирического анализа удовлетворенности субъектов образовательного процесса.

Исследование проводилось на базе учреждений высшего образования Витебской области. В изучении степени удовлетворенности субъектов образовательного процесса приняло участие 102 иностранных студента ВГУ имени П.М. Машерова биологического, математического, филологического, юридического факультетов I–IV курсов: I курс – 22 студента, II курс – 21 студент; III курс – 32 студента, IV – 27 студентов.

В качестве основных методов были избраны анализ научных, научно-методических и документальных источников, беседа, наблюдение, изучение опыта деятельности, эмпирическое исследование удовлетворенности субъектов образовательного процесса (иностранцев студентов).

Результаты и их обсуждение. В Витебской области все 100% учреждений высшего образования: Витебская ордена «Знак почета» государственная академия ветеринарной медицины, Витебский государственный университет имени П.М. Машерова, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет, Витебский государственный технологический университет, Полоцкий государственный университет, Витебский филиал Международного университета «МИТСО» – осуществляют обучение иностранных студентов.

Продолжительность данного вида опыта разная. Старейшим является ВГМУ – осуществляет обучение иностранных граждан с 1981 г. Различно и число обучающихся: от 98 иностранных граждан (МИТСО) на 31.12.2018, 302 – ВГТУ до 1354 – ВГМУ, 1365 – ВГУ. Прогрессивная динамика численности иностранных студентов, значительно превышающая показатели по Республике Беларусь (5,8%), наблюдается в ВГУ – 19,7% в 2018/2019 учебном году (рис.).

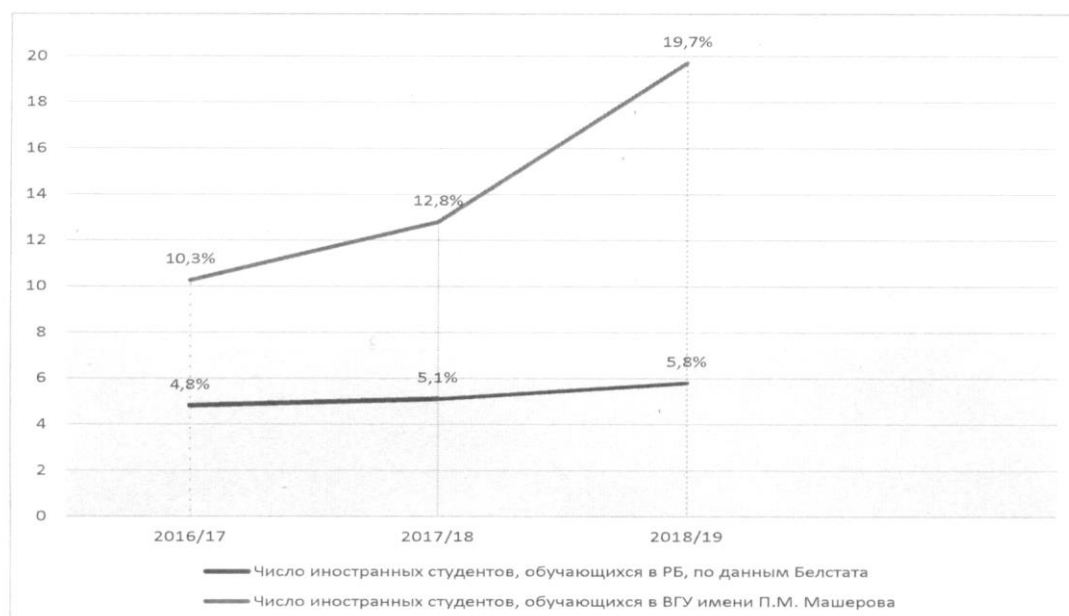


Рис. Динаміка кількості іноземних студентів до загальної кількості навчальних в університеті та в ВГУ імені П.М. Машерова (в %) по роках навчання

ВГУ імені П.М. Машерова в 2019 році став дипломантом республіканського конкурсу «Лькший експортер року» в номінації «Образование» – 33% іноземних студентів прибули на учебу із 23 стран мира: Туркменістан, Китай, Росія, Індія, Шри-Ланка, Конго, Нігерія, Марокко, Узбекистан і др.

Аналіз динаміки численності студентів із різних стран показує багатофакторність даного процесу і змінюваність тенденцій. Наприклад, 7,8% навчаючись із Росії в Білорусі в 2018/19 навчальному році замість 10,2% в 2017/18. Мононаправленість діяльності УВО в сфері навчання іноземних громадян має певні ризики в ситуації зміни освітньої політики конкретної країни (наприклад, Туркменістан). Тому розвиток навчання іноземних студентів як виду різноманітності повинен бути багатовекторним (навчання студентів із різних стран).

В умовах розвиваючись тенденцій інтернаціоналізації вищої освіти сучасний університет повинен орієнтуватися на створення відкритого науково-освітнього простору, що сприяє підвищенню якості підготовки іноземних студентів [1]. Найбільш поширеним напрямком підвищення якості підготовки іноземних студентів є дослідження і виявлення труднощів, які суттєво відрізняються від складнощів решти студентів, проблеми адаптації до нових умов життя, діяльності і навчання.

Вопросы організації навчання іноземних студентів в дослідженнях розглядаються з позицій аналізу факторів, які впливають на ефективність процесу навчання. Так, за Т.Р. Рахімову «контекстом» ефективності освітнього процесу в університеті є адаптація іноземних студентів [2].

Дійсний засіб ефективного підготовки іноземних студентів на доузовському етапі, за А.П. Козуліною, – розробка і впровадження орієнтаційних програм [3]. Варіанти структурування їх змісту можуть бути різними в залежності від класифікації проблем підготовки іноземних студентів до навчання в університеті.

Е.В. Анікіною, Ю.В. Павлюковою і іншими дослідниками виявлені особливості соціально-педагогічної адаптації регіональних груп іноземних студентів в університеті [4]. В числі основних груп адаптаційних проблем виділені наступні: соціокультурна адаптація; соціально-психологічна адаптація; педагогічна адаптація.

Соціокультурна адаптація іноземних студентів – це процес засвоєння ними норм, цінностей нової соціокультурної середовища, який залежить від віддаленості нової і батьківської культур. Адаптація проходить важче при суттєвих відмінностях (клімат, географія, національна культура, релігія, звичаї і др.) зовнішніх факторів батьківської і приймаючої країни.

Засвоєння іноземними студентами елементів слов'янської культури засобами соціокультурної діяльності, прилучення їх до російських і білоруських національно-культурних традицій за межами навчання є важливими завданнями освітнього процесу. Механізми реалізації можуть бути

совместная подготовка и проведение праздников, походов в музеи, экскурсий по историческим местам и объяснение обычаев и традиций народа.

Оптимальным вариантом «включения» иностранного обучающегося в учебный процесс является интеграция, при которой происходит активное освоение иной национальной культуры при сохранении собственной национальной идентичности. Интеграция в новое культурное окружение является главным показателем успешной адаптации [5].

Необходимая составляющая современного образования, направленная на усвоение обучающимися знаний о других культурах, ценностях, традициях и образе жизни народа, воспитание молодежи в духе уважения инокультурных систем, – поликультурное образование [6; 7]. Вместе с тем подготовке принимающей стороны вуза в лице студентов и преподавателей уделяется недостаточное внимание, что актуализирует задачу поликультурного развития участников образовательного процесса.

Социально-психологическая адаптация – это процесс вступления иностранного студента в систему межличностных отношений, приспособления личности к взаимоотношениям в группе, проявление своего стиля поведения.

При изучении проблемы адаптации разделяют обучение в многонациональных группах, где происходит контакт двух и более культур, и мононациональных группах. Наблюдение и исследования показывают, что в группе, состоящей только из соотечественников, иностранные студенты чувствуют себя увереннее. В мононациональной группе сплочение коллектива, основанное на общих обычаях, традициях и воспитании, происходит быстрее. Однотипность норм поведения личности выступает регулятором отношений и содействует упорядочению учебного процесса. Свои преимущества имеет обучение в многонациональных группах. Благодаря активному общению с белорусскими студентами происходит успешное приспособление иностранного студента к новой социально-культурной ситуации. Такие межличностные отношения в группе расширяют национальные рамки и кругозор студентов.

Заслуживает внимания практика включения в состав органов студенческого самоуправления лидеров из числа студентов-иностранцев граждан. Развитию толерантного отношения к представителям зарубежных стран содействует проведение мероприятий, отражающих национальные традиции, историю и культуру студентов зарубежья: внутривузовский фестиваль творчества иностранных студентов, конкурсы национальных кухонь и др.

В большинстве исследований **педагогический аспект адаптации** рассматривается как приспособление обучающегося к новой системе обучения, содержанию и особенностям организации образовательного процесса, формирование у студентов умений и навыков самостоятельной учебной и научной работы.

Показателями успешной педагогической адаптации иностранных студентов выступают академическая успеваемость, общественная и научная активность. Неуспеваемость, низкая мотивация у обучающегося свидетельствуют о трудностях адаптационного периода. Основные затруднения в учебной деятельности связаны с недостаточным уровнем владения русским языком, невысоким общеобразовательным уровнем, слабой подготовкой по профильным дисциплинам и специальным предметам; отсутствием навыков самостоятельной работы. Значительная часть моделей занятий в принимаемом УВО для иностранных студентов отлична от форм и методов обучения в образовательной практике их страны. При построении образовательного процесса необходим учет этнопедагогических концепций, технологий, методик обучения стран, из которых прибыли обучающиеся.

Дополнительную трудность для иностранных студентов представляет работа с учебными пособиями. Недостаточный уровень владения русским языком затрудняет выделение основной информации и, соответственно, осложняет освоение ключевых терминов и понятий. Поэтому отдельным предметом для исследований является язык учебных текстов. На решение проблемы понимания направлены создаваемые преподавателями отдельные учебные пособия для иностранных обучающихся по изучаемым дисциплинам. Так, например, на кафедре педагогики ВГУ имени П.М. Машерова разработаны учебные пособия для иностранных студентов по педагогике, истории педагогики, педагогическим системам и технологиям, которые позволяют более эффективно решать образовательные задачи.

Для формирования предметно-коммуникативных знаний у иностранных студентов при разработке учебных пособий необходимо: адаптировать тексты по специальности с учетом уровня владения иностранными обучающимися русским языком; включить словарь основных терминов, ввести элементы наглядности для более быстрого усвоения изучаемого материала; выделить вопросы и задания по темам и разделам для самостоятельной работы студента с учебным пособием и т.д.

Процесс усвоения лекционного материала существенно облегчает наличие у студентов лекционных материалов и презентаций. При такой технологии обучения внимание концентрируется на восприятии и осмыслении услышанного, в то время как механическая фиксация лекционного материала часто происходит без вдумчивого анализа информации. В работе с иностранными студентами целесообразно поощрение их коммуникативной активности во время занятий. Успешно содействуют адаптации студентов-иностранцев интерактивные формы проведения практических занятий.

Существенным фактором адаптации иностранных студентов является фактор *особенностей педагогической системы вуза*. Именно он поддается регулированию со стороны вуза с целью повышения эффективности образовательного процесса для иностранных студентов.

Адаптацию как комплексную педагогическую программу, успешность которой определяется множественными параметрами и критериями, позволяющими улучшить качество обучения иностранных студентов и достигнуть наилучших академических результатов с наименьшими негативными последствиями, рассматривают в ряде высших учебных заведений Беларуси (БГУ, БрГУ имени А.С. Пушкина и др.).

Эмпирическое исследование степени удовлетворенности субъектов образовательного процесса проводилось на базе учреждений высшего образования (УВО) Витебской области. В нем, как говорилось ранее, приняло участие 102 иностранных студента ВГУ имени П.М. Машерова биологического, математического, филологического, юридического факультетов I–IV курсов.

Доминирующим мотивом выбора УВО и специальности анкетированные отметили стремление получить диплом о высшем образовании – 70 студентов (68,6%), возможность построения карьеры – 23 выбора (22,5%). Значимым фактором в выборе УВО и специальности явились также положительные отзывы выпускников-соотечественников для 17 респондентов (16,7%), а значит, и имидж учебного заведения в сознании выпускников.

Адаптироваться в новой учебной ситуации большинству студентов помогло взаимодействие с одногруппниками (33 респондента), также высоким баллом отмечены социокультурные ценности нового общества (22 респондента) и образовательная среда вуза (22 респондента). Чуть меньшую значимость участники опроса придали землячеству (13 респондентов).

Иностранные студенты высоко оценивают профессиональный уровень преподавателей УВО. 56,5% опрошенных оценили данный уровень как высокий, 43,5% респондентов – как средний. Вместе с тем предпочтение отдается опытным и статусным (с ученой степенью) педагогам, владеющим современными образовательными технологиями.

Оценка уровня удовлетворенности образовательным процессом в УВО проводилась по 5-балльной оценке в соответствии с предложенной шкалой определения уровня удовлетворенности. Баллам от 4,1 до 5 соответствует высокий (В) уровень удовлетворенности; баллам от 3,5 до 4 – средний (С); баллам от 3 до 3,4 – низкий (Н); баллам от 1 до 2,9 – полной неудовлетворенности (ПН). В перечень оцениваемых параметров были включены разделы: организация обучения, ресурсное обеспечение учебного процесса, условия для внеучебной работы, информационное обеспечение обучения, социальные условия.

Высокий уровень удовлетворенности (В) у опрошенных по критерию доступности и полноте библиотечных и электронных образовательных ресурсов, что связано с виртуальной образовательной средой университета, в частности, с системой дистанционного обучения Moodle. Организация контроля и оценки знаний обучающихся также высоко оценена студентами (табл. 1).

Таблица 1

**Определение уровня удовлетворенности
студентов I–IV курса первой ступени высшего образования образовательным процессом**

№	Критерий	Среднее
Организация обучения		
1.	Расписание учебных занятий	3,53 – С
2.	Использование современных образовательных технологий (методик преподавания)	3,63 – С
3.	Организация самостоятельной работы студентов	3,64 – С
4.	Организация контроля и оценки знаний	4,07 – В
5.	Организация научно-исследовательской работы студентов	3,74 – С
Ресурсное обеспечение учебного процесса		
6.	Состояние и оснащение учебных аудиторий	3,45 – С
7.	Уровень доступности компьютерных классов, возможность использовать ресурсы сети Интернет	3,93 – С
8.	Доступность и полнота библиотечных и электронных образовательных ресурсов	4,19 – В

Окончание табл. 1

Условия для внеучебной работы		
9.	Организация и проведение культурно-массовых и спортивных мероприятий	3,61 – С
10.	Доступность и организация социально-психологической помощи	3,45 – С
11.	Деятельность студенческих организаций (совет студенческого самоуправления и др.)	3,69 – С
12.	Система стимулирования и поощрения студентов за участие и достижения в научной, творческой, спортивной деятельности и общественной работе	3,6 – С
Информационное обеспечение обучения		
13.	Оперативность и результативность реагирования деканата/кафедры на Ваши обращения (академическая справка, характеристика на студента, справка с места учебы и пр.)	3,55 – С
14.	Возможность связаться с преподавателем и другими сотрудниками УВО для получения необходимой консультации	3,78 – С
15.	Использование электронной почты для консультации с преподавателями и другими сотрудниками УВО	3,79 – С
Социальные условия		
16.	Социокультурная среда	3,7 – С
17.	Условия проживания в общежитии, в т.ч. воспитательная работа	3,29 – Н
18.	Качество медицинского обслуживания	3,53 – С
19.	Организация общественного питания в УВО (стоимость, ассортимент, качество приготовления блюд, быстрота обслуживания)	3,35 – Н
20.	Наличие безбарьерного доступа	3,51 – С

Таблица 2

Ресурсное обеспечение учебного процесса (I курс/IV курс)

№	Критерий	Оценка 1	Оценка 2	Оценка 3	Оценка 4	Оценка 5	Среднее
1.	Состояние и оснащение учебных аудиторий	–/–	2/7	2/5	4/11	14/4	4,36 – В/ 3,44 – Н
2.	Уровень доступности компьютерных классов, возможность использовать ресурсы сети Интернет	–/2	–/3	–/6	7/11	15/5	4,68 – В/ 3,51 – С
3.	Доступность и полнота библиотечных и электронных образовательных ресурсов	–/1	–/2	2/7	2/10	17/7	4,5 – В/ 3,74 – С

**Оценка межличностных отношений субъектов образовательного процесса
(5 – доброжелательные, 4 – нормальные, 3 – официальные, 2 – напряженные, 1 – отчужденные)**

№	Межличностные отношения	Оценка 1	Оценка 2	Оценка 3	Оценка 4	Оценка 5
1.	Между иностранными и белорусскими студентами (в учебном процессе в группе)	2 2,1%	2 2,1%	21 22,3%	38 40,4%	31 33%
2.	Между иностранными и белорусскими студентами (вне учебного процесса)	3 3,4%	12 14%	20 23%	31 35,2%	22 25%
3.	Между иностранными и белорусскими студентами (на факультете)	3 3,4%	8 9%	28 32 %	29 33%	21 24%
4.	Между иностранными студентами и преподавателями	1 1%	2 2,1%	23 24,2%	34 36%	35 37%
5.	Между иностранными студентами и работниками деканатов и кафедр	3 3,1%	9 9,3%	27 28%	32 33%	26 27%
6.	Между иностранными и белорусскими студентами (в университете)	3 3,3%	9 9,3%	29 32%	34 37,4%	16 18%

По большинству критериев выявлен средний уровень удовлетворенности. Так, им оценены организация обучения (критерии 1, 2, 3, 5), ресурсное обеспечение учебного процесса (критерии 6–7), условия для внеучебной работы (критерии 9–12), информационное обеспечение обучения (критерии 13–15), социальные условия (критерии 16, 18, 20).

Уровень удовлетворенности как среднее арифметическое всех оценок дает обобщенное представление об удовлетворенности образовательным процессом. Более подробный анализ анкет по курсам показал преобладание высоких оценок у студентов I курса, как, например, при оценке уровня удовлетворенности ресурсным обеспечением (табл. 2). Данная оценка только что прибывших студентов, вероятно, связана с реализованными намерениями о получении высшего образования и позитивными первыми впечатлениями. 14 из 22 студентов I курса в замечаниях и предложениях по совершенствованию образовательного процесса отметили, что их все устраивает.

Студенты выпускных курсов значительно ниже оценивают качество компонентов образовательного процесса, предъявляя к ним более высокие требования с позиции более опытного студента (табл. 2). Проводится сравнение с практикой обучения в ближайших УВО, высказываются соответствующие пожелания (например, о пятидневной учебной неделе, как в ПГУ). Наблюдается снижение уровня удовлетворенности. Это, возможно, связано и с гуманизацией и демократизацией отношений в высшей школе.

Низким уровнем удовлетворенности (Н) отмечены социальные условия: условия проживания в общежитии, соседствующим с новым комфортабельным общежитием ВГМУ, и организация общественного питания.

Препятствием на пути к более высоким учебным результатам явились:

- недостаточное владение русским языком (38 выборов);
- организация преподавания по некоторым предметам (18);
- недостаточная общеобразовательная подготовка (17);
- недостаточная подготовка по профильным предметам (14);
- специфика форм и методов обучения в высшей школе (14).

Студенты IV курса уже не указывают первый параметр, так как существующая практика изучения русского языка устраняет это препятствие на I–II курсах обучения (за исключением китайских студентов, у которых языковой барьер сохраняется до конца обучения).

Респонденты достаточно высоко оценили межличностные отношения между иностранными и белорусскими студентами (в учебном процессе в группе) и между иностранными студентами и преподавателями – среднее значение выше 4 (табл. 3). Как доброжелательные отношения между иностранными и белорусскими студентами (в учебном процессе в группе) оценивают 33% опрошенных, как нормальные – 40,4%, как официальные – 22,3%. Этому содействует совместная учебная деятельность. Одновременно эти же отношения получили по 2 оценки соответственно как напряженные и отчужденные, что требует внимания социально-педагогической и психологической службы.

Во многом заслугой преподавателей, работающих с иностранными студентами, явились полученные результаты соответствующих межличностных отношений. Обучаемые оценили их как доброжелательные – 37%,

К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «НАЦИОНАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ» ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ НЕЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Л.Ф. Трацевская

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

Социально-экономическое развитие Республики Беларусь на современном этапе делает актуальной необходимость подготовки компетентных специалистов, в том числе и неэкономического профиля, способных решать свойственные указанному важному периоду задачи. Особое значение в связи с этим приобретают изучение дисциплины «Национальная экономика Республики Беларусь» и совершенствование методического инструментария ее преподавания.

Цель статьи – выявление эффективных методов преподавания дисциплины «Национальная экономика Республики Беларусь» и их значимости при получении неэкономических специальностей.

Материал и методы. Материалом послужили труды отечественных и зарубежных специалистов в области методики преподавания экономических дисциплин, собственные методические разработки автора на основе работы со студентами специальностей Витебского государственного университета имени П.М. Машерова. В качестве основных методов исследования использовались методы описания, сравнения, эмпирический, логико-дедуктивный, восхождения от абстрактного к конкретному, метод контекстного анализа.

Результаты и их обсуждение. В процессе перехода Беларуси к новой, рыночной, модели национальной хозяйственной системы особую роль приобретает подготовка специалистов, способных в полной мере решать свойственные этому периоду проблемы и принимать адекватные решения, что невозможно без багажа экономических знаний. Данное обстоятельство придает определенную значимость преподаванию экономических дисциплин, в частности, учебного курса «Национальная экономика Республики Беларусь», что требует актуализации методики обучения и контроля получаемых знаний, а также мер по усилению их практической направленности.

Заключение. Изменения, происходящие на нынешнем этапе развития белорусской экономики, вызывают необходимость совершенствования методики преподавания учебной дисциплины «Национальная экономика Республики Беларусь», в том числе студентам, обучающимся специальностям неэкономического профиля. Получаемые ими в рамках данного учебного курса знания являются важнейшим элементом социально-гуманитарного образования, позволяющим активно адаптироваться в окружающем мире, применяя полученные умения и навыки в практической деятельности.

Ключевые слова: национальная экономика, формы преподавания, методика преподавания, совершенствование, компетентностный подход, кейс-метод.

TO THE ISSUE OF THE DISCIPLINE “NATIONAL ECONOMY OF THE REPUBLIC OF BELARUS” TEACHING METHODS IN TRAINING SPECIALISTS OF NON-ECONOMICS PROFESSIONS

L.F. Tratsevskaya

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

Social and economic development of the Republic of Belarus at present makes the necessity of training competent specialists, of non-economic profile including, able to solve tasks typical of this period, urgent. Thus, the discipline “National economy of the Republic of Belarus” as well as the improvement of the methods of teaching it acquires great significance.

The purpose of the paper is identification of efficient methods of teaching the discipline “National economy of the Republic of Belarus” and their significance in training non-economics students.

Material and methods. The material was works by domestic and foreign specialists in the field of Economics discipline teaching methods, the author’s methodological guidelines based on the work with Vitebsk State P.M. Masherov University students. The description, comparison, empiric, logical and didactic methods, the ascent from the abstract to the concrete, the method of context analysis were the main research methods.

Findings and their discussion. In the process of the transition of Belarus to the new market model of the national economy training specialists able to solve tasks of the period and make appropriate decision, which are impossible without an amount of economic knowledge, is of special

significance. This makes teaching economics disciplines, namely, an academic course of “National Economy of the Republic of Belarus” important and calls for updating of the teaching methods and control of the obtained knowledge as well as measures to increase its practical slant.

Conclusion. Changes which take place at the present stage of the development of Belarusian economy cause the necessity of the improvement of the academic discipline “National economy of the Republic of Belarus” teaching methods. This refers to non-economics students as well. The knowledge they obtain within this academic course is an important element of the social and humanitarian education which makes it possible to actively adapt to the surrounding world applying the skills and abilities in practice.

Key words: national economy, teaching forms, teaching methods, improvement, competence approach, case method.

Обретение Республикой Беларусь статуса независимого государства обусловило необходимость формирования и развития национальной экономики как основы его суверенного существования. Национальная хозяйственная система Беларуси на современном этапе функционирования представляет собой трансформационную экономику со свойственными ей этапами преобразования, становления и приспособления к сегодняшним мировым социально-экономическим тенденциям. В данных условиях важное значение имеет получение обучающимися в высшей школе, в том числе и по неэкономическим специальностям, экономических знаний, способствующих формированию устойчивых навыков грамотного экономического поведения. Все это, без сомнения, позволит будущим специалистам осуществлять успешную профессиональную деятельность по завершении обучения.

По этой причине изучение учебного курса «Национальная экономика Республики Беларусь» в отечественных вузах, в том числе и в Витебском государственном университете имени П.М. Машерова (ВГУ имени П.М. Машерова), приобретает важное значение. Кроме того, в отличие от большинства экономических дисциплин, дающих обучающимся знания о состоянии и развитии экономической деятельности отдельных ее участников на микроуровне, данная дисциплина позволяет подготовить специалистов, ориентирующихся в макроэкономических процессах, способных осмысливать и анализировать суть осуществляемой государственной экономической политики и направлений ее реализации.

Все это вызывает необходимость получения студентами вузов Беларуси теоретических знаний о национальной хозяйственной системе, об особенностях формирования белорусской экономической модели, ее организационных и методологических основах, закономерностях и механизмах развития, а также навыков анализа складывающейся социально-экономической ситуации, способствующих формированию адекватного экономического поведения.

Цель статьи – выявление эффективных методов преподавания дисциплины «Национальная экономика Республики Беларусь» и их значимости при получении неэкономических специальностей.

