



ISSN 2074-8566

ВЕСНІК

**ВІЦЕБСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА
ЎНІВЕРСІТЭТА**

2022 № 3(116)

ВЕСНІК

ВІЦЕБСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА ЎНІВЕРСІТЭТА

НАВУКОВА-ПРАКТЫЧНЫ ЧАСОПІС

Выдаецца з верасня 1996 года

Выходзіць чатыры разы ў год

2022

№ 3(116)

ЗАСНАВАЛЬНІК:

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

РЭДАКЦЫЙНАЯ КАЛЕГІЯ:

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

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

РЭДАКЦЫЙНЫ САВЕТ:

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

САКРАТАРЫЯТ:

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

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

Адрас рэдакцыі:

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

Рэгістрацыйны № 750 ад 27.10.2009.

Падпісана ў друк 02.09.2022. Фармат 60×84 1/8. Папера друкарская.
Ум. друк. арк. 11,63. Ул.-выд. арк. 8,94. Тыраж 197 экз. Заказ 146.

© Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта, 2022

З М Е С Т

МАТЭМАТЫКА

- Воробьев Н.Н., Чечуев А.В.** О наименьшем задании бэровской формации 5
- Закревская В.С.** Конечные группы с $u \vee sp$ -вложенными подгруппами 11

БІЯЛОГІЯ

- Жерносеков Д.Д.** Применение ксилотрофных грибов рода *Pleurotus* и *Trichoderma* в современной биотехнологии 17
- Хохлова О.И., Лукашук А.О., Яновская В.В., Сушко Г.Г.** Настоящие полужесткокрылые (*Insecta: Hemiptera: Heteroptera*) в ассоциациях вереска в Белорусском Поозерье 23
- Белая Е.В., Пирханов Г.Г., Подберезко С.А., Бейшова И.С., Бобровская К.Г., Колмаков П.Ю., Ковальчук А.М.** Исследование полиморфизма –13910 C>T гена лактазы *LCT* у детей и подростков со сколиотической деформацией позвоночника 31
- Кузнецов О.Е., Цыркунов В.М.** Клиническая значимость муцинов как маркеров опухолей толстого кишечника 37
- Колесникович В.П., Кузнецов Н.А.** Формирование проектного объекта на основе анализа природно-ресурсного комплекса республиканского ландшафтного заказника «Освейский» 48
- Крестьянинова Т.Ю., Тишутин Н.А., Питкевич Э.С.** Показатели функционального состояния студентов специальностей спортивного и неспортивного профиля при адаптации к обучению в УВО 56

ПЕДАГОГІКА

- Шкирьянов Д.Э., Ермоченко С.А., Жальнерене М.И.** Комплексное использование мобильного и web-приложений как средств мониторинга физкультурно-оздоровительной активности и режима питания учащихся в реабилитационно-оздоровительном центре 66
- Тетерина В.В., Ракова Н.А., Загорулько Р.В.** Профессионально-педагогическая подготовка учителей в европейских странах: современные тенденции 77
- Маркова Л.В., Адаменко Н.Д., Ермоченко С.А., Корчевская Е.А.** Особенности учебного процесса в режиме офлайн 83
- Иванова Ж.В., Сурин Т.Л.** Особенности преподавания дисциплин математического профиля иностранным студентам 89

CONTENTS

M A T H E M A T I C S

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Vorob'ev N.N., Chachuyeu A.V. On the Smallest Definition of a Baer Formation | 5 |
| Zakrevskaya V.S. Finite Groups with $u \vee sp$ Embedded Subgroups | 11 |

B I O L O G Y

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Zhernosekov D.D. Application of Xylotrophic Fungi of the Genus <i>Pleurotus</i> and <i>Trichoderma</i> in Modern Biotechnology | 17 |
| Khokhlova O.I., Lukashuk A.O., Yanovskaya V.V, Sushko G.G. True Bugs (<i>Insecta: Hemiptera, Heteroptera</i>) in Heather Associations in Belarusian Poozeriye (Lake District) .. | 23 |
| Belaya E.V., Pirkhanov G.G., Podberezko S.A., Baishova I.S., Bobrovskaya K.G., Kolmakov P.Yu., Kovalchuk A.M. The Study of Polymorphism –13910 C>T of the LCT Lactase Gene of Children and Adolescents With Scoliotic Spinal Deformity | 31 |
| Kuznetsov O.E., Tsyrkunov V.M. Clinical Significance of Mucins as Markers of Colon Tumor | 37 |
| Kolesnikovich V.P., Kuznetsov N.A. Approach to the Formation of a Project Object Based on the Analysis of the Natural Resource Complex of the Republican Landscape Reserve Osveysky | 48 |
| Krestyaninova T.Yu., Tishutin N.A., Pitkevich E.S. Indicators of the Functional State of Students Majoring in Sports and Non-Sports Disciplines When Adapting to University Studies | 56 |

P E D A G O G Y

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Shkiryanov D.E., Yermochenko S.A., Zhalnerene M.I. Complex Use of Mobile and Web-Applications as Means of Physical and Health Activities and Diet Monitoring of Students at the Rehabilitation and Health Center | 66 |
| Teterina V.V., Rakova N.A., Zagorulko R.V. Professional and Pedagogical Training of Teachers in European Countries: Current Trends | 77 |
| Markova L.V., Adamenko N.D., Ermochenko S.A., Korchevskaya E.A. The Specific Features of Offline Academic Process | 83 |
| Ivanova Zh.V., Suryyn T.L. Specificity of Teaching Mathematical Disciplines to Foreign Students | 89 |



МАТЭМАТЫКА

УДК 512.542.6

О НАИМЕНЬШЕМ ЗАДАНИИ БЭРОВСКОЙ ФОРМАЦИИ

Н.Н. Воробьев, А.В. Чечуев

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

Все рассматриваемые группы конечны. Класс групп называется формацией, если он замкнут относительно взятия гомоморфных образов и подпрямых произведений. Напомним, что $c^{\sigma}\text{form}(\mathfrak{X})$ обозначает пересечение всех бэровских σ -локальных формаций, содержащих совокупность групп \mathfrak{X} .

Цель работы – нахождение описания наименьшего обобщенного σ -локального задания бэровской σ -локальной формации.

Материал и методы. Используются методы теории классов конечных групп. В частности, методы теории формаций и методы теории решеток классов конечных групп.

Результаты и их обсуждение. Пусть \mathfrak{X} – некоторая непустая совокупность групп, $\mathfrak{F} = c^{\sigma}\text{form}(\mathfrak{X}) = \text{BLF}_{\sigma}(f)$, где f – наименьшее обобщенное σ -локальное задание формации \mathfrak{F} и пусть $\Pi = \sigma^+(\mathfrak{X})$. Тогда справедливы следующие утверждения:

- 1) $\Pi = \sigma^+(\mathfrak{F})$;
- 2) $f(\emptyset) = \text{form}(G/R_{\sigma}(G) \mid G \in \mathfrak{X})$;
- 3) $f(\sigma_i) = \text{form}(G/F_{\{g\sigma_i\}}(G) \mid G \in \mathfrak{X}) = \text{form}(G/F_{\{g\sigma_i\}}(G) \mid G \in \mathfrak{F})$ для всех $\sigma_i \in \Pi$ и $f(\sigma_i) = \emptyset$ для всех $\sigma_i \in \Pi'$;
- 4) если h – произвольное обобщенное σ -локальное задание формации \mathfrak{F} , то для всех $\sigma_i \in \Pi$ имеет место $f(\sigma_i) = \text{form}(G \mid G \in h(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}, O_{\sigma_i}(G) = 1)$ и $f(\emptyset) = \text{form}(G \mid G \in h(\emptyset) \cap \mathfrak{F}, R_{\sigma}(G) = 1)$.

Заключение. Найдено описание наименьшего обобщенного σ -локального задания бэровской σ -локальной формации. В качестве следствия основного результата вытекает результат о минимальном композиционном экроне композиционной формации, полученный ранее А.Н. Скибой и Л.А. Шеметковым (1992).

Ключевые слова: формация, обобщенная формационная σ -функция, бэровская σ -локальная формация, обобщенное σ -локальное задание бэровской σ -локальной формации, порожденная бэровская σ -локальная формация.

ON THE SMALLEST DEFINITION OF A BAER FORMATION

N.N. Vorobyev, A.V. Chечуев

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

All groups considered are finite. A class of groups is called a formation if it is closed with respect to homomorphic images and finite subdirect products. Mind that $c^{\sigma}\text{form}(\mathfrak{X})$ denotes the intersection of all Baer- σ -local formations containing a collection of groups \mathfrak{X} .

The purpose of the research is the proof of the theorem about the smallest generalized σ -local definition of a Baer- σ -local formation.

Material and methods. Methods of the study of the theory of classes of finite groups are used as well as methods of the lattice theory of classes of finite groups.

Findings and their discussion. Let \mathfrak{X} be a non-empty collection of groups, $\mathfrak{F} = c^{\sigma}\text{form}(\mathfrak{X}) = \text{BLF}_{\sigma}(f)$, where f is the smallest generalized σ -local definition of \mathfrak{F} , and let $\Pi = \sigma^+(\mathfrak{X})$. Then the following is true:

- 1) $\Pi = \sigma^+(\mathfrak{F})$.
- 2) $f(\emptyset) = \text{form}(G/R_{\sigma}(G) \mid G \in \mathfrak{X})$.
- 3) $f(\sigma_i) = \text{form}(G/F_{\{g\sigma_i\}}(G) \mid G \in \mathfrak{X}) = \text{form}(G/F_{\{g\sigma_i\}}(G) \mid G \in \mathfrak{F})$ for all $\sigma_i \in \Pi$ and $f(\sigma_i) = \emptyset$ for all $\sigma_i \in \Pi'$.

4) if h is a generalized σ -local definition of \mathfrak{F} , then for all $\sigma_i \in \Pi$ we have
 $f(\sigma_i) = \text{form}(G \mid G \in h(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}, O_{\sigma_i}(G) = 1)$ and
 $f(\emptyset) = \text{form}(G \mid G \in h(\emptyset) \cap \mathfrak{F}, R_\sigma(G) = 1)$.

Conclusion. The description of the smallest generalized σ -local definition of a Baer- σ -local formation was found. The result of A.N. Skiba and L.A. Shemetkov (1992) about a minimal composition screen of a composition formation is a corollary of the main result of the paper.

Key words: formation, generalized formation σ -function, Baer- σ -local formation, generalized σ -local definition of a Baer- σ -local formation, generated Baer- σ -local formation.

В работе рассматриваются только конечные группы. Используются стандартная терминология и определения и обозначения, введенные в [1–6].

Следуя Л.А. Шеметкову [1], символом σ будем обозначать некоторое разбиение множества всех простых чисел \mathbb{P} , т.е. $\sigma = \{\sigma_i \mid i \in I\}$, где $\mathbb{P} = \cup_{i \in I} \sigma_i$ и $\sigma_i \cap \sigma_j = \emptyset$ для всех $i \neq j$; $\Pi \subseteq \sigma$ и $\Pi' = \sigma \setminus \Pi$. Если n – натуральное число, то символ $\pi(n)$ обозначает множество всех его простых делителей; $\sigma(n)$ обозначает множество $\{\sigma_i \mid \sigma_i \cap \pi(n) \neq \emptyset\}$; $\sigma(G) = \sigma(|G|)$ и $\sigma(\mathfrak{F}) = \cup_{G \in \mathfrak{F}} \sigma(G)$; $\sigma^+(G) = \{\sigma_i \mid G \text{ обладает главным фактором } H/K \text{ таким, что } \sigma(H/K) = \{\sigma_i\}\}$, $\sigma^+(\mathfrak{F}) = \cup_{G \in \mathfrak{F}} \sigma^+(G)$.

Группа G называется: σ -примарной, если G является σ_i -группой для некоторого i ; σ -разрешимой, если $G = 1$ или $G \neq 1$ и каждый главный фактор группы G является σ -примарным. Главный фактор H/K группы G называется: σ -центральным в группе G , если $(H/K) \rtimes (G/C_G(H/K))$ является σ -примарным; σ_i -фактором, если H/K является σ_i -группой. Группа G называется обобщенной $\{\sigma_i\}$ -нильпотентной, если каждый главный σ_i -фактор группы G является σ -центральным. Символ $F_{\{\sigma_i\}}(G)$ обозначает произведение всех нормальных обобщенных $\{\sigma_i\}$ -нильпотентных подгрупп группы G , символ $O_{\sigma_i}(G)$ обозначает произведение всех нормальных σ_i -подгрупп группы G и символ $R_\sigma(G)$ – произведение всех нормальных σ -разрешимых подгрупп группы G .

Формацией называется класс групп, замкнутый относительно взятия гомоморфных образов и подпрямых произведений. Напомним определение бэровской σ -локальной формации, введенное в [7] в ходе разработки методов изучения σ -свойств групп [8–11].

Всякая функция f вида

$$f: \sigma \cup \{\emptyset\} \rightarrow \{\text{формации групп}\},$$

где $f(\emptyset) \neq \emptyset$, называется обобщенной формационной σ -функцией (см. [6]) и полагают

$$BLF_\sigma(f) = (G \mid G/R_\sigma(G) \in f(\emptyset) \text{ и } G/F_{\{\sigma_i\}}(G) \in f(\sigma_i) \text{ для всех } \sigma_i \in \sigma^+(G)).$$

Если формация \mathfrak{F} такова, что $\mathfrak{F} = BLF_\sigma(f)$ для некоторой обобщенной формационной σ -функции f , то \mathfrak{F} называют бэровской σ -локальной формацией с обобщенным σ -локальным заданием f (см. [6]).

Исследование локальных и бэровских локальных формаций часто сводится к рассмотрению связанных с ними наименьших и канонических локальных заданий (см., например, [12]). В частности, посредством использования строения наименьших локальных заданий и решеточных свойств индуктивности и отделимости А.Н. Скибой доказана дистрибутивность решетки всех разрешимых тотально локальных формаций (см. [2]). В настоящей работе найдено наименьшее обобщенное σ -локальное задание произвольной бэровской σ -локальной формации. Отметим, что каноническое обобщенное σ -локальное задание такой формации получено ранее в работе [6].

Для любой совокупности групп \mathfrak{X} через $\text{form}(\mathfrak{X})$ обозначают пересечение всех формаций, содержащих \mathfrak{X} , а через $c^\sigma \text{form}(\mathfrak{X})$ – пересечение всех бэровских σ -локальных формаций, содержащих \mathfrak{X} . Следующее утверждение дает способ построения наименьшего обобщенного σ -локального задания формации $\mathfrak{F} = c^\sigma \text{form}(\mathfrak{X})$.

Теорема. Пусть \mathfrak{X} – некоторая непустая совокупность групп, $\mathfrak{F} = c^\sigma \text{form}(\mathfrak{X}) = BLF_\sigma(f)$, где f – наименьшее обобщенное σ -локальное задание формации \mathfrak{F} и пусть $\Pi = \sigma^+(\mathfrak{X})$. Тогда справедливы следующие утверждения:

- 1) $\Pi = \sigma^+(\mathfrak{F})$;
- 2) $f(\emptyset) = \text{form}(G/R_\sigma(G) \mid G \in \mathfrak{X})$;
- 3) $f(\sigma_i) = \text{form}(G/F_{\{\sigma_i\}}(G) \mid G \in \mathfrak{X}) = \text{form}(G/F_{\{\sigma_i\}}(G) \mid G \in \mathfrak{F})$ для всех $\sigma_i \in \Pi$ и $f(\sigma_i) = \emptyset$ для всех $\sigma_i \in \Pi'$;
- 4) если h – произвольное обобщенное σ -локальное задание формации \mathfrak{F} , то для всех $\sigma_i \in \Pi$ имеет место

$f(\sigma_i) = \text{form}(G \mid G \in h(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}, O_{\sigma_i}(G) = 1)$ и

$f(\emptyset) = \text{form}(G \mid G \in h(\emptyset) \cap \mathfrak{F}, R_{\sigma}(G) = 1)$.