Материал и методы. Материалом послужили труды отечественных и зарубежных специалистов в области методики преподавания экономических дисциплин, собственные методические разработки автора на основе работы со студентами специальностей ВГУ имени П.М. Машерова. В качестве основных методов исследования использовались методы описания, сравнения, эмпирический, логико-дедуктивный, восхождения от абстрактного к конкретному, метод контекстного анализа.

Результаты и их обсуждение. В нынешних условиях критериями достижимости целей образования и эффективности преподавательского процесса признаются не только его положительная результативность, но и успешная возможность применения полученных знаний в профессиональной деятельности по завершении обучения. Особую роль при этом играет получение студентами экономических знаний, являющихся важнейшим элементом социально-гуманитарного образования. Уже практически не обсуждается вопрос: нужны ли экономические знания педагогам, технологам, юристам, журналистам или другим специалистам неэкономического профиля. При этом в процессе преподавания доминантным будет методический инструментарий, мотивирующий студентов на получение новых знаний, пробуждающих у обучающихся интерес к их постоянному пополнению и возможности использования в практической деятельности.

Как показало исследование, к наиболее эффективным следует отнести компетентностный подход и интерактивные методы обучения.

В современных условиях компетентностный подход состоит в формировании у каждого из студентов комплекса знаний, умений и навыков (компетенций), получение и последующее использование которых позволит осуществлять успешную практическую деятельность [1].

Вследствие этого непосредственным результатом изучения дисциплины «Национальная экономика Республики Беларусь» в процессе подготовки специалистов неэкономического профиля в ВГУ имени П.М. Машерова становится формирование у них компетенций, которые включают не только знание теоретических основ данной деятельности, но и понимание природы экономических связей и отношений, умение анализировать конкретные социально-экономические ситуации.

Наиболее значимыми из них, по нашему мнению, являются следующие компетенции:

1. Компетенция, формирующая способность ориентироваться в социально-экономических условиях жизнедеятельности и адекватно их оценивать.
2. Компетенция, предполагающая овладение способностью решения проблем, возникающих в практической деятельности.

3. Компетенция, направленная на формирование умения адаптироваться к существующей социальной среде и нести ответственность за адекватное в ней пребывание.

4. Компетенция, предполагающая способность перманентного самообучения и саморазвития через формирование навыков самостоятельного поиска необходимой для этого информации.

Таким образом, становится очевидным, что в отличие от традиционного квалификационного подхода компетентностный подход отражает, прежде всего, практико-ориентированные требования к профессиональным умениям и навыкам студентов и позволяет свести к минимуму ситуации, когда они хорошо усваивают теоретические знания, но затрудняются применять их для решения практических проблем.

Как показывает опыт автора, для обеспечения адекватного сегодняшним требованиям уровня преподавания учебного курса «Национальная экономика Республики Беларусь» в рамках компетентностного подхода резонно использовать следующие формы подачи учебного материала и контроля знаний, апробированные в образовательном процессе и позволяющие повысить качество обучения: лекции, семинарские занятия, самостоятельная работа [2].

Например, *лекции*, не являясь универсальной формой обучения, имеют ряд таких весомых преимуществ, как целостное и логичное освещение основ дисциплины, личное взаимодействие студента и преподавателя. В процессе лекционного занятия преследуются важные преподавательские цели: предоставление студентам возможности получить и усвоить теоретические знания, способствование развитию теоретического мышления и пробуждение интереса к дальнейшему (в том числе и самостоятельному) изучению преподаваемой учебной дисциплины. Подача лекционного материала при преподавании учебного курса «Национальная экономика Республики Беларусь» имеет особенности, связанные с важностью постоянной аргументации лекционного материала с помощью актуальных статистических данных о социально-экономическом развитии Беларуси. С этой целью преподавателю необходимо постоянно быть в курсе макроэкономических процессов, имеющих место в белорусской экономике, пополнять свою информационную базу как из официальных источников (статистических сборников, государственных стратегий и планов-прогнозов социально-экономического развития), так и из неофициальных (средств массовой информации и сети Интернет). Поскольку преподавание дисциплины «Национальная экономика Республики Беларусь» в ВГУ имени П.М. Машерова осуществляется студентам I–III курсов неэкономических специальностей, не обладающих навыками анализа статистических данных, то такой методический инструмент приобретает в этой связи особую актуальность.

В свою очередь, проведение *семинарских занятий* позволяет проверить уровень усвоения теоретического материала с помощью опроса и посредством письменной проверки. Так, проведение устного опроса дает возможность непосредственного контакта со студентами, в результате чего преподаватель может выявить и оценить индивидуальные особенности усвоения учебного материала каждым из них. Для достижения этой цели он должен располагать набором заранее обдуманных и подготовленных инструментов диагностики студенческих знаний. Одновременно его задача заключается в проверке уровня подготовки к занятию как можно большего числа обучающихся. С данной целью можно использовать выполнение докладов, сообщений, рефератов и мультимедийных презентаций по предлагаемой тематике или по темам, представляющим интерес для студентов и выбираемых ими самостоятельно, проведение «экономических диктантов» на знание категориально-понятийного аппарата дисциплины.

Для проверки знаний студенческой группы, как правило, традиционно применяется устный опрос. Чтобы расширить возможность диагностики уровня подготовки к семинару у большинства студентов, по нашему мнению, преподавателю следует использовать для этого комбинацию таких средств, как комбинированный уплотненный опрос, сочетание устного опроса с письменной работой по подготовленным к занятию карточкам, решение тестов. Выступая важнейшим инструментом контроля знаний, устный опрос позволяет развивать речевой аппарат студентов, тренировать их память, способствует формированию умения логически мыслить и анализировать.

Что же касается письменной проверки, то ее использование наряду с опросом повышает действенность определения качества знаний студентов, помогает проконтролировать большую часть студенческой группы или всю группу полностью. Объективность оценки повышается вследствие применения однородных проверочных материалов. Использование письменной проверки позволяет в итоге выявить не только проблемы усвоения преподаваемой дисциплины, но и направления и возможности индивидуальной работы с каждым из студентов, у которых возникли трудности при ее изучении. При этом письменная проверка может проходить как в аудитории, так и с помощью выполнения письменных домашних работ.

По нашему мнению, для обеспечения большей самостоятельности студентов при письменном контроле знаний по дисциплине «Национальная экономика Республики Беларусь» следует разрабатывать и использовать при аудиторной проверке уровня знаний многовариантные (минимум двухвариантные) контрольные работы, однородные по сложности выполнения. Особое внимание необходимо уделять выявлению в процессе их проверки типичных ошибок с их обязательным анализом и разбором на следующем занятии. Большое значение при этом имеет анализ контрольных работ, получивших низкие оценки. Для углубления и расширения зна-

ний студентам предлагается выполнение письменных индивидуальных заданий исследовательского характера, для чего автором разработана и используется обширная тематика рефератов, докладов и сообщений по актуальным проблемам белорусской национальной экономики.

Особое место в процессе преподавания дисциплины «Национальная экономика Республики Беларусь» занимает *самостоятельная работа*. Как форма обучения она не только способствует умению поиска, систематизации и применения требуемой для выполнения учебных заданий информации, но и формирует навыки самообразования. В то же время трудно переоценить значение использования студентами возможностей виртуальной образовательной среды, которая в ВГУ имени П.М. Машерова полностью укомплектована необходимыми для успешного изучения данного учебного курса учебно-методическими и контролируемыми студенческие знания на разных этапах этого изучения материалами.

Проведенное исследование и практический опыт автора помогли установить, что ни одна из выше указанных форм обучения не может быть признана универсальной, способной заменить остальные. Поэтому с методической точки зрения представляется правильным и наиболее эффективным их комплексное использование во взаимосвязи, взаимообусловленности и логической последовательности.

Что же касается интерактивных методов обучения, то особое место среди них занимает и используется при преподавании дисциплины «Национальная экономика Республики Беларусь» в ВГУ имени П.М. Машерова кейс-метод, предполагающий совместное обсуждение преподавателем и студентами различных конкретных ситуаций и проблем экономического характера. При этом студенты получают задание, в процессе выполнения которого они должны осуществить поиск оптимального решения из нескольких вариантов, проанализировать его и найти возможность разрешения предлагаемой проблемной ситуации, применяя для этого необходимые знания, в том числе и полученные при самостоятельной работе.

Использование кейсов в обучении эффективно, так как эмпирически определено: при прочих равных условиях человеком лучше запоминается не столько визуальное и слуховое восприятие проблемы, сколько то, что может быть подкреплено его практическими действиями по ее устранению [3]. Данное обстоятельство подтверждает целесообразность активизации студенческой работы, связанной с самостоятельным поиском знаний. Кейсовый метод обучения предполагает применение различных видов кейсов. Несмотря на разнообразие все они однотипны по структуре, включая ситуацию или проблему, контекст ситуации (хронологический, исторический), комментарий ситуации, вопросы или задания для работы с кейсом, приложения. Алгоритм разработки кейса может включать формирование целей кейса; определение проблемной ситуации; создание описания ситуации на основе выбранных параметров; сбор информации; подготовку окончательного текста кейса, диагностику эффективности кейса, презентацию кейса и его обсуждение [4].

Решение кейса осуществляется в процессе комплекса последовательных действий и предполагает:

- 1) констатацию проблемной ситуации, ее особенностей;
- 2) определение ключевой проблемы рассматриваемой ситуации, условий ее формирования и субъектов;
- 3) предложение вариантов разрешения проблемы и их коллективное обсуждение;
- 4) изучение последствий рассмотренных вариантов принятия решений;
- 5) выбор наиболее оптимального варианта разрешения обсуждаемой проблемной ситуации с обоснованием его приоритетности.

Использование кейсов может быть востребовано, по нашему мнению, при освоении таких тем дисциплины «Национальная экономика Республики Беларусь», как «Экономический рост национальной хозяйственной системы», «Формирование социально ориентированной рыночной экономики», «Особенности специализации регионов Республики Беларусь».

Проведенное исследование позволило установить, что современные специалисты, в том числе и прошедшие обучение в рамках неэкономических специальностей, должны обладать навыками экономической грамотности, гарантирующими осуществление успешной практической деятельности в любой сфере. Данное обстоятельство свидетельствует о комплексности их подготовки в соответствии с процессами и тенденциями нынешнего мира. В подтверждение следует привести результаты анкетирования студентов III курса биологического факультета ВГУ имени П.М. Машерова, которым было предложено ответить на ряд вопросов для оценки важности и результативности для них полученных знаний в процессе преподавания дисциплины «Национальная экономика Республики Беларусь». Распределение мнения студентов представлено на рис.

Как показывает рис., большинство опрошенных студентов уверены в пользе знаний, полученных в процессе изучения учебного курса «Национальная экономика Республики Беларусь». Сформированные при этом экономические компетенции могут послужить основой их адекватного экономического поведения в практической деятельности. Так, 47% из обучающихся считают, что смогут не только организовать собственный бизнес, но и управлять им; 68% будут в состоянии самостоятельно ориентироваться при выборе целей своей деятельности и путей их достижения. Половина проанкетированных студентов уверена в том, что полученные в процессе освоения дисциплины «Национальная экономика Республики Беларусь» знания, понадобятся им в практической

деятельности. При этом 66% из них полагают, что эти знания дадут им возможность правильно определять приоритеты, достижение которых позволит сделать эту деятельность результативной. Среди студентов, давших при опросе отрицательные ответы, преобладают те, кто объясняет свою позицию или отсутствием необходимого источника информации, или ненужностью в их дальнейшей жизни осуществления данной деятельности. К сожалению, это так называемые «случайные» студенты, поступившие в вуз без собственной мотивации, в основном, по настоянию родителей.

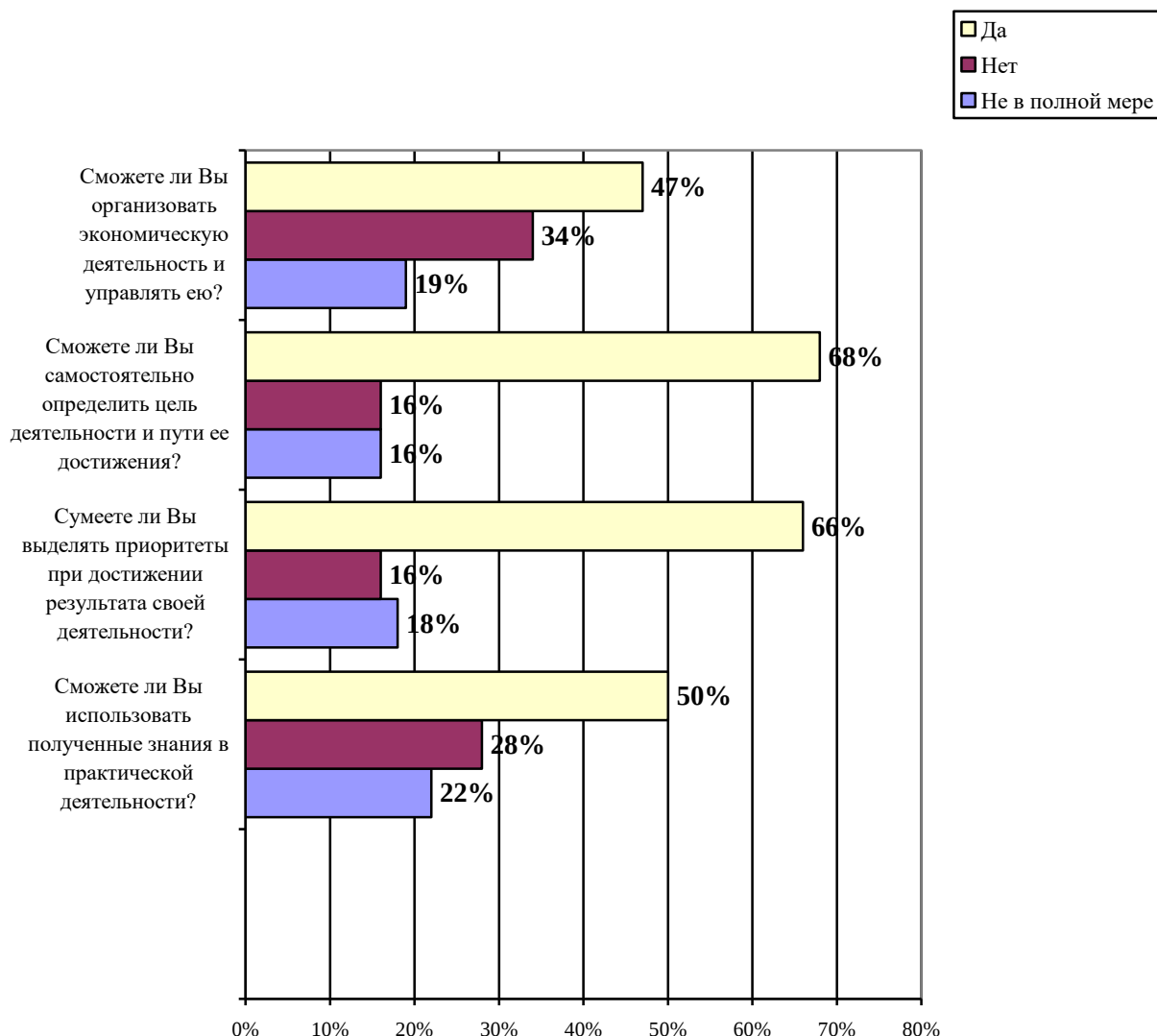


Рис. Распределение мнений о значимости изучения дисциплины «Национальная экономика Республики Беларусь» у студентов III курса биологического факультета ВГУ имени П.М. Машерова

Заключение. В современных условиях роль и значение совершенствования методики преподавания социально-гуманитарных дисциплин при подготовке специалистов неэкономического профиля, в частности, «Национальной экономики Республики Беларусь», трудно переоценить, поскольку от этого напрямую зависит качество образовательного процесса. Процесс обучения в рамках данного учебного курса предполагает использование комплекса методических подходов, направленных на активное осознание студентами необходимости получения новых знаний и навыков, позволяющих впоследствии осуществлять успешную профессиональную и социальную интеграцию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яружний, Н.В. Проблема компетенций будущего специалиста в современном образовании / Н.В. Яружний, Е.Н. Костина // Психолого-педагогические проблемы становления личности в процессе учебной деятельности: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 17–18 дек. 2009 г. / ГУО «Акад. последиплом. образования»; под ред. А.А. Глинского. – Минск, 2009. – 532 с.
2. Трацевская, Л.Ф. Экономическая подготовка современных специалистов неэкономического профиля: теория и практика / Л.Ф. Трацевская // Взаимодействие науки и практики в развитии инновационных процессов системы образования: материалы респ. науч.-практ. конф., Гомель, 28 нояб. 2014 г. / Гомел. обл. ин-т развития образования. – Гомель, 2014. – С. 382–386.
3. Долгоруков, А.А. Метод case-study как современная технология профессионально-ориентированного обучения [Электронный ресурс] / А.А. Долгоруков. – Режим доступа: www.evolkov.net/case/case.study.html. – Дата доступа: 22.12.2019.
4. Центр современных методик преподавания. Принципы обучения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dioo.ru/printsipyi-obucheniya.html>. – Дата доступа: 02.11.2019.

REFERENCES

1. Yaruzhny N.V., Kostina E.N. *Psikhologo-pedagogicheskiye problemy stanovleniya lichnosti v protsesse uchebnoi deyatel'nosti: materialy VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Minsk, 17–18 dek. 2009 g.* [Psychological and Pedagogical Issues of Personality Maturation in the Process of Academic Activities: Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference, Minsk, December 17–18, 2009], GUO "Akad. poslediplom. obrazovaniya", Minsk: APO, 2009, 532 p.
2. Tratsvskaya L.F. *Vzaimodeistviye nauki i praktiki v razvitiy innovatsionnykh protsessov sistemy obrazovaniye: materialy Respub. nauch.-prakt. konf., Gornel, 28 noyab. 2014 g.* [Cooperation of Science and Practice in the Development Innovation Processes of the System of Education: Proceedings of the Republican Scientific and Practical Conference, Gornel, November 28, 2014], Gornel: GIO "Gornelski obl. institut razvitiya obrazovaniya", pp. 382–386.
3. Dolgorukov A.A. *Metod case-study kak sovremennaya tekhnologiya professionalno-oriyentirovannogo obucheniya* [The Method of Case Study as a Contemporary Technology of Professionally Oriented Teaching], Available at: www.evolkov.net/case/case.study.html, Accessed: 22.12.2019.
4. *Tsentr sovremennykh metodik prepodavaniya. Printsipy obucheniya* [Center of Contemporary Teaching Methods. Teaching Principles], Available at: <http://www.dioo.ru/printsipyi-obucheniya.html>, Accessed: 02.11.2019.

Поступила в редакцию 20.01.2020

Адрес для корреспонденции: e-mail: tracevskaya1954@mail.com – Трацевская Л.Ф.

ШКОЛЬНОЕ ИСТОРИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ В УСЛОВИЯХ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ ПОЛЬШИ (1921–1939 гг.)

В.П. Берегов

Учреждение образования «Национальный институт образования»

В статье актуализирована проблематика проведения польскими властями политики полонизации в сфере школьного исторического образования в межвоенный период на территории Западной Беларуси, что будет востребовано при изучении раздела II «Беларусь в условиях становления советского общества. Западная Беларусь в составе Польши. 1921–1939 гг.».

Цель работы – исследовать факторы, оказывающие влияние на развитие школьного исторического образования на территории Западной Беларуси, определить характер и направление образовательной реформы Енджеевича и ее влияние на национальное самоопределение этнически белорусских учащихся на территории Западной Беларуси.

Материал и методы. Материалом послужили труды отечественных и зарубежных историков, занимавшихся вопросами социокультурного развития Западной Беларуси в 1921–1939 гг. Использованы методы научного исследования теоретического уровня: логический, исторический, сравнительно-сопоставительный, анализ и синтез, сравнение и обобщение.

Результаты и их обсуждение. Проанализирована политика польских властей в сфере школьного исторического образования на территории Западной Беларуси в 1921–1939 гг. Охарактеризовано состояние школьного исторического образования в условиях проведения политики полонизации. Проведено сравнение школьных программ по истории до и после образовательной реформы Я. Енджеевича.

Анализ состояния школьного исторического образования на территории Западной Беларуси, входившей в 1921–1939 гг. в состав Польской Республики, в условиях государственной политики полонизации позволяет сделать вывод о том, что целями образования и замыслом реформы Енджеевича в межвоенных реалиях были не новые педагогические идеи или смена научных парадигм истории, а реакция на политические изменения.

При усвоении школьного содержания исторического материала главными движущими силами представлялись власть и государство, а какие-либо региональные исторические события, в т.ч. территориально связанные с историей западнобелорусских земель, изучались по усмотрению учителя. Дидактические возможности для национального самоопределения этнически белорусских учащихся на территории Западной Беларуси не существовали. Процесс воспитания был ориентирован в соответствии с государственными указаниями на формирование лояльного гражданина.

Заключение. Ознакомление с содержанием статьи окажет практическую помощь учителям при подготовке к проведению учебных занятий в 9 классе по истории Беларуси с использованием нового учебного пособия «История Беларуси: 1917 г. – начало XXI в.» авторов С.В. Панова, В.Н. Сидорцова, В.М. Фомина (Минск: Изд. центр БГУ, 2019).

Ключевые слова: школьное историческое образование, образовательные программы, Западная Беларусь, полонизация, белорусские гимназии.

SCHOOL HISTORICAL EDUCATION ON THE TERRITORY OF WESTERN BELARUS IN THE CONTEXT OF POLISH STATE POLICY (1921–1939)

V.P. Beregov

Educational Establishment “National Institute of Education”

The article actualizes the problem of the Polish authorities Polonization policy in the field of school historical education in the interwar period on the territory of Western Belarus, which will be in demand in the study of section II “Belarus in the conditions of the formation of Soviet society. Western Belarus as a part of Poland. In 1921–1939”.

The purpose of the paper is to study factors which influence the development of school historical education on the territory of Western Belarus, to identify the character and the direction of Yendjeyevich academic reform and its impact on the national self-identification of ethnic Belarusian students on the territory of Western Belarus.

Material and methods. The material was works by domestic and foreign historians who dealt with the social and cultural development of Western Belarus in 1921–1939. Methods of scientific research of the theoretical level were used: logical, historical, comparative, analysis and synthesis, comparison and generalization.

Findings and their discussion. The article analyzes the policy of the Polish authorities in the field of school historical education on the territory of Western Belarus in 1921–1939. The state of school historical education in the conditions of Polonization policy is characterized. A comparison is made of school History curriculum before and after the educational reform by Y. Yenjeyevich.

The analysis of the state of school history education on the territory of Western Belarus, which was in 1921–1939 a part of the Polish Republic, in the conditions of the public policy of Polonization, results in the conclusion that the purpose of education and the intent of the reforms of Yenjeyevich in reality was not a new pedagogical idea or change of scientific history paradigms but a reaction to political changes.

When learning the school content of historical material, the main driving forces were represented by the government and the state, while any regional historical events, including those geographically related to the history of Western Belarus, were studied at the discretion of the teacher. Didactic opportunities for national self-identification of ethnically Belarusian students did not exist on the territory of Western Belarus. The academic process was oriented in accordance with state instructions of shaping a loyal citizen.

Conclusion. The content of the article will provide practical assistance to teachers in preparing for History of Belarus lessons in the 9th grade using the new textbook "History of Belarus: 1917-the beginning of the XXI century". By S.V. Panov, V.N. Sidortsov, V.M. Fomin (Minsk: Ed. center of BSU, 2019).

Key words: school history education, academic curricula, Western Belarus, polonization, Belarusian gymnasiums.

Изучение школьного исторического образования на территории Западной Беларуси в 1921–1939 гг. вызвано потребностями модернизации современного преподавания истории как учебного предмета с учетом его мировоззренческо-ценностной и общественно-политической значимости. Определение уроков истории, исходящих из условий, связанных с политикой полонизации населения Западной Беларуси, в т.ч. средствами образования, предполагает актуализацию национально-культурной идентификации обучающихся. При этом внимание исследователя фокусируется на государственной политике польских властей как средстве ассимиляции этнически белорусских школьников при овладении ими содержанием образовательных программ по истории.

Цель работы – изучить факторы, оказывающие влияние на развитие школьного исторического образования на территории Западной Беларуси, определить характер и направление образовательной реформы Енджеевича и ее влияние на национальное самоопределение этнически белорусских учащихся на территории Западной Беларуси.

Материал и методы. Материалом послужили труды отечественных и зарубежных историков, занимавшихся вопросами социокультурного развития Западной Беларуси в 1921–1939 гг. Использованы методы научного исследования теоретического уровня: логический, исторический, сравнительно-сопоставительный, анализ и синтез, сравнение и обобщение.

Проблематика школьного образования на территории Западной Беларуси в 1921–1939 гг. изучалась в целом в работах А.Н. Вабищевича, А. Бергман, А. Глимос-Надгурской, А. Конопки, А. Кулчуковской, З. Осиньского, Я. Садовской, Ю. Томашевского, Ю. Туронка и др. Однако роль и место школьного исторического образования в процессах сохранения национального самосознания этнически белорусских обучающихся остаются до сих пор малоизученными. Данная проблематика требует своего специального исследования с учетом важности последовательной реализации сегодняшней государственной исторической политики в соответствии с п. 49 Концепции информационной безопасности Республики Беларусь [1, с. III].

Результаты и их обсуждение. Для понимания социально-политической ситуации, которая сложилась в школьном образовании на территории Западной Беларуси в 1921–1939 гг., необходимо охарактеризовать систему школьного образования в Польше в целом. После провозглашения независимости в 1918 г. одним из первоочередных вопросов польского государства стала проблема всеобщего образования. В 1919 г. на территории Польской Республики было введено всеобщее начальное образование для детей в возрасте 7–14 лет [2, с. 258]. С включением в 1921 г. белорусских земель в состав Польши обязательное школьное образование распространилось на территорию Западной Беларуси. Под термином «Западная Беларусь» в данном исследовании приняты следующие территории: Виленское воеводство (без Троцкого и Свенцянского поветов), Новогрудское, Полесское (без Сарненского и Камень-Каширского поветов), а также восточные части Белостокского воеводства (Гродненский, Волковысский поветы).

Проходить обучение детям с семи лет было возможно как в государственной (бесплатной), так и в частной (за оплату) школе. В зависимости от количества детей, учительских кадров и материально-технических возможностей существовали школы разного уровня. Основой средней общеобразовательной школы считались низшие (трехлетние) и высшие (пятилетние) гимназии [3, с. 259]. В связи с дороговизной обучения в гимназиях такие школы являлись элитными. Более доступными для большинства обучающихся в западнобелорусском регионе были различные профессиональные школы, чаще трех- или четырехлетние. В 1932 г. была проведена реформа образования, т.н. реформа Енджеевича, получившая свое название по фамилии министра вероисповеданий и гражданского образования Януша Енджеевича (польск. Janusz Jędrzejewicz). В соответствии с реформой вводилась новая школьная модель образования: шестилетняя общеобразовательная школа (семилетняя школа для детей, которые не продолжают обучение в гимназии), четырехлетняя гимназия и двухлетний лицей [4, с. 25].

В общеобразовательных школах история изучалась в III–VI классах по 2–4 учебных часа в неделю, что составляло порядка 4–5% от общего количества учебных часов. В 1930-х гг., после образовательной реформы Енджеевича, историю преподавали только в V–VI классах по три часа в неделю, что составляло около 3% всего времени обучения [3, с. 259].

В начальной школе вместе с изучением истории ученики осваивали обществоведческие курсы. В 1920-х гг. занятия по предмету «Наука о современной Польше» проходили во 2-м полугодии VII класса вместо занятий истории, по 4–6 учебных часов в неделю [5, с. 64]. Начиная с 1934 года, также во 2-м полугодии VII класса читались обязательные обществоведческие лекция по 4 учебных часа в неделю. Одновременно в средней школе особое внимание уделялось «гражданскому воспитанию» («kształcenie obywatelskie»). В IV–V классах высших гимназий к истории прибавлялись 1–2 дополнительных учебных часа на «изучение современной Польши с элементами географии». В реформированных лицеях дополнительно по 2 учебных часа в неделю изучались т.н. «вопросы современной жизни».

Главным лозунгом образовательной реформы являлся тезис «Польша и ее культура». Сам Я. Енджеевич заявлял: «Я забочусь о том, чтобы подчеркнуть важность роли национальных героев в создании нашей истории, чтобы научить уважать и любить тех, чье самопожертвование составляет величие Речи Посполитой» [6, с. 155]. Реформированное историческое образование должно было стать краеугольным камнем государственного воспитания и идеологии, что нашло отражение в новых программах для школ, изданных в 1932 г. [7, с. 199–201].

Важное место истории и обществоведческих предметов в системе школьного образования межвоенного периода в Польской Республике можно объяснить поставленными государственными задачами политического и гражданского объединения народа. Леон Рымар, автор реферата «О целях обучения истории в школе», подчеркивал особую роль истории в воспитании нового типа гражданина-поляка: «Для ребенка прошлое – это абстракция, поэтому интерес к нему необходимо пробуждать, указывая, что прошлое – это корни, из которых выросла современность».

Программы преподавания истории как учебного предмета в дореформенной школе велись в хронологическом изложении и содержали информацию об основных военных и политических событиях из истории Польши. При этом в большинстве общеобразовательных низших школ и гимназий содержание истории как учебного предмета представляло собой скорее отдельные фрагментарные картины из польской истории, которые рекомендовались для усвоения обучающимися в старших классах полных школ. Только ученик полной пятилетней гимназии мог в полной мере познакомиться с систематическим и полным курсом польской истории, а также с частичным курсом всеобщей истории [4, с. 25]. Исследователи Казимир Гартлеб и Мирослав Гавик констатируют, что «ученик, заканчивающий среднюю школу, не владеет даже общими представлениями ни о материальной, ни о духовной культуре польского народа» [8, с. 263].

Среди методических рекомендаций по преподаванию истории в средней школе упор делался на рассказ учителя как на наилучший метод обучения. Активность в ходе урока также принадлежала только учителю, роль ученика сводилась к тезису «внимательно слушай и запоминай». Более того, в низших школах, где практиковалось объединение классов на некоторых уроках, рассказ учителя часто заменялся самостоятельным изучением учебника [4, с. 26]. Согласно выводам польской исследовательницы А. Кульчиковской программы истории для средней школы в 1920-х гг. совсем не стимулировали умственную активность учеников, не побуждали их к ней [5, с. 85].

Программа учебного предмета после реформы была дополнена элементами истории культуры и общественно-хозяйственными аспектами, при этом политическая и военная история осталась доминирующей. Главным интересом в преподавании школьной истории оставался человек как часть государства, а не человек со своими индивидуальными нуждами. Как свидетельствует исследовательница Анна Конопка, историческое школьное образование являлось носителем государственной идеологии и воспитания [9, с. 79].

Новые, постреформенные задачи обучения истории в школах должны были подготовить ученика к пониманию существующей действительности и нужд гражданина; развивать культ величия и героизма предков; укреплять веру в идеалы, научить жить ради них и бороться за них; пробудить уважение к культуре и истории национальных меньшинств и готовности к гражданскому совместному проживанию в многонациональном государстве.

В 1920-х гг. в некоторых белорусских средних учебных заведениях стало возможным изучение предмета «История Беларуси». При присоединении к Польше западнобелорусских земель польское правительство взяло на себя обязательства по обеспечению непольского населения правами и свободами в сфере национально-культурной жизни. Согласно условиям Рижского мирного договора от 18 марта 1921 г. польская сторона декларировала свободное развитие культуры и использование родного языка [10, с. 56]. В таких социально-политических условиях стала возможной организация белорусской школы.

Особым аспектом культурной жизни Западной Беларуси явилось существование белорусских гимназий. В начале 1920-х гг. на территории Западной Беларуси функционировало 6 средних белорусских учебных заведений – в Вильно, Гродно, Несвиже, Новогрудке, Радошковичах и в местечке Городок Вилейского повета. Наиболее стабильный характер имела деятельность белорусской Виленской гимназии. Подобному положению способствовало наличие устойчивого, квалифицированного и национально ориентированного педагогического коллектива. В 1920-е гг. в гимназии преподавала целая плеяда видных деятелей политической и культурной жизни Западной Беларуси: М. Горецкий, А. Луцкевич,

Б. Тарашкевич, А. Смолич, Я. Дроздович, Г. Ширма и др. Белорусская Виленская гимназия становилась своеобразно-учебно-методическим центром для всех белорусских школ. Педагоги гимназии разрабатывали научную терминологию, писали, переводили и издавали школьные учебники, литературу для внеклассного чтения. Согласно опубликованным источникам всего в 1921–1939 гг. было издано 58 учебников и учебных книг, что составляло 13% от всей белорусско-язычной печатной продукции Западной Беларуси.

Преподавание истории в Виленской гимназии начиналось со II класса. На протяжении двух первых лет ученики проходили ознакомительный курс истории Беларуси. В основу программы по отечественной истории было положена периодизация, разработанная В. Ластовским и В. Игнатовским: полоцкий, литовско-белорусский, польский и российский периоды. В IV–VII классах преподавалась всемирная история, одновременно углубленно изучалась история Беларуси (см. табл., составленную автором на основе [11, с. 59]).

Таблица

Периодизация истории при ее изучении в Виленской белорусской гимназии

Класс Предмет	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
История Беларуси	пропедевтический курс		Полоцкий период	Литовско-белорусский период	Польский период	Российский период	Современное положение Беларуси
Всемирная история	–	–	Древняя история	Средневековье	Новая история до Французской революции	Новая история от Французской революции до последнего времени	–

В основу исторического образования Виленской гимназии был положен принцип синхронного изучения отечественной истории в контексте всемирной, что содействовало формированию комплексного представления об историческом прошлом с актуализацией содержания, способствующего становлению национального самосознания у учеников. При этом полное изучение истории Беларуси проводилось только в Виленской белорусской гимназии, в остальных школах и частных гимназиях изучение отечественной истории велось фрагментарно.

Реформа образования Енджеевича привела к возрастанию контроля над частными школами, школьные власти получили возможность закрывать их в случаях проведения учебно-воспитательной работы в «нелояльном к государству духе, если школа не противодействует вредным влияниям» на учеников [12, с. 31]. После реформы в 1932 г. Виленская и Новогрудская белорусские гимназии были реорганизованы в филиалы польских государственных гимназий с польским языком преподавания. Изучение истории Беларуси как учебного предмета было заменено на историю Польши. Отдельные фрагменты белорусской истории и культуры могли на усмотрение преподавателя только упоминаться в общем курсе истории.

Заключение. Таким образом, анализ состояния школьного исторического образования на территории Западной Беларуси, входившей в 1921–1939 гг. в состав Польской Республики, в условиях государственной политики колонизации позволяет сделать вывод о том, что целями образования и замыслом реформы Енджеевича в межвоенных реалиях были не новые педагогические идеи или смена научных парадигм истории, а реакция на политические изменения. Содержание школьных программ обучения истории оставалось без существенных изменений и представляло собой концепцию событийной истории с превалированием политической и военной истории, а также предусматривало знакомство обучающихся с отдельными выдающимися личностями. При усвоении школьного содержания исторического материала главными движущими силами представлялись власть и государство, а какие-либо региональные исторические события, в т.ч. территориально связанные с историей западнобелорусских земель, изучались по усмотрению учителя. Дидактические возможности для национального самоопределения этнически белорусских учащихся на территории Западной Беларуси не существовали. Процесс воспитания был ориентирован в соответствии с государственными указаниями на формирование лояльного гражданина.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция информационной безопасности Республики Беларусь // СБ: Беларусь сегодня. Спецвыпуск. – 2019. – 21 марта. – С. I–IV.
2. Glimos-Nadgórska, A. Miejsce nauczania historii w polskim systemie edukacyjnym XX wieku / A. Glimos-Nadgórska // Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego. Prace Historyczne. – 2015. – № 142, z. 2. – S. 257–279.
3. Glimos-Nadgórska, A. Świadectwa szkolne obrazem zmian w systemie nauczania i wychowania uczniów / A. Glimos-Nadgórska // Edukacja – Kultura – Społeczeństwo / A. Glimos-Nadgórska; red. G. Pańko, B. Techmańska, M. Zawadka. – Opole–Wrocław–Lubin, 2011. – T. 1: Społeczeństwo. – S. 259–279.

4. Osiński, Z. Edukacja historyczna w Drugiej i Trzeciej Rzeczypospolitej – podobieństwa i różnice w kontekście sytuacji politycznej // Dwa dwudziestolecia Rzeczypospolitej / Z. Osiński; red. M. Fic, L. Krzyżanowski, M. Skrzypek. – Katowice, 2010. – 21–32 s.
5. Kulczykowska, A. Programy nauczania historii w Polsce w latach 1918–1932 / A. Kulczykowska. – Warszawa, 1972. – 226 s.
6. Jędrzejewicz, J. W służbie idei. Fragmenty pamiętnika i pism / J. Jędrzejewicz. – Londyn, 1972. – 356 s.
7. Program nauki w publicznych szkołach powszechnych drugiego stopnia z polskim językiem nauczania. – Lwów, 1936. – 531 s.
8. Hartleb, K. Konieczność wprowadzenia historii kultury polskiej jako przedmiotu obowiązkowego w planach i nauczaniu w szkołach średnich / K. Hartleb, M. Gawlik // Pamiętnik IV Powszechnego Zjazdu Historyków Polskich w Poznaniu, Lwów, 6–8 grudnia 1925 r. – Lwów, 1925. – T. 1: Referaty. – S. 4.
9. Konopka, H. Edukacja historyczna w polskich szkołach powszechnych 1918–1939 / H. Konopka. – Białystok, 1987. – 302 s.
10. Bergman, A. Sprawy białoruskie w II Rzeczypospolitej / A. Bergman. – Warszawa: PWN, 1984. – 287 s.
11. Вабішчэвіч, А.М. Асвета ў Заходняй Беларусі (1921–1939 гг.): манаграфія / А.М. Вабішчэвіч; Брэст. дзярж. ун-т. – Брэст: Выд-ва БрДУ, 2004. – 116 с.
12. Kotuła, O. Podręczny poradnik dla kierowników i nauczycieli szkół powszechnych / O. Kotuła, P. Tłuczek. – Łódź, 1936. – 31 s.

REFERENCES

1. *Komtsepsiya informatsionnoi bezopasnosti Respubliki Belarus* [The concept of Information Security of the Republic of Belarus], SB: Belarus today. Spetsnyypusk, 2019, March 21, pp. I–IV.
2. Glimos-Nadgórska, A. Miejsce nauczania historii w polskim systemie Edukacyjnym XX wieku / A. Glimos-Nadgórska // *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego. Prace Historyczne*, 2015, № 142, z. 2. – S. 257–279.
3. Glimos-Nadgórska, A. Świadczenia szkolne obrazem zmian w systemie nauczania i wychowania uczniów // *Edukacja – Kultura – Społeczeństwo* / A. Glimos-Nadgórska; red. G. Pańko, B. Techmańska, M. Zawadka. – Opole–Wrocław–Lubin, 2011. – T. 1: Społeczeństwo. – S. 259–279.
4. Osiński, Z. Edukacja historyczna w Drugiej i Trzeciej Rzeczypospolitej – podobieństwa i różnice w kontekście sytuacji politycznej // Dwa dwudziestolecia Rzeczypospolitej / Z. Osiński; red. M. Fic, L. Krzyżanowski, M. Skrzypek. – Katowice, 2010. – 21–32 s.
5. Kulczykowska, A. Programy nauczania historii w Polsce w latach 1918–1932 / A. Kulczykowska. – Warszawa, 1972. – 226 s.
6. Jędrzejewicz, J. W służbie idei. Fragmenty pamiętnika i pism / J. Jędrzejewicz. – Londyn, 1972. – 356 s.
7. Program nauki w publicznych szkołach powszechnych drugiego stopnia z polskim językiem nauczania. – Lwów, 1936. – 531 s.
8. Hartleb, K. Konieczność wprowadzenia historii kultury polskiej jako przedmiotu obowiązkowego w planach i nauczaniu w szkołach średnich / K. Hartleb, M. Gawlik // *Pamiętnik IV Powszechnego Zjazdu Historyków Polskich w Poznaniu* 6–8 grudnia 1925 r. – Lwów, 1925. – T. 1: Referaty. – S. 4.
9. Konopka, H. Edukacja historyczna w polskich szkołach powszechnych 1918–1939 / H. Konopka. – Białystok, 1987. – 302 s.
10. Bergman, A. Sprawy białoruskie w II Rzeczypospolitej / A. Bergman. – Warszawa: PWN, 1984. – 287 s.
11. Vabishchevich A.M. *Asveta u Zakhodniiai Belarusi (1921–1939): managrfiya* [Education in Western Belarus (1921–1939): Monograph], Brest State University, Brest: BrSU Publishing house, 2004, 116 p.
12. Kotuła, O. Podręczny poradnik dla kierowników i nauczycieli szkół powszechnych / O. Kotuła, P. Tłuczek. – Łódź, 1936. – 31 s.

Поступила в редакцию 08.01.2020

Адрес для корреспонденции: e-mail: anaximo@yandex.ru – Берегов В.П.

УДК 37.037.1-053.5

ПЛАНИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ВОСПИТАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ У ШКОЛЬНИКОВ 12–14 ЛЕТ

В.Г. Шпак, Г.Б. Шацкий

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

В данном педагогическом исследовании посредством длительных наблюдений и экспериментальной работы обосновывается планирование комплексного воспитания физических качеств у школьников общеобразовательной школы.

Цель статьи – совершенствование методики комплексного воспитания физических качеств у школьников в недельном цикле: 2 урока по предмету «Физическая культура и здоровье»; «Час здоровья и спорта» в учебной неделе.

Материал и методы. Работа по данной теме велась на протяжении 10 лет на базе ГУО «Средняя школа № 42 г. Витебска». На первом этапе осуществлялось изучение психолого-педагогической и научно-методической литературы, разрабатывалось планирование уроков по физической культуре и здоровью с учетом подбора и чередования физических упражнений в недельном цикле, которые бы оказывали наибольший тренировочный эффект комплексного воспитания физических качеств в учебном процессе школьников.

Полученные в 2017–2018 учебном году материалы позволили организовать и провести педагогический эксперимент и апробацию разработанного планирования комплексного воспитания физических качеств у школьников. В эксперименте приняли участие 108 учащихся 7-х классов.

Результаты и их обсуждение. Как показало изучение проблемы, связанной с низким уровнем физической подготовленности школьников, одной из основных ее причин является отсутствие системности в планировании задач по воспитанию физических качеств на уроках по физической культуре и здоровью.

Такой эффективной системой, которая позволила бы комплексно воспитывать физические качества и сделала бы планирование более конкретным и рациональным в учебном процессе по физической культуре и здоровью, нами была выбрана идея планирования задач по воспитанию физических качеств в рамках недельного цикла (на примере существующих в спортивной практике микроциклов).

Заключение. Для достижения наилучшей результативности работы по комплексному развитию физических качеств у школьников седьмых классов необходимо:

- создание для каждого ученика ситуации критической самооценки путем сравнения результатов тестирования с нормативами;
- составление индивидуальной программы ученика для воспитания отстающих от должного уровня физических качеств – в виде упражнений для домашних заданий;
- обеспечение реализации комплексного воспитания физических качеств ученика на уроках физической культуры и здоровья, в спортивных секциях по видам спорта, участие ученика в районных и других соревнованиях по различным видам спорта путем создания ситуации успеха для каждого ученика, когда проявление физической активности ученика находит поддержку и одобрение со стороны учителя.

Ключевые слова: физические качества, планирование, урок физической культуры и здоровья, школьники 12–14 лет, недельный цикл.

INTEGRATED TRAINING OF 12–14 YEAR OLD PUPILS' PHYSICAL QUALITIES

V.G. Shpak, G.B. Shatsky

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

The article, on the basis of long-term observations and experimental work, substantiates the planning of comprehensive training of physical qualities in secondary school.

The purpose of the pedagogical research is to improve methods of complex training of physical qualities in the weekly cycle – 2 Physical Training classes, and an hour of Health and Sports in the school week.

Material and methods. The work has been carried out for 10 years on the basis of State Educational Establishment "Secondary school № 42 Vitebsk". At the first stage, the study of psychological, pedagogical and scientific and methodological literature was carried out, the planning of lessons on Physical Training was developed taking into account the selection and alternation of physical exercises in the weekly cycle, which would have the greatest training effect of complex training of physical qualities in the academic process of schoolchildren.

The materials which were received in the 2017–2018 academic year, allowed organizing and making a pedagogical experiment and approbation of the developed planning of complex training of physical qualities of the 7th year pupils.

Findings and their discussion. The study of the problem associated with the low level of physical fitness of pupils showed that one of its main reasons is the lack of consistency in the planning of tasks for the training of physical qualities in Physical Training lessons.

As an effective system that would allow to comprehensively train physical qualities and would make planning more specific and rational in the educational process of Physical Training, we have chosen the idea of planning tasks for training physical qualities within a week cycle (for example, the existing in sports practice of micro cycles).

Conclusion. In order to achieve the best results of work on the integrated development of physical qualities of 7th year pupils, it is necessary:

- to create a critical self-assessment situation for each pupil by comparing the test results with the standards;
- to prepare an individual program for training pupils who lag behind the proper level of physical qualities, in the form of exercises for homework;

– to provide the implementation of the integrated training of physical qualities of the pupil in Physical Training classes, in sports sections, pupil participation in district and other competitions in various sports, by creating a situation of success for each pupil, where the physical activity of the pupil should be supported and approved by the teacher.

Key words: physical quality, planning, Physical Training class, 12–14 year old pupils, the weekly cycle.

В подростковом возрасте развитие одного качества положительно сказывается на росте показателей других физических качеств, что обуславливает необходимость комплексного подхода к воспитанию физических качеств у школьников.

В ходе развития различных функций организма отмечаются чувствительные сенситивные периоды, когда прирост физических качеств происходит особенно интенсивно. Так, для мышечной силы наибольшие темпы прироста характерны в 13–15 лет. Показатели выносливости у девочек наиболее растут в возрасте 11–13 лет, а у мальчиков в 14 лет.

По мнению специалистов [1–8], возраст 8–11 лет наиболее благоприятен для воспитания скоростных возможностей.

Ловкость значительно сложнее воспитывается у подростков по сравнению с детьми, а у взрослых – по сравнению с юношами.

Одной из актуальных проблем в массовой образовательной практике по учебному предмету «Физическая культура и здоровье» в школе является отсутствие системности в поурочном (недельном цикле) планировании задач по воспитанию физических качеств, обеспечивающих эффективность их комплексного развития [5; 6].

Изучение нормативных документов планирования (программы, планы, конспекты) и практического опыта проведения уроков показывает, что при прохождении разделов учебной программы по физической культуре внимание отдается, главным образом, развитию отдельно связанных с ними физических качеств. «Легкая атлетика» – выносливости, быстроты; «Гимнастика» – силы, скоростно-силовых качеств, гибкости и т.д., что не может обеспечивать полноценной всесторонней физической подготовленности; кроме того, в поурочном планировании задач по общей физической подготовке школьников на практике, как правило, не обращается внимания на очередность и последовательность развития физических качеств, а тем более их эффективного воспитания в недельном цикле [4; 6].

Ф.Н. Фарино (2007) отмечает низкую физическую подготовленность школьников в настоящее время, что ведет к «...стабильной тенденции физической деградации подрастающего поколения. Так, по ряду показателей развития физических качеств подростки 1990-х гг. на 10–12% отстают от своих сверстников 1960-х гг., 18–21% слабее своих ровесников 1970-х гг.» [8]. Известно, что с возрастом почти все параметры физического развития увеличиваются. Так, длина тела и масса тела в период с 9–10 лет до 14 лет возрастают соответственно на 22,63 см и 14,83 кг, однако наибольший прирост по этим показателям приходится на возраст 12–14 лет (13,97 см; 10,56 кг) [7].

Исходя из вышесказанного, нами предлагается рассмотреть данную проблему на примере планирования комплексного воспитания физических качеств у школьников VII класса общеобразовательной школы.

Цель статьи – совершенствование методики комплексного воспитания физических качеств у школьников в недельном цикле: 2 урока по предмету «Физическая культура и здоровье»; «Час здоровья и спорта» в учебной неделе.

Следует уточнить, что предусмотренный программой «Час здоровья и спорта» строился по урочной схеме и включал обязательный блок на воспитание физических качеств помимо решения своих специфических задач.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие задачи:

1. Изучить практический опыт по развитию физических качеств в массовой образовательной практике.
2. Разработать планирование средств, форм и методов на уроках физической культуры и здоровья для комплексного воспитания физических качеств у школьников 12–14 лет.
3. Выявить эффективность разработанного планирования комплексного воспитания физических качеств в недельном цикле уроков по учебному предмету «Физическая культура и здоровье» на примере школьников средних классов общеобразовательной школы.

Материал и методы. Работа по данной теме велась на протяжении 10 лет на базе ГУО «Средняя школа № 42 г. Витебска». На первоначальном этапе осуществлялось изучение психолого-педагогической и научно-методической литературы, разрабатывалось планирование уроков по физической культуре и здоровью с учетом подбора и чередования физических упражнений в недельном цикле, которые бы оказывали наибольший тренировочный эффект комплексного воспитания физических качеств в учебном процессе школьников.

Полученные в 2017–2018 учебном году материалы позволили организовать и провести педагогический эксперимент и апробацию разработанного планирования комплексного воспитания физических качеств у школьников 7-х классов. Всего в исследовании приняли участие 108 учащихся в возрасте 12–14 лет.

Результаты и их обсуждение. Как показало изучение проблемы, связанной с низким уровнем физической подготовленности школьников, одной из основных ее причин является отсутствие системности в планировании задач по воспитанию физических качеств на уроках по физической культуре и здоровью.

Такой эффективной системой, которая позволила бы комплексно воспитывать физические качества и сделала бы планирование более конкретным и рациональным в учебном процессе по физической культуре и здоровью, нами была выбрана идея планирования задач по воспитанию физических качеств в рамках недельного цикла (на примере существующих в спортивной практике микроциклов).

Поэтому нами в каждом недельном цикле (серия из 3-х уроков) планировались задачи по воспитанию всех основных физических качеств, независимо от раздела учебной программы, что способствовало эффективному комплексному их воспитанию в течение всего учебного года.

При планировании учебного материала по физической культуре и здоровью в VII классе приоритет отводился тематическим урокам.

В каждой четверти независимо от раздела программы на уроках по учебному предмету «Физическая культура и здоровье» осуществлялось комплексное развитие всех основных физических качеств: быстроты, силы, скоростно-силовых качеств, выносливости, гибкости, ловкости.