Схема доказательства теоремы представлена следующими леммами.

Лемма 1 [6, предложение 1.2]. Пусть $\mathfrak{F} = BLF_{\sigma}(f)$ и $\Pi = \text{Supp}(f)$. Тогда:

1) $\Pi = \sigma^+(\mathfrak{F})$;

2) $G \in \mathfrak{F}$ тогда и только тогда, когда $G \in \mathfrak{S}_{\sigma}f(\emptyset)$ и $G \in \mathfrak{U}_{\{g\sigma_i\}}f(\sigma_i)$ для всех $\sigma_i \in \sigma^+(G)$;

3) $\mathfrak{F} = \begin{cases} \mathfrak{U}_{\Pi^+} \cap (\bigcap_{\sigma_i \in \Pi} \mathfrak{U}_{\{g\sigma_i\}}f(\sigma_i)) \cap \mathfrak{S}_{\sigma}f(\emptyset), & \text{если } \Pi \neq \emptyset; \\ \mathfrak{U}_{\Pi^+} \cap \mathfrak{S}_{\sigma}f(\emptyset), & \text{если } \Pi = \emptyset. \end{cases}$

4) \mathfrak{F} – непустая формация.

Мы используем \mathfrak{U}_{Π^+} для обозначения класса всех групп G таких, что $\sigma^+(G) \subseteq \Pi \subseteq \sigma$. Класс всех обобщенных $\{\sigma_i\}$ -нильпотентных групп обозначают через $\mathfrak{U}_{\{g\sigma_i\}}$, а класс всех σ -разрешимых групп – через \mathfrak{S}_{σ} . Если f – обобщенная формационная σ -функция, то символ $\text{Supp}(f)$ обозначает суппорт функции f , т.е. множество всех σ_i таких, что $f(\sigma_i) \neq \emptyset$.

Классом Фиттинга называется класс групп \mathfrak{X} , замкнутый относительно нормальных подгрупп и произведений нормальных \mathfrak{X} -подгрупп. Класс Фиттинга, который также является формацией, называется фиттинговой формацией.

Лемма 2 [6, предложение 2.2]. Класс всех σ_i -нильпотентных групп \mathfrak{U}_{σ_i} и класс всех обобщенных $\{\sigma_i\}$ -нильпотентных групп $\mathfrak{U}_{\{g\sigma_i\}}$ являются фиттинговыми формациями.

З а м е ч а н и е. Класс \mathfrak{U}_{Π^+} – бэровская σ -локальная формация.

Действительно, пусть f – обобщенная формационная σ -функция такая, что

$$f(a) = \begin{cases} \mathfrak{U}_{\Pi^+}, & \text{если } a = \sigma_i \in \Pi; \\ \emptyset, & \text{если } a = \sigma_i \in \Pi'; \\ \mathfrak{U}_{\Pi^+}, & \text{если } a = \emptyset. \end{cases}$$

Тогда по лемме 1 3)

$$BLF_{\sigma}(f) = \begin{cases} \mathfrak{U}_{\Pi^+} \cap (\bigcap_{\sigma_i \in \Pi} \mathfrak{U}_{\{g\sigma_i\}}\mathfrak{U}_{\Pi^+}) \cap \mathfrak{S}_{\sigma}\mathfrak{U}_{\Pi^+}, & \text{если } \text{Supp}(f) \neq \emptyset; \\ \mathfrak{U}_{\Pi^+} \cap \mathfrak{S}_{\sigma}\mathfrak{U}_{\Pi^+}, & \text{если } \text{Supp}(f) = \emptyset. \end{cases}$$

Так как согласно лемме 2 $\mathfrak{U}_{\{g\sigma_i\}}$, \mathfrak{S}_{σ} и \mathfrak{U}_{Π^+} – формации, то $\mathfrak{U}_{\Pi^+} \cap (\bigcap_{\sigma_i \in \Pi} \mathfrak{U}_{\{g\sigma_i\}}\mathfrak{U}_{\Pi^+}) \cap \mathfrak{S}_{\sigma}\mathfrak{U}_{\Pi^+} = \mathfrak{U}_{\Pi^+} \cap (\bigcap_{\sigma_i \in \Pi} \mathfrak{U}_{\{g\sigma_i\}})\mathfrak{U}_{\Pi^+} \cap \mathfrak{S}_{\sigma}\mathfrak{U}_{\Pi^+} = \mathfrak{U}_{\Pi^+}$ при $\text{Supp}(f) \neq \emptyset$ и

$$\mathfrak{U}_{\Pi^+} \cap \mathfrak{S}_{\sigma}\mathfrak{U}_{\Pi^+} = \mathfrak{U}_{\Pi^+} \text{ при } \text{Supp}(f) = \emptyset.$$

Таким образом, \mathfrak{U}_{Π^+} является бэровской σ -локальной формацией.

Обобщенная формационная σ -функция f называется *внутренней*, если $f(a) \subseteq BLF_{\sigma}(f)$ для всех $a \in \sigma \cup \{\emptyset\}$.

Лемма 3. Если $\mathfrak{F} = \bigcap_{j \in J} \mathfrak{F}_j$ и $\mathfrak{F}_j = BLF_{\sigma}(f_j)$ для всех $j \in J$, то $\mathfrak{F} = BLF_{\sigma}(f)$, где $f(\emptyset) = \bigcap_{j \in J} f_j(\emptyset)$ и $f(\sigma_i) = \bigcap_{j \in J} f_j(\sigma_i)$ для всех $\sigma_i \in \sigma^+(\mathfrak{F}) = \bigcap_{j \in J} \sigma^+(\mathfrak{F}_j)$ и $f(\sigma_i) = \emptyset$ для всех $\sigma_i \in \sigma \setminus \sigma^+(\mathfrak{F})$. Кроме того, если f_j – внутреннее обобщенное σ -локальное задание формации \mathfrak{F}_j для всех $j \in J$, то f также является внутренним обобщенным σ -локальным заданием формации \mathfrak{F} .

Д о к а з а т е л ь с т в о. Пусть $\mathfrak{M} = BLF_{\sigma}(f)$. Покажем, что $\mathfrak{M} = \mathfrak{F}$ для всех $\sigma_i \in \sigma^+(\mathfrak{F})$. Докажем сначала включение $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{F}$. Пусть $A \in \mathfrak{M}$. Тогда $A/R_{\sigma}(A) \in f(\emptyset)$ и $A/F_{\{g\sigma_i\}}(A) \in f(\sigma_i)$ для всех $\sigma_i \in \sigma^+(A)$. Следовательно, для любого $j \in J$ имеет место $A/R_{\sigma}(A) \in f_j(\emptyset)$ и $A/F_{\{g\sigma_i\}}(A) \in f_j(\sigma_i)$ для всех $\sigma_i \in \sigma^+(A)$. Значит, $A \in \mathfrak{F}_j$ для всех $j \in J$. Следовательно, $A \in \mathfrak{F}$. Поэтому $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{F}$.

Докажем теперь обратное включение. Пусть $A \in \mathfrak{F}$. Тогда $A \in \mathfrak{F}_j = BLF_{\sigma}(f_j)$ для всех $j \in J$. Значит, для любого $j \in J$ имеет место $A/R_{\sigma}(A) \in f_j(\emptyset)$ и $A/F_{\{g\sigma_i\}}(A) \in f_j(\sigma_i)$ для всех $\sigma_i \in \sigma^+(A)$. Следовательно, $A/R_{\sigma}(A) \in f(\emptyset)$ и $A/F_{\{g\sigma_i\}}(A) \in f(\sigma_i)$ для всех $\sigma_i \in \sigma^+(A)$. Значит, $A \in \mathfrak{M}$. Поэтому $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{M}$. Таким образом, $\mathfrak{M} = \mathfrak{F}$ для всех $\sigma_i \in \sigma^+(\mathfrak{F})$.

Покажем, что $\mathfrak{M} = \mathfrak{F}$ для всех $\sigma_i \in \sigma \setminus \sigma^+(\mathfrak{F})$. Докажем сначала включение $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{F}$. Если $\sigma_i \in \sigma \setminus \sigma^+(\mathfrak{F})$, то $f(\sigma_i) = \emptyset$. Тогда $\mathfrak{M} = (1)$. Значит, $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{F}$.

Докажем теперь обратное включение. Так как $f(\sigma_i) = \bigcap_{j \in J} f_j(\sigma_i) = \emptyset$ для всех $\sigma_i \in \sigma \setminus \sigma^+(\mathfrak{F})$, то существуют хотя бы два обобщенных σ -локальных задания f_1 и f_2 , причем $\mathfrak{F}_1 = BLF_\sigma(f_1)$ и $\mathfrak{F}_2 = BLF_\sigma(f_2)$ такие, что $f_1(\sigma_i) \cap f_2(\sigma_i) = \emptyset$.

Покажем, что $\mathfrak{F}_1 \cap \mathfrak{F}_2 = (1)$. Предположим, что это неверно и найдется неединичная группа G такая, что $G \in \mathfrak{F}_1 \cap \mathfrak{F}_2$. Следовательно, $G/F_{\{g\sigma_i\}}(G) \in f_1(\sigma_i)$ и $G/F_{\{g\sigma_i\}}(G) \in f_2(\sigma_i)$ для всех $\sigma_i \in \sigma^+(G)$. Поэтому $G/F_{\{g\sigma_i\}}(G) \in f_1(\sigma_i) \cap f_2(\sigma_i) = \emptyset$ для всех $\sigma_i \in \sigma^+(G)$. Противоречие. Значит, $\mathfrak{F}_1 \cap \mathfrak{F}_2 = (1)$. Следовательно, $\mathfrak{F} = (1)$. Поэтому $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{M}$. Таким образом, $\mathfrak{M} = \mathfrak{F}$ для всех $\sigma_i \in \sigma \setminus \sigma^+(\mathfrak{F})$.

Если f_j – внутреннее обобщенное σ -локальное задание формации \mathfrak{F}_j для всех $j \in J$, то $f_j(a) \subseteq \mathfrak{F}_j$ для всех $a \in \sigma \cup \{\emptyset\}$, для всех $j \in J$. Тогда $f(a) = \bigcap_{j \in J} f_j(a) \subseteq \bigcap_{j \in J} \mathfrak{F}_j = \mathfrak{F}$ для всех $a \in \sigma \cup \{\emptyset\}$. Значит, f – внутреннее обобщенное σ -локальное задание формации \mathfrak{F} . Лемма доказана.

Пусть $\{f_j \mid j \in J\}$ – набор всех обобщенных σ -локальных заданий формации \mathfrak{F} . В силу леммы 3 $f = \bigcap_{j \in J} f_j$ – обобщенное σ -локальное задание формации \mathfrak{F} , называемое *наименьшим*, такое, что $f(a) = \bigcap_{j \in J} f_j(a)$ для всех $a \in \sigma \cup \{\emptyset\}$ по всем i .

Лемма 4 [6, предложение 2.7]. Пусть f и h – обобщенные формационные σ -функции такие, что $\mathfrak{F} = BLF_\sigma(f) = BLF_\sigma(h)$ и пусть $\Pi = \sigma^+(\mathfrak{F})$. Тогда:

1) если $\sigma_i \in \Pi$, то

$$\mathfrak{B}_{\sigma_i}(f(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}) = \mathfrak{B}_{\sigma_i}(h(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}) \subseteq \mathfrak{F};$$

2) $\mathfrak{F} = BLF_\sigma(F)$, где F – обобщенная формационная σ -функция такая, что $F(\emptyset) = \mathfrak{F}$ и $F(\sigma_i) = \mathfrak{B}_{\sigma_i}(f(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}) \subseteq \mathfrak{F}$ для всех $\sigma_i \in \Pi$.

Лемма 5. Если $\mathfrak{F} = BLF_\sigma(f)$ и $G/O_{\sigma_i}(G) \in f(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}$ для некоторого $\sigma_i \in \sigma^+(G)$, то $G \in \mathfrak{F}$.

Доказательство. Так как $G/O_{\sigma_i}(G) \in f(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}$, то $f(\sigma_i) \neq \emptyset$. Следовательно, по лемме 1 1) $\sigma_i \in \sigma^+(\mathfrak{F})$. Вместе с тем условие $G/O_{\sigma_i}(G) \in f(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}$ влечет $G^{f(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}} \leq O_{\sigma_i}(G) \in \mathfrak{B}_{\sigma_i}$, причем $G^{f(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}} \triangleleft O_{\sigma_i}(G)$. Значит, по лемме 2 имеем $G^{f(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}} \in \mathfrak{B}_{\sigma_i}$.

Таким образом, $G \in \mathfrak{B}_{\sigma_i}(f(\sigma_i) \cap \mathfrak{F})$. Значит, по лемме 4 1) имеем $G \in \mathfrak{B}_{\sigma_i}(f(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}) \subseteq \mathfrak{F}$. Лемма доказана.

Лемма 6 [6, лемма 2.6; 13, лемма 3.1]. Пусть P – неединичная σ_i -группа для некоторого $\sigma_i \in \sigma$, A – группа с $O_{\sigma_i}(A) = 1$ и G – регулярное сплетение $P \wr A = K \rtimes A$, где K – база сплетения группы G . Тогда

$$F_{\{g\sigma_i\}}(G) = O_{\sigma_i}(G) = K.$$

Доказательство теоремы. Докажем первое утверждение теоремы.

Так как $\mathfrak{X} \subseteq \mathfrak{F}$, то справедливо включение $\sigma^+(\mathfrak{X}) \subseteq \sigma^+(\mathfrak{F})$.

Докажем обратное включение.

Пусть $G \in \mathfrak{X}$. Тогда $\sigma^+(G) \subseteq \sigma^+(\mathfrak{X}) = \Pi \subseteq \sigma$, т.е. $G \in \mathfrak{G}_{\Pi^+}$. Следовательно, $\mathfrak{X} \subseteq \mathfrak{G}_{\Pi^+}$.

Согласно замечанию, \mathfrak{G}_{Π^+} – бэровская σ -локальная формация и, вместе с тем, $\mathfrak{X} \subseteq \mathfrak{G}_{\Pi^+}$. Поэтому $\mathfrak{F} = c^\sigma \text{form}(\mathfrak{X}) \subseteq \mathfrak{G}_{\Pi^+}$.

Пусть $G \in \mathfrak{F}$. Тогда, учитывая включение $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{G}_{\Pi^+}$, имеем $\sigma^+(G) \subseteq \Pi = \sigma^+(\mathfrak{X})$. Следовательно, $\sigma^+(\mathfrak{F}) = \bigcup_{G \in \mathfrak{F}} \sigma^+(G) \subseteq \Pi$. Таким образом, $\sigma^+(\mathfrak{F}) = \Pi$.

Докажем второе и третье утверждения теоремы.