В недельном поурочном планировании внимание акцентировалось на использовании упражнений конкретной (определенной) направленности на каждом уроке по воспитанию физических качеств:

- 1 урок – воспитание быстроты, ловкости;
- 2 урок – воспитание силы, скоростно-силовых качеств;
- 3 урок – воспитание общей и скоростной выносливости.

Воспитание гибкости осуществлялось в подготовительной части на каждом уроке с помощью общеразвивающих и специально-подготовительных упражнений.

Планирование уроков по учебному предмету «Физическая культура и здоровье» составлялось на основе инструктивно-методических писем Министерства образования Республики Беларусь по физической культуре, учебных программ; учебной программы, примерного календарно-тематического планирования «Физическая культура и здоровье. 5–9 классы», а также собственного опыта работы. Посредством этого были разработаны годовой план-график, четвертные планы-графики, с конкретной задачей по развитию физических качеств на уроках.

Учебный материал распределялся с учетом оздоровительного эффекта проведения уроков по физической культуре и здоровью в VII классе, а также наличия материально-технической базы школы:

- сентябрь – «Легкая атлетика» – на открытом воздухе, спортплощадке;
- октябрь – «Футбол» – на открытом воздухе, в спортзале;
- ноябрь-декабрь – «Гимнастика» – спортзал школы;
- январь-февраль – «Кроссовая подготовка» – чередование уроков на воздухе и в спортзале, в зависимости от погодных условий;
- февраль-март – «Баскетбол» – спортзал;
- апрель – «Легкая атлетика» – чередование уроков в спортзале и на свежем воздухе;
- май – «Футбол» – на открытом воздухе.

Для воспитания физических качеств в основной части урока при изучении раздела учебной программы по гимнастике нами применялся «групповой метод», где использовались 4 станции: «Акробатика», «Перекладина», «Прыжки», «Стенка». На каждой станции продолжительность выполнения заданий 5 минут, упражнения направлены на развитие силы мышц рук, туловища, ног, создание мышечного корсета школьников.

При прохождении учебного раздела по легкой атлетике в I и IV четвертях в основной части урока для развития быстроты применялись следующие упражнения:

1. Бег 10 м с высокого старта на максимальную скорость, число повторений 3–5 раз, с возвращением медленным шагом в исходную точку старта.
2. Бег 30 м с высокого старта, где:
 - первые 10 м ученик бежит с невысокой скоростью;
 - вторые 10 м – с максимальной скоростью;
 - третьи 10 м – с невысокой скоростью.
 Общее число повторений 2–3 раза.
3. Бег 60 м с низкого старта с максимальной скоростью, где интервал отдыха 1 минута. Число повторений 2–3 раза.

Для развития скоростной выносливости использовались прыжковые упражнения: прыжки в длину с места (толчком двух ног одновременно), тройной прыжок в длину с места, прыжок в длину с разбега способом «согнув ноги», прыжок с разбега в высоту способом «перешагивание», прыжки через короткую скакалку на месте (толчком двух ног одновременно). Число повторений 2–3 раза.

Для развития общей выносливости: бег 300 м – 2–3 повторения; бег 1000 м, 1500 м в чередовании с ходьбой; прыжки через короткую скакалку 150–200 раз – 2 повторения.

Для развития скоростно-силовых качеств использовались метание теннисного мяча с места на дальность 5–7 раз, метание мяча весом 150 г с места на дальность 4–6 раз, толчок или бросок баскетбольного мяча от плеча одной рукой с места или двумя руками из-за головы 12–14 раз.

Для развития гибкости: махи ногой вперед-вверх с опорой одной рукой по 8–10 раз (каждой ногой), барьерный сед: наклоны вперед (пружинистые) по 12–15 раз в двух повторениях, наклоны вперед к прямой ноге, на возвышенной опоре 10–12 раз по два повторения.

При прохождении уроков по разделу «Кроссовая подготовка» в III четверти (январь и первая половина февраля) предусматривалось в основном развитие общей и скоростной выносливости, а также на оптимальном уровне поддержание других физических качеств.

Во время уроков по кроссовой подготовке на открытом воздухе на первых трех уроках применялся бег 300 м, на следующих уроках бег 1000 м, 1500 м. После трехминутного отдыха использовались игра в футбол на снегу, эстафеты и подвижные игры. Во время неблагоприятных погодных условий уроки проводились в спортзале, где в основной части урока применялись эстафеты с элементами футбола, баскетбола, а также различные подвижные игры.

Во время проведения уроков по футболу в I и IV четвертях, а также баскетболу в III четверти учитывалось, что речь идет не только о скорости передвижения по футбольному полю или спортивной площадке в зале, но и о быстроте зрительно-двигательной реакции на меняющуюся обстановку игры, быстроте старта из самых различных положений, умения развивать максимальную скорость на коротких отрезках, быстроте ответного действия, быстроте выполнения технических приемов, переключений с одного действия на другое. Поэтому на уроках по спортивным играм применяли челночный бег с ударами по мячу, бег с бросками мяча, различные эстафеты, учебную игру 5х5; 4х4; 3х4.

Результативность предлагаемого нами планирования комплексного воспитания физических качеств у школьников седьмых классов определялась с помощью тестирования уровня физической подготовленности.

В начале учебного года в I четверти средний балл уровня физической подготовленности в экспериментальных классах (средняя оценка) составлял $5,6 \pm 0,8$ балла, а к концу – $6,9 \pm 0,9$ балла. В контрольном классе в I четверти средний балл уровня физической подготовленности составлял $5,2 \pm 0,7$ балла, а в IV четверти – $5,8 \pm 0,9$ балла.

Показатель роста уровня физической подготовленности в экспериментальных классах к концу учебного года:

- в экспериментальных классах увеличился на 13%;
- в контрольном классе рост уровня физической подготовленности составил 6%.

Построение учебного процесса по экспериментальной методике планирования воспитания физических качеств в 2017–2018 учебном году также сравнивалось с результатами уровня физической подготовленности учащихся седьмых классов 2008–2009 учебного года, когда вышеуказанное планирование не применялось, и показало свою более высокую эффективность.

Заключение. Для достижения наилучшей результативности работы по комплексному развитию физических качеств у школьников седьмых классов необходимы:

- создание для каждого ученика ситуации критической самооценки путем сравнения результатов тестирования с нормативами;
- составление индивидуальной программы ученика для воспитания отстающих от должного уровня физических качеств – в виде упражнений для домашних заданий;
- обеспечение реализации комплексного воспитания физических качеств ученика на уроках физической культуры и здоровья, в спортивных секциях по видам спорта, участие ученика в районных и других соревнованиях по различным видам спорта путем создания ситуации успеха для каждого ученика, когда проявление физической активности ученика находит поддержку и одобрение со стороны учителя;
- соблюдение определенных требований к планированию комплексного воспитания физических качеств в недельном цикле, благодаря этому можно добиться высоких результатов физической подготовленности школьников в учебном процессе;
- планирование трех уроков по повышению уровня физической подготовленности (2 урока физической культуры плюс 1 час здоровья и спорта) в неделю, акцент на воспитание быстроты, силы, выносливости и других физических качеств на основе физиологического эффекта приспособления организма школьника к физическим нагрузкам;
- планируемый объем применяемых упражнений, которые используются для акцентированного воспитания физических качеств на уроке, составляющий не менее 5 минут;
- применение хорошо изученных физических упражнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физическая культура и здоровье: контроль за учебной деятельностью учащихся: 5–11 классы: пособие для учителей учреждений общ. сред. образования с белорус. и рус. яз. обучения / В.А. Барков [и др.]; под общ. ред. В.А. Баркова. – Минск: Аверсэв, 2013. – 160 с.
2. Уроки по учебному предмету «Физическая культура и здоровье» в 8–9 классах: пособие для учителей учреждений общ. сред. образования с белорус. и рус. яз. обучения / В.А. Барков [и др.] – Минск: Сэр-Вит, 2014. – 192 с.
3. Гужаловский, А.А. Физическое воспитание в школе: метод. пособие / А.А. Гужаловский, Е.Н. Ворсин. – Минск: Полымя, 1988. – 64 с.
4. Книга учителя физической культуры / В.С. Каюров [и др.]; под общ. ред. В.С. Каюрова. – М.: Физкультура и спорт, 1973. – 50–59 с.
5. Колмыков, Б.Х. Развитие силовых качеств на уроках физического воспитания / Б.Х. Колмыков // Физическая культура в школе. – 1989. – № 11. – С. 26.
6. Овчаров, В.С. Физическая культура и здоровье: 5–9 кл.: примерное календарно-тематическое планирование: пособие для учителей общеобразовательных учреждений / В.С. Овчаров, В.Л. Воронцов, Р.И. Санюкевич. – Минск: НИО; Аверсэв, 2009. – 160 с.
7. Петрикевич, В.В. Уровень развития и взаимосвязь физических качеств у школьников 9–14 лет / В.В. Петрикевич // Вопросы теории и практики физической культуры и спорта. – 1984. – № 14. – С. 114.
8. Фарино, Ф.Н. Азбука здоровьесбережения школьников: от эмоций к активным действиям / Ф.Н. Фарино // Здоровы лад жыцця. – 2007. – № 8. – С. 18–22.

REFERENCES

1. Barkov V.A. *Fizicheskaya kultura i zdorovye: kontrol za uchebnoy deyatelnostyu uchashchikhsya: 5–11 klass: posobiye dlya uchitelei* [Physical Training and Health: Student Academic Performance Control: 5–11 Years: Teachers' Book], Minsk: Aversav, 2013, 160 p.
2. Barkov V.A. *Uroki po uchebnomu predmetu "Fizicheskaya kultura i zdorovye" v 8–9 klassakh: posobiye dlya uchitelei* [Physical Training Lessons in the 8–9 Years: Teachers' Book], Minsk: Sar-Vit, 2014, 192 p.
3. Guzhalovski A.A., Vorsin E.N. *Fizicheskoye vospitaniye v shkole: metodicheskoye posobiye* [Physical Training at School: Guidelines], Minsk: Polymya, 1988, 64 p.
4. Kayurov V.S. *Kniga uchitelya fizicheskoy kultury* [Physical Training Teacher's Book], M.: Fizkultura i sport, 1973, pp. 50–59.
5. Kolmykov B.H. *Fizicheskaya kultura v shkole* [Physical Training at School], 1989, 11, 26 p.
6. Ovcharov V.S., Vorontsov V.L., Saniukevich R.I. *Fizicheskaya kultura i zdorovye: 5–9 kl.: primernoye kalendarno-tematicheskoye planirovaniye: posobiye dlya uchitelei* [Physical Training and Health: 5–9 Year: Approximate Calendar and Thematic Curriculum: Teachers' Book], Minsk: NIO; Aversav, 2009, 160 p.
7. Petrikevich V.V. *Voprosy teorii i praktiki fizicheskoy kultury i sporta* [Issues of Theory and Practice of Physical Training], 1984, 14, 114 p.
8. Farino F.N. *Zdorovy lad zhytsia* [Healthy Lifestyle], 2007, 8, pp. 18–22.

Поступила в редакцию 28.03.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: ffkis@vsu.by – Шпак В.Г.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕАЛИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

А.А. Фоменко

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

Самостоятельная работа студентов является значимой частью образовательного процесса в вузе. Увеличение роли данного вида деятельности связано с изменением позиций преподавателя и студента. Преподаватель выступает уже не как транслятор готовых знаний, а как организатор процесса учения, а студент все больше занимает позицию самостоятельного, инициативного, творческого субъекта. Особенность организации данного вида деятельности заключается в том, что он должен быть планируемым и контролируемым преподавателем. В этой связи повышается роль преподавателя, который способен переориентироваться в указанном аспекте и готов к эффективному руководству самостоятельной работой студентов с использованием различных инновационных технологий.

Цель статьи – уточнить сущность и характерные особенности понятий «самостоятельная работа студентов», «инновационные технологии», раскрыть потенциал инновационных технологий в организации и осуществлении самостоятельной работы студентов.

Материал и методы. Материалом послужили научные труды отечественных психологов и педагогов, занимающихся разработкой вопросов реализации самостоятельной работы студентов. В ходе исследования применялись такие методы, как наблюдение, беседа, анкетирование, анализ, синтез и обобщение.

Результаты и их обсуждение. Представлены различные подходы к реализации самостоятельной работы студентов средствами инновационных технологий. Выявлен потенциал инновационных технологий и предложен ряд методических рекомендаций их использования с целью повышения эффективности организации и осуществления самостоятельной работы студентов в вузе. Применение возможностей инновационных технологий обучения позволяет в значительной степени активизировать личностный интерес студентов к решению учебных задач, повышает мотивацию обучающихся при выборе различных способов самостоятельной работы, стимулирует их активную позицию в повышении уровня овладения способами самоорганизации.

Заключение. Целью инновационных технологий в реализации самостоятельной работы студентов является создание диалогового взаимодействия между преподавателем и обучающимися, которое содействует формированию способностей последних к самопознанию, самоопределению и самоорганизации.

Ключевые слова: самостоятельная работа, инновационные технологии, тьюторское сопровождение, рефлексия.

INNOVATION TECHNOLOGIES OF STUDENTS' INDIVIDUAL WORK IMPLEMENTATION

A.A. Fomenko

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

Students' individual work is a significant part of the university academic process. The increase of the role of this type of activity is connected with the transformation of the positions of the teacher and the student. The teacher is no longer a transmitter of ready made knowledge but an organizer of the process of learning while the student is more and more an independent, initiative and creative subject. The peculiarity of the organization of this activity is that it must be planned and controlled by the teacher. Thus the role of the teacher able to rearrange his activity and be ready for efficient guiding of students' individual work using innovation technologies increases.

The purpose of the article is to specify the essence and features of the notions of students' individual work, innovation technologies, to reveal the potential of innovation technologies in the organization and implementation of students' individual work.

Material and methods. The research material is scientific works by domestic psychologists and teachers who deal with the development of issues of the implementation of students' individual work. The methods of observation, talk, questionnaire, analysis, synthesis and generalization were used in the research.

Findings and their discussion. Different approaches to the implementation of students' individual work by means of innovation technologies are presented in the article. The innovation technology potential is identified and a number of guidelines to implement them are suggested in view of the improvement of the organization efficiency and implementation of university students' individual work. The application of innovation technology opportunities makes it possible to significantly optimize students' personality interest in solving academic problems, increases students' motivation in choosing various ways of individual work, stimulates their active position in increasing the level of handling means of self-organization.

Conclusion. The aim of innovation technologies in the implementation of students' individual work is to create dialogue interaction between teachers and students, which facilitates shaping the abilities of the latter of self-cognition, self-identification and self-organization.

Key words: individual work, innovation technologies, tutor accompaniment, reflexion.

В настоящее время осуществление самостоятельной работы студентов является значимым фактором реализации личностного потенциала в современном образовательном пространстве. Это связано, прежде всего, с интенсивным развитием личностно ориентированной модели образования, при которой меняется жизненная стратегия человека «длинно в жизнь». Сегодня перед педагогической наукой стоит вопрос поиска внутренних резервов для насыщения учебного процесса новым учебно-методическим обеспечением как действенного инструмента актуализации самостоятельной творческой активности студентов, потребности к самопознанию, самоопределению и самоорганизации в обучении.

Цель статьи – выявить потенциал инновационных технологий в реализации самостоятельной работы студентов.

Материал и методы. Материалом послужили научные труды отечественных психологов и педагогов, занимающихся разработкой вопросов реализации самостоятельной работы студентов.

Исследование проводилось в ВГУ имени П.М. Машерова. В нем принимали участие студенты I и II курсов различных факультетов. В качестве диагностического инструментария нами применялись «Методика изучения мотивации обучения в вузе» Т.И. Ильиной, методика А.В. Карпова «Диагностика рефлексии», анкетирование и др.

Результаты и их обсуждение. Ученые раскрывают сущность самостоятельной работы неоднозначно, это объясняется многогранностью и полифункциональностью данного педагогического феномена. В частности, самостоятельная работа студентов рассматривается как: одна из ведущих форм обучения в виде аудиторных групповых заданий, внеаудиторных с переменной ролью преподавателя (М.К. Бородулина); деятельность, при которой включаются процессы осознанности, внутренней мотивации и элементы творчества (С.И. Архангельский, И.А. Зимняя); завершающий вид учебной работы, где в ходе собственной деятельности знания становятся «подлинным достоянием образования»; средство индивидуализации процесса обучения в различных видах и формах учебной деятельности (О.Н. Щеголева); самостоятельный, осознанный поиск необходимой информации для профессионального и личностного становления (С.И. Архангельский); совместно планируемая и выполняемая с преподавателем или без него учебно-познавательная деятельность студентов (Н.В. Жегалкина, В.С. Сенашенко) и др.

Таким образом, анализ литературы по проблеме позволяет нам сделать вывод о том, что самостоятельная работа – это, прежде всего, один из значимых видов учебно-познавательной деятельности, осуществляемый в различных формах, выполняемый как с максимальной самостоятельностью обучающихся, так и под управлением преподавателя.

Между тем, как показывает практика, большинство студентов демонстрируют скорее негативное, безответственное отношение к самостоятельной работе, основными причинами которого являются отсутствие навыков самоорганизации, потребностей в самообразовании. Однако, по мнению Л.Л. Сорокиной [1], существует ряд внешних и внутренних факторов, определяющих положительную или отрицательную динамику изменения отношения студентов к самостоятельной работе и являющихся ее движущей силой. В частности, к внутренним факторам, которые, по мнению автора, позволяют подготовить студентов к самоорганизации и самоуправлению в процессе выполнения самостоятельной работы, относятся:

- личностные особенности студента и его готовность к самоорганизации. К таким особенностям автор относит: понимание и осознание студентом личностной профессиональной значимости самостоятельной работы; владение студентами способами самоорганизации, самоуправления, самообразования, которые обеспечивают выполнение самостоятельной работы; положительную мотивацию и осознанный познавательный интерес к выполнению самостоятельной работы; активность студентов в поисково-исследовательской деятельности, креативность и инициативность в принятии решений при выполнении самостоятельной работы; способность к саморефлексии и самоконтролю;

- индивидуализация образования, индивидуальный образовательный маршрут. Данный фактор включает: индивидуализацию внеаудиторной самостоятельной работы; дифференциацию объема работы и сроков ее выполнения в соответствии с уровнем подготовленности студентов; создание ситуации выбора позиции в различных видах деятельности по выполнению того или иного задания; проведение индивидуальных консультаций преподавателя при возникших трудностях; контроль преподавателя за реализацией индивидуальных образовательных маршрутов;

- практикоориентированность. Реализация фактора позволяет студентам осознать актуальность и значимость выполнения самостоятельной работы для предстоящей учебной и профессиональной деятельности; решить проблемные задачи, воспроизводящие реальные профессиональные ситуации; овладеть умениями применять данные преподавателем формулировки законов и определений на практике;

- контроль и взаимоконтроль. Использование названного фактора обеспечивает отслеживание результатов выполненной работы студентами, его качества; смену статуса – более мотивированных студентов; самооценку и взаимоконтроль результатов обучения обучающимися.

К внешним факторам Л.Л. Сорокина относит:

- материально-техническое обеспечение. Указанный фактор позволяет обеспечить студентов возможностью применять в процессе выполнения самостоятельной работы в сети Интернет различные виды техники: компьютерную и множительную;
- информационное обеспечение. Использование данного фактора обеспечивает доступность необходимым учебно-методическим, информационным и справочным материалом; предоставляет студентам подробные инструкции, алгоритм по организации самостоятельной работы;
- образовательные технологии. Реализация фактора позволяет обучить студентов методам самостоятельной работы, навыкам планирования времени, рефлексии, самоанализу и самооценке, навыкам коллективного обсуждения решаемых проблем и др. [1].

Нами было проведено исследование студентов I и II курсов различных факультетов УО «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова», целью которого было выявить уровень готовности студентов к реализации самостоятельной работы.

Готовность студента к самостоятельной работе мы понимаем как систему качеств студента, которые позволяют ему успешно решать поставленные задачи в ходе учебно-познавательного процесса. Основными компонентами готовности студентов к самостоятельной работе нами были избраны: мотивационный – устойчивый интерес к различным видам самостоятельной работы; когнитивный – обоснованный выбор целей и средств различных видов самостоятельной работы, своей позиции в ней; деятельностный – самоорганизация различных видов самостоятельной работы.

На диагностическом этапе с целью установления уровня сформированности мотивационного компонента студентам было предложено ответить на вопросы анкеты. В ходе данного опроса было выявлено, что большинство студентов отдают предпочтение таким видам самостоятельной работы, как подготовка мультимедийных презентаций, написание рефератов, конспектирование текстов, составление кроссвордов. Эти виды самостоятельной работы для них оказались наиболее предпочитаемыми и привычными. К числу наименее предпочтительных они отнесли написание эссе, портфолио, написание доклада или статьи, рецензирование статьи, выполнение исследовательского проекта. Данный выбор они объяснили недостаточной подготовленностью к выполнению названных видов самостоятельной работы. Также нами было выявлено, что значительная часть студентов не испытывает положительных эмоций при осуществлении самостоятельной работы, не осознает ее роли в самопознании, самообразовании. Многие из них не владеют способами самоанализа, саморефлексии и самокоррекции. Таким образом, для студентов более привычными являются простые виды самостоятельной работы, не требующие творческой инициативы, самостоятельного поиска вариантов решения учебной проблемы.

С целью определения уровня сформированности когнитивного и деятельностного компонентов мы предложили студентам ответить на незаконченные предложения, которые позволили выявить личностные предпочтения различных видов самостоятельной работы и возникающие трудности при их выполнении. Большинство студентов признают, что недостаточно владеют навыками организации самостоятельной работы; испытывают трудности при выполнении заданий, особенно, если они выполняют его без помощи преподавателя; что им не хватает умений планировать свою деятельность, выбирать средства для выполнения заданий и др. В то же время они достаточно высоко оценивают роль преподавателя, большинство указывают на важность оказания помощи преподавателем, на его рекомендации, контроль и советы.

Среди основных причин, которые затрудняли выбор видов активности и выполнение различного рода заданий, студенты назвали слабую мотивацию и незаинтересованность в качественном выполнении заданий; недостаточный уровень знаний об особенностях организации и планирования самостоятельной работы, сформированности умений и навыков самостоятельной работы; неорганизованность и невладение способами самоконтроля, саморефлексии; отсутствие навыков анализа, конспектирования, работы с первоисточниками; недостаточный контроль преподавателя за качеством выполнения самостоятельной работы; использование традиционных форм и методов самостоятельной работы; отсутствие учебно-методического и информационного материала и др.

Таким образом, проведенное исследование указывает на необходимость создания условий для формирования у студентов внутренних мотивов (интересов), навыков личностного самоопределения и самоорганизации в различных видах самостоятельной деятельности. Реализации вышеназванной цели способствует решение следующих задач: формирование у студентов осознанного интереса и внутренних мотивов к самостоятельной работе; создание условий для выбора предпочитаемых целей и средств самостоятельной работы; совершенствование знаний и навыков целостной самоорганизации различных видов самостоятельной работы.

Основным средством реализации поставленных целей и задач мы избрали инновационные технологии. В литературе по изучаемой проблеме существует многообразие определений инноваций и инновационных технологий. Так, в частности, понятие «инновация» (от лат. *in* – в, *novus* – новый) означает нововведение или новшество.

В современной педагогике инновационные образовательные технологии рассматривают как способ регулирования образовательного процесса и внедрения передового педагогического опыта; область научного знания, которая исследует, а также практически использует новые методы и формы совершенствования образовательного процесса (Л.З. Габбасова); способ развития интеллектуальных, коммуникативных и творческих способностей, а также личностных качеств учащихся; выработки умений, влияющих на самостоятельную работу студентов, и навыков перехода на уровень продуктивного творчества [2]; технику совместного поиска новых знаний преподавателем и обучаемыми; активные методы совершенствования образовательного процесса посредством педагогики сотрудничества [3]. По мнению многих исследователей, интерактивное обучение, как таковое, является специальной формой организации самостоятельной работы студентов, в рамках которой происходят совместное познание, взаимодействие друг с другом, обмен информацией, совместное решение проблем, моделирование ситуаций, оценка и самооценка себя и других в атмосфере делового сотрудничества. Следовательно, по мнению О.А. Черкасовой, суть интерактивных технологий в рамках реализации самостоятельной работы студентов сводится к тому, что все участники данного процесса получают возможность внести «...свой вклад, обмениваться знаниями, идеями, тем самым находясь в равных условиях с остальными, а кроме того они вступают в коммуникативное общение друг с другом, совместно решая поставленные задачи с использованием различных информационных ресурсов, что позволяет им находить общие точки соприкосновения. При этом роль преподавателя не является центральной, а скорее регулирующей» [4, с. 136].

К.Р. Мамадалиев в своих исследованиях придерживается мнения, что приоритетом инновационной стратегии в образовании является обучение самих преподавателей, цель которой освоение нового стиля управления; нового типа аналитического мышления; формирование новых способов социальных взаимодействий, на основе сотрудничества [5].

Таким образом, в основе реализации инновационных технологий в рамках организации самостоятельной работы студентов должен лежать диалог как между преподавателем и студентами, так и между самими студентами, который способен активизировать личностный интерес студентов к решению каких-либо учебных задач, стимулировать возможность применения студентами полученных знаний.