Пусть m – обобщенная формационная σ -функция такая, что

$$m(a) = \begin{cases} \text{form}(G/R_\sigma(G) \mid G \in \mathfrak{X}), & \text{если } a = \emptyset; \\ \text{form}(G/F_{\{g\sigma_i\}}(G) \mid G \in \mathfrak{X}), & \text{если } a = \sigma_i \in \Pi; \\ \emptyset, & \text{если } a = \sigma_i \in \Pi'. \end{cases}$$

Покажем, что $m = f$. Пусть $\mathfrak{M} = BLF_\sigma(m)$. Докажем, что $\mathfrak{M} = \mathfrak{F}$. Прежде установим справедливость включения $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{M}$.

Если $A \in \mathfrak{X}$, то

$$A/R_\sigma(A) \in (G/R_\sigma(G) \mid G \in \mathfrak{X}) \subseteq \text{form}(G/R_\sigma(G) \mid G \in \mathfrak{X}) = m(\emptyset)$$

$$\text{и } A/F_{\{g\sigma_i\}}(A) \in (G/F_{\{g\sigma_i\}}(G) \mid G \in \mathfrak{X}) \subseteq \text{form}(G/F_{\{g\sigma_i\}}(G) \mid G \in \mathfrak{X}) = m(\sigma_i) \text{ для всех } \sigma_i \in \Pi.$$

Значит, $A \in \mathfrak{M}$. Следовательно, $\mathfrak{X} \subseteq \mathfrak{M}$. Из последнего вытекает, что $\mathfrak{F} = c^\sigma \text{form}(\mathfrak{X}) \subseteq \mathfrak{M}$.

Докажем теперь обратное включение. Пусть f_1 – произвольное обобщенное σ -локальное задание формации \mathfrak{F} . Покажем прежде, что $m \leq f_1$. Пусть $A \in \mathfrak{X} \subseteq \mathfrak{F} = BLF_\sigma(f_1)$. Тогда $A/R_\sigma(A) \in f_1(\emptyset)$ и $A/F_{\{g\sigma_i\}}(A) \in f_1(\sigma_i)$ для всех $\sigma_i \in \Pi$. Следовательно, $m(\emptyset) = \text{form}(G/R_\sigma(G) \mid G \in \mathfrak{X}) \subseteq \text{form}(f_1(\emptyset)) = f_1(\emptyset)$ и $m(\sigma_i) = \text{form}(G/F_{\{g\sigma_i\}}(G) \mid G \in \mathfrak{X}) \subseteq \text{form}(f_1(\sigma_i)) = f_1(\sigma_i)$ для всех $\sigma_i \in \Pi$.

Таким образом, $m(\emptyset) \subseteq f_1(\emptyset)$ и $m(\sigma_i) \subseteq f_1(\sigma_i)$ для всех $\sigma_i \in \sigma^+(\mathfrak{X})$. Значит, $m \leq f_1$. Тогда $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{F}$. Итак, $\mathfrak{M} = \mathfrak{F}$ и $m = f$.

Докажем четвертое утверждение теоремы. Пусть t – обобщенная формационная σ -функция такая, что

$$t(a) = \begin{cases} \text{form}(G \mid G \in h(\emptyset) \cap \mathfrak{F}, R_\sigma(G) = 1), & \text{если } a = \emptyset; \\ \text{form}(G \mid G \in h(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}, O_{\sigma_i}(G) = 1), & \text{если } a = \sigma_i \in \Pi. \end{cases}$$

Покажем, что $t = f$. Пусть $A \in \mathfrak{X} \subseteq \mathfrak{F} = BLF_\sigma(h)$. Тогда $A/R_\sigma(A) \in h(\emptyset) \cap \mathfrak{F}$. Так как $R_\sigma(A/R_\sigma(A)) = 1$, то $A/R_\sigma(A) \in (G \mid G \in h(\emptyset) \cap \mathfrak{F}, R_\sigma(G) = 1) \subseteq \text{form}(G \mid G \in h(\emptyset) \cap \mathfrak{F}, R_\sigma(G) = 1) = t(\emptyset)$.

Следовательно, $f(\emptyset) \subseteq t(\emptyset)$.

Ввиду того, что $A \in \mathfrak{X}$, имеем $A/F_{\{g\sigma_i\}}(A) \in h(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}$ для всех $\sigma_i \in \sigma^+(A)$.

Так как $O_{\sigma_i}(A/F_{\{g\sigma_i\}}(A)) = 1$, то $A/F_{\{g\sigma_i\}}(A) \in (G \mid G \in h(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}, O_{\sigma_i}(G) = 1) \subseteq \text{form}(G \mid G \in h(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}, O_{\sigma_i}(G) = 1) = t(\sigma_i)$ для всех $\sigma_i \in \Pi$.

Следовательно, $f(\sigma_i) \subseteq t(\sigma_i)$ для всех $\sigma_i \in \Pi$. Итак, $f \leq t$.

Покажем теперь, что $t \leq f$. Пусть $A \in (G \mid G \in h(\emptyset) \cap \mathfrak{F}, R_\sigma(G) = 1)$. Тогда $A \in f(\emptyset)$. Значит, $(G \mid G \in h(\emptyset) \cap \mathfrak{F}, R_\sigma(G) = 1) \subseteq f(\emptyset)$. Следовательно,

$$t(\emptyset) = \text{form}(G \mid G \in h(\emptyset) \cap \mathfrak{F}, R_\sigma(G) = 1) \subseteq \text{form}(f(\emptyset)) = f(\emptyset).$$

Пусть $A \in (G \mid G \in h(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}, O_{\sigma_i}(G) = 1)$, где $\sigma_i \in \Pi$. Пусть $T = P \wr A = K \rtimes A$, где K – база сплетения T , а P – неединичная σ_i -группа. Тогда по лемме 6 имеет место $F_{\{g\sigma_i\}}(T) = O_{\sigma_i}(T) = K$. Следовательно,

$$A \cong T/O_{\sigma_i}(T) = T/K = T/F_{\{g\sigma_i\}}(T) \in h(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}.$$

Значит, по лемме 5 получаем $T \in \mathfrak{F}$. Поэтому $A \cong T/O_{\sigma_i}(T) \in f(\sigma_i)$. Следовательно,

$$t(\sigma_i) = \text{form}(G \mid G \in h(\sigma_i) \cap \mathfrak{F}, O_{\sigma_i}(G) = 1) \subseteq \text{form}(f(\sigma_i)) = f(\sigma_i).$$

Таким образом, $t(\sigma_i) \subseteq f(\sigma_i)$ для всех $\sigma_i \in \Pi$. Так как $t(\emptyset) \subseteq f(\emptyset)$ и $t(\sigma_i) \subseteq f(\sigma_i)$ для всех $\sigma_i \in \Pi$, то $t \leq f$. Итак, $m = f$. Теорема доказана.

Следствие 1. Пусть f_i – наименьшее обобщенное σ -локальное задание формации \mathfrak{F}_i , $i = 1, 2$. Тогда и только тогда $\mathfrak{F}_1 \subseteq \mathfrak{F}_2$, когда $f_1 \leq f_2$.

В случае, когда $\sigma = \sigma^1 = \{\{2\}, \{3\}, \dots\}$, из теоремы получаем следующие известные результаты:

Следствие 2 [14, теорема]. Пусть \mathfrak{X} – некоторая непустая совокупность групп такая, что $\mathfrak{F} = c^\sigma \text{form}(\mathfrak{X}) = BLF(f)$, $\pi = \pi(\text{Com}(\mathfrak{X}))$, и пусть f – наименьшее обобщенное локальное задание формации \mathfrak{F} . Тогда справедливы следующие утверждения:

- 1) $\pi(\text{Com}(\mathfrak{X})) = \pi(\text{Com}(\mathfrak{F}))$;
- 2) $f(p) = \text{form}(G/C^p(G) \mid G \in \mathfrak{X})$ для всех $p \in \pi$;
- 3) $f(p) = \emptyset$ для всех $p \in \mathbb{P} \setminus \pi$;

4) если h – произвольное обобщенное локальное задание формации \mathfrak{F} , то для всех $p \in \pi$ имеет место $f(p) = \text{form}(G \mid G \in \mathfrak{F} \cap h(p), O_p(G) = 1)$.

Следствие 3 [14, следствие 1]. Пусть f_i – наименьшее обобщенное локальное задание формации \mathfrak{F}_i , $i = 1, 2$. Тогда и только тогда $\mathfrak{F}_1 \subseteq \mathfrak{F}_2$, когда $f_1 \leq f_2$.

Заключение. Найдено описание наименьшего обобщенного σ -локального задания бэровской σ -локальной формации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шеметков, Л.А. Формации конечных групп / Л.А. Шеметков. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-матем. лит., 1978. – 272 с. – (Соврем. алгебра).
2. Скиба, А.Н. Алгебра формаций / А.Н. Скиба. – Минск: Беларуская навука, 1997. – 240 с.
3. Скиба, А.Н. Кратно L-композиционные формации конечных групп / А.Н. Скиба, Л.А. Шеметков // Украинский матем. журн. – 2000. – Т. 52, № 6. – С. 783–797.
4. Чи, Чжан. О \sum_{σ}^{σ} -замкнутых классах конечных групп / Чжан Чи, А.Н. Скиба // Украинский матем. журн. – 2018. – Т. 70, № 2. – С. 1707–1715.
5. Chi, Zhang. On n -multiply σ -local formations of finite groups / Zhang Chi, V.G. Safonov, A.N. Skiba // Comm. Algebra. – 2019. – Vol. 47, № 3. – P. 957–968.
6. Safonov, V.G. On Baer- σ -local formations of finite groups / V.G. Safonov, I.N. Safonova, A.N. Skiba // Comm. Algebra. – 2020. – Vol. 48, № 9. – P. 4002–4012.
7. Safonov, V.G. On one generalization of σ -local and Baer-local formations / V.G. Safonov, I.N. Safonova, A.N. Skiba // Проблемы физики, математики и техники. – 2019. – № 4(41). – С. 65–69.
8. Skiba, A.N. On σ -subnormal and σ -permutable subgroups of finite groups / A.N. Skiba // J. Algebra. – 2015. – Vol. 436. – P. 1–16.
9. Skiba, A.N. Some characterizations of finite σ -soluble $P\sigma T$ -groups / A.N. Skiba // J. Algebra. – 2018. – Vol. 495. – P. 114–129.
10. 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.
11. Safonova, I.N. On some properties of the lattice of totally σ -local formations of finite groups / I.N. Safonova, V.G. Safonov // Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика. – 2020. – № 3. – С. 6–16.
12. Tsarev, A.A. On a question of the theory of partially composition formations / A.A. Tsarev, N.N. Vorob'ev // Algebra Colloquium. – 2014. – Vol. 21, № 3. – P. 437–447.
13. Safonova, I.N. A criterion for σ -locality of a non-empty formation / I.N. Safonova // Comm. Algebra. – 2022. – Vol. 50, № 6. – P. 2366–2376.
14. Скиба, А.Н. О минимальном композиционном экране композиционной формации / А.Н. Скиба, Л.А. Шеметков // Вопросы алгебры. – Гомель: Изд-во Гомел. гос. ун-та, 1992. – Вып. 7. – С. 39–43.

REFERENCES

1. Shemetkov L.A. *Formatsii konechnykh grupp* [Formations of Finite Groups], Moscow: Nauka, 1978, 272 p. – (Sovremennaya algebra).
2. Skiba A.N. *Algebra formatsii* [Algebra of Formations], Minsk: Belaruskaya navuka, 1997, 240 p.
3. Skiba A.N., Shemetkov L.A. *Ukr. Mat. Zhurn.* [Ukrainian Mathematical Journal], 2000, 52(6), p. 898–913.
4. Chi Z., Skiba A.N. *Ukr. Mat. Zhurn.* [Ukrainian Mathematical Journal], 2019, 70(12), p. 1966–1977.
5. Chi Zhang, Safonov V.G., Skiba A.N. *Comm. Algebra.* – 2019. – Vol. 47, № 3. – P. 957–968.
6. Safonov, V.G. On Baer- σ -local formations of finite groups / V.G. Safonov, I.N. Safonova, A.N. Skiba // *Comm. Algebra.* – 2020. – Vol. 48, № 9. – P. 4002–4012.
7. Safonov V.G. *Problemy fiziki, matematiki i tekhniki* [Problems of Physics, Mathematics and Technology], 2019, 4(41), p. 65–69.
8. Skiba, A.N. On σ -subnormal and σ -permutable subgroups of finite groups / A.N. Skiba // *J. Algebra.* – 2015. – Vol. 436. – P. 1–16.
9. Skiba, A.N. Some characterizations of finite σ -soluble $P\sigma T$ -groups / A.N. Skiba // *J. Algebra.* – 2018. – Vol. 495. – P. 114–129.
10. 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.
11. Safonova I.N., Safonov V.G. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika. Informatika* [Journal of the Belarussian State University. Mathematics and Informatics], 2020, 3, p. 6–16.
12. Tsarev, A.A. On a question of the theory of partially composition formations / A.A. Tsarev, N.N. Vorob'ev // *Algebra Colloquium.* – 2014. – Vol. 21, № 3. – P. 437–447.
13. Safonova, I.N. A criterion for σ -locality of a non-empty formation / I.N. Safonova // *Comm. Algebra.* – 2022. – Vol. 50, № 6. – P. 2366–2376.
14. Skiba A.N., Shemetkov L.A. *Voprosy Algebrы* [Problems of Algebra], 1992, 7, p. 39–43.

Поступила в редакцию 09.06.2022

Адрес для корреспонденции: e-mail: vornik2001@mail.ru – Воробьев Н.Н.

УДК 512.542

КОНЕЧНЫЕ ГРУППЫ C и V sp -ВЛОЖЕННЫМИ ПОДГРУППАМИ

В.С. Закревская

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

Все рассматриваемые в данной статье группы конечны. Мы говорим, что подгруппа A из G является u V sp -вложенной в G , если $A = \langle L, T \rangle$, где L – это \mathcal{X} -нормальная, а T – это S -перестановочная подгруппы группы G . Также мы предлагаем рассмотреть следующее новое свойство вложенных подгрупп конечных групп: H – слабо u V sp -вложенная подгруппа в G , если G имеет субнормальную подгруппу K такую, что $G = HK$, $H_{usG} \leq K$ и $|H \cap K : H_{usG}|$ – это p' -число, где H_{usG} обозначает подгруппу H , порожденную всеми теми подгруппами H , которые являются u V sp -вложенными в G .

Цель работы – исследование связи между слабой и u V sp -вложенностью максимальных подгрупп и разрешимостью группы.

Материал и методы. Используются методы исследования теории конечных групп.

Результаты и их обсуждение. Пусть G – группа и $p \in \pi(G)$. Если каждый элемент $\mathfrak{S}_p(G)$ слабо u V sp -вложен в G , то G является p -разрешимой.

Заключение. Найдено новое свойство вложенных подгрупп конечных групп.

Ключевые слова: конечная группа, \mathcal{X} -нормальная подгруппа, S -перестановочная подгруппа, u V sp -вложенная подгруппа, слабо u V sp -вложенная подгруппа.

FINITE GROUPS WITH u V sp -EMBEDDED SUBGROUPS

V.S. Zakrevskaya

Education Establishment “Francisk Skorina Gomel State University”

Throughout the paper, all groups are finite and G always denotes a finite group. We say that a subgroup A of G is u V sp -embedded in G if $A = \langle L, T \rangle$, where L is \mathcal{X} -normal and T is S -permutable subgroups of G . We also provide to consider the following new property of embedded subgroups of finite groups: H is weakly u V sp -embedded in G if G has a subnormal subgroup K such that $G = HK$, $H_{usG} \leq K$ and $|H \cap K : H_{usG}|$ is a p' -number, where H_{usG} denotes the subgroup of H generated by all those subgroups of H which are u V sp -embedded in G .

The purpose of the research is to investigate the relationship between the weakly u V sp -embedding of maximal subgroups and the solvability of a group.

Material and methods. Methods of the study of the finite group theory are used.

Findings and their discussion. Let G be a group and $p \in \pi(G)$. If every element of $\mathfrak{S}_p(G)$ is weakly u V sp -embedded in G then G is p -soluble.

Conclusion. The new property of embedded subgroups of finite groups was found.

Key words: finite group, \mathcal{X} -normal subgroup, u V sp -embedded subgroup, S -permutable subgroup, weakly u V sp -embedded subgroup.

Все рассматриваемые здесь группы конечны, и G всегда является конечной группой. Через $|G|$ мы обозначаем порядок G , а под $\pi(n)$ подразумеваем множество всех простых чисел, делящих n . Пусть p – простое число, а p' – дополняющее множество простых чисел. Пусть M – подгруппа группы G . Напомним, что подгруппа H из G называется: 2-максимальной подгруппой группы G , если H является максимальной подгруппой некоторой максимальной подгруппы M из G ; 3-максимальной подгруппой группы G , если H является 2-максимальной подгруппой некоторой максимальной подгруппы; \mathcal{X} -нормальной в G [1], если либо $H \trianglelefteq G$, либо $H_G \neq H^G$ и каждый главный фактор G между H_G и H^G является циклическим.

Влияние дополняемых характеристик подгрупп конечной группы на ее структуру изучалось многими авторами. Например, И. Ван [2] ввел понятие s -нормальности подгруппы группы, дав следующее

определение: подгруппа H группы G называется s -нормальной в G , если G имеет нормальную подгруппу K такую, что $G = HK$ и $H \cap K \leq H_G$, где H_G – наибольшая нормальная подгруппа группы G , содержащаяся в H . Он доказал, что группа G разрешима тогда и только тогда, когда каждая максимальная подгруппа группы G является s -нормальной в G [2, теорема 3.1], а также что группа G разрешима тогда и только тогда, когда существует разрешимая s -нормальная максимальная подгруппа M из G [2, теорема 3.4]. А. Баллестер-Болиншес и др. в [3] дали следующее определение: подгруппа H группы G называется s -дополняемой в G , если G имеет подгруппу K такую, что $G = HK$ и $H \cap K \leq H_G$. Таким образом, они расширили понятие s -нормальности подгруппы группы G до s -дополняемости. О.Г. Кегель в [4] представил следующую концепцию: подгруппа A называется s -перестановочной в G , если A перестановочна с каждой силовской подгруппой. А.Н. Скиба в [5] отметил, что s -перестановочность и s -нормальность являются совершенно разными обобщениями нормальности (см. пример 1.2 в [5]), и он ввел понятие, называемое слабой s -перестановочностью, дав следующее определение: подгруппа H группы G считается слабо s -перестановочной в G , если G имеет субнормальную подгруппу K такую, что $G = HK$ и $H \cap K \leq H_{sG}$, где H_{sG} – подгруппа H , порожденная всеми теми подгруппами H , которые являются s -перестановочными в G . В той же статье А.Н. Скиба также дал определение слабо s -дополняемой подгруппы: подгруппа H из G называется слабо s -дополняемой в G , если G имеет подгруппу K такую, что $G = HK$ и $H \cap K \leq H_{sG}$. В работе [6] И. Лв и И. Ли расширяют понятие s -нормальности с количественной точки зрения, вводя определение c_p -нормальности: пусть G – группа и p – простое число. Подгруппа H группы G называется c_p -нормальной в G , если G имеет нормальную подгруппу K такую, что $G = HK$, $H_G \leq K$ и $H \cap K/H_G$ – это p' -группа. Используя эту концепцию, они доказали, что группа G является p -разрешимой тогда и только тогда, когда каждая максимальная подгруппа G является c_p -нормальной в G [6, следствие 3.3] и что группа G является p -разрешимой, если каждая 2-максимальная подгруппа группы G является c_p -нормальной в G [6, теорема 3.9]. В [7] М. Асаад и М. Рамадан вводят новое свойство вложенных подгрупп, которое можно рассматривать как обобщение понятий s -нормальности, слабой s -перестановочности и c_p -нормальности. Они дают следующее определение: подгруппа H – слабо s_p -перестановочная в G , если G имеет субнормальную подгруппу K такую, что $G = HK$, $H_{sG} \leq K$ и $|H \cap K : H_{sG}|$ – это p' -число, где H_{sG} обозначает подгруппу H , порожденную всеми такими подгруппами H , которые являются s -перестановочными в G .

В настоящей работе мы получаем обобщения некоторых из этих результатов на основе следующего:

Определение 1. Мы говорим, что подгруппа A из G является $u \vee sp$ -вложенной в G , если $A = \langle L, T \rangle$, где L – это \mathcal{X} -нормальная, а T – это S -перестановочная подгруппа группы G .

Мы предлагаем рассмотреть следующее новое свойство вложенных подгрупп конечных групп:

Определение 2. Пусть H – подгруппа группы G , а p – простое число. Мы говорим, что H – слабо $u \vee sp$ -вложенная подгруппа в G , если G имеет субнормальную подгруппу K такую, что $G = HK$, $H_{usG} \leq K$ и $|H \cap K : H_{usG}|$ – это p' -число, где H_{usG} обозначает подгруппу H , порожденную всеми теми подгруппами H , которые являются $u \vee sp$ -вложенными в G .

В этой статье мы исследуем связь между слабо $u \vee sp$ -вложенностью максимальных подгрупп и разрешимостью группы. Некоторые недавние результаты улучшены и обобщены.

Цель данной работы – доказательство теоремы о порожденных σ -локальных формациях.

Материал и методы. Используются методы исследования теории конечных групп.

Результаты и их обсуждение. Вначале приведем несколько лемм, применяемых при доказательстве основных результатов.

Лемма 3. Пусть G – группа, и $A \leq K \leq G$, $B \leq G$. Тогда:

- (1) Если A и B субнормальны в G , то $\langle A, B \rangle$ субнормальна в G [8, А, 14.4].
- (2) Предположим, что A является нормальной в G . Тогда K/A субнормальна в G/A тогда и только тогда, когда K субнормальна в G [8, А, 14.1].
- (3) Если A субнормальна в G , то $A \cup B$ является субнормальным в B [8, А, 14.1].
- (4) Если A субнормальна в G и A является π -подгруппой G , то $A \leq O_\pi(G)$ [9].

Лемма 4 (см. леммы 2.8, 3.1 и теоремы В и С в [10]). Пусть H , K и R – подгруппы группы G . Предположим, что H является S -перестановочной в G , а R нормальна в G . Тогда:

- (1) H субнормальна в G .

(2) Подгрупа HR/R является S -перестановочной в G/R .

(3) Если K примарна, то K является S -перестановочной в G тогда и только тогда, когда $O^p(G) \leq N_G(K)$.

(4) Если $H \leq K$, то H является S -перестановочной в K .

(5) Если $R \leq K$ и K/R являются S -перестановочными в G/R , то K S -перестановочна в G .

(6) Если K S -перестановочна в G , то $H \cap K$ и $\langle H, K \rangle$ являются S -перестановочными в G .

(7) $H \cap K$ S -перестановочна в K .

(8) H/H_G является нильпотентной.

Лемма 5. Пусть A, B и N – подгруппы группы G , где A и V sp -вложена в G , а N нормальна в G .

(1) Если $N \leq B$ и B/N и V sp -вложены в G/R , то B является и V sp -вложенной в G .

(2) Если B – и V sp -вложенная подгрупа в G , то $\langle A, B \rangle$ является и V sp -вложенной в G .

(3) A/N и V sp -вложена в G/N .

Доказательство. Пусть $A = \langle L, T \rangle$, где L – \mathcal{U} -нормальная подгрупа, а T – S -перестановочная подгрупа группы G .

(1) Пусть $B/N = \langle V/N, W/N \rangle$, где V/N является \mathcal{U} -нормальной в G/N , а W/N S -перестановочна в G/N . Тогда $B = \langle V, W \rangle$, где V является \mathcal{U} -нормальной в G по лемме 2.8(3) в [11], а W S -перестановочна в G по лемме 4(5), таким образом, B – это и V sp -вложенная подгрупа группы G .

(2) Пусть $B = \langle V, W \rangle$, где V – \mathcal{U} -нормальная, а W – S -перестановочная подгруппы группы G . Тогда

$$\langle A, B \rangle = \langle \langle L, T \rangle, \langle V, W \rangle \rangle = \langle \langle L, V \rangle, \langle T, W \rangle \rangle,$$

где $\langle L, V \rangle$ является \mathcal{U} -нормальной в G по лемме 2.8(1) в [11] и $\langle T, W \rangle$ S -перестановочна в G по лемме 4(6). Следовательно, $\langle A, B \rangle$ – и V sp -вложенная в G .

(3) $A/N = \langle L/N, T/N \rangle$, где L/N является \mathcal{U} -нормальной в G/N по леммам 2.8(2) в [11] и T/N S -перестановочна в G/N по лемме 4(2). Следовательно, A/N и V sp -вложена в G/N .

Лемма доказана.

Лемма 6. Пусть G – группа и $H \leq K \leq G$. Тогда выполняются следующие утверждения:

(1) H_{usG} – и V sp -вложенная подгрупа группы G и $H_{sG} \leq H_{usG}$.

(2) Предположим, что H является нормальной в G . Тогда $(K/H)_{us(G/H)} = K_{usG}/H$.

Доказательство. (1) Это очевидно из леммы 5(2) и того факта, что каждая S -перестановочная подгрупа является и V sp -вложенной в G .

(2) Пусть $V/H = (K/H)_{us(G/H)}$. Итак, нам нужно доказать, что $V/H = K_{usG}/H$.

Сначала обратим внимание, что $V/H \leq K/H$ и V/H сгенерированы всеми такими подгруппами из K/H , которые являются и V sp -вложенными в G/H . Тогда из пункта (1) мы имеем, что V/H и V sp -вложена в G/H . V и V sp -вложена в G по лемме 5(1), $V \leq K$, поэтому $V \leq K_{usG}$ и $V/H \leq K_{usG}/H$.

С другой стороны, поскольку K_{usG} и V sp -вложена в G согласно пункту (1), то K_{usG}/H – и V sp -вложенная подгрупа в G/H по лемме 5(3). $K_{usG} \leq K$, поэтому $K_{usG}/H \leq K/H$. Обратите внимание, что K/H и V sp -вложена в G/H , значит, $K_{usG}/H \leq V/H$.

Лемма доказана.

Лемма 7. Пусть G – группа, H – подгрупа группы G и p – простое число. Тогда

(1) Пусть N – нормальная подгрупа из G и $N \leq H$. Тогда H – слабо и V sp -вложенная подгрупа группы G тогда и только тогда, когда H/N слабо и V sp -вложена в G/N .

(2) Пусть $H \leq K \leq G$. Если H слабо и V sp -вложена в G , то H слабо и V sp -вложена в K .

(3) Каждая p -подгрупа группы G является слабо и V sp -вложенной в G .

Доказательство. (1) Предположим, что H слабо и V sp -вложена в G . Тогда существует субнормальная подгрупа K такая, что $G = HK$, $H_{usG} \leq K$ и $|H \cap K: H_{usG}|$ является p' -числом. Так как $N \leq H$, мы имеем, что $N \leq H_{usG} \leq K$. Итак, $G/N = (H/N)(K/N)$, $(H/N)_{us(G/N)} = H_{usG}/N \leq K/N$ по лемме 6(2) и $|(H/N) \cap (K/N): (H/N)_{us(G/N)}| = |(H \cap K)/N: H_{usG}/N| = |H \cap K: H_{usG}|$ – это p' -число. Следовательно, H/N слабо и V sp -вложена в G/N . Обратно, мы предполагаем, что H/N слабо и V sp -вложена в G/N . Учитывая, что K/N является субнормальной подгруппой G/N , такой, что $G/N = (H/N)(K/N)$, $(H/N)_{us(G/N)} \leq K/N$ и $|(H/N) \cap (K/N): (H/N)_{us(G/N)}|$ – это p' -число. Согласно лемме 3(2), K является субнормальной в G . Поскольку $(H/N)_{us(G/N)} = H_{usG}/N$ по лемме 6(2),

мы имеем, что $H_{usG} \leq K$. Тогда $G = HK$ и $|(H/N) \cap (K/N): (H/N)_{us(G/N)}| = |(H \cap K)/N: H_{usG}/N| = |H \cap K: H_{usG}|$ – это p' -число. Следовательно, H слабо и \forall sp -вложена в G .

(2) Предположим, что H слабо и \forall sp -вложена в G . Тогда существует субнормальная подгруппа T такая, что $G = HT$, $H_{usG} \leq T$ и $|H \cap T: H_{usG}|$ является p' -числом. Поскольку $H \leq K$, то $K = K \cap HT = H(K \cap T)$. Согласно лемме 3(3), $K \cap T$ является субнормальной в K , $H_{usG} \leq K \cap T$ и $|H \cap (K \cap T): H_{usG}| = |H \cap T: H_{usG}|$ – это p' -число. Следовательно, H слабо и \forall sp -вложена в K .

(3) Пусть H – p' -подгруппа группы G . Мы имеем, что $G = HG$, $H_{usG} \leq G$ и $|H \cap G: H_{usG}| = |H: H_{usG}|$ – это p' -число. Следовательно, H и \forall sp -вложена в G .

Лемма доказана.

Введем следующие семейства подгрупп для заданной группы G (см. [2]):

Определение 8. Пусть G – группа, а p – простое число. Мы даем следующие определения:

$\mathfrak{S}_p(G) = \{M: M \text{ максимальна в } G, p \nmid |G: M|\}$.

$\mathfrak{S}^p(G) = \{M: M \text{ максимальна в } G \text{ и } N_G(P) \leq M \text{ для некоторой силовской } p\text{-подгруппы } P \text{ из } G\}$.

$\Phi_p(G) = \cap \{M: M \in \mathfrak{S}_p(G)\}$ если $\mathfrak{S}_p(G)$ не пусто; иначе $\Phi_p(G) = G$.

$\Phi^p(G) = \cap \{M: M \in \mathfrak{S}^p(G)\}$ если $\mathfrak{S}^p(G)$ не пусто; иначе $\Phi^p(G) = G$.

Лемма 9. Пусть G – группа. Тогда

(1) $\Phi_p(G)$ является p -замкнутым для каждого $p \in \pi(G)$.

(2) $\Phi^p(G)$ является p -замкнутым для каждого $p \in \pi(G)$.

Доказательство. (1) см. [12, III, Aufgaben 12(a)].

(2) см. [2, лемма 2.2(1)].

Лемма 10 ([13, теорема 1.2.14(2)]; см. также [4]). Если H является s -перестановочной подгруппой группы G , то частное H^G/H_G нильпотентно.

Лемма 11 ([6, следствие 3.3]). Пусть G будет группой. G является p -разрешимой тогда и только тогда, когда каждая максимальная подгруппа G c_p -нормальна в G .

Лемма 12. Пусть G – группа. Если G является p -разрешимой, то каждая максимальная подгруппа G слабо и \forall sp -вложена в G .