Анализ литературы по проблеме и наш собственный опыт показал, что одним из значимых условий эффективности реализации самостоятельной работы студентов является уровень взаимоотношений между преподавателем и обучающимся. Ведущим механизмом подобного взаимодействия нами избирается тьюторское сопровождение.

Тьюторское сопровождение, по мнению О.В. Опякиной, заключается в организации такой траектории образовательного движения, которая базируется на постоянном рефлексивном состоянии его достижений («Я» настоящее и «Я» прошлое) с возможностями и интересами, предпочтениями и устремлениями («Я» будущее). В данном процессе тьютор создает событийное образовательное пространство, насыщенное множеством интересных обучаемому идей; отбирает различные тактики и стратегии для сопровождения посредством принципа индивидуализации.

Е.И. Зарипова в своей работе «Инновации в организации самостоятельной работы студентов экономического вуза» [6] выделяет три ключевых вектора тьюторского сопровождения в вузе: социальный, антропологический, культурно-предметный. В частности, в рамках социального вектора тьютор помогает адаптироваться студенту в образовательном пространстве вуза, раскрывает потенциал образовательного учреждения для его личностного развития через реализацию студентом образовательных программ, маршрутов, траекторий. Деятельность тьютора в антропологическом направлении позволяет студентам овладеть технологиями развития личностных качеств, необходимых для успешного образования, способами самопознания, самоопределения и самореализации в образовательном пространстве на основе своих возможностей и предпочтений. Культурно-предметный вектор содержит в себе возможности для установления студентом личностного смысла получаемых знаний через контекст того или иного учебного предмета; предпочитаемых курсов; заданий по самостоятельной работе [6, с. 62].

Включение технологии тьюторского сопровождения с целью обучения студентов умениям и навыкам выполнения самостоятельной работы нами осуществлялось поэтапно. Цель первого этапа – создать условия для расширения знаний студентов о значимости самостоятельной работы в их профессиональном и личностном росте, способствовать повышению интереса и внутренней мотивации к освоению способов выбора цели и видов самостоятельной деятельности посредством собственных предпочтений и возможностей. Так, основным содержанием деятельности тьютора на данном этапе являлась диагностика по выявлению уровня сформированности у студента необходимых умений и навыков самостоятельной работы. Далее тьютор знакомил студента с алгоритмом планирования и организации самостоятельной работы, с техниками овладения первоначальными умениями организации самостоятельной работы через составление опорного конспекта, написание информационного сообщения, составление хронологических таблиц, кроссворда, подготовку дискуссии по теме, обсуждение в малых группах и др. На данном этапе предлагались студентам несложные виды самостоятельных

работ, скорее даже групповые виды самостоятельной работы. Именно групповые, парные виды самостоятельной работы, благодаря взаимному контролю, способствовали активизации познавательной деятельности студентов по повышению уровня мотивации, заинтересованности в выполнении совместной работы.

Второй этап был призван мобилизовать и активизировать внутренние резервы студентов, максимально нагрузить обучающихся в работу с информацией для получения лично значимых знаний. Тьютор предлагал студенту на выбор: выполнить роль консультанта или помощника на семинарском занятии, разработать проблемную ситуацию по изучаемой теме, написать конспект статьи, главы книги, составить тесты и ответы к ним, выполнить электронные тесты на сайте преподавателя, составить портфолио, спроектировать и смоделировать виды и компоненты будущей профессиональной деятельности, проанализировать существующие рефераты в сети Интернет на определенную тему, составить свой план лекции или ее фрагмент и др.

Ключевой целью третьего этапа являлось совершенствование умений самостоятельной работы за счет овладения способами рефлексии, что позволило студентам осознать свои предпочтения, возможности, изменения в личностной структуре. Сопоставление результатов самостоятельной работы студентов и их самооценка создавали условия для успешной самоорганизации данного вида деятельности. Основными видами деятельности студентов на данном этапе нами были избраны: участие в написании статей, докладов, курсовых и дипломных проектов; в подготовке конкурсов, олимпиад по педагогике; в выполнении различных творческих проектов и т.д.

При реализации вышеназванных этапов тьюторского сопровождения необходимо понимать, что не все студенты способны сразу реализовать цели этапов, следует постепенно, через проектирование с каждым из них траектории самостоятельной работы, двигаться к намеченной цели. Поэтому на протяжении всех указанных этапов преподаватели проводили диагностику личностных изменений студентов, возникших затруднений, контролировали уровень усвоения содержания обучения; демонстрировали и обучали способам работы с новым знанием, приемам и методам самостоятельной работы; организовывали различное взаимодействие – тьюториалы, консультации в освоении навыков обучения и т.д.

Таким образом, технология тьюторского сопровождения обеспечивала сотрудничество всех субъектов данного процесса, их организованное взаимодействие на основе диалога, способствовала активному движению студентов к будущей профессии через осознанный выбор и построение ими индивидуального профессионального маршрута.

В рамках реализации технологии тьюторского сопровождения мы особое значение уделяли процессу рефлексии. Остановимся более подробно на данном аспекте.

Рефлексия в психолого-педагогической литературе рассматривается многими исследователями как процесс эмоционально-чувственного переживания субъектом своей деятельности. Так, в частности, рефлексия – это внутренний процесс порождения новых идей, нового опыта [7]; способность понимать себя, регулировать собственное поведение и деятельность, конструктивно разрешать свои внутриличностные противоречия и конфликты (Л.М. Митина); индивидуальная способность устанавливать границы собственных знаний, возможностей о том, что он знает, умеет и чего не знает, не умеет; самоанализ и самооценка, на основе которых обучающийся познает свой уровень знаний («знаю и умею»), определяет перспективы и возможности его дальнейшего обогащения («не знаю, не умею, но усвою в процессе обучения») [8, с. 28]; механизм самопознания, самоорганизации, самоопределения, основа выполнения обучающимся учебной задачи как единицы учебного процесса; процессы самоанализа, самооценки, саморегулирования, самоорганизации при решении учебной задачи, которые происходят в ходе рефлексии при решении учебной задачи, являются составляющими учебной самостоятельной деятельности (М.А. Федорова).

М.А. Федорова предполагает, что самостоятельная работа студентов в процессе обучения является интегратором основных типов рефлексии: личностного, интеллектуального (когнитивного), коммуникативного и кооперативного. В процессе выполнения самостоятельной работы между участниками устанавливаются взаимоотношения (коммуникативная рефлексия). Интеллектуальная рефлексия позволяет пройти путь познания через личностные переживания. Осмысленная самоорганизация своей деятельности проходит самооценку и мотивировку. Эти процессы обеспечивает личностная рефлексия. Механизм кооперативной рефлексии начинает срабатывать тогда, когда обучающийся не может справиться с заданием или выполнил его неверно, начинается процесс поиска: «банк данных», «копилка», «готовый» способ решения.

Следовательно, рефлексия как механизм самопознания, самоопределения и самоорганизации, перевода учебной проблемы из внешней плоскости во внутреннюю можно с уверенностью признать основой осуществления самостоятельной работы студентов.

В нашем исследовании мы применяли такие методы и приемы, которые помогли вывести студентов в рефлексивную позицию по отношению к себе и собственной деятельности: предлагались ориентировочные вопросы, с помощью которых происходило обсуждение нового содержания, изученного на лекциях; создавались ситуации, в которых предлагалось оценить эмоциональное настроение, установить затруднения, возникшие при выполнении задания. Среди наиболее эффективных приемов нами использовались прием незаконченного

предложения, тезиса, подбора афоризма, «знаю, хочу знать, узнал», «плюс–минус–интересно», анкетирование, письменная рефлексия «Аргументация своего ответа» и др. Отметим, что каждый прием рефлексии проводился как в устной, так и в письменной форме. Такая работа привела к целостному представлению студентов о содержании, способах и средствах своей деятельности, разрешению критического представления о себе и о собственной деятельности и переводила обучающегося из позиции объекта в позицию субъекта своей активности в ходе выполнения самостоятельной работы.

Заключение. Применение инновационных технологий [9; 10] нацеливает педагога на выбор таких методов и средств самостоятельной работы, которые содействуют формированию мотивационно-ценностного отношения к различным видам деятельности данного процесса, развитию навыков личностного самоопределения и самоорганизации в ней на основе собственных предпочтений и возможностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сорокина, Л.Л. Организация самостоятельной работы студентов в условиях дистанционного обучения / Л.Л. Сорокина // Профессиональное образование и занятость молодежи: XXI век. Актуальные направления развития системы профессиональной ориентации учащейся молодежи: материалы всерос. науч.-практ. конф., Кемерово, 15–16 марта 2017 г.: в 2 ч. – Кемерово: ГОУ «КРИПО», 2017. – Ч. 2. – С. 146–148.
2. Американский опыт бизнес-образования для Беларуси [Электронный ресурс] // Бизнес-школа ИПМ. – Режим доступа: http://www.ipm.by/publications/publicbus/american_experience/. – Дата доступа: 01.02.2020.
3. Берсирова, С.Д. Инновационные технологии в образовании / С.Д. Берсирова // Вестник Майкопского государственного технологического университета. – 2009. – № 1. – С. 113–117.
4. Черкасова, С.А. Инновационные технологии в вузе / С.А. Черкасова, О.А. Черкасова // ИНЖИНИРИНГ ТЕХНО 2016: сб. тр. IV Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 т. / под ред. Н.В. Бекренева и У.В. Боровских. – Саратов: Издательский дом «Райт-Экспо», 2016. – Т. 2. – С. 134–140.
5. Мамадалиев, К.Р. Инновационные технологии в обучении [Электронный ресурс] / К.Р. Мамадалиев // Молодой ученый. – 2012. – № 11. – С. 450–452. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/46/5639/>. – Дата доступа: 05.02.2020.
6. Зарипова, Е.И. Инновации в организации самостоятельной работы студентов экономического вуза: учеб.-метод. пособие / Е.И. Зарипова. – Омск: Омский институт (филиал) РГТЭУ, 2010. – 124 с.
7. Семенов, И.Н. Типы взаимодействия наук и методологические ориентации творчества и рефлексии / И.Н. Семенов, С.Ю. Степанов // Сборник «Наука – о человеке». – М.: Институт психологии АН СССР, 1990. – С. 235–248.
8. Слободчиков, В.И. Генезис рефлексивного сознания в младшем школьном возрасте / В.И. Слободчиков, Г.А. Цукерман // Вопросы психологии. – 1990. – № 3. – С. 25–36.
9. Наумова, Т.А. Метод портфолио как вид самостоятельной работы студентов / Т.А. Наумова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5. – С. 378.
10. Соловьев, О.Ю. Методика комплексной оценки индивидуального прогресса внеучебных достижений обучающихся / О.Ю. Соловьев, А.А. Фомин. – Салехард: ГАОУ ДПО ЯНАО «РИО», 2014. – 59 с.

REFERENCES

1. Sorokina L.L. *Professionalnoye obrazovaniye i zaniatost molodezhi: XXI vek. Aktualniye problemy razvitiya sistemy professionalnoi oriyentatsii uchashcheisia molodezhi: mat-ly vseross. nauch.-prakt. konf. (Kemerovo, 15–16 marta 2017 g.)* [Vocational Training and Employment of Young People: XXI Century. Topical Directions of the Development of the System of Student Job Advising: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference (Kemerovo, March 15–16, 2017)], Kemerovo: GOU “KRIRPO”, 2017, 2, pp. 146–148.
2. *Amerikanskiy opyt biznes-obrazovaniya dlia Belarusi* [American Experience of Business Education for Belarus], Available at: URL: http://www.ipm.by/publications/publicbus/american_experience/. (Accessed: 01.02.2020).
3. Bersirova S.D. *Vestnik Maikopskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Journal of Maikop State Technological University], 2009, 1, pp. 113–117.
4. Cherkasova S.A., Cherkasova O.A. *Inzhiniring Tekhno 2016 sb. tr. IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Engineering Techno 2016 Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference], Saraton: Izdatelskiy dom “Rait-Eskpo”, 2016, 2, pp. 134–140.
5. Mamadaliyev K.R. *Molodoi ucheny* [Young Scholar], 2012, 11, pp. 450–452. Available at: URL <https://moluch.ru/archive/46/5639/>. (Accessed: 05.02.2020).
6. Zaripova E.I. *Innovatsii v organizatsii samostoyatelnoi raboty studentov ekonomicheskogo vuza: Uchebno-metodicheskoye posobiye* [Innovations in the Organization of Economics Students Individual Work: Manual], Omsk: Omskiy institut (filial) RGTEU, 2010, 124 p.
7. Semenov I.N., Stepanov S.Yu. *Sbornik “Nauka – o cheloveke”* [Collection “Science – about Man”], M.: Institute of Psychology of AS of the USSR, 1990, pp. 235–248.
8. Slobodchikov V.I., Tsukerman G.A. *Voprosy psikhologii* [Issues of Psychology], 1990, 3, pp. 25–36.
9. Naumova T.A. *Sovremenniyye problemy nauki i obrazovaniya* [Contemporary Issues of Science and Education], Moscow, “Akademiya Yestestvoznaniya”, 2015, 5, 378 p.
10. Soloviyev O.Yu., Fomin A.A. *Metodika kompleksnoi otsenki individualnogo progressa vneuchebnykh dosyizhenii obuchayushchikhsia* [Methods of Complex Assessment of the Individual Progress of Students’ Extracurricular Achievements], Salekhard: GAOU DPO YaNAO “RIRO”, 2014, 59 p.

Поступила в редакцию 06.02.2020

Адрес для корреспонденции: e-mail: kpedagog@vsu.by – Фоменко А.А.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБЩЕЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ И САМООЦЕНКИ КУРСАНТОВ

И.В. Елсаков

Учреждение образования «Центр повышения квалификации руководящих работников и специалистов Министерства внутренних дел Республики Беларусь»

Центр повышения квалификации руководящих работников и специалистов МВД Республики Беларусь является учреждением дополнительного образования взрослых и обеспечивает первоначальную подготовку и повышение квалификации сотрудников органов внутренних дел. Требования к выпускникам центра повышения квалификации в разделе физической подготовки соответствуют требованиям, предъявляемым к выпускникам учреждений высшего образования МВД или действующим сотрудникам органов внутренних дел.

Цель статьи – установить зависимость между уровнем физической подготовки и самооценкой курсантов.

Материал и методы. Исследование проводилось в учреждении образования «Центр повышения квалификации руководящих работников и специалистов Министерства внутренних дел Республики Беларусь» с 15.04.2019 по 08.08.2019. В нем было задействовано 92 кандидата на службу в органах внутренних дел. Исследование проходило в три этапа: первый – проведение анкетирования, второй – сдача контрольных нормативов с выставлением общей оценки, третий – обобщение и интерпретация результатов первых двух этапов.

Результаты и их обсуждение. Проведенное исследование было направлено на получение и анализ результатов общей физической подготовки и самооценки курсантов. Оно включало в себя:

- вступительный контроль (по прибытии в центр повышения квалификации);
- промежуточный срез (через месяц после зачисления курсантов в центр повышения квалификации);
- итоговый контроль (перед выпуском курсантов из центра повышения квалификации).

На этапе анкетирования выявлено, что 81,53% опрошиваемым были доведены требования по физической подготовке, предъявляемые к сотрудникам. Вместе с тем установлено, что значительно меньший процент кандидатов, а именно 65,22%, знакомы с содержанием программы по физической подготовке в центре повышения квалификации. Данные о самооценке готовности к освоению программы по физической подготовке в центре повышения квалификации отражают недостаточный объем подготовки кандидатов, проводимой в комплектующих органах.

На этапе сдачи нормативов и самооценки кандидатов подавляющее большинство оценило свою физическую подготовленность на «хорошо», однако действительные показатели физической готовности кандидатов оказались значительно ниже. В результате итогового контроля значительно выросло число курсантов, сдавших нормативы на оценку «отлично» (48,91%) или «хорошо» (43,48%). На оценку «удовлетворительно» сдало менее 8% курсантов.

Заключение. Посредством исследования выяснилась тенденция снижения самооценки и улучшения общей физической подготовленности курсантов, начиная со вступительных испытаний и заканчивая итоговым экзаменом.

Ключевые слова: физическая подготовка, самооценка курсантов, анкетирование, учреждения образования взрослых, органы внутренних дел.

ANALYSIS OF THE RESULTS OF CADETS' GENERAL PHYSICAL TRAINING AND SELF-ASSESSMENT

I.V. Yelsakov

Educational Establishment “Center for Advanced Training of Executive Officers and Specialists of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus”

The Center for Advanced Training of Executive Officers and Specialists of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus is an institution of additional adult education and provides initial training and advanced training for employees of the internal affairs department. The requirements for graduates of the CAT in the physical training section correspond to the requirements for graduates of higher education institutions of the Ministry of Internal Affairs or existing employees of the Department of Internal Affairs.

The purpose is to establish the relationship between the level of cadets' physical fitness and self-esteem.

Material and methods. The study was conducted at the Educational Establishment “Center for Advanced Training of Executive Officers and Specialists of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus” from 15.04.2019 to 08.08.2019. 92 internal affair forces candidates participated in the study which had three stages. The first stage was questionnaire, the second one – tests with giving marks and the third stage – generalization and interpretation of the results of the first two stages.

Findings and their discussion. The study was aimed at obtaining and analyzing the results of general physical training and self-assessment of cadets. The study included:

- entrance control (conducted on arrival at the CPC);
- intermediate control (carried out a month after enrollment of cadets in the CPC);
- final control (conducted before the release of cadets from the CPC).

At the stage of the survey it was revealed that 81,53% of respondents were brought to the requirements for physical training imposed on employees. However, it was revealed that a much smaller percentage of candidates, namely 65,22%, are familiar with the content of the physical training program in the CPC. Data on the self-assessment of readiness to master the physical training program in the CPC reflect the insufficient amount of training of candidates conducted in the component bodies.

At the stage of passing the standards and self-assessment of candidates, the vast majority estimated their physical fitness at “good”, but the actual indicators of physical readiness of candidates were much lower. As a result of the final control, the number of cadets who passed the standards for the assessment of “excellent” (48,91%) or “good” (43,48%) significantly increased. Less than 8% of the cadets’ passed the assessment satisfactory.

Conclusion. As a result of the study, a tendency was found out to decrease self-esteem and improve the overall cadets’ physical fitness from entrance examinations to the final exam.

Key words: physical training, self-assessment of cadets, questionnaires, adult education institutions, internal affairs bodies.

Динамичное развитие общественных отношений в Республике Беларусь в той либо иной степени затрагивает все сферы деятельности и функционирования государственных органов. Особое внимание уделяется «правоохранительному блоку» государства, в частности органам внутренних дел (далее ОВД). В этой связи к сотрудникам ОВД и их подготовке предъявляются особые требования. На совещании с Президентом Республики Беларусь Александром Григорьевичем Лукашенко 20 августа 2019 года министр внутренних дел Юрий Караев обозначил: «Люди в погонах должны помнить, что служат народу, гражданину, обществу и защищают его права» [1]. Данное выражение является одной из первостепенных задач для сотрудников органов внутренних дел, ведь наравне с реализацией закона на сотрудника ОВД возлагается ответственность за обеспечение защиты интересов как общества в целом, так и отдельного гражданина.

Анализ работ отечественных и зарубежных авторов свидетельствует, что организация профессионально-прикладной физической подготовки (далее ППФП) в ОВД и ее особенности широко раскрыты в научной и научно-методической литературе [2]. Ряд вопросов, характерных для всего правоохранительного блока, представлен в исследованиях, посвященных ППФП в Вооруженных Силах, органах пограничной службы, подразделениях Министерства по чрезвычайным ситуациям и т.д. Чаще всего, исследователи, работающие над проблемами организации ППФП в ОВД, так либо иначе связаны с ведомственными учреждениями высшего образования. В этой связи исходный материал таких исследований, организация педагогического эксперимента, соответствующие выводы и рекомендации взаимосвязаны с образовательной программой высших учебных заведений. Однако в системе Министерства внутренних дел (далее МВД) имеются и учреждения образования другого типа, у которых своя образовательная программа, свои требования к зачислению и организации образовательного процесса. К таким учреждениям в нашей стране относится Центр повышения квалификации руководящих работников и специалистов МВД Республики Беларусь, являющийся учреждением дополнительного образования взрослых и обеспечивающий первоначальную подготовку и повышение квалификации сотрудников ОВД. В соответствии с Положением о прохождении службы в ОВД лица, впервые принимаемые на службу, за исключением курсантов Академии МВД и Могилевского института МВД, в обязательном порядке должны пройти первоначальную подготовку. Для большинства новоиспеченных сотрудников ОВД это означает необходимость обучения в ЦПК. В зависимости от образования первоначальная подготовка длится 10–14 недель [3]. Несмотря на столь короткий период обучения, требования к выпускникам ЦПК (далее ЦПК) в разделе физической подготовки соответствуют требованиям, предъявляемым к выпускникам учреждений высшего образования МВД или действующим сотрудникам ОВД. Анализ образовательной программы ЦПК по физической подготовке свидетельствует, что порядка 90% учебного времени уделено изучению приемов задержания правонарушителей. В этой связи особое внимание уделяется формированию технико-тактической готовности к эффективному выполнению данных приемов, так как применение физической силы сотрудниками ОВД строго регламентировано [4]. При этом организация и методическое обеспечение формирования технико-тактической готовности невозможны без определения общей готовности кандидатов на службу в ОВД или курсантов ЦПК к овладению образовательной программой по физической подготовке, фактически к практическому изучению приемов задержания правонарушителей.

В структуре общей готовности выделяются три элемента – физическая готовность, опыт применения изучаемых приемов либо боевых искусств и психическая готовность [5, с. 126]. Физическая готовность определяет состояние физических качеств, необходимых для разучивания приемов. Опыт их применения характеризует имеющиеся знания, умения, навыки, которые способствуют эффективному овладению образовательной программой по физической подготовке [5, с. 126]. Психическая готовность отражает общую мотивацию и конкретные личностные установки на овладение приемами задержания правонарушителей [5, с. 127]. В отличие

от учреждений высшего образования системы МВД в ЦПК при зачислении необходимо пройти вступительный контроль по физической подготовке, выраженный в сдаче контрольных нормативов. Однако вступительный контроль отражает только физическую готовность курсантов и не позволяет определить готовность к освоению образовательной программы по физической подготовке в целом, для чего следует провести дополнительное тестирование.

Положением о прохождении службы в ОВД определен порядок комплектования должностей рядового и начальствующего состава. На службу в ОВД принимаются граждане: достигшие 18-ти лет, но не старше 35-ти лет; не совершавшие ранее преступлений; дееспособные; не имеющие заболеваний, препятствующих прохождению службы; имеющие необходимое образование. Кандидаты, соответствующие данным критериям, направляются в ЦПК.

Исследование проводилось с кандидатами (в дальнейшем с курсантами) в три этапа.

Целью первого этапа являлась необходимость проведения анализа спортивного опыта и мотивации к освоению программы по физической подготовке кандидатов на поступление в ЦПК. На следующем этапе важно было установить зависимость между уровнем физической подготовки и самооценкой кандидатов. На заключительном этапе определялась готовность курсантов к освоению образовательной программы по физической подготовке.

Материал и методы. С целью определения готовности курсантов ЦПК к освоению образовательной программы по физической подготовке было организовано и проведено специальное исследование. В нем было задействовано 92 кандидата на службу в ОВД, прибывших для прохождения первоначальной подготовки ЦПК в составе одного заезда (15.04.2019). Исследование проходило в три этапа: первый – проведение анкетирования, второй – сдача контрольных нормативов с выставлением общей оценки, третий – обобщение и интерпретация результатов первых двух этапов. Первым этапом было избрано анкетирование с целью получения данных самооценки без учета влияния итогов сдачи контрольных нормативов.

В процессе исследования проводились вступительный контроль физической подготовленности и анкетирование кандидатов, промежуточный срез (через месяц после зачисления курсантов на первоначальную подготовку в ЦПК) и заключительный экзамен, который проводился перед выпуском курсантов из ЦПК.

Результаты и их обсуждение. По действующим ведомственным нормативно-правовым актам физическая подготовка является одним из ключевых элементов профессиональной подготовки и дальнейшей профессиональной деятельности. До зачисления на первоначальную подготовку курсанты ЦПК проходят стажировку по месту их дальнейшей службы. Один из элементов стажировки – ознакомление будущих сотрудников с особенностями несения службы, в том числе с требованиями, предъявляемыми к физической подготовке сотрудников. Анкетирование показало, что до подавляющего большинства эти требования были доведены – 81,53% опрошиваемых подтвердили знание требований по физической подготовке. Однако информацией о содержании программы по физической подготовке в ЦПК владеет значительно меньший процент анкетированных – только 65,22%. Недоработку комплектовующих органов в этом направлении отражают данные о самооценке готовности к освоению программы ЦПК по физической подготовке и освоению приемов задержания преступников.

Изменения пенсионного законодательства открыли возможность для многих граждан Республики Беларусь поступить на службу в ОВД. Сегодня предельный возраст приема на службу в ОВД определен до 35 лет включительно [6]. Анкетирование показало, что доля кандидатов на поступление в ЦПК в возрасте от 25 до 35 лет составляет более 10%, а основная категория поступающих – лица в возрасте от 20 до 25 лет (рис. 1).