Доказательство. Предположим, что G является p -разрешимой. Тогда по лемме 11 каждая максимальная подгруппа G является c_p -нормальной в G . Следовательно, согласно лемме 7(1), каждая максимальная подгруппа G слабо и \forall sp -вложена в G .

Теперь перейдем к доказательству основных результатов. Сначала мы докажем:

Теорема 1. Пусть G – группа и $p \in \pi(G)$. Если каждый элемент $\mathfrak{S}_p(G)$ слабо и \forall sp -вложен в G , то G является p -разрешимой.

Доказательство. Предположим, что теорема ложна, и пусть G будет контрпримером минимального порядка. Тогда

(1) $\mathfrak{S}_p(G) \neq \emptyset$.

Действительно, пусть $\mathfrak{S}_p(G) = \emptyset$, то есть p делит индекс каждой максимальной подгруппы в G . Тогда G является p -группой, потому что в противном случае G_p (силовская подгруппа группы G) содержится в некоторой максимальной подгруппе G и, следовательно, ее индекс делится на p , что противоречит определению силовской подгруппы. Значит, G является p -разрешимой. Следовательно, мы имеем (1).

(2) G не является простой.

Предположим, что G простая. Согласно (1), $\mathfrak{S}_p(G) \neq \emptyset$. Пусть $H \in \mathfrak{S}_p(G)$. Согласно гипотезе, H – слабо и \forall sp -вложенная подгруппа группы G . По определению, G имеет субнормальную подгруппу K такую, что $G = HK$, $H_{usG} \leq K$ и $|H \cap K: H_{usG}|$ является p' -числом. $K \neq 1$ по гипотезе, следовательно, $K = G$. Если $H_{usG} \neq 1$, обозначим $T = H_{usG}$. Обратим внимание, что T и \forall sp -вложена в G по лемме 6(1). Следовательно, $T = \langle V, W \rangle$ для некоторой \mathcal{U} -нормальной подгруппы V и S -перестановочной подгруппы W из G . Рассмотрим T_G . Если $T_G \neq 1$, то $T_G = G$, противоречие. Таким образом, $T_G = 1$. Теперь предположим, что $V = 1$. Тогда $T = W$ является S -перестановочной, а также субнормальной. Поскольку $W \leq T \neq G$, $W = 1$ по предположению. Следовательно, $T = V$. Тогда из $V_G \leq T_G = 1$ мы получаем, что $T^G = G \leq Z^{\mathcal{U}}(G)$. Следовательно, G сверхразрешима, противоречие. Тогда мы имеем, что $G = HG$, $H_{usG} \leq G$ и $|H \cap G: H_{usG}| = |H: H_{usG}|$ является p' -числом, а $H_{usG} = 1$, а значит, H – p' -группа.

Но поскольку $p \mid |G|$ и $p \nmid |G:H|$ по гипотезе, мы имеем, что $p \mid |H|$ по теореме Лагранжа. Противоречие. Таким образом, G не является простой.

(3) Пусть N – минимальная нормальная подгруппа группы G . Тогда $N < G$ и G/N является p -разрешимой.

Согласно (2), $N < G$. Если $p \nmid |G/N|$, то G/N p -разрешима. Если $p \in \pi(G/N)$ и $\mathfrak{F}_p(G/N) = \emptyset$, то G/N является p -группой и, следовательно, G/N p -разрешима. Если $p \in \pi(G/N)$ и $\mathfrak{F}_p(G/N) \neq \emptyset$, пусть $H/N \in \mathfrak{F}_p(G/N)$. Тогда $H \in \mathfrak{F}_p(G)$. Согласно гипотезе, H слабо и ν sp -вложена в G . Тогда H/N слабо и ν sp -вложена в G/N по лемме 7(1). Следовательно, при минимальном выборе G , G/N является p -разрешимой.

(4) G имеет уникальную минимальную нормальную подгруппу, скажем, N , и N является абелевой.

Предположим, что G имеет две различные минимальные нормальные подгруппы N_1 и N_2 . Согласно (3), как G/N_1 , так и G/N_2 являются p -разрешимыми. Поскольку $G = G/(N_1 \cap N_2)$ изоморфно подгруппе $G/N_1 \times G/N_2$, из этого следует, что G p -разрешима, противоречие. Таким образом, G имеет уникальную минимальную нормальную подгруппу N .

Последнее противоречие. Согласно (4), G имеет уникальную минимальную нормальную подгруппу N . Исходя из (3), G/N является p -разрешимой. Согласно лемме 9(1), $\Phi_p(G)$ p -замкнута. Следовательно, если $N \leq \Phi_p(G)$, мы имеем, что G является p -разрешимой, противоречие. Таким образом, $N \leq \Phi_p(G)$. Тогда существует некоторая $M \in \mathfrak{F}_p(G)$ такая, что $N \not\leq M$. Согласно предположению, M слабо и ν sp -вложена в G . По определению, существует субнормальная подгруппа K такая, что $G = MK$, $M_{usG} \leq K$ и $|M \cap K: M_{usG}|$ является p' -числом. Либо $M_{usG} = 1$, либо $M_{usG} \neq 1$. Если $M_{usG} = 1$, то $M \cap K$ – это p' -группа. Теперь очевидно следует, что $|K: M \cap K|$ – это p' -число, и поэтому K – это p' -группа. Затем, согласно лемме 3(4), $K \leq O_{p'}(G)$ и, следовательно, $N \leq O_{p'}(G)$. Согласно (3), G/N p -разрешима. Следовательно, G является p -разрешимой, что является противоречием.

Если $M_{usG} \neq 1$, обозначим $A = M_{usG}$. Обратим внимание, что A и ν sp -вложена в G по лемме 6(1). Следовательно, $A = \langle L, T \rangle$ для некоторой \mathcal{U} -нормальной подгруппы L и S -перестановочной подгруппы T из G . Рассмотрим A_G . Если $A_G \neq 1$, то $N \leq A_G$ согласно пункту (4). Итак, $N \leq A_G \leq M_{usG} \leq M$, противоречие. Таким образом, $A_G = 1$. Теперь предположим, что $L = 1$. Тогда $A = T$ является S -перестановочной, поэтому, согласно лемме 10, A^G нильпотентна. Поскольку G не является p -разрешимой, из этого следует, что $A^G < G$. Тогда $N \leq A^G$ и, таким образом, N является нильпотентной. Следовательно, G p -разрешима, что является противоречием. Таким образом, $L \neq 1$. Тогда из $L_G \leq A_G = 1$ мы получаем, что $N \leq L^G = G \leq Z^{\mathcal{U}}(G)$. Следовательно, N является циклической, вопреки утверждению (4).

Теорема доказана.

Теорема 1 и лемма 12 приводят к следующему следствию

Теорема 2. Пусть G – группа и $p \in \pi(G)$. Тогда G является p -разрешимой тогда и только тогда, когда каждый элемент \mathfrak{F}_p слабо и ν sp -вложен в G .

Доказательство. Достаточность. Предположим, что теорема ложна, и пусть G будет контрпримером минимального порядка. Если $\mathfrak{F}_p(G) = \emptyset$, то G – это p -группа. Таким образом, G p -разрешима, что является противоречием. Пусть N – минимальная нормальная подгруппа G . Мы рассматриваем фактор-группу G/N . Учитывая $H/N \in \mathfrak{F}_p(G/N)$, мы имеем, что $p \nmid |G/N:H/N| = |G:H|$. Следовательно, $H \in \mathfrak{F}_p(G)$. Согласно лемме 7(1), каждый элемент $\mathfrak{F}_p(G/N)$ слабо и ν sp -вложен в G/N . Таким образом, G/N p -разрешима. Применяя стандартные аргументы, мы имеем, что N является единственной минимальной нормальной подгруппой G , N неабелева и $p \mid |N|$. Если $N \leq \Phi_p(G)$, то по [3, 1.1] N разрешима. Тогда G является p -разрешимой, противоречие.

Пусть $M \in \mathfrak{F}_p(G)$. Согласно гипотезе, M слабо и ν sp -вложена в G . По определению, G имеет субнормальную подгруппу K такую, что $G = MK$, $M_{usG} \leq K$ и $|M \cap K: M_{usG}|$ является p' -числом.

Если $M_{usG} \neq 1$, обозначим $T = M_{usG}$. Обратим внимание, что T и ν sp -вложена в G по лемме 6(1). Следовательно, $T = \langle V, W \rangle$ для некоторой \mathcal{U} -нормальной подгруппы V и S -перестановочной подгруппы W из G . Рассмотрим T_G . Если $T_G \neq 1$, то $T_G = G$, противоречие. Таким образом, $T_G = 1$. Теперь предположим, что $V = 1$. Тогда $T = W$ является S -перестановочной, а также субнормальной. Поскольку $W \leq T \neq G$, $W = 1$ по гипотезе. Следовательно, $T = V$. Тогда из $V_G \leq T_G = 1$ мы получаем, что $T^G = G \leq Z_{\mathcal{U}}(G)$. Таким образом, G p -разрешима, что является противоречием.

Тогда мы имеем, что $M_{usG} = 1$, так что $|M \cap K : M_{usG}| = |M \cap K|$ – это p' -число. Таким образом, $M \cap N \leq M \cap K$ является p' -группой. Следовательно, $p \mid |G : M| = |N : N \cap M| = |N|$, вопреки выбору M .

Необходимость. Мы доказываем, что каждая максимальная подгруппа G слабо и $\forall sp$ -вложена в G . Рассмотрим максимальную подгруппу M из G . Если $M_{usG} \neq 1$, мы знаем, что M/M_{usG} слабо и $\forall sp$ -вложена в G/M_{usG} по индукции. Следовательно, M слабо и $\forall sp$ -вложена в G по лемме 7(1).

Теперь предположим, что $M_{usG} = 1$. Выбрав минимальную нормальную подгруппу N из G , мы получим, что $N \not\leq M$. Таким образом, $G = MN$. Поскольку G p -разрешима, N является либо элементарной абелевой p -группой, либо p' -группой.

Пусть K – субнормальная подгруппа G , такая, что $G = MK$ и $M_{usG} \leq K$. Если N – элементарная абелева p -группа, то $M \cap N$ является нормальной подгруппой группы G . Таким образом, $M \cap N = 1$ по нашему выбору N . Следовательно, $|M \cap N| \leq |M \cap K| = |M \cap K : M_{usG}|$ является p' -числом, поэтому M слабо и $\forall sp$ -вложена в G . Если N – p' -группа, очевидно, что $M \cap N \leq M \cap K$ является p' -группой, поэтому $|M \cap K| = |M \cap K : M_{usG}|$ – p' -число. Следовательно, M слабо и $\forall sp$ -вложена в G .

Теорема доказана.

В качестве непосредственного следствия из теорем 1 и 2 мы имеем

Следствие. Пусть G – группа. Тогда G является p -разрешимой тогда и только тогда, когда каждая максимальная подгруппа G слабо и $\forall sp$ -вложена в G .

Заключение. Рассмотрено новое свойство вложенных подгрупп конечных групп и доказаны основные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hu, B. Finite groups with only F-normal and F-abnormal subgroups / B. Hu, J. Huang, A.N. Skiba // J. Group Theory. – 2019. – Vol. 22(5). – P. 915–926.
2. Wang, Y. c-normality of groups and its properties / Y. Wang // J. Algebra. – 1996. – Vol. 180. – P. 954–965.
3. Ballester-Bolinches, A. c-supplemented subgroups of finite groups / A. Ballester-Bolinches, Y. Wang, X. Guo // Glasgow Math. J. – 2000. – Vol. 42. – P. 383–389.
4. Kegel, O.H. Sylow-Gruppen und Subnormalteiler endlicher Gruppen / O.H. Kegel // Math. Z. – 1862. – Vol. 78. – P. 205–221.
5. Skiba, A.N. On weakly s-permutable subgroups of finite groups / A.N. Skiba // J. Algebra. – 2007. – Vol. 315. – P. 192.
6. Lv, Y. On c_p -normal subgroups of finite groups / Y. Lv, Y. Li // Comm. Algebra. – 2021. – Vol. 49. – P. 1405–1414.
7. Asaad, M. On weakly s_p -permutable subgroups of finite groups / M. Asaad, M. Ramadan // J. Algebra. – 2021. – In Print.
8. Doerk, K. Finite Soluble Groups / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin–New York: Walter de Gruyter, 1992. – 901 p.
9. Wielandt, H. Subnormal subgroups and permutation groups / H. Wielandt. – Lectures given at the Ohio State University, Columbus, Ohio, 1971.
10. Skiba, A.N. On σ -subnormal and σ -permutable subgroups of finite groups / A.N. Skiba // J. Algebra. – 2015. – Vol. 436. – P. 1–16.
11. Zakrevskaya, V.S. Finite Groups with Partially σ -Subnormal Subgroups in Short Maximal Chains / V.S. Zakrevskaya // Advances in Group Theory and Applications. – 2021. – Vol. 12. – P. 91–106.
12. Huppert, B. Endliche Gruppen I / B. Huppert. – Berlin–Heidelberg–New York: Springer-Verlag, 1967. – 796 p.
13. Ballester-Bolinches, A. Products of Finite Groups / A. Ballester-Bolinches, R. Estban-Romero, M. Asaad. – Berlin: Walter de Gruyter, 2010.

REFERENCES

1. Hu, B. Finite groups with only F-normal and F-abnormal subgroups / B. Hu, J. Huang, A.N. Skiba // J. Group Theory. – 2019. – Vol. 22(5). – P. 915–926.
2. Wang, Y. c-normality of groups and its properties / Y. Wang // J. Algebra. – 1996. – Vol. 180. – P. 954–965.
3. Ballester-Bolinches, A. c-supplemented subgroups of finite groups / A. Ballester-Bolinches, Y. Wang, X. Guo // Glasgow Math. J. – 2000. – Vol. 42. – P. 383–389.
4. Kegel, O.H. Sylow-Gruppen und Subnormalteiler endlicher Gruppen / O.H. Kegel // Math. Z. – 1862. – Vol. 78. – P. 205–221.
5. Skiba, A.N. On weakly s-permutable subgroups of finite groups / A.N. Skiba // J. Algebra. – 2007. – Vol. 315. – P. 192.
6. Lv, Y. On c_p -normal subgroups of finite groups / Y. Lv, Y. Li // Comm. Algebra. – 2021. – Vol. 49. – P. 1405–1414.
7. Asaad, M. On weakly s_p -permutable subgroups of finite groups / M. Asaad, M. Ramadan // J. Algebra. – 2021. – In Print.
8. Doerk, K. Finite Soluble Groups / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin–New York: Walter de Gruyter, 1992. – 901 p.
9. Wielandt, H. Subnormal subgroups and permutation groups / H. Wielandt. – Lectures given at the Ohio State University, Columbus, Ohio, 1971.
10. Skiba, A.N. On σ -subnormal and σ -permutable subgroups of finite groups / A.N. Skiba // J. Algebra. – 2015. – Vol. 436. – P. 1–16.
11. Zakrevskaya, V.S. Finite Groups with Partially σ -Subnormal Subgroups in Short Maximal Chains / V.S. Zakrevskaya // Advances in Group Theory and Applications. – 2021. – Vol. 12. – P. 91–106.
12. Huppert, B. Endliche Gruppen I / B. Huppert. – Berlin–Heidelberg–New York: Springer-Verlag, 1967. – 796 p.
13. Ballester-Bolinches, A. Products of Finite Groups / A. Ballester-Bolinches, R. Estban-Romero, M. Asaad. – Berlin: Walter de Gruyter, 2010.