Для проведения тестирования были разработаны две анкеты – одна для определения спортивного опыта и мотивации к обучению (открытого типа) и вторая для определения самооценки готовности к обучению в ЦПК и службе в ОВД в контексте освоения программы по физической подготовке (закрытого типа). Так, в первой анкете имелись базовые (основные) и дополнительные вопросы. Базовые вопросы заключались в определении вида спорта, которым увлекается и активно занимается анкетированный; наличия спортивного разряда, звания; периодичности занятий спортом. Также выяснялись основные причины поступления на службу в ОВД, владения информацией о требованиях, предъявляемых к физической подготовке сотрудников ОВД, и о программе физической подготовки курсантов ЦПК; об ожиданиях от занятий по физической подготовке (овладение навыками, умениями и приемами). В качестве дополнительных вопросов выступили Ф.И.О. анкетированного; год рождения; образование; учреждение образования, которое окончил анкетированный; специальность по диплому (если есть); служба в Вооруженных Силах; должность, на которую претендует анкетированный после окончания первоначальной подготовки. Вторая анкета содержала высказывания, требующие личной оценки (критерии оценки в баллах: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично) готовности: к несению службы в ОВД; к освоению программы по физической подготовке в ЦПК и к освоению приемов задержания преступников (боевых приемов борьбы); общей физической подготовленности; выносливости; скоростных, силовых и координационных способностей; гибкости. Указанные физические качества являются опре-

деляющими в овладении приемами задержания правонарушителей, поэтому их самооценка очень важна. Представленные анкетные вопросы так либо иначе связаны между собой. Эта связь установлена с целью получения наиболее объективной информации и прослеживается как внутри каждой анкеты, так и между вопросами первой и второй анкеты.

Данное исследование включало, как оговаривалось выше, *вступительный контроль* оценки и самооценки общей физической подготовки (далее ОФП), *промежуточный срез* (через месяц после зачисления курсантов на первоначальную подготовку в ЦПК) и *итоговый контроль*, который проводился перед выходом курсантов из ЦПК. Результаты исследования на каждом этапе приведены в табл. 1–3.

Таблица 1

Вступительный контроль самооценки и действительной оценки ОФП курсантов (15.04.2019)

Оценка	Готовность к несению службы в ОВД (%)	Самооценка физической подготовки (%)	Оценка физической подготовки (%)
2	0	0	1,09
3	1,09	6,52	64,27
4	27,17	83,7	30,32
5	71,74	9,78	5,32

Таблица 2

Промежуточный срез самооценки и действительной оценки ОФП курсантов (15.05.2019)

Оценка	Готовность к несению службы в ОВД (%)	Самооценка физической подготовки (%)	Оценка физической подготовки (%)
2	0	0	0
3	1,09	16,31	38,04
4	29,35	81,52	46,74
5	69,56	2,17	15,22

Таблица 3

Итоговый контроль самооценки и действительной оценки ОФП курсантов (05–08.08.2019)

Оценка	Готовность к несению службы в ОВД (%)	Самооценка физической подготовки (%)	Оценка физической подготовки (%)
2	0	0	0
3	1,09	4,35	7,61
4	50	84,78	43,48
5	48,91	10,87	48,91

Для наглядности динамики результатов в приведенных выше таблицах были составлены диаграммы статистики действительных результатов ОФП курсантов ЦПК и их самооценки (рис. 2–4).

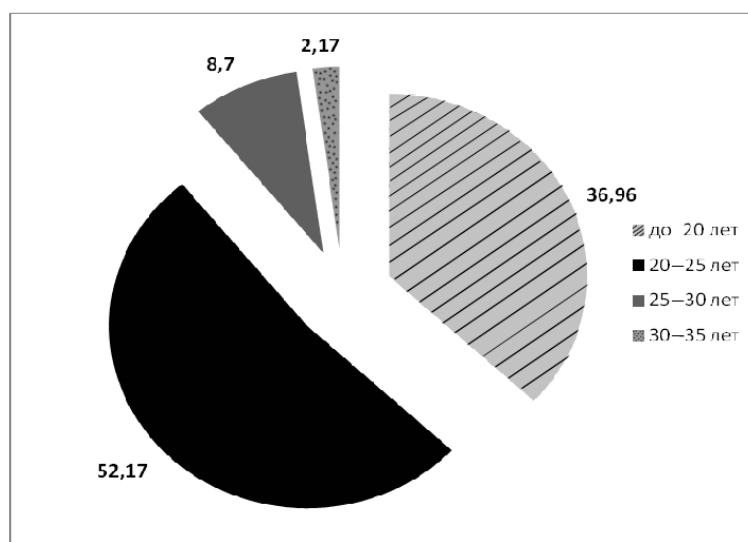


Рис. 1. Возрастной состав анкетированных

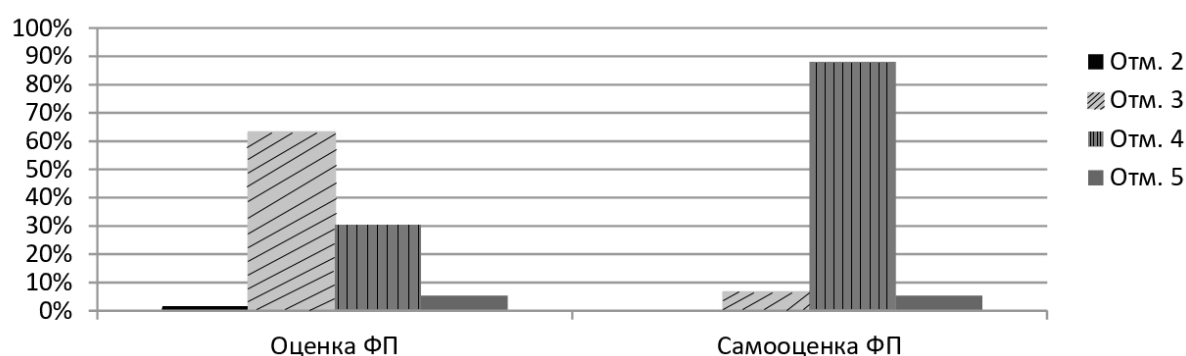


Рис. 2. Результаты сдачи нормативов курсантами и их самооценки по физической подготовке 15 апреля 2019 года

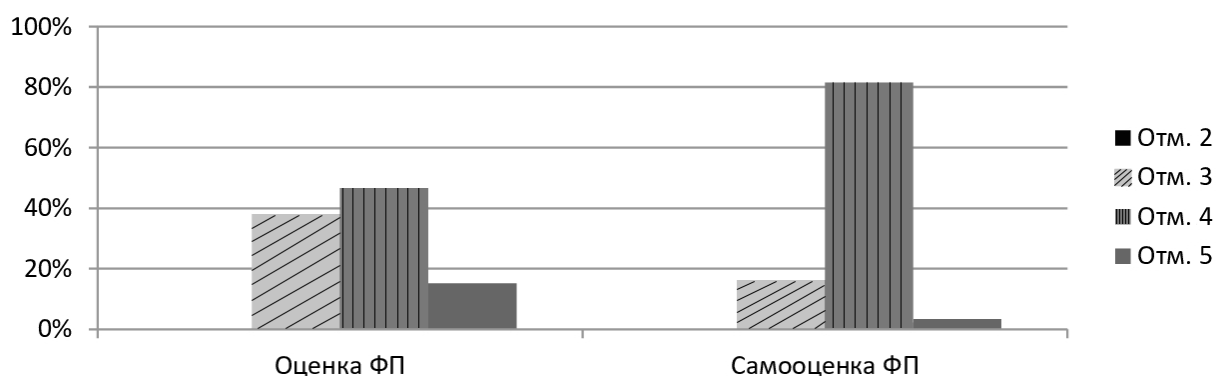


Рис. 3. Статистика результатов сдачи нормативов курсантами и их самооценки по физической подготовке 15 мая 2019 года

Из данных, приведенных на рис. 2–4, прослеживается динамика результатов ОФП курсантов и их самооценки. Результаты первого этапа контроля сдачи нормативов и самооценки курсантов, проведенного 15.04.2019, свидетельствуют о том, что подавляющее большинство (83,7%) оценило свою физическую подготовленность на «хорошо». Однако действительные показатели физической подготовленности курсантов в процентном соотношении оказались значительно ниже, то есть на «хорошо» сдали всего 30,32% курсантов, а у большинства – 64,27% результат соответствовал оценке «удовлетворительно».

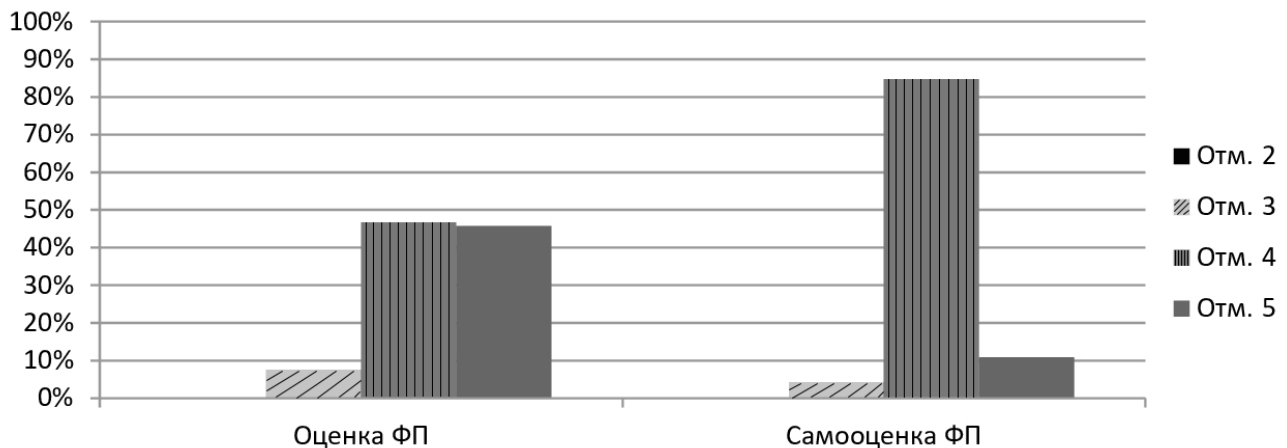


Рис. 4. Статистика результатов сдачи экзамена курсантами и их самооценки по физической подготовке в период с 5 по 8 августа 2019 г.

Результаты второго этапа проведенного исследования демонстрируют значительные различия в оценке и самооценке физической подготовки (далее ФП) курсантов, по сравнению с первым этапом, а именно на «отлично» оценили себя всего 2,17%, а в результате контроля на «отлично» сдали 15,22% курсантов. В то же время присутствует выравнивание самооценки и оценки курсантов на «хорошо» и «удовлетворительно» по сравнению с результатами вступительного контроля. На «хорошо» себя оценили 81,52% курсантов, в действительности оценку «хорошо» подтвердили 46,74% курсантов; на «удовлетворительно» себя оценили 16,31% курсантов, в действительности такой результат получили 38,04% курсантов.

Во время итогового контроля значительно возросло число курсантов, сдавших контрольные нормативы на оценку «отлично», – 48,91%. Тогда как сами себя оценили на «отлично» всего 10,87%. На «хорошо» себя оценили 84,78% курсантов, а результат сдачи контрольных нормативов на «хорошо» был у 43,48% курсантов. На «удовлетворительно» сдали 7,61% курсантов, а оценили себя на «удовлетворительно» 4,35% курсантов.

Заключение. Резюмируя вышесказанное, можно сделать вывод об определенной закономерности между самооценкой и оценкой ОФП курсантов, которая просматривается от вступительного контроля до заключительного экзамена. Результаты исследования свидетельствуют о том, что при поступлении в ЦПК, когда еще не сданы контрольные нормативы по ОФП, курсанты оценили свои способности выше, чем показали действительный результат выполнения нормативов. Итог – физическая подготовленность кандидатов характеризуется невысоким уровнем достигнутых показателей и их несоответствием с самооценкой. Далее был проведен промежуточный срез, по результатам которого стало известно, что самооценка ФП курсантов по сравнению со вступительными испытаниями снизилась, а действительные показатели возросли. Подобные результаты подтверждают то, что на начальном этапе курсанты не могут объективно оценивать свои способности, что говорит о недостаточном понимании требований по ОФП для сотрудников ОВД. По результатам промежуточного среза просматривается динамика роста уровня ОФП курсантов и снижения их самооценки. Заключительным этапом исследования стал итоговый экзамен, результаты которого говорят о том, что действительная оценка ОФП курсантов в процентном соотношении стала даже выше их самооценки. Следовательно, курсанты стали объективно оценивать свои способности. Также высокий результат показателей сдачи нормативов курсантами свидетельствует о том, что проведена качественная работа высококвалифицированными преподавателями ЦПК и, что весьма немаловажно, работа по улучшению физической подготовленности самими курсантами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный интернет-портал Президента Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://president.gov.by/>. – Дата доступа: 21.09.2019.
2. Леонов, В.В. Организация профессионально-прикладной физической подготовки в органах внутренних дел: пособие / В.В. Леонов [и др.]. – Минск: Академия МВД, 2016. – 186 с.
3. Учебный план первоначальной подготовки лиц, имеющих юридическое образование, планируемых к назначению на должности среднего начальствующего состава ОВД, в учреждении образования «Центр повышения квалификации руководящих работников и специалистов Министерства внутренних дел Республики Беларусь» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cpk-mvd.mia.by/wp-content/uploads/2017/09/УП-10-недель.pdf>. – Дата доступа: 20.05.2019.

4. Об органах внутренних дел Республики Беларусь [Электронный ресурс]: Закон Республики Беларусь, 17 июля 2007 г., № 263-З: с изм. и доп. от 23 июля 2019 г. № 231-З // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информации Респ. Беларусь. – Минск, 2019.
5. Шукан, С.В. Повышение уровня физической подготовленности курсантов учреждений образования Министерства внутренних дел Республики Беларусь в процессе профессионально-прикладной физической подготовки: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / С.В. Шукан. – Минск, 2012. – 188 л.
6. О вопросах прохождения службы в органах внутренних дел Республики Беларусь [Электронный ресурс]: Указ Президента Республики Беларусь, 15 марта 2012 г., № 133: с изм. и доп. от 28 февр. 2018 г. № 91-дсп // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информации Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

REFERENCES

1. *Ofitsialny internet portal Prezidenta Respubliki Belarus* [The official Internet Portal of the President of the Republic of Belarus], Available at: <http://president.gov.by/>. – Accessed: 21.09.2019.
2. Leonov V.V. *Organizatsiya professionalno-prikladnoi fizicheskoi podgotovki v organakh vnutrennikh del: posobiye* [Organization of Professionally-Applied Physical Training in Internal Affairs Bodies: Manual], Minsk: Academy of the Ministry of Internal Affairs, 2016, 186 p.
3. *Uchebny plan pervonachalnoi podgotovki lits, imeyushchikh yuridicheskoye obrazovaniye, planiruyemykh k naznacheniyu na dolzhnosti srednego nachalstvuyushchego sostava OVD, v uchrezhdenii obrazovaniya "Tsentr povysheniya kvalifikatsii rukovodiashchikh rabotnikov i spetsialistov Ministerstva vnutrennikh del Respubliki Belarus"* [The Curriculum for the Initial Training of Persons with Legal Education, Planned for Appointment to the Positions of Middle Commanding Officers of the Internal Affairs Bodies, at the Educational Establishment "Center for Advanced Training of Leading Workers and Specialists of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus"], Available at: <http://cpk-mvd.mia.by/wp-content/uploads/2017/09/UP-10-week.pdf>. – Accessed: 05/20/2019.
4. *Ob organakh vnutrennikh del Respubliki Belarus: Zakon Respubliki Belarus, 17 iyulia 2007 g. No 263-Z* [On the Internal Affairs Bodies of the Republic of Belarus: Law of the Republic of Belarus, July 17, 2007, No. 263-Z: as amended and additional. July 23rd. 2019 No. 231-Z], ETALON. Legislation of the Republic of Belarus / National Center for Legal Information of the Republic of Belarus, Minsk, 2019.
5. Shukan S.V. *Povysheniye urovnia fizicheskoi podgotovlennosti kursantov uchrezhdenii obrazovaniya ministerstva vnutrennikh del Respubliki Belarus v protsesse professionalno-prikladnoi fizicheskoi podgotovki: dis. ... kand ped. nauk* [Improving the Level of Physical Fitness of Cadets of Educational Establishments of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus in the Process of Professionally-Applied Physical Training: PhD (Education) Dissertation], Minsk, 2012, 188 p.
6. *O voprosakh prokhozheniya sluzhby v organakh vnutrennikh del Respubliki Belarus: Ukaz Prezidenta Respubliki Belarus 15 marta 2012 g.* [On issues of Service in the Internal Affairs Bodies of the Republic of Belarus [Electronic resource]: Decree of the President of the Republic of Belarus, March 15, 2012, No. 133: as amended and additional. dated February 28, 2018], ETALON. Legislation of the Republic of Belarus / National Center for Legal Information of the Republic of Belarus, Minsk, 2019.

Поступила в редакцию 01.11.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: ivvasmin@mail.ru – Елсаков И.В.

УДК 373.1

ВЛИЯНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Г.И. Наумова, И.И. Ефременко, Е.А. Кунцевич

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

В работе описаны риски, связанные с информатизацией образовательного пространства, которая открывает новые перспективы: в сфере доступа к образованию и знаниям. В настоящее время компьютер стал источником множества заболеваний. В сложившихся условиях важным является изучение рисков и их коррекции среди молодого поколения как будущего потенциала страны.

Цель статьи – выявить основные недуги среди молодежи, определить влияние компьютерных технологий на здоровье в рамках инновационного образовательного пространства и предложить рекомендации по коррекции обнаруженных нарушений.

Материал и методы. Для исследования использовались методы анкетирования, анализ материала диспансеризации, опрос, самоанализ. Выборка респондентов производилась среди студентов первого и третьего курсов ФМИИТ, обучающихся на специальности «Прикладная информатика» (23 и 21 человек), и ФСПиП, обучающихся на специальности «Социальная работа» (22 и 18 человек).

Результаты и их обсуждение. Нерациональная организация работы за компьютером отрицательно сказывается на состоянии организма. Наиболее восприимчивы к неблагоприятным факторам зрительный аппарат, состояние нервной системы, двигательный аппарат, что приводит к появлению «компьютерного синдрома» – болям в голове, боли в позвоночнике, шее, кистях рук, ухудшению остроты зрения. Молодежь однако не уделяет большого внимания своему здоровью. Несмотря на защитные функции организма, исследуемые студенты имеют ряд проблем со здоровьем. Для их коррекции были предложены мероприятия и рекомендации.

Заключение. Для обеспечения защиты и сохранения здоровья студентов при организации учебного процесса, досуга, деятельности необходимо соблюдение ряда требований и правил при работе и эксплуатации.

Ключевые слова: инновационное образовательное пространство, компьютерный синдром, травмы повторяющихся нагрузок.

THE IMPACT OF INNOVATIVE EDUCATIONAL ENVIRONMENT ON STUDENTS' HEALTH

G.I. Naumova, I.I. Efremenko, E.A. Kuntsevich

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

The article describes the risks associated with the informatization of the educational space, which opens up new perspectives in the field of access to education and knowledge. At the same time, the computer has become a source of many diseases. Under the current conditions, it is important to study the risks and their correction among the young generation as the future potential of the country.

The goal is to identify the main ailments among young people, to determine the impact of computer technology on health in the framework of the innovative educational space and to offer recommendations for correcting identified violations.

Material and methods. Questionnaire methods, analysis of clinical examination material, survey, and introspection methods were used in the research. The sample of respondents was made among first and third year Applied Informatics students (23 and 21 people) and Social Work students (22 and 18 people).

Findings and their discussion. Irrational organization of work at the computer negatively affects the state of the body. The visual apparatus, the state of the nervous system, and the motor apparatus are most susceptible to adverse factors, which leads to the appearance of a "computer syndrome" – headaches, pain in the spine, neck, hands, worsening visual acuity. Young people, unfortunately, do not pay much attention to their health. However, despite the protective functions of the body, students have a number of problems and health features. To correct them, we proposed a number of measures and recommendations.

Conclusion. To ensure the protection and preservation of students' health when organizing the educational process, leisure, work, it is necessary to comply with a number of requirements and rules during work and operation.

Key words: innovative educational space, computer syndrome, repetitive stress injuries.

В работе описаны риски, связанные с информатизацией образовательного пространства, которая открывает новые перспективы: в сфере доступа к образованию и знаниям, в организации деятельности и мобилизации компетенций, в практической жизни и в организации свободного времени. Ныне компьютер стал источником множества заболеваний. В сложившихся условиях важным является изучение рисков и их коррекции среди молодого поколения как будущего потенциала страны.

В современной школе все большее внимание уделяется информатизации процесса обучения. Многие инновационные проекты внедряются в повседневную жизнь учебных заведений как организационные, технологи-

ческие, управленческие. Сегодня информатизация – это неотъемлемый компонент развития системы образования и общества в целом. Спектр инновационных преобразований и масштабы их применения говорят о востребованности их в нынешнем инновационно-педагогическом обществе. В то же время нельзя не обратить внимание на то, что в последние годы увеличилось количество недугов, связанных с использованием персонального компьютера. Специалисты классифицируют их как новый тип заболевания, который проявляется в болях головы, раздражении слизистой оболочки глаз, нервном перевозбуждении, сонливости, стрессе и депрессии. Всемирная организация здравоохранения пока классифицирует такую реакцию организма как «возможное заболевание».

Распространены боли в области надбровий и лба, в затылочной, боковых и теменной частях головы. У студентов наблюдаются боли в нижней части спины, в области бедер, в ногах ощущается чувство покалывания, онемения, присутствуют боли в руках, запястьях и кистях; напряженность мышц верхней части туловища (шея, спина, плечи, руки). Все это свидетельствует о негативном воздействии компьютера на человека и оно является комплексным. Установлено, что излучение низкой частоты отрицательно влияет на нервную систему, провоцирует головные боли, головокружение, стрессовое состояние, нарушение сна, потерю аппетита. Все это проявляется даже при коротком непродолжительном воздействии указанных полей, вызывает изменения гормонального состояния организма, от чего страдает ряд процессов, таких как обучение и запоминание [1].

Низкие частоты могут стать причиной для развития заболеваний кожи, пищеварительного тракта, сердца. Воздействие электрических полей может привести к нарушению деления клеток, ряду патологических образований.

Негативно влияет неподвижная и напряженная поза при работе за компьютером. Длительное вынужденное положение вызывает статические нагрузки на позвоночник и мышечный аппарат. В таких условиях у человека мышцы находятся в постоянном напряжении, человек быстро утомляется, что может привести к нарушению осанки и изменениям отделов позвоночника. Неправильное расположение мониторов приводит также к болям в спине и развитию остеохондроза. Неправильное положение позвоночника (нарушение осанки, искривления, смещение или деформация межпозвоночных дисков) может стать причиной заболевания [2, с. 51].

Болевые ощущения возникают при интенсивной работе с клавиатурой, она проявляется в суставах локтя, предплечья, запястьях, в кистях и пальцах рук. Эти симптомы свидетельствуют о таком заболевании, как «травмы повторяющихся нагрузок». Работа с клавиатурой является причиной 12% профессиональных заболеваний, вызванных повторяющимися движениями. Подобные травмы представляют собой нарушения в результате накопления недомоганий. Небольшая боль в руке, если ее своевременно не вылечить, может привести к инвалидности.

ВОЗ опубликовала одиннадцатое издание Международной классификации болезней (МКБ-11). В этот перечень впервые была включена зависимость от онлайн- и видеоигр. Для игровой зависимости характерно регулярное или периодическое нарушение способности контролировать частоту и длительность игровых сессий, продолжительность проведенного за играми времени, невозможность прекратить играть при появлении «негативных последствий». В случае зависимости играм отдается приоритет над другими жизненными интересами и повседневной деятельностью. Игровая зависимость приводит к значительным проблемам в личной жизни человека, вызывает изменения его положения в социуме, приводит к проблемам в учебе или работе, отмечают составители МКБ-11.

В настоящее время действует десятая версия Международной классификации болезней, одобренная Всемирной ассамблеей здравоохранения в 1990 году. МКБ-11 представлена на утверждение ассамблеи в мае 2019 года. Если ее утвердят, в силу она вступит с 1 января 2022 года.

Все вышеназванные факты вызывают озабоченность педагогического, медицинского сообщества. Особенно актуально это в молодежной среде.

Цель статьи – выявить основные недуги среди молодежи, определить влияние компьютерных технологий на здоровье в рамках инновационного образовательного пространства и предложить рекомендации по коррекции обнаруженных нарушений.

Материал и методы. Для исследования использовались методы анкетирования, анализ материала диспансеризации, опрос, самоанализ. В нем принимали участие студенты факультета математики и информационных дисциплин и факультета социальной педагогики и психологии (84 человека). Выборка респондентов производилась среди студентов первого и третьего курсов ФМИИТ, обучающихся на специальности «Прикладная информатика» (23 и 21 человек), и ФСПП, обучающихся на специальности «Социальная работа» (22 и 18 человек).

Результаты и их обсуждение. Национальная система образования нацелена на развитие и формирование гармонически развитого и здорового подрастающего поколения. В условиях мировой глобализации общества на молодежь оказывается колоссальное воздействие извне. Инновационные процессы, происходящие в образовательном пространстве, требуют непрерывного развития, саморазвития. Все это невозможно без информатизации. Подрастающее поколение формирует основу будущего общества, будущего страны, будущего нации.

В рамках инновационных процессов, охвативших современную школу, необходимо акцентировать внимание на формировании здоровья как важнейшей составляющей.

Информационное общество открывает следующие совершенно новые перспективы во многих областях повседневной жизни: дистанционное обучение, электронные обучающие системы, удаленная работа, виртуальные предприятия, служба здравоохранения, организация свободного времени. Кроме того, предлагаются возможности для реализации права граждан участвовать в государственной жизни, что выражается в поддержке общественного мнения. Однако подобные позитивные прогрессивные шаги связаны и с новыми проблемами.

В своем исследовании мы посчитали важным выяснить, в каком физиологическом состоянии студенты находились на момент поступления. С этой целью нами было проведено обследование студентов с использованием методики самоанализа состояния здоровья. Данная методика позволила оценить состояние студентов, которые находились длительный период в повышенной напряженности во время завершения обучения в школе и по причине последующего поступления в вуз. На предварительном этапе исследования была разработана шкала самооценки социального и психофизиологического самочувствия.

Используя стандартизированные опросники Спилберга и Дж. Тейлор, которые стали основой разработанной нами шкалы, мы измеряли тревожность как свойство личности и как эмоциональное состояние, что позволило оценить общий уровень социальной (личностной) и ситуативной (соматической) тревожности [3, с. 28]. Посредством анализа были выделены основные исследуемые психофизиологические состояния: личностная и ситуативная тревожность, психосоматические состояния здоровья.

В результате опроса мы установили, что преобладающее большинство студентов первого курса испытывали усталость, страх перед новым статусом и состояние тревожности, что было связано с ожиданием результатов вступительной кампании при поступлении в вуз, с новыми реалиями жизни.

Параллельно изучались медицинские показатели здоровья вновь поступивших студентов: по нашим данным, 90% подростков, начавших обучение в вузе, уже имели определенные отклонения в состоянии здоровья, при этом у 47,3% были обнаружены хронические заболевания, а у 43% наблюдались отклонения функционального характера. Изменения осанки обнаружены у 84% студентов, нарушение остроты зрения – у 35,5%, проблемы с сердечной деятельностью – у 81%, из них у 32% – нарушения вегетативной нервной системы.

В дальнейшем в связи со спецификой обучения студенты по-разному строили процесс восприятия информации.

Основной нашей целью было изучить влияние компьютера на здоровье студентов различных специальностей. По результатам анализа и интерпретации предложенных анкет мы получили следующие данные.

Компьютер как средство информатизации имеется у 97% студентов. За ним студенты ФСПиП проводят от 2 до 8 часов. На первом курсе 48% респондентов примерно 30 минут находятся за компьютером, более 8 часов – 6%, т.е. примерно 44% студентов используют компьютер от 2 до 6 часов. Похожая ситуация и на III курсе, там практически равномерно распределен период времени использования компьютера.

Совершенно иная ситуация складывается на ФМиИТ. В зависимости от специфики обучения студенты первого курса проводят большой отрезок времени за компьютером (рис. 1). Диаграмма свидетельствует, что время проведения за компьютером за годы обучения растет.

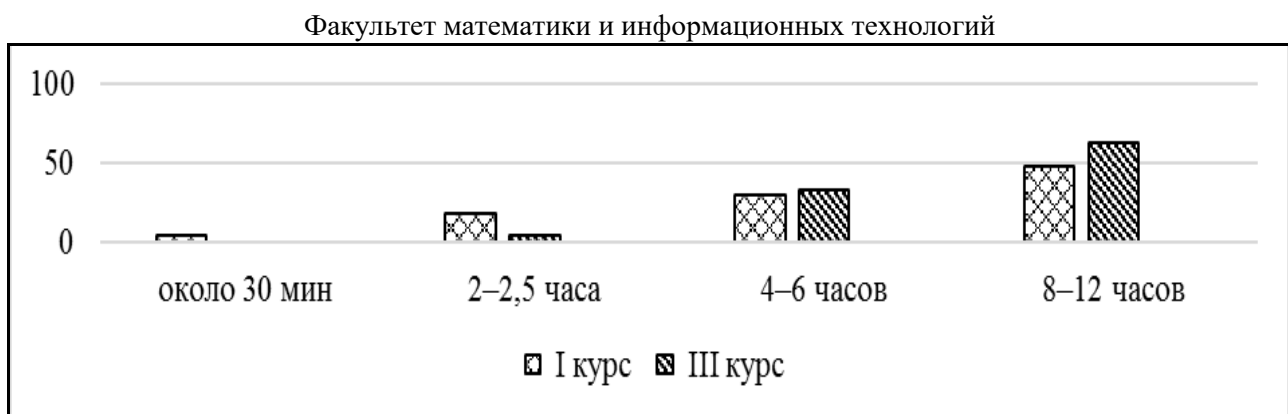


Рис. 1. Время, проведенное за компьютером студентами ФМиИТ

Основная масса студентов-первокурсников ФМиИТ (более 30%) находится за компьютером до 6 часов, а более 60% студентов III курса – более 8 часов в сутки. Как показывают опросы, время работы за компьютером

у половины данных респондентов достигает 10 часов и более. Это является спецификой процесса обучения и дальнейшей выбранной профессии.

Студенты всех курсов всех факультетов знают о вредном влиянии компьютера на организм человека. Однако подавляющее большинство применяют компьютер в ежедневной жизни и не видят себя без современных технологий. При этом студенты признают, что испытывают различного рода недомогания и изменения в организме.

Как видно из диаграмм (рис. 2, 3), основная проблема, с которой сталкиваются студенты двух исследуемых факультетов, – это заболевания глаз, более 50% опрошенных в той или иной степени сталкивались с подобной проблемой. Других нарушений, недомоганий студенты не испытывали, патологий не выявлено.

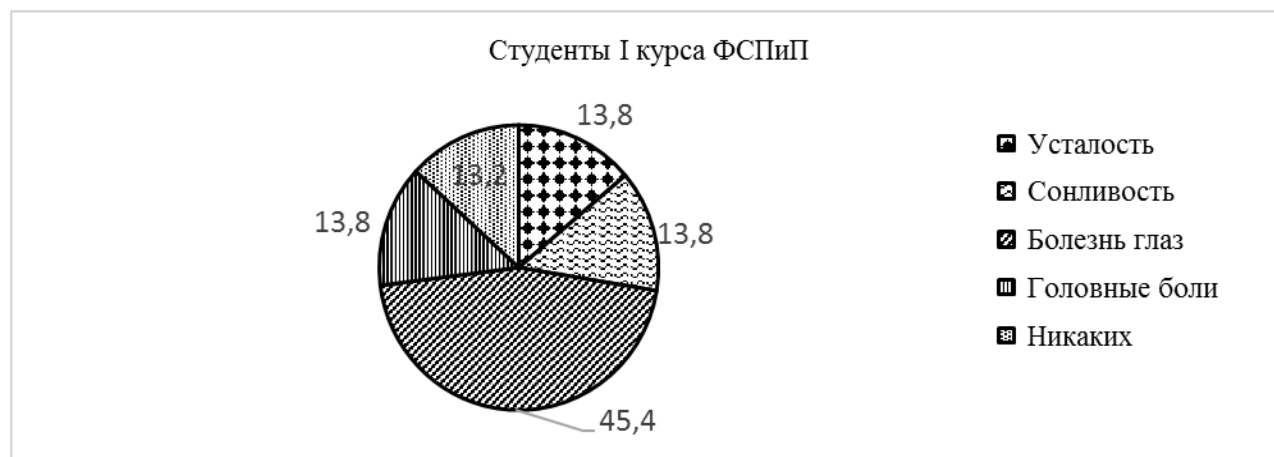


Рис. 2. Виды недомоганий у студентов ФСПиП I курса

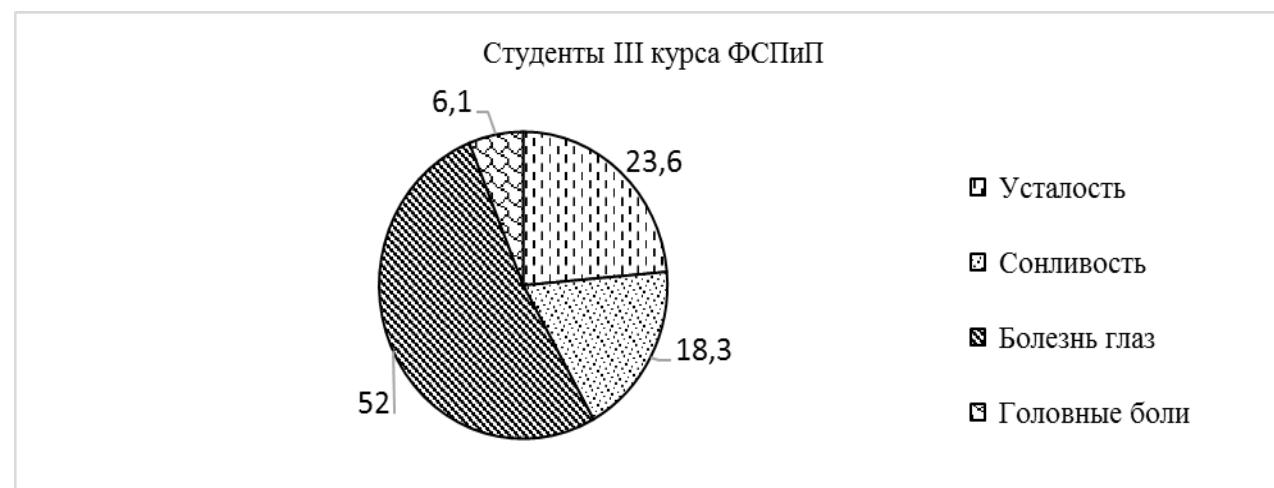


Рис. 3. Виды недомоганий у студентов ФСПиП III курса

Несколько иная картина складывается на факультете математики и информационных технологий (рис. 4, 5).

Как видно из диаграмм (рис. 4, 5), студенты ФМИИТ «расширили» спектр проблем со здоровьем, а именно у них проявляются особенности профессиональных заболеваний: болезненности кисти, боли в спине, статическое затекание мышц при неподвижной работе.

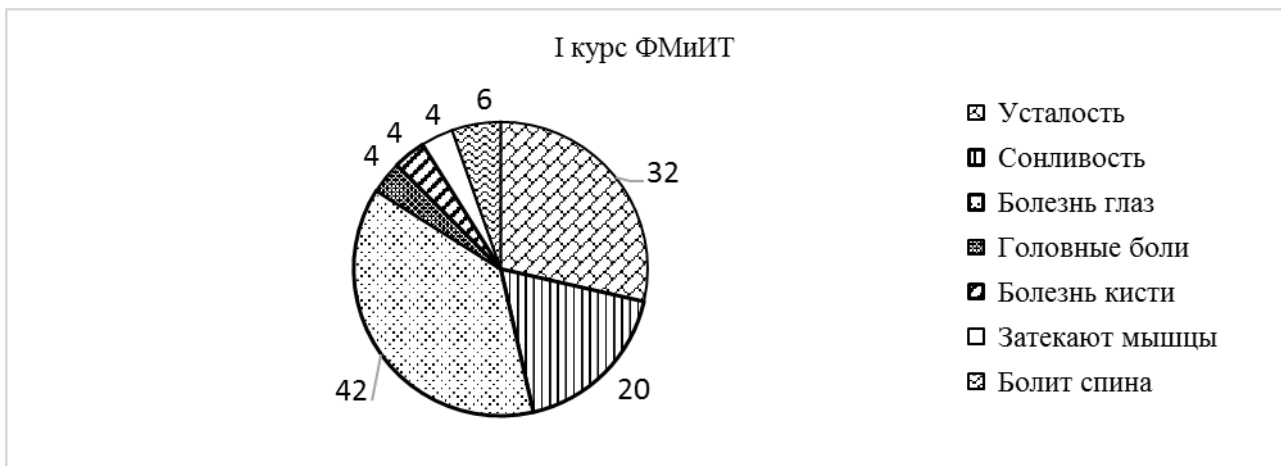


Рис. 4. Виды недомоганий у студентов ФМиИТ I курса

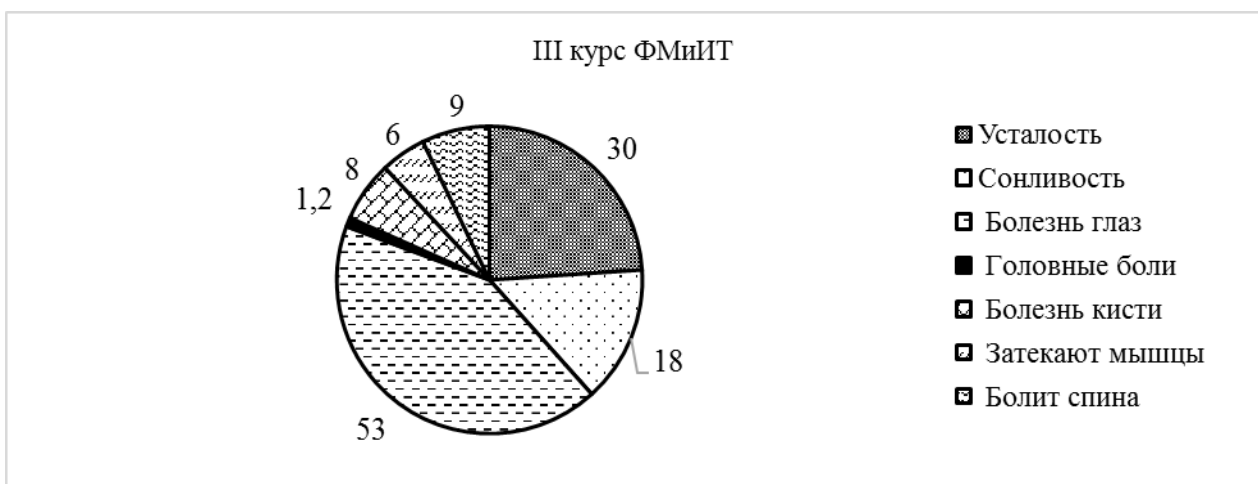


Рис. 5. Виды недомоганий у студентов ФМиИТ III курса

Серьезную озабоченность на сегодняшний день вызывают социальные сети, которые вовлекают активную часть населения. Студенческая молодежь, согласно исследованиям, в 100% случаев их использует. Студенты исследуемых нами факультетов активно применяют социальные сети для общения, просмотра видеороликов, распространения фотографий, переписки, игр. Более 98% студентов имеют свой профиль в социальной сети, у каждого второго из них – более 100 друзей, 5% имеют более 300 друзей в социальной сети. Студенты во многом зависимы от общения в группах. При этом результаты опросов психологической службы показывают, что студенты не умеют общаться в живую, замкнуты, тогда как в социальной группе они чувствуют себя комфортно. В атмосфере группы они утрачивают реальность и попадают в виртуальную среду. Хотя они и не признают своей уязвимости. С утверждением, что виртуальная реальность делает человека более уязвимым, согласны 45% респондентов.

Таким образом, мы выяснили, что, несмотря на все более возрастающую тенденцию по использованию информационных технологий в нынешней жизни, вопрос о влиянии компьютера будет оставаться неоднозначным еще долгое время.

Исходя из опроса видно, студенты ФСПиП больше времени проводят за компьютером в целях использования социальных сетей и интернета, игр, знакомства с материалами информационного и развлекательного характера. Несколько другого характера занятость у студентов ФМиИТ. Ввиду специфики специальности и по роду деятельности будущей профессии студенты огромный отрезок времени проводят за компьютером как дома, так и на занятиях. Как следствие, различного рода недомогания и изменения в работе организма у них проявляются значительно чаще. В то же время у студентов старших курсов больше присутствует жесткий самоконтроль при работе за компьютером.

Помимо всего вышеизложенного, в процессе исследования мы обнаружили, что такие проявления, как эмоциональный всплеск, оживление, предчувствие удовольствия во время нахождения за компьютером, испытание

тывают 31,6% студентов. Обеспокоенность, чувство раздражения, изменение настроения при невозможности воспользоваться компьютером часто ощущают только 5,3% студентов. Потребность в возвращении за компьютер для эмоционального подъема и ухода от жизненных проблем испытывают 12,2% студентов. В результате длительного пребывания за компьютером возникает ситуация пренебрежения семейными и общественными обязанностями у 14,5% студентов. Чрезмерная увлеченность компьютером ведет к потере интереса к учебе и снижению успеваемости у 35,6% студентов.

Нерациональная организация работы за компьютером отрицательно сказывается на состоянии организма. Наиболее восприимчивы к неблагоприятным факторам зрительный аппарат, нервная система, двигательный аппарат, что приводит к появлению «компьютерного синдрома» – болям в голове, позвоночнике, шее, кистях рук, ухудшению остроты зрения. Боли в голове наблюдаются у 21,3% студентов; боли в позвоночнике – у 32,8%. Для студентов характерно такое явление, как сухость и боль в глазах (34,4% студентов), отмечается онемение кисти руки у 11,5% студентов. Все вышеперечисленные аспекты являются субъективными характеристиками здоровья.

На основании объективных исследований – в результате диспансеризации студентов – нами было установлено, что около половины обучающихся (47,6%) имеют хронические заболевания. Для студентов характерна низкая медицинская активность: посещают врача с целью получения справок 40% студентов I курса и 37,3% студентов III курса, при возникновении заболеваний – 47 и 37,5% студентов, в целях профилактики – лишь 8 и 3% студентов соответственно.

При оценке роста-весовых показателей среди студентов I курса выявлено юношей с избыточной массой тела 1,2%, девушек – 6,3%, юношей с низкими показателями веса 21,7%, девушек – 22,4%. Среди студентов III курса избыточная масса тела была зарегистрирована у 10,6% юношей и 36,7% девушек. Ожирение 1-й и 2-й степени встречается у 5,1% студентов III курса. Среди перечня недугов у студентов наиболее значимыми являются болезни зрительного аппарата, нарушения двигательного аппарата, вегетососудистая дистония, ожирение. Среди жалоб студентов ФМИИТ и наиболее частых причин по обращаемости к медицинскому персоналу преобладающими являются головные боли (18%), боли в спине (17,3%), шее, кистях рук (6,7%), снижение остроты зрения (43%). Среди студентов ФСПиП основными жалобами при обращении в медицинский пункт являются снижение остроты зрения (21%), частые головные боли (12%), нарушение сна (7%). По результатам исследования психологической службы у студентов всех курсов наблюдаются проблемы в общении, погруженность в виртуальный мир (3%), игровая зависимость (16%), зависимость от социальных сетей (98%).

Особенностью при характеристике здоровья студентов, подвергающихся воздействию компьютера, является то, что чем моложе организм, тем лучше срабатывают защитно-компенсаторные механизмы и молодежь не концентрирует внимания на состоянии своего здоровья. В этом возрасте человеческий организм легко справляется с физическими, эмоциональными и другими неблагоприятными воздействиями. С каждым годом адаптационные возможности организма снижаются, что приводит к повышению заболеваемости и более тяжелому их течению. Молодежь, к сожалению, не уделяет большого внимания своему здоровью. Однако, несмотря на защитные функции организма, исследуемые студенты имеют ряд проблем и особенностей здоровья. Для их коррекции нами были предложены мероприятия и рекомендации.

Заключение. Для обеспечения защиты и сохранения здоровья студентов при организации учебного процесса, досуга, деятельности необходимо соблюдение ряда требований и правил при работе и эксплуатации:

- в результате физических, химических и психофизических вредностей у человека, постоянно работающего за компьютером, развивается ряд заболеваний и недугов, которые могут привести к серьезным нарушениям в работе организма. Большинство вредностей для организма имеет накопительный характер и при продолжительном воздействии приводит к снижению компенсаторных возможностей. У 90% студентов, приступивших к обучению в вузе, уже имеются определенные отклонения в состоянии здоровья, при этом у 47,3% выявлены хронические заболевания, а у 43% – патологические отклонения функционального характера. Нарушения осанки обнаружены у 84% студентов, снижение остроты зрения – у 35,5% и другие расстройства;

- согласно исследованию, студенты всех факультетов знают о вредном влиянии компьютера на организм человека. Однако подавляющее большинство использует компьютер в ежедневной жизни и не видит себя без современных технологий. При этом в результате исследования студенты признают, что испытывают различного рода недомогания и изменения в организме;

- в силу того, что в век современных технологий отказ от применения высокотехнологичного оборудования невозможен, необходимы корректирующие мероприятия.

Администрация учебных заведений при организации рабочих мест должна соблюдать нормы и правила, а также санитарно-гигиенические требования к используемой технике. При выявлении каких-либо отклонений от гигиенических требований следует в короткие сроки приводить условия в соответствие с требованиями санитарных правил.

Значительную роль как в университете, так и дома играет эргономика рабочего места. Важным является выполнение комплекса упражнений для снижения усталости и затекания мышц, а также гимнастика для глаз.

На современном этапе необходимо проводить информирование о пользе и вреде компьютера как такового, о влиянии социальных сетей и о зависимостях, которые могут развиваться в результате вовлеченности в виртуальный мир.

Инновационное образовательное пространство, инновационные проекты, площадки для внедрения передовых технологий должны строиться с учетом здоровьесберегающей составляющей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кунцевич, Е.А. Здоровьесберегающее пространство образовательного учреждения / Е.А. Кунцевич // Состояние здоровья: медицинские, социальные и психолого-педагогические аспекты: VII Междунар. науч.-практ. интернет-конф. / Забайкал. гос. ун-т; отв. ред. С.Т. Кохан. – Чита: Забайкал. гос. ун-т, 2016. – С. 1091–1097.
2. Глушкова, Е.К. Воздействие учебных занятий с применением компьютеров на работоспособность и самочувствие учащихся старших классов / Е.К. Глушкова, Н.К. Барсукова // Гиг. и сан. – 2014. – № 2. – С. 50–53.
3. Практикум по комплексной оценке состояния здоровья: сб. практ. работ / сост. С.Г. Дормешкина. – Нижневартовск: Изд-во Нижневартовского социально-гуманитарного колледжа, 2011. – 48 с.

REFERENCES

1. Kuntsevich E.A. *Sostoyaniye zdoroviya: meditsinskiye, sotsialniye i psikhologo-pedagogicheskiye aspekty: VII Mezhdunar. nauch.-prakt. Internet-konferentsiya* [Health Status: Medical, Social and Psychological-Pedagogical Aspects: VII Intern. scientific and practical Internet conference], Chita: Transbaik. gos. un-t, 2016, p. 1091–1097.
2. Glushkova E.K., Barsukova N.K. *Gig. i san.* [Hygiene and Sanitation], 2014, 2, pp. 50–53.
3. Dormeshkina S.G. *Praktikum po kompleksnoi otsenke sostoyaniya zdoroviya: Sb. prakticheskikh rabot* [Practice Book on a Comprehensive Assessment of Health Status], Nizhnevartovsk: izdatelstvo Nizhnevartovskogo sotsialno-gumanitarnogo kolledzha, 2011, 48 p.

Поступила в редакцию 04.12.2019

Адрес для корреспонденции: e-mail: elenapolotsk@rambler.ru – Кунцевич Е.А.

ЛИНГВИСТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ ДИДАКТИЧЕСКИХ ИГР НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ОБУЧЕНИЯ НЕМЕЦКОМУ ЯЗЫКУ В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ШКОЛЕ

Н.М. Гусейнова

Бакинский славянский университет (Азербайджан)

В работе рассматривается вопрос об использовании дидактических игр на уроках немецкого языка. Отмечается, что в игровой ситуации развитие немецкой речи учащихся среднего школьного возраста должно осуществляться на базе овладения фонетическими, лексическими и грамматическими средствами, составляющими в своей совокупности систему языка. При этом сопоставление фактов немецкого и азербайджанского языков поможет осуществлению поставленных целей и задач обучения немецкому языку учащихся азербайджанских школ, преодолению языковых трудностей на начальной стадии обучения неродному языку.

Цель статьи – вычленение лингводидактических оснований для организации и проведения в азербайджанской школе дидактических игр, демонстрирующих социокультурное пространство немецкой и азербайджанской языковых систем.

Материал и методы. Материал: научные работы известных лингвистов и методистов в области описания и анализа различных уровней языка, педагогических подходов к применению дидактических игр. Методами для исследования послужили описательный, сопоставительный (был использован при характеристике отдельных языковых фактов немецкого и азербайджанского языков), коммуникативный, заключающийся в выработке основных методических рекомендаций для специалистов в области применения в учебном процессе продуктивных форм работы.

Результаты и их обсуждение. Современное учебное занятие, помимо выполнения им преобладающей образовательной и воспитательной цели, является еще и формой, где учащиеся осваивают ведущие техники взаимодействия, сотрудничества между собой, вырабатывают социальные и коммуникативные умения в отстаивании своей позиции, самостоятельности. Это, безусловно, влияет на воспитание лидирующих качеств личности.

В условиях би- и полилингвального обучения проблема использования того или иного языка становится весьма актуальной, так как у билингва образуются две отдельные системы ассоциаций, не имеющие между собой непосредственного контакта. В большинстве случаев учитель имеет дело с так называемым «поздним билингвизмом», создающимся в ходе изучения немецкого языка как неродного. В этих условиях две системы ассоциаций контактируют друг с другом. Второй, изучаемый язык «надстраивается» над фундаментом первой и развивается вместе с ней.

При организации дидактических игр следует учитывать лингводидактические положения: а) учет системности языка; б) ориентация на преимущество синтаксиса над морфологией.

Заключение. Понятие «нетрадиционные формы проведения урока» не новое в лингводидактике, и поэтому включение в образовательную деятельность школы такой формы работы, как дидактическая игра, не просто повышает мотивацию учащихся к овладению системой любого языка (в нашем случае немецкого и азербайджанского), но и способствует более осмысленному, опирающемуся на научные факты в области сопоставительного языкознания отбору учителем языкового и методического материалов.