Поступила в редакцию 12.05.2022

Адрес для корреспонденции: e-mail: tory.zakrevskaya@gmail.com – Закревская В.С.



БІАЛОГІЯ

УДК 582.282.31+57.083.132+577.151.45

ПРИМЕНЕНИЕ КСИЛОТРОФНЫХ ГРИБОВ РОДА *PLEUROTUS* И *TRICHODERMA* В СОВРЕМЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

Д.Д. Жерносеков

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

Грибы рода *Trichoderma* и *Pleurotus* – одни из наиболее изученных ксилотрофных грибов, которые нашли широкое применение в биотехнологическом производстве. Известно, что целлюлазы, продуцируемые грибами рода *Trichoderma*, являются важными промышленными продуктами, особенно при производстве биотоплива из целлюлозных отходов. Эффективные штаммы *Trichoderma* разрабатываются как перспективные биологические фунгициды. Виды *Pleurotus* рассматриваются не только как съедобные грибы, но и как важный компонент в переработке сельскохозяйственных отходов, они превращают эти отходы в богатую белком пищу. В последние годы обозначились новые направления по использованию ксилотрофных грибов в промышленности, медицине и сельском хозяйстве.

Цель статьи – проанализировать данные последних лет по практическому использованию ксилотрофных грибов рода *Pleurotus* и *Trichoderma* в биотехнологии; выделить перспективные направления дальнейших исследований.

Материал и методы. Материалом послужили экспериментальные исследования автора, а также работы известных ученых, посвященные изучению ксилотрофных грибов, их ферментного состава и практического применения в области сельского хозяйства, пищевой промышленности, медицины и биоремедиации.

Результаты и их обсуждение. Проведен анализ недавних экспериментальных исследований по изучению ксилотрофных грибов *Pleurotus* и *Trichoderma*. Определены оптимальные условия для глубинного культивирования вышеуказанных ксилотрофных грибов, способы получения ферментных препаратов на их основе, проведена оценка биологической и антимикробной активности препаратов, полученных из культуральной жидкости и мицелия.

Заключение. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка методов очистки ферментных препаратов из культуральной жидкости и мицелия ксилотрофных грибов. Исходя из данных литературных источников для практического использования ксилотрофных грибов в биотехнологии, наиболее целесообразным является использование комплексных грибных препаратов.

Ключевые слова: ксилотрофные грибы, биотехнология, ферментные системы ксилотрофных грибов.

APPLICATION OF XYLOTROPHIC FUNGI OF THE GENUS OF *PLEUROTUS* AND *TRICHODERMA* IN MODERN BIOTECHNOLOGY

D.D. Zhernosekov

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

Fungi of the genus of *Trichoderma* and *Pleurotus* are among the most studied xylophilic fungi that have found wide application in biotechnological production. It is known that cellulases produced by fungi of the genus of *Trichoderma* are important industrial products, especially in the production of cellulosic waste biofuels. Efficient strains of *Trichoderma* are developed as promising biological fungicides. *Pleurotus* species are considered not only as edible mushrooms, but also as an important component in the

processing of agricultural waste, they turn this waste into protein-rich food. In recent years, new trends have been identified for the use of these xylophilic fungi in industry, medicine and agriculture.

The purpose of the article is to analyze the data of recent years on the practical use of xylophilic fungi of the genus of *Pleurotus* and *Trichoderma* in biotechnology and to identify promising research areas.

Material and methods. The material was the experimental research of the author, as well as the works of domestic and foreign scientists devoted to the study of xylophilic fungi, their enzyme composition and practical application in the field of agriculture, food industry, medicine and bioremediation.

Findings and their discussion. The analysis of recent experimental studies of xylophilic fungi *Pleurotus* and *Trichoderma* was carried out. Optimal conditions for the deep cultivation of the above-mentioned xylophilic fungi, methods for obtaining enzyme preparations based on them were identified; the biological and antimicrobial activity of preparations obtained from culture fluid and mycelium was evaluated.

Conclusion. A promising direction for further research is the development of methods for the purification of enzyme preparations from the culture fluid and mycelium of the above-mentioned xylophilic fungi. Based on these literature sources for the practical use of xylophilic fungi in biotechnology, the most appropriate is the use of complex mushroom preparations.

Key words: xylophilic fungi, biotechnology, enzyme systems of xylophilic fungi.

Широкое применение в биотехнологии грибов *Trichoderma* и *Pleurotus* обусловлено двумя основными факторами – системой экскретируемых ферментов и системой вторичных метаболитов. Особенности жизнедеятельности ксилотрофных грибов подразумевают наличие мощной системы высокоактивных гидролитических ферментов. Грибы *Trichoderma* и *Pleurotus* относят к грибам белой гнили, поскольку субстраты после деструкции этими грибами становятся светлыми. В процессе ферментативного разрушения древесины происходит биодegradация лигнина, целлюлозы и гемицеллюлозы [1]. При деструкции лигнина основную работу выполняют окислительно-восстановительные ферменты – лигнин-пероксидазы, марганец-пероксидазы и гибридные пероксидазы. Пероксидазы разбивают связи С–С и С–О–С. Кроме того, они могут расщеплять и ароматические связи внутри самих субъединиц. Необходимая для работы этих ферментов перекись продуцируется оксидазами, например глиоксальоксидазой, которая переключается на производство перекиси в ответ на активацию пероксидаз. В свою очередь, глиоксальоксидаза использует продукты распада лигнина как субстрат для производства перекиси, таким образом, получается сопряженная ферментативная система. В процессе деструкции лигнина также важную роль играют лакказы. Эти ферменты относятся к оксидазам и катализируют окисление ароматических и неароматических соединений. Кроме оксидазных ферментов значительную роль в биотехнологии играют грибные протеиназы, которые выделяют из культуральной жидкости культивируемых грибов или из плодовых тел и мицелия [2–5].

Вторичные метаболиты ксилотрофных грибов представлены пептаиболами, терпенами, поликетидами и рядом других соединений. Природное назначение вторичных метаболитов – конкуренция с патогенными грибами в экологических нишах. Пептаиболы привлекают исследователей благодаря своей антибиотической активности в отношении патогенных грибов и бактерий. Эти соединения относятся к семейству короткоцепочечных пептидов (<20 аминокислотных остатков), у которых на С-конце находится спиртовая группа. Пептаиболы отличает высокий уровень нестандартных аминокислот. Синтез пептаиболов осуществляется мультиферментными комплексами – синтетазами, поэтому их относят к продуктам нерибосомального действия. Механизм действия указанных соединений объясняют образованием пор в липидных мембранах клеток грибов и бактерий. При изучении свойств ксилотрофных грибов и при исследовании их практического приложения рассматривают как ферментные системы, так и набор биологически активных веществ (вторичные метаболиты), поскольку во многих случаях они обеспечивают синергетический эффект.

Цель работы – проанализировать данные научной литературы последних лет по практическому использованию ксилотрофных грибов рода *Pleurotus* и *Trichoderma* в биотехнологии; выделить перспективные направления дальнейших исследований.

Материал и методы. Материалом послужили экспериментальные исследования автора, а также работы известных ученых, посвященные изучению ксилотрофных грибов, их ферментного состава и практического применения в области сельского хозяйства, пищевой промышленности, медицины и биоремедиации.

Результаты и их обсуждение. Для эффективного биотехнологического производства важно подобрать условия культивирования грибов и методы очистки биологически активных веществ и ферментных препаратов. В наших исследованиях были подобраны условия для глубокого культивирования

Trichoderma atroviride и *Pleurotus ostreatus* [2–5]. Было показано, что для культивирования *Pleurotus ostreatus* наилучший выход наблюдался при использовании картофельно-сахарозной среды при температуре 27°C. Культуральная жидкость, полученная после 14 дней инкубации, была применена в качестве исходного материала для очистки протеиназы, обладающей молокосвертывающей активностью. Этапы очистки включали высаливание хлоридом натрия, диализ и хроматографию на ДЭАЭ-сфарозе (бэтч-метод). Очищенный ферментный препарат обладал молокосвертывающей активностью и, помимо этого, осуществлял избирательный гидролиз альфа-цепи фибриногена. Это указывает на возможность использования данного фермента не только в пищевой промышленности, но и для разработки медицинского препарата. С другой стороны, нами подобраны условия для глубинного культивирования *T. atroviride*. В работе применяли штамм *T. atroviride*, выделенный из почвы Полесского региона. Культивирование проводили на среде Чапека–Докса (pH 5,0±0,2) с различными источниками углерода (целлюлоза, сахароза, глюкоза и лактоза). В культуральной жидкости после завершения инкубации была обнаружена значительная протеолитическая и целлюлолитическая активность. Наибольшая целлюлолитическая активность выявлялась при использовании целлюлозы в качестве источника углерода. Однако наибольшую протеолитическую активность культуральной жидкости наблюдали при применении в качестве источника углерода глюкозы.

Интересным оказалось исследование антимикробной активности *T. atroviride* и *P. ostreatus*. В наших экспериментах очищенный препарат мицелия *P. ostreatus* (схема очистки указана выше) ингибировал рост грамположительных бактерий *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* и рост грамотрицательной бактерии *Echerichia coli*. Культуральная жидкость *T. atroviride* также ингибировала рост вышеописанных грамположительных бактерий и *Echerichia coli*, а кроме того, оказывала ингибирующее действие на рост гриба *Candida albicans*. Полученные данные могут оказаться полезными при разработке фармакологических препаратов.

Рассматривая биотехнологическое применение вышеуказанных ксилотрофных грибов, можно выделить три основных направления: сельское хозяйство и пищевая промышленность, медицина и биоремедиация.

Сельское хозяйство и пищевая промышленность. Для рода *Pleurotus* характерны виды, обладающие высокой пищевой ценностью и имеющие широкое биотехнологическое применение. Из-за их привлекательного вкуса и аромата, пищевой и лечебной ценности эти виды выращиваются во всем мире с использованием побочных продуктов сельскохозяйственного производства (шелуха семечек подсолнуха, сухая солома злаковых и бобовых культур и опилки лиственных пород). Грибы рода *Pleurotus* являются не только важным источником пищевых волокон, но и содержат вещества, проявляющие антиоксидантный характер и обладающие способностью ингибировать свободные радикалы. Кроме того, протеиназа из вешенки обыкновенной может выступать как успешный заменитель сычужного фермента, что является актуальным для молочной промышленности [4]. Использование ферментов рода *Trichoderma* в сельском хозяйстве и пищевой промышленности хорошо описано в обзоре [6].

Trichoderma представляет собой повсеместно распространенный род грибов, который может быть симбиотически связан с корнями растений. Эти виды грибов обеспечивают основные преимущества в системах земледелия, такие как смягчение биотических и абиотических стрессов и усиление регуляторов роста растений.

Триходермальные ферменты нашли широкое применение в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: для улучшения процесса пивоварения (β -глюканазы), в производстве осветления фруктовых соков (пектиназы, целлюлазы, гемицеллюлазы), как кормовая добавка в животноводстве (ксиланазы) и корм для домашних животных. Целлюлазы триходермы в основном используются в хлебопекарном, солодовенном производстве и производстве зернового спирта. Интересная идея была высказана о применении ферментов *T. harzianum* в качестве пищевых консервантов благодаря противогрибковому эффекту, однако до сих пор это предложение не нашло широкого отклика. Вместе с тем отдельные виды *Trichoderma* могут наносить вред сельскому хозяйству, как это имеет место при промышленном выращивании съедобных грибов. Известно, что грибы *Agaricus bisporus* (шампиньоны) и *Pleurotus ostreatus* (вешенки) подвержены опасности заражения *Trichoderma aggressivum* [7].

Оригинальный подход к решению этой проблемы был предложен в работе [8]. В среду для выращивания базидиомицетов (*Pleurotus ostreatus*) добавляли лизирующие ферменты *Trichoderma harzianum*. Такая обработка оказывала негативное влияние на рост мицелия вешенки. Однако некоторые изоляты адаптировались к действию ферментов и в дальнейшем получили устойчивость

к *Trichoderma aggressivum*. В другой работе дан интересный пример биотехнологического производства, в основу которого положены упомянутые антагонистические взаимоотношения между рассматриваемыми ксилотрофными грибами [9]. Суть разработанного подхода заключалась в том, что на первом этапе на растительных отходах проводили выращивание вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus*). После завершения плодоношения и сбора урожая остаточный субстрат использовался для культивирования *Trichoderma harzianum* с целью получения лабораторного варианта триходермина. Полученный препарат показал высокую эффективность для борьбы с фузариозом домашних растений.

Говоря об эффективных фунгицидных препаратах на основе грибов *Trichoderma*, применяемых в сельском хозяйстве, следует отметить виды *T. viride*, *T. virens*, *T. atroviride* и *T. asperellum*. Препараты, полученные на основе этих грибов, подавляли рост патогенных грибов, таких как *Botrytis cinerea*, *Alternaria solani* и *Rhizoctonia solani*. По мнению ряда авторов, пептаболы и гидролитические ферменты триходермальных грибов работают синергетически в этом антагонистическом взаимодействии [10].

Медицина. В современной медицине используются как очищенные ферментные препараты грибного происхождения, так и биологически активные вещества. Так, например, в стоматологической практике применяют зубную пасту с очищенным ферментом из *T. harzianum*. Данный фермент обеспечивает гидролиз внеклеточного полисахарида мутана. Этот полисахарид – результат жизнедеятельности бактерий *Streptococcus mutans*, которые способствуют развитию кариеса [11].

Другим направлением в сегодняшней медицине можно считать использование наночастиц металлов (чаще всего серебра или золота), которые получают на основе грибов рода *Trichoderma*. Известно, что грибы обладают способностью накапливать и восстанавливать металлы до соответствующих ионов. Синтез наночастиц проще для грибов по сравнению с бактериями из-за внеклеточного синтеза белков грибами, а подобранные экспериментальные условия культивирования триходермальных грибов способны обеспечить синтез большого количества наночастиц. Как указывалось ранее, полученный нами препарат из *Trichoderma atroviride* оказывал ингибирующее действие на рост гриба *Candida albicans*. Но если, как предлагает ряд авторов, использовать комбинацию наночастиц серебра, полученных на основе триходермальных грибов, в сочетании с флуконазолом, то это обеспечивает высокую эффективность при лечении кандидоза. Кроме того, как отмечают авторы работы [12], применение биогенных наночастиц серебра, полученных с использованием *Trichoderma harzianum* в сочетании с триклабендазолом, оказалось весьма эффективным для борьбы с фасциолезом (заболеванием, вызванным плоскими червями, поражающими печень). Такое комплексное использование обеспечило ингибирование вывода яиц паразита на 90,6%, в то время как применение одного препарата вызывало ингибирование на 70,6%. Препараты на основе триходермальных пептаболов – пептидобиотикотрихоспорин В-VIIa и трихоспорин В-VIIb, продуцируемые *Trichoderma polysporum*, – проявляли антитрипаносомную активность против *Trypanosoma brucei*. Существует предположение, что эти соединения, как и другие пептаболы, взаимодействуют с мембраной простейших. Авторы исследования [13] предлагают использовать обработку спиртовым экстрактом *Trichoderma asperelloides* в борьбе с возбудителями лейшманиоза *Leishmania amazonensis*. В настоящее время для лечения лейшманиоза применяются препараты пятивалентной сурьмы, паромомицин, пентамидин, амфотерицин В и милтефозин. Однако эти препараты вводятся в течение длительного периода и обладают высокой токсичностью, что обычно приводит к перерывам в лечении. Это способствует возникновению резистентности паразитов. Кроме того, используемые в настоящее время препараты могут ингибировать гликолиз, β -окисление жирных кислот, изменять проницаемость мембран и ингибировать синтез белка [14].

Показано, что препараты пептаболов из *Trichoderma atroviride* проявляют себя не только как антимикробное, но и как противораковое средство (снижают пролиферацию клеточных линий рака молочной железы и рака яичников человека) [15].

Препараты на основе вешенки обыкновенной также проходят тестирование для использования в медицине. Рядом ученых было высказано предположение, что трис-экстракт из свежей культуры гриба *Pleurotus ostreatus* будет эффективен в качестве противовоспалительного средства. Исследования по определению противовоспалительной активности экстракта гриба проводились на модели индуцированного ксилолом острого воспаления уха на белых беспородных крысах-самцах. Внутривентральное введение экстракта из свежей культуры *Pleurotus ostreatus* в дозе 2,5 мл/кг приводило к уменьшению индуцированного ксилолом отека по сравнению с контролем до 86%. Противовоспалительная

активность, по мнению авторов, обусловлена наличием выявленных в экстракте ферментативных систем, которые проявляют выраженную антиоксидантную активность и, возможно, ингибируют активность ферментов, участвующих в синтезе и биотрансформации простагландинов [16].

Говоря о преимуществах использования грибов и препаратов на их основе в медицине, не следует забывать и об опасности. Известно, что род *Trichoderma* включает условно-патогенные микроорганизмы человека, которые представляют серьезную и часто смертельную угрозу, особенно для ВИЧ-инфицированных и пациентов с ослабленным иммунитетом. В этом плане особая осторожность должна быть при работе со следующими видами триходермальных грибов: *Trichoderma citrinoviride*, *T. harzianum* и *Trichoderma longibrachiatum* [17].

Биоремедиация. Биоремедиация подразумевает комплекс методов очистки вод, грунтов и атмосферы с использованием метаболического потенциала биологических объектов – бактерий, растений, грибов, насекомых и червей. Основные механизмы, с помощью которых грибы белой гнили восстанавливают окружающую среду, связаны с действием лигнингидролизующих ферментов. Эти же ферменты участвуют в окислении загрязняющих веществ. Действие ферментов может быть и косвенным, когда лигнинолиз приводит к трансформации и минерализации. С другой стороны, грибы производят хиноны, которые восстанавливают гетерогенные ароматические структуры лигнина и, таким образом, оказывают аналогичное воздействие на ароматические загрязнители, такие как полициклические ароматические углеводороды и полихлорированные бифенилы. Исследуя препараты из *P. ostreatus* для превращения полихлорированных бифенилов, ученые пришли к заключению, что точный механизм, с помощью которого этот гриб разлагает полихлорированные бифенилы, остается неизвестным, но, по всей видимости, здесь важно участие целого комплекса ферментов (лигнинпероксидаз, марганцевых пероксидаз и лакказ). Очевидно, что в данном случае речь идет о синергетическом эффекте грибных ферментов. В качестве перспективного направления в биоремедиации предложено применять иммобилизованные гифы вешенки обыкновенной в колонках в виде микро- или наногранул. Это позволит обеспечить многократное использование ферментов данного ксилотрофного гриба. Рассматриваются также варианты включения гиф ксилотрофов в полимерные матрицы и наноматериалы [18].

Заключение. Таким образом, можно обозначить несколько тенденций в исследовании ксилотрофных грибов рода *Pleurotus* и *Trichoderma*. В первую очередь, это получение очищенных ферментных препаратов для использования в пищевой промышленности и медицине. Здесь возможно применение традиционных методов колоночной хроматографии, поскольку они являются недорогими и позволяют нарабатывать значительные количества ферментных препаратов без существенного снижения их активности. Перспективным подходом для решения задач в области медицины можно считать использование наночастиц металлов, полученных на основе триходермальных грибов. По мнению ряда авторов, такой подход может быть успешной альтернативой применения антибиотиков. В сельском хозяйстве при использовании ксилотрофных грибов прослеживается тенденция комплексного подхода с применением различных организмов, как это имеет место при получении биогаза (грибы – черви) или фунгицидных препаратов (вешенка – триходерма). В области биоремедиации наибольшей эффективностью обладают ферментные комплексы выделенных грибов, поскольку при этом достигается синергетический эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Da Luz, J.M. Lignocellulolytic enzyme production of *Pleurotus ostreatus* growth in agroindustrial wastes / J.M. da Luz, M.D. Nunes, S.A. Paes, D.P. Torres, M. de Cássia Soares da Silva, M.C. Kasuya // Braz. J. Microbiol. – 2012. – Vol. 43, № 4. – P. 1508–1515. – Doi: 10.1590/S1517-838220120004000035.
2. Сакович, В.В. Подбор оптимальных питательных сред и условий глубинного культивирования на эффективность выращивания вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus*) / В.В. Сакович, Д.Д. Жерносеков // Актуальні питання біологічної науки: IV Міжнар. заоч. наук.-практ. конф., присв. 100-річчю від дня народження акад. П.Г. Богача, 12 квіт. 2018 р.: зб. ст. / Ніжин. держ. ун-т; ред. кол.: М. Давіташвілі [та ін.]. – Ніжин, 2018. – С. 88–89.
3. Kuzmin, P.N. Xylotrophic fungus *Trichoderma atroviride*: cultivation, extracellular hydrolytic and antimicrobial activity / P.N. Kuzmin, V.V. Sakovich, D.D. Zhernossekov // Biotechnologia Acta. – 2021. – Vol. 14, № 3. – P. 46–53.
4. Sakovich, V.V. Milk-clotting enzymes of various origin: prospects for application in cheese making / V.V. Sakovich, D.D. Zhernossekov // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2020. – № 6(123). – P. 75–80.
5. Жерносеков, Д.Д. Поиск оптимальных условий культивирования ксилотрофных грибов (вешенки обыкновенной и триходермы) и их антибактериальная активность / Д.Д. Жерносеков, П.Н. Кузьмин // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 74-й Регион. науч.-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 18 февр. 2022 г. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2022. – С. 60–62.
6. Schuster, A. Biology and biotechnology of *Trichoderma* / A. Schuster, M. Schmoll // Appl. Microbiol. Biotechnol. – 2010. – Vol. 87, № 3. – P. 787–799. – Doi: 10.1007/s00253-010-2632-1.
7. Kredics, L. Molecular Tools for Monitoring *Trichoderma* in Agricultural Environments / L. Kredics, L. Chen, O. Kedves, R. Büchner, L. Hatvani, H. Allaga, V.D. Nagy, J.M. Khaled, N.S. Alharbi, C. Vágvölgyi // Front. Microbiol. – 2018. – Vol. 25, № 9:1599. – P. 1–17. – Doi: 10.3389/fmicb.2018.01599.

8. Savoie, J.M. *Trichoderma harzianum* metabolites pre-adapt mushrooms to *Trichoderma aggressivum* antagonism / J.M. Savoie, G. Mata // *Mycologia*. – 2003. – Vol. 92. – P. 191–199.
9. Мурадов, П.З. Ксилотрофные грибы как активные деструкторы растительных отходов / П.З. Мурадов, Ш.Н. Гасымов, Ф.Х. Гахраманова, А.А. Алиева, Д.М. Аббасова, Ш.А. Бабаева, М.М. Рагимова // *Вестн. Моск. гос. обл. ун-та. Сер. Естественные науки*. – 2009. – № 1. – С. 109–112.
10. Marik, T. Structural diversity and bioactivities of peptaibol compounds from the longibrachiatumclade of the Filamentous Fungal Genus *Trichoderma* / T. Marik, C. Tyagi, D. Balázs, P. Urbán, Á. Szepesi, L. Bakacsy, G. Endre, D. Rakk, A. Szekeres, M.A. Andersson, H. Salonen, I.S. Druzhinina, C. Vágvölgyi, L. Kredics // *Front. Microbiol.* – 2019. – Vol. 10, № 1434. – Doi: 10.3389/fmicb.2019.01434.
11. Wiater, A. Mutanase induction in *Trichoderma harzianum* by cell wall of *Laetiporus sulphureus* and its application for mutan removal from oral biofilms / A. Wiater, J. Szczodrak, M. Pleszczyńska // *J. Microbiol. Biotechnol.* – 2008. – Vol. 18, № 7. – P. 1335–1341.
12. Guilger-Casagrande, M. Synthesis of Silver Nanoparticles Mediated by Fungi: A Review / M. Guilger-Casagrande, R. de Lima // *Front. Bioeng. Biotechnol.* – 2019. – Vol. 7, № 287. – P. 1–16. – Doi: 10.3389/fbioe.2019.00287. PMID: 31696113; PMCID: PMC6818604.
13. Lopes, D.S. Ethanolic extract of the fungus *Trichoderma asperelloides* induces ultrastructural effects and death on *Leishmania amazonensis* / D.S. Lopes, U.R. Santos, D.O. Dos Anjos, L.J.C. Silva Júnior, V.F. Paula, M.A. Vannier-Santos, I. Silva-Jardim, T. Castro-Gomes, C.P. Pirovani, J. Lima-Santos // *Front. Cell. Infect. Microbiol.* – 2020. – Vol. 10, № 306. – Doi: 10.3389/fcimb.2020.00306.
14. Rajasekaran, R. Potential therapeutic targets and the role of technology in developing novel antileishmanial drugs / R. Rajasekaran, Y.P.P. Chen // *Drug. Discov. Today*. – 2015. – № 20. – P. 958–968. – Doi: 10.1016/j.drudis.2015.04.006.
15. Víglaš, J. Peptaibol-Containing Extracts of *Trichoderma atroviride* and the Fight against Resistant Microorganisms and Cancer Cells / J. Víglaš, S. Dobiasová, J. Viktorová, T. Ruml, V. Repiská, P. Olejníková, H. Gbelcová // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26, № 6025. – Doi: 10.3390/molecules26196025.
16. Авагян, И.А. Противовоспалительная активность экстракта культуры гриба *Pleurotus ostreatus* / И.А. Авагян, С.Г. Нанаголян, М.Г. Баласанян, А.Г. Жамгарян // *Иммунопатология. Аллергология. Инфектология*. – 2010. – № 1. – С. 236–237.
17. Akagi, T. Suspected pulmonary infection with *Trichoderma longibrachiatum* after allogeneic stem cell transplantation / T. Akagi, C. Kawamura, N. Terasawa, K. Yamaguchi, K. Kubo // *Intern. Med.* – 2017. – Vol. 56(2). – P. 215–219. – Doi: 10.2169/internalmedicine.56.5316.
18. Chun, S.C. Mycoremediation of PCBs by *Pleurotus ostreatus*: Possibilities and prospects / S.C. Chun, M. Muthu, N. Hasan, S. Tasneem, J. Gopal // *Applied Sciences*. – 2019. – Vol. 9, № 19:4185. – P. 1–9. – Doi: 10.3390/app9194185.

REFERENCES

1. Da Luz, J.M. Lignocellulolytic enzyme production of *Pleurotus ostreatus* growth in agroindustrial wastes / J.M. da Luz, M.D. Nunes, S.A. Paes, D.P. Torres, M. de Cássia Soares da Silva, M.C. Kasuya // *Braz. J. Microbiol.* – 2012. – Vol. 43, № 4. – P. 1508–1515. – Doi: 10.1590/S1517-838220120004000035.
2. Sakovich V.V., Zhernossekov D.D. *Aktualniya pytanni biologichnoi nauki: IV Mizhnar. zaoch. nauk.-prakt. konf., prysv. 100-richchu vid dnia narodzhennia akad. P.G. Bogacha, 12 kvit. 2018 r.: sb. st.* [Current Issues of Biological Science: 4th International Distant Scientific and Practical Conference Devoted to Academician P.G. Bogach 100th Annivesary, April 12, 2018: Proceedings], Nizhin, 2018, p. 88–89.
3. Kuzmin, P.N. Xylotrophic fungus *Trichoderma atroviride*: cultivation, extracellular hydrolytic and antimicrobial activity / P.N. Kuzmin, V.V. Sakovich, D.D. Zhernossekov // *Biotechnologia Acta*. – 2021. – Vol. 14, № 3. – P. 46–53.
4. Sakovich, V.V. Milk-clotting enzymes of various origin: prospects for application in cheese making / V.V. Sakovich, D.D. Zhernossekov // *Izvestiya Gomelskogo gosudarstvennogo universiteta imeni F. Skoryna* [Journal of Francisc Skoryna Gomel State University], 2020, 6(123), p. 75–80.
5. Zhernossekov D.D., Kuzmin P.N. *Nauka – obrazovaniiyu, proizvodstvu, ekonomike: materialy 74-i Region. nauch.-prakt. konf. prepodavatelei, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov, Vitebsk, 18 fevr. 2022 g.* [Science – to Education, Industry, Economy: Proceedings of the 74th Regional Scientific and Practical Conference of Teachers, Researchers and Postgraduate Students, Vitebsk, February 18, 2022], Vitebsk, VSU, 2022, p. 60–62.
6. Schuster, A. Biology and biotechnology of *Trichoderma* / A. Schuster, M. Schmoll // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 2010. – Vol. 87, № 3. – P. 787–799. – Doi: 10.1007/s00253-010-2632-1.
7. Kredics, L. Molecular Tools for Monitoring *Trichoderma* in Agricultural Environments / L. Kredics, L. Chen, O. Kedves, R. Büchner, L. Hatvani, H. Allaga, V.D. Nagy, J.M. Khaled, N.S. Alharbi, C. Vágvölgyi // *Front. Microbiol.* – 2018. – Vol. 25, № 9:1599. – P. 1–17. – Doi: 10.3389/fmicb.2018.01599.
8. Savoie, J.M. *Trichoderma harzianum* metabolites pre-adapt mushrooms to *Trichoderma aggressivum* antagonism / J.M. Savoie, G. Mata // *Mycologia*. – 2003. – Vol. 92. – P. 191–199.
9. Muradov P.Z., Gasymov Sh.N., Gakhramanova F.Kh., Aliyeva A.A., Abbasova D.M., Babayeva Sh.A., Ragimova M.M. *Vestn. Mosk. gos. obl. un-ta. Ser. Yestestvennye nauki* [Journal of Moscow State Region University. Natural Sciences], 2009, 1, p. 109–112.
10. Marik, T. Structural diversity and bioactivities of peptaibol compounds from the longibrachiatumclade of the Filamentous Fungal Genus *Trichoderma* / T. Marik, C. Tyagi, D. Balázs, P. Urbán, Á. Szepesi, L. Bakacsy, G. Endre, D. Rakk, A. Szekeres, M.A. Andersson, H. Salonen, I.S. Druzhinina, C. Vágvölgyi, L. Kredics // *Front. Microbiol.* – 2019. – Vol. 10, № 1434. – Doi: 10.3389/fmicb.2019.01434.
11. Wiater, A. Mutanase induction in *Trichoderma harzianum* by cell wall of *Laetiporus sulphureus* and its application for mutan removal from oral biofilms / A. Wiater, J. Szczodrak, M. Pleszczyńska // *J. Microbiol. Biotechnol.* – 2008. – Vol. 18, № 7. – P. 1335–1341.
12. Guilger-Casagrande, M. Synthesis of Silver Nanoparticles Mediated by Fungi: A Review / M. Guilger-Casagrande, R. de Lima // *Front. Bioeng. Biotechnol.* – 2019. – Vol. 7, № 287. – P. 1–16. – Doi: 10.3389/fbioe.2019.00287. PMID: 31696113; PMCID: PMC6818604.
13. Lopes, D.S. Ethanolic extract of the fungus *Trichoderma asperelloides* induces ultrastructural effects and death on *Leishmania amazonensis* / D.S. Lopes, U.R. Santos, D.O. Dos Anjos, L.J.C. Silva Júnior, V.F. Paula, M.A. Vannier-Santos, I. Silva-Jardim, T. Castro-Gomes, C.P. Pirovani, J. Lima-Santos // *Front. Cell. Infect. Microbiol.* – 2020. – Vol. 10, № 306. – Doi: 10.3389/fcimb.2020.00306.
14. Rajasekaran, R. Potential therapeutic targets and the role of technology in developing novel antileishmanial drugs / R. Rajasekaran, Y.P.P. Chen // *Drug. Discov. Today*. – 2015. – № 20. – P. 958–968. – Doi: 10.1016/j.drudis.2015.04.006.
15. Víglaš, J. Peptaibol-Containing Extracts of *Trichoderma atroviride* and the Fight against Resistant Microorganisms and Cancer Cells / J. Víglaš, S. Dobiasová, J. Viktorová, T. Ruml, V. Repiská, P. Olejníková, H. Gbelcová // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26, № 6025. – Doi: 10.3390/molecules26196025.
16. Avagian I.A., Nananagulyan S.G., Balasanian M.G., Zhamgarian A.G. *Immunopatologiya. Allergologiya. Infektologiya*. [Immunopathology. Allergology. Infectology.], 2010, 1, p. 236–237.
17. Akagi, T. Suspected pulmonary infection with *Trichoderma longibrachiatum* after allogeneic stem cell transplantation / T. Akagi, C. Kawamura, N. Terasawa, K. Yamaguchi, K. Kubo // *Intern. Med.* – 2017. – Vol. 56(2). – P. 215–219. – Doi: 10.2169/internalmedicine.56.5316.
18. Chun, S.C. Mycoremediation of PCBs by *Pleurotus ostreatus*: Possibilities and prospects / S.C. Chun, M. Muthu, N. Hasan, S. Tasneem, J. Gopal // *Applied Sciences*. – 2019. – Vol. 9, № 19:4185. – P. 1–9. – Doi: 10.3390/app9194185.