Ключевые слова: дидактические игры, немецкий язык, сопоставление немецкого и азербайджанского языков, фонетические, лексические и грамматические навыки.

LINGUISTIC BASES OF THE ORGANIZATION AND CONDUCTING DIDACTIC GAMES AT THE INITIAL STAGE OF TEACHING GERMAN IN THE AZERBAIJAN SCHOOL

N.M. Guseinova

Baku Slavonic University (Azerbaijan)

The issue of using didactic games at German lessons is considered in the article. It is pointed out that the development of middle school students' German speech should be based on mastering phonetic, lexical and grammar means which compose the system of the language. The comparison of German and Azerbaijan facts will help to reach the goals and tasks of teaching Azerbaijan schoolchildren German, to overcome language difficulties at the initial stage of teaching a foreign language.

The purpose of the article is finding out linguistic and didactic bases for organizing and conducting didactic games in the Azerbaijan school which demonstrate social and cultural space of German and Azerbaijan language systems.

Material and methods. Scientific works by outstanding linguists and methodologists in the field of the description and analysis of different linguistic levels, pedagogical approaches to the application of didactic games were the research material. The research methods were the descriptive, the comparative (while characterizing some linguistic facts of German and Azerbaijan), the communicative, which was working out basic methodological guidelines for specialists in the field of application of productive forms of work in the academic process.

Findings and their discussion. A contemporary academic class apart from its basic educational task is also a form of teaching students basic techniques of interaction, cooperation, of shaping social and communicative skills in competing, in defending their positions. This, without any doubt, influences shaping leadership personality qualities.

In the conditions of bi- and poly-lingual teaching the issue of using this or that language becomes topical since a bi-lingual person has two separate systems of associations which are not in close contact. In most cases the teacher deals with the so-called late bi-linguism which is created in the process of learning German as a foreign language. In these conditions the two systems of associations are in contact with each other. The second studied language is built over the base of the first one and develops with it.

When organizing didactic games it is necessary to take into account the following linguistic and didactic ideas: a) consideration of the system of the language; b) the priority of syntax over morphology.

Conclusion. The idea of a non-traditional form of the lesson is not new in linguistic didactics and thus, inclusion of such form as didactic game into the academic work of the school not only increases the pupils' motivation in mastering the system of a language (in our case German and Azerbaijan) but also promotes a more considerate and relying on scientific facts in the field of comparative linguistics choice of language and methodological materials.

Key words: didactic games, German, comparison of German and Azerbaijan, phonetic, lexical and grammar skills.

Средства обучения на современном этапе языкового образования имеют все более активную деятельность, которая характеризуется по определенным параметрам, повышающим качество педагогического процесса. Если в обучении языкам в XX веке преобладало структурное направление, то сегодня исследователями уделяется особое внимание таким средствам обучения, которые не только применяются на учебных занятиях с целью управления «познавательной-практической деятельностью школьников», содействия решению стоящих перед ними задачи: давать знания, формировать умения и навыки, воздействовать на детей» [1, с. 61], при этом достигается большая активизация учебной работы. Многие факторы влияют на активность учащихся на учебных занятиях. В настоящей статье круг наших научных интересов фокусируется на применении на начальном этапе обучения немецкому языку в азербайджанской школе дидактических игр.

По мнению многих ученых-методистов (см. работы П.И. Пидкасистого, М.Л. Портного, Г.Г. Граник и др.), использование игры и отдельных игровых элементов способствует раскрытию у ребенка одного из важнейших психологических факторов – умственного развития. Этот фактор очень многогранен и его эволюция зависит от многих процессов. Поэтому мы и не утверждаем, что весь урок следует превращать в игру. Среди психолого-педагогических установок к использованию различных игр можно выделить те, которые снижают усталость, напряжение, помогают учащимся легче усваивать пройденный материал, вырабатывать необходимые умения и навыки.

И в этом случае дидактические игры являются незаменимыми «помощниками» для любого учителя. На начальном этапе обучения иностранному языку дидактическая игра «вбирает» в себя весь арсенал методических понятий и категорий: она 1) является способом и формой обучения; 2) помогает разнообразить подачу элементарных знаний; 3) вырабатывает определенные языковые, речевые и коммуникативные умения и навыки; 4) формирует у школьников внимание, наблюдательность, память; 5) развивает мышление, проявление самостоятельности, инициативности. Кроме того, при решении дидактических задач по изучению нового материала, повторению и закреплению пройденного, применять знания на практике [2, с. 62].

Цель статьи – вычленение лингводидактических оснований для организации и проведения в азербайджанской школе дидактических игр, демонстрирующих социокультурное пространство немецкой и азербайджанской языковых систем.

Материал и методы. Материал: научные работы известных лингвистов и методистов в области описания и анализа различных уровней языка, педагогических подходов к применению дидактических игр. Методами для исследования послужили описательный, сопоставительный (был использован при характеристике отдельных языковых фактов немецкого и азербайджанского языков), коммуникативный, заключающийся в выработке основных методических рекомендаций для специалистов в области применения в учебном процессе продуктивных форм работы.

Результаты и их обсуждение. В раннем возрасте игра занимала главное место в жизни детей. В школе она постепенно сочетается с учебной деятельностью. Еще Р.Ю. Барсуков советовал включать элементы занимательности, игровые моменты в серьезный учебный труд учащихся для того, чтобы процесс познания был более продуктивным [3].

Придавая большое значение играм в учебном процессе, Ш.А. Амонашвили утверждает, что ребенок в игре накапливает значительный опыт: «Из своего игрового опыта ребенок черпает представления, которые он связывает словом. Игра и труд являются сильнейшими стимулами для проявления детской самостоятельности в области языка: они должны быть, в первую очередь, использованы в интересах развития речи детей» [2, с. 76].

Наблюдения показывают, что играющий ребенок все время говорит, даже когда играет один. Учитель должен учитывать эти возможности игры и направлять ее в нужное русло.

Формируя и развивая речевую и коммуникативную компетенции учащихся на уроках немецкого языка,

дидактическая игра, безусловно, помогает формированию навыков устной речи и обеспечивает коммуникативную направленность обучения. Во время игры учащиеся незаметно для себя осваивают слова и словосочетания, конструкции иностранного языка.

Мы, как и многие исследователи, считаем, что систематическое использование игр в учебной работе даст возможность постепенно свести к минимуму применение переводного метода в процессе обучения учащихся иноязычной речи.

Изучение немецкого языка в азербайджанской школе отличается тем, что немецкая речь с самого начала школьного образования в определенной степени может выступить для учащихся средством общения.

В современных условиях азербайджанской школы мы редко сталкиваемся с исходным двуязычием, которое является одновременным освоением двух языков. В этом случае у билингва образуются две отдельные системы ассоциаций, не имеющие между собой непосредственного контакта. В большинстве случаев учитель имеет дело с так называемым «поздним билингвизмом», создающимся в ходе изучения немецкого языка как неродного. В этих условиях две системы ассоциаций контактируют друг с другом. Второй, изучаемый язык «надстраивается» над фундаментом первой и развивается вместе с нею.

При организации дидактических игр следует учитывать следующие лингводидактические положения:

- а) учет системности языка;
- б) ориентация на преимущество синтаксиса над морфологией.

В языковой системе все части взаимосвязаны и взаимообусловлены. По этому поводу А.А. Реформатский пишет: «В пределах каждого круга или яруса языковой структуры (фонетического, лексического, синтаксического) имеется своя система. Системы отдельных ярусов языковой структуры, взаимодействуя друг с другом, образуют общую систему данного языка» [1, с. 24]. Следовательно, с самого начала обучения немецкий язык должен изучаться как система.

Как нами было установлено ранее, в игровой ситуации развитие немецкой речи учащихся осуществляется на базе овладения фонетическими, лексическими и грамматическими средствами, составляющими в своей совокупности систему языка. В соответствии с необходимостью научить школьников разграничивать понятия «язык» и «речь» языковой материал в каждой проводимой игре должен быть конкретизирован (ограничен) соответственно дидактической задачей и условиями, в которых протекает игра. Следовательно, каждая игра должна иметь свой «микроязык», необходимый и достаточный для элементарного обучения в рамках этой игры. Трудности, с которыми сталкиваются учащиеся азербайджанской школы при изучении программного материала по иностранному языку, определяют лингвистическое содержание исследуемой методики. Кратко остановимся на отборе содержания обучения немецкому языку на начальном этапе.

Первым блоком такого содержания при обучении неродному языку выступает обязательная опора на родной язык. И здесь следует остановиться на явлении интерференции и необходимости учета ее влияния на билингва. Поскольку азербайджанский и немецкий языки относятся к категории разносистемных, неблизкородственных, то преодоление отклонений от правильной речи на начальных этапах овладения немецким языком приобретает большое значение.

В начальный период формирования неродной речи ее основой неизбежно выступает родной язык. Здесь влияние родного языка на неродную речь неизбежно. Что же необходимо учитывать преподавателю, привлекая в качестве формы преподавания дидактическую игру? Так, первым помощником для учителя может стать, например, употребление однокоренных и однозначных слов в родном и иностранном языках. Предложенный Л.В. Щербой «путь сознательного отталкивания от родного языка» имеет отношение, прежде всего, к начальной стадии обучения неродной речи. Анализ, осуществленный многими исследователями с целью выявления сходств и различий в азербайджанском и немецком языках, позволяет реализовать в начальном обучении немецкой речи это требование «сознательного отталкивания от родного языка» [4]. Сопоставление фактов немецкого и азербайджанского языков поможет осуществлению поставленных целей и задач обучения немецкому языку. Как известно, звуковой состав обоих языков расходится. Аффрикаты немецкого языка полностью отсутствуют в звуковом составе азербайджанского языка. А в азербайджанском языке имеются специфические звуки, которых нет в немецком языке. Учитель должен учитывать эти явления и с самого начала обучения обратить внимание на произношение звуков, не имеющих в звуковом составе родного языка. В немецком языке строго соблюдается закон палатализации, который отсутствует в азербайджанском языке, и поэтому является помехой на пути овладения немецкой речью. При обучении немецкому языку учащихся-азербайджанцев необходимо обратить внимание на произношение гласных в ударном и безударном положениях, добиваясь разницы в их произношении.

Как известно, в немецком языке ударение является разноместным, может падать на любой слог. Нет особых правил о месте ударения, поэтому учащиеся при изучении немецкого языка встречаются с трудностями в произношении слов.

В отличие от немецкого ударения в азербайджанском языке ударение является стабильным (неподвижным) и падает, в основном, на последний слог.

Требуют преодоления также трудности, связанные с ассимиляцией и диссимиляцией согласных, чередованием звуков, произношением долгих согласных. Значительную трудность для учащихся-азербайджанцев пред-

ставляет употребление немецких предлогов, особенно предложно-глагольных конструкций, так как в азербайджанском языке вопросы не дифференцируются в зависимости от значения глагола, а в немецком языке – строго дифференцируются.

Сопоставление морфологии обоих языков обнаруживает также необходимость учета расхождений в аффиксальных их системах. И азербайджанскому, и немецкому языкам присуще образование новых слов с помощью суффиксов. Однако если в азербайджанском языке распространен постфиксальный способ словообразования, то в немецком языке имеют место как префиксальный, так и суффиксальный способы словообразования.

Отсутствие категории рода в азербайджанском языке тоже создает трудности для учащихся. Ошибки, связанные с согласованием в роде, устойчивы, поэтому работа по их профилактике требует дополнительных методических средств.

Второй блок при отборе содержания обучения немецкому языку с помощью дидактических игр зависит от правильного отбора методических средств и приемов, видов деятельности. Для преодоления трудностей, связанных с интерференцией, от преподавателя требуются значительные усилия по организации учебного процесса на уроке. Значит, игра как первый из дидактических видов деятельности в условиях билингвизма целиком проистекает из природы и сущности игры как специального явления в жизни детей.

Рассматривая игру с современных позиций, нельзя не видеть ее сущности в моделировании и укреплении социальных форм поведения, несомной ею информации о человеческой способности к сотрудничеству. Чрезвычайно важным является то обстоятельство, что мотивом игры может служить любая деятельность, какой бы трудной она ни была.

Трудности преодолеваются во многих играх, но нужно, чтобы это не делалось ради преодоления самих трудностей (в данном случае конкретно языковых). Цели игры необязательно полностью раскрывать перед учащимися.

Игровая ситуация требует от каждого ее участника определенных способностей к коммуникации. Если ребенок не в состоянии внятно выражать себя «словесно» в ходе игры, если он не может понимать словесные инструкции своих товарищей по игре, то ему будут помогать сверстники. Необходимость языкового «самовыражения» стимулирует развитие речи [2]. Речевое развитие же, как известно, протекает вместе с интеллектуальным, и одно предопределяет другое.

Заключение. Таким образом, лингвистические основы организации и проведения дидактических игр предполагают следующие методические подходы к их презентации и проведению во время начального обучения азербайджанских школьников немецкому языку:

- в игровой ситуации развитие немецкой речи учащихся младшего школьного возраста осуществляется на базе овладения фонетическими, лексическими и грамматическими средствами, составляющими в своей совокупности систему языка;
- сопоставление фактов немецкого и азербайджанского языков поможет осуществлению поставленных целей и задач обучения немецкому языку учащихся азербайджанских школ;
- для преодоления языковых трудностей на начальной стадии обучения неродному языку среди использованных методических средств и приемов особое значение имеют проводимые на уроках немецкого языка дидактические игры [5; 6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов, М.Т. Методика преподавания русского языка в школе: учебник для студентов высш. пед. учеб. заведений / М.Т. Баранов, Н.А. Ипполитова, Т.А. Ладыженская, М.Р. Львов. – М.: Академия, 2000. – 368 с.
2. Амонашвили, Ш.А. Развитие познавательной активности учащихся в начальной школе / Ш.А. Амонашвили // Вопросы психологии. – 1984. – № 5. – С. 39–46.
3. Barsuk, R.Y. Azərbaycan məktəblərində xarici dil tədrisinin bəzi problemləri / R.Y. Barsuk. – Bakı: Maarif, 1967. – 115 s.
4. Щерба, Л.В. Избранные работы по русскому языку / Л.В. Щерба. – М., 1957. – 462 с.
5. Реформатский, А.А. Введение в языковедение / А.А. Реформатский. – М., 1976. – 670 с.
6. Тагиров, М.Т. Лингвистические проблемы порождения речи и речевого поведения на неродном языке / М.Т. Тагиров // Лингвистические основы изучения русского языка как неродного: тез. докл. – Баку, 1989. – С. 59–61.

REFERENCES

1. Baranov M.T., Ippolitova N.A., Ladyzhenskaya T.A., Lvov M.P. *Metodika prepodavaniya russkogo yazyka v shkole: Uchebnik dlia stud. vyssh. ped. ucheb. zavedenii* [Methods of Teaching Russian at School: Pedagogical University Textbook], M.: Akademiya, 2000, 368 p.
2. Amonashvili Sh.A. *Voprosy psikhologii* [Issues of Psychology], 1984, 5, pp. 39–46.
3. Barsuk, R.Y. Azərbaycan məktəblərində xarici dil tədrisinin bəzi problemləri / R.Y. Barsuk. – Bakı: Maarif, 1967. – 115 s.
4. Shcherba L.V. *Izbrannyye raboty po russkomu yazyku* [Selected Works on the Russian Language], M., 1957, 462 p.
5. Reformatzki A.A. *Vvedeniye v yazykoznanie* [Introduction into Linguistics], M., 1976, 670 p.
6. Tagiyev M.T. *Lingvishticheskiye osnovy izucheniya russkogo yazyka kak nerodnogo: Tezisy dokladov* [Linguistic Basics of Learning Russian as a Foreign Language: Proceedings], Baku, 1989, pp. 59–61.

Поступила в редакцию 06.02.2020

Адрес для корреспонденции: e-mail: nbabayeva1988@mail.ru – Гусейнова Н.М.

ПРАВИЛЫ ДЛЯ АЎТАРАЎ

1. «Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта» публікуе вынікі навуковых даследаванняў, якія праводзяцца ў Віцебскім дзяржаўным універсітэце, навуковых установах і ВНУ рэспублікі, СНД і іншых краін. Асноўным крытэрыем мэтазгоднасці публікацыі з’яўляецца навізна і арыгінальнасць артыкула. Навуковы часопіс уключаны ў Пералік навуковых выданняў, рэкамендаваных ВАК Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў па біялагічных, педагагічных, фізіка-матэматычных навук. Па-за чаргой публікуюцца навуковыя артыкулы аспірантаў апошняга года навучання (уключаючы артыкулы, якія падрыхтаваны імі ў сааўтарстве) пры ўмове іх поўнай адпаведнасці патрабаванням, што прад’яўляюцца да навуковых публікацый выдання.

2. Патрабаванні да афармлення артыкула:

2.1. Рукапісы артыкулаў прадстаўляюцца на беларускай, рускай ці англійскай мове.

2.2. Кожны артыкул павінен утрымліваць наступныя элементы:

- індэкс УДК;
- назва артыкула;
- прозвішча і ініцыялы аўтара (аўтараў);
- арганізацыя, якую 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 ўвядзеннях 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 пас-таўленай мэты, навізну і магчымасці прымянення на практыцы.

2.8. Спіс літаратуры павінен уключаць не больш за 12 спасылак. Спасылкі нумаруюцца адпаведна з парадкам іх цытавання ў тэксце. Парадкавыя нумары спасылак пішуцца ў квадратных дужках па схеме: [1], [2]. Спіс літаратуры афармляецца ў адпаведнасці з патрабаваннямі ДАСТ – 7.1-2003. Спасылкі на неапублікаваныя працы, дысертацыі не дапускаюцца. Указваецца поўная назва аўтарскага пасведчання і дэпаніраванага рукапісу, а таксама арганізацыя, якая прад’явіла рукапіс да дэпаніравання.

2.9. Артыкулы падаюцца ў рэдакцыю аб’ёмам не менш за 0,35 аўтарскага аркуша 14000 друкаваных знакаў, з прабе-ламі паміж словамі, знакамі прыпынку, лічбамі і інш.), надрукаваных праз адзін інтэрвал, шрыфт Times New Roman памерам 11 пт. У гэты аб’ём уваходзяць тэкст, табліцы, спіс літаратуры. Колькасць малюнкаў не павінна перавышаць трох. Малюнкi і схемy павінны падавацца асобнымі файламі ў фармаце jpg. Фатаграфіі ў друк не прымаюцца. Артыкулы павінны быць падрыхтаваны ў рэдактары Word для Windows. Простыя формулы і літарныя абазначэнні велічынь трэба ўстаўляць, выкарыстоўваючы Symbol (напрыклад, ∞ , A_1 , β^k , $^{\circ}\text{C}$). Складаныя формулы набіраюцца тым жа шрыфтам і памерам, што і асноўны тэкст, пры дапамозе рэдактара формул Equation.

2.10. У дадатак да папяровай версіі артыкула ў рэдакцыю здаецца электронная версія матэрыялаў. Электронная і папярдовая версіі артыкула павінны быць ідэнтычнымі. Адрас электроннай пошты ўніверсітэта (auka@vsn.by).

3. Да артыкула дадаюцца наступныя матэрыялы (на асобных лістах):

- рэферат (100–250 слоў), які павінен дакладна перадаваць змест артыкула і быць прыдатным для апублікавання ў анатацыях да часопісаў асобна ад артыкула, і ключавыя словы на мове арыгінала. Ён павінен мець наступную структуру: уводзіны, мэта, матэрыял і метады, вынікі і іх абмеркаванне, заключэнне;
- назва артыкула, прозвішча, імя, імя па бацьку аўтара (поўнаасцю), месца яго працы, рэферат, ключавыя словы і спіс літаратуры на англійскай мове;
- нумар тэлефона, адрас электроннай пошты аўтара;
- рэкамендацыя кафедры (навуковай лабараторыі) да друку;
- экспертнае заключэнне аб магчымасці апублікавання матэрыялаў у друку;

4. Артыкулы, якія дасылаюцца ў рэдакцыю часопіса, падлягаюць абавязковай праверцы на арыгінальнасць і карэктнасць запазычанняў сістэмай «Антыплагіят.ВНУ». Для арыгінальных навуковых артыкулаў ступень арыгінальнасці павінна быць не менш за 85%, для аглядаў – не менш за 75%.

5. Па рашэнні рэдкалегіі артыкул накіроўваецца на рэцэнзію, затым візіруецца членам рэдкалегіі. Вяртанне артыкула аўтару на дапрацоўку не азначае, што ён прыняты да друку. Перапрацаваны варыянт артыкула зноў разглядаецца рэдкалегіяй. Датай пас-туплення лічыцца дзень атрымання рэдакцыяй канчатковага варыянта артыкула.

6. Накіраванне ў рэдакцыю раней апублікаваных або прынятых да друку ў іншых выданнях работ не дапускаецца.

7. Адказнасць за прыведзеныя ў матэрыялах факты, змест і дакладнасць інфармацыі нясуць аўтары.

GUIDELINES FOR AUTHORS

1. «Vesnik of Vitebsk State University» publishes results of scientific research conducted at Vitebsk State University as well as at scientific institutions and universities, CIS and other countries. The main criterion for the publication is novelty and specificity of the article. The scientific journal is included into the List of scientific publications recommended by Supreme Qualification Commission (VAK) of the Republic of Belarus for publishing the results of dissertation research in biological, pedagogical, physical and mathematical sciences. The priority for publication is given to scientific articles by postgraduates in their last year (including their articles written with co-authors) on condition these articles correspond the requirements for scientific articles of the journal.

2. Guidelines for the layout of a publication:

2.1. Articles are to be in Belarusian, Russian or English.

2.2. Each article is to include the following elements:

- UDK index;
- title of the article;
- name and initial of the author (authors);
- institution he (she) represents;
- introduction;
- «Material and methods» section;
- «Findings and their discussion» section;
- conclusion;
- list of applied literature.

2.3. *The title* of the article should reflect its contents, be laconic and contain key words which will make it possible to classify the article.

2.4. *The introduction* should contain a brief review of the literature on the problem. It should indicate not yet solved problems. It should formulate the aim; give references to the recent articles of other authors including foreign publications.

2.5. «*Material and methods*» section» includes the description of the method, technical aids, objects and contents of the author's (authors') research.

2.6. In «*Findings and their discussion*» section the author should draw conclusions from the point of view of their scientific novelty and compare them with the corresponding well-known data. This section can be divided into sub-sections with explanatory subtitles.

2.7. *The conclusion* should contain a brief review of the findings, indicating the achievement of this goal, their novelty and possibility of practical application.

2.8. The list of literature shouldn't include more than 12 references. The references are to be numerated in the order of their citation in the text. The order number of a reference is given in square brackets e.g. [1], [2]. The layout of the literature list layout is to correspond State Standard (GOST) – 7.1-2003. References to articles and theses which were not published earlier are not permitted. A complete name of the author's certificate and the deposited copy is indicated as well as the institution which presented the copy for depositing.

2.9. Two copies of articles of at least 0,35 of an author sheet size (14000 printing symbols with blanks, punctuation marks, numbers etc.), interval 1, Times New Roman 11 pt are sent to the editorial office. This size includes the text, charts and list of literature. Not more than three pictures are allowed. Pictures and schemes are to be presented in individual *jpg* files. Photos are not allowed. Articles should be typed in Word for Windows. Simple formulas and alphabetical symbols of dimensions should be put by using Symbol (e.g. ∞ , A_1 , β^k , $^{\circ}\text{C}$). Complicated formulas are typed by the same point and size as the basic text with the help of formula's editor Equation.

2.10. The electronic version should be attached to the paper copy of the article submitted to the editorial board. The electronic and the paper copies of the article should be identical. The university e-mail address is nauka@vsu.by).

3. Following materials (on separate sheets) are attached to the article:

- summary (100–250 words), which should precisely present the contents of the article, should be liable for being published in magazine summaries separately from the article as well as the key words in the language of the original. The structure of the summary is the following: introduction, objective, material and methods, findings and their discussion, conclusion;
- title of the article, surname, first and second names of the author (without being shortened), place of work, summary, key words and the list of literature should be in English;
- author's telephone number, e-mail address;
- recommendation of the department (scientific laboratory) to publish the article;
- expert conclusion on the feasibility of the publication;

4. All articles submitted to the editorial office of the journal are subject to mandatory verification of originality and correctness of borrowings by the AntiPlagiat.VUZ system. For original scientific articles the degree of originality should be at least 85%, for reviews - at least 75%.

5. On the decision of the editorial board the article is sent for a review, and then it is signed by the members of the editorial board. If the article is sent back to the author for improvement it doesn't mean that it has been accepted for publication. The improved variant of the article is reconsidered by the editorial board. The article is considered to be accepted on the day when the editorial office receives the final variant.

6. Earlier published articles as well as articles accepted for publication in other editions are not admitted.

7. The authors carry responsibility for the facts provided in the articles, the content and the accuracy of the information.

Выдавец і паліграфічнае выкананне – установа адукацыі
«Віцебскі дзяржаўны ўніверсітэт імя П.М. Машэрава».

Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі ў якасці выдаўца,
вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў
№ 1/255 ад 31.03.2014 г.

Надрукавана на рызографе ўстановы адукацыі
«Віцебскі дзяржаўны ўніверсітэт імя П.М. Машэрава».
210038, г. Віцебск, Маскоўскі праспект, 33.

Пры перадрукаванні матэрыялаў спасылка
на «Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта» з’яўляецца абавязковай.