Поступила в редакцию 24.05.2022

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

УДК 595.76(476.5)

НАСТОЯЩИЕ ПОЛУЖЕСТКОКРЫЛЫЕ (*INSECTA*: *HEMIPTERA*: *HETEROPTERA*) В АССОЦИАЦИЯХ ВЕРЕСКА В БЕЛОРУССКОМ ПООЗЕРЬЕ

О.И. Хохлова*, А.О. Лукашук**, В.В. Яновская*, Г.Г. Сушко*

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

**Государственное природоохранное учреждение «Березинский биосферный заповедник»

Вереск обыкновенный в Белорусском Поозерье распространен в сосновых и березовых лесах и на верховых болотах. Однако видовой состав консументов *Calluna vulgaris* (L.) Hull. в регионе практически не изучен.

Цель работы – выявить видовой состав настоящих полужесткокрылых (*Insecta*: *Hemiptera*: *Heteroptera*) в ассоциациях вереска в Белорусском Поозерье.

Материал и методы. Исследования проводились методом энтомологического кошения в 2017–2021 гг. с конца апреля до середины октября. Сборы материала выполнялись в наиболее характерных местах произрастания вереска – на ненарушенных и нарушенных верховых болотах и в сосняках вересковых Витебской области в Беларуси.

Результаты и их обсуждение. В ассоциациях с преобладанием вереска на верховых болотах и в сосняках вересковых в Белорусском Поозерье обнаружено 33 вида настоящих полужесткокрылых насекомых, принадлежащих к 10 семействам. Таксономический состав в различных типах местообитаний варьировал незначительно. Наибольшее число видов установлено на ненарушенных верховых болотах (28 видов 9 семейств), тогда как наименьшее – на нарушенных болотах (22 вида 6 семейств). Наибольшее число видов во всех местообитаниях выявлено среди представителей семейства *Lygaeidae* (28,0–31,81% всех видов), *Pentatomidae* (20,0–27,27%) и *Miridae* (17,85–24,0%). Во всех местообитаниях высокой встречаемостью характеризовались от 1 до 3 видов, среди которых к фитофагам вереска относятся виды *Lygus pratensis* (Linnaeus, 1758), *Rhyarochromus pini* (Linnaeus, 1758) и *Stictopleurus crassicornis* (Linnaeus, 1758). Из видов с меньшими показателями встречаемости, отмеченных на вереске, наиболее специализированными (по отношению к кормовому растению) его потребителями являются *Nysius helveticus* (Herrich-Schaffer, 1850), *Orthotylus ericetorum* (Fallén, 1807) и *Macrodema microptera* (Curtis, 1836). Большинство остальных видов, вероятно, формируют топические и/или факультативные трофические связи с *Calluna vulgaris*.

Заключение. Число видов настоящих полужесткокрылых, коллектированных на вереске, в различных местообитаниях невысоко. Большинство из них характеризуются незначительной встречаемостью. Среди клопов с высокой встречаемостью 3 вида трофически связаны с вереском.

Ключевые слова: *Heteroptera*, *Calluna vulgaris*, видовой состав, Белорусское Поозерье.

TRUE BUGS (*INSECTA*: *HEMIPTERA*, *HETEROPTERA*) IN HEATHER ASSOCIATIONS IN BELARUSIAN POOZERIYE (LAKE DISTRICT)

O.I. Khokhlova*, A.O. Lukashuk**, V.V. Yanovskaya*, G.G. Sushko*

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

**State Environmental Institution "Berezinsky Biosphere Reserve"

The heather in Belarusian Poozeriye (Lake District) is common in pine and birch forests and raised bogs. However, the species composition of consumers of *Calluna vulgaris* (L.) Hull is almost unknown in the Region.

The purpose of the work is to identify the species composition of Hemiptera in heather associations in Belarusian Lake District.

Material and methods. The studies were carried out by the sweep-netting in 2017–2021. from the end of April to the middle of October. The collection of material was carried out in the plant associations with the *Calluna vulgaris* in undisturbed and disturbed raised bogs and in heather pine forests of Vitebsk Region in Belarus.

Findings and their discussion. In associations with the predominance of heather in raised bogs and pine forests in Belarusian Lake District, 33 species of true bugs belonging to 10 families were identified. The taxonomic composition in different types of habitats did

not vary much. The largest number of species was found in undisturbed raised bogs (28 species of 9 families), while the smallest number was found in disturbed bogs (22 species of 6 families). The largest number of species in all habitats was found among Lygaeidae (28.0–31.81% of all species), Pentatomidae (20.0–27.27%) and Miridae (17.85–24.0%). In all habitats, from 1 to 3 species were characterized by high occurrence, among which heather phytophages were species with a high occurrence *Lygus pratensis* (Linnaeus, 1758), *Rhyarochromus pini* (Linnaeus, 1758), and *Stictopleurus crassicornis* (Linnaeus, 1758). Among the species with lower occurrence rates that are recorded on heather, the most specialized (in relation to food plant) consumers were *Nysius helveticus* (Herrich-Schaffer, 1850), *Orthotylus ericetorum* (Fallén, 1807) and *Macrodema microptera* (Curtis, 1836). Most of the remaining species probably form topical and/or impermanent trophic links with *Calluna vulgaris*.

Conclusion. The number of species of Heteroptera collected on heather is not high in various habitats. Most species are characterized by low occurrence. Among common species, 3 are trophically associated with the heather.

Key words: Heteroptera, *Calluna vulgaris*, species composition, Belarusian Poozeriye (Lake District).

Вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris* (L.) Hull.) широко распространен в Европе, Сибири, на Атлантическом побережье Северной Америки, в Северной Африке и на Азорских островах. В Западной и Южной Европе он вместе с некоторыми видами рода *Erica* образует растительные сообщества, называемые вересковыми пустошами, или верещатниками, которые занимают большие пространства. В Восточной Европе верещатники характеризуются меньшей площадью. В Белорусском Поозерье вересковые фитоценозы встречаются локально: на верховых болотах (особенно на участках, пройденных пожарами), в сосновых лесах, где выделяется их отдельный тип – сосняк вересковый, а также в березовых лесах, как правило, постпирогенных [1; 2].

Вереск обыкновенный относится к жизненной форме кустарнички и может достигать до 0,5 м в высоту. Он произрастает на кислых почвах с недостаточным содержанием элементов минерального питания.

Морфологические (деревянистые побеги, мелкие кожистые листья и др.) и биохимические (высокое содержание дубильных веществ, флавоноидов и эфирных масел) [2] особенности *Calluna vulgaris* могут способствовать формированию специфического комплекса его консументов. Однако к настоящему времени в условиях Республики Беларусь видовой состав насекомых, связанных с вереском, изучен недостаточно. Исключение составляют отдельные публикации, посвященные комплексам насекомых верховых болот [3–6]. Некоторую информацию можно обнаружить в публикациях, посвященных насекомым сосновых лесов [7].

Цель работы – выявление видового состава настоящих полужесткокрылых в ассоциациях вереска в Белорусском Поозерье.

Материал и методы. Исследования проводились методом энтомологического кошени в 2017–2021 гг. с конца апреля до середины октября. За единицу количественного учета было принято 50 взмахов сачка диаметром 30 см. Сборы материала выполнялись в наиболее характерных местах произрастания вереска – на ненарушенных и нарушенных (открытые и березняки вересковые после пожара) верховых болотах и в сосняках вересковых.

Исследования осуществлялись на следующих стационарах: 1) верховое болото «Болото Мох» (Витебская обл., Миорский р-н, 55°38'N28°08' E), площадь – 4602 га, в ненарушенном состоянии. Ассоциации с преобладанием вереска расположены в сосняках и на повышениях микрорельефа с относительно невысоким уровнем влажности; 2) верховое болото «Ельня» (Витебская обл., Миорский р-н, 55°57'N27°73' E), площадь – 18 794 га. Ассоциации с преобладанием вереска распространены на открытых пространствах с признаками пожара и относительно невысоким уровнем влажности; 3) верховое болото «Дымовщина» (Витебская обл., Витебский район, 55°11'N30°5'E), площадь – 360 га, осушено сетью каналов в 50-х годах прошлого века. Сборы материала проводились в березняках вересковых; 4) верховое болото «Городнянский мох» (Витебская обл., Витебский район, 55°09'N30°12'E), площадь – 230 га, разработано карьерным способом и сетью каналов в 50-х годах прошлого века. Сборы материала проводились в березняках вересковых; 5) сосняк вересковый (Витебская обл., Сенненский район, 54°88'N30°38'E); 6) сосняк вересковый (Витебская обл., Витебский р-н, 55°12'N29°56'E).

Для определения сходства видового состава применен кластерный анализ для качественных данных по методу одиночной связи (Single Linkage) с мерой сходства Жаккара. Для статистической обработки материала использовались программы Microsoft Office Excel и «PAST 3.06».

Оценку встречаемости насекомых осуществляли по шкале В.Ф. Паляя [8]: очень редкие (не ежегодно, 1–3 экз.), редкие (ежегодно в малой численности, 1–3 экз.), единичные (в ряде станций

единично), обычные (постоянно в заметной численности), массовые (в численности, не поддающейся подсчету).

Результаты и их обсуждение. Всего на вереске в местообитаниях различных типов выявлено 33 вида настоящих полужесткокрылых насекомых, принадлежащих 28 родам и 10 семействам. Наибольшее число видов установлено на ненарушенных верховых болотах, тогда как наименьшее – на нарушенных (табл. 1).

Таблица 1

Таксономический состав Heteroptera в ассоциациях *Calluna vulgaris* в наиболее характерных биотопах в Белорусском Поозерье

| Таксон | ВБЕ | ВБТ | СВ |
|-----------|-----|-----|----|
| Семейства | 9 | 6 | 8 |
| Роды | 24 | 19 | 21 |
| Виды | 28 | 22 | 25 |

Примечание: ВБЕ – верховое болото ненарушенное,
ВБТ – верховое болото трансформированное,
СВ – сосняк вересковый.

На ненарушенных верховых болотах обнаружено 28 видов, принадлежащих к 9 семействам. Наиболее представительным оказалось семейство Lygaeidae, включающее 8 видов (28,57% всех видов). Семейство Pentatomidae (21,42%) представлено 6 видами, Miridae – 5 видами (17,85%). Остальные 6 семейств включали по 1–2 вида (рис. 1).

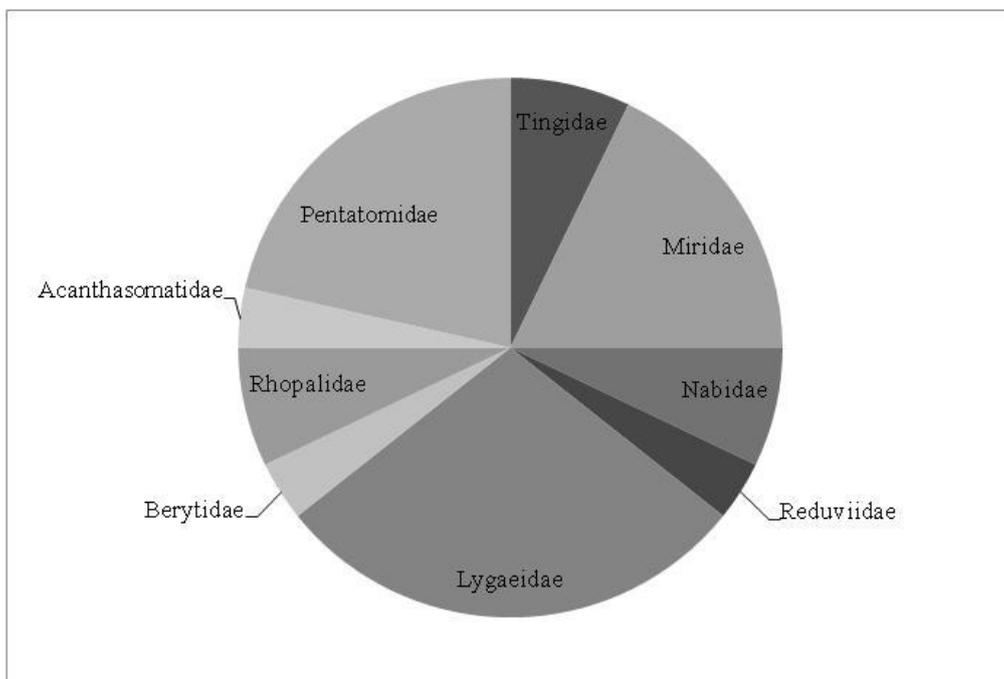


Рис. 1. Число видов различных семейств Heteroptera в ассоциациях *Calluna vulgaris* на ненарушенных верховых болотах в Белорусском Поозерье

На нарушенных верховых болотах обнаружено 22 вида, принадлежащих к 6 семействам. Наиболее представительным оказалось семейство Lygaeidae, включающее 7 видов (31,81% всех видов). Семейство Pentatomidae (27,27%) представлено 6 видами, Miridae – 5 видами (22,72%). Остальные 3 семейства включали по 1–2 вида (рис. 2).

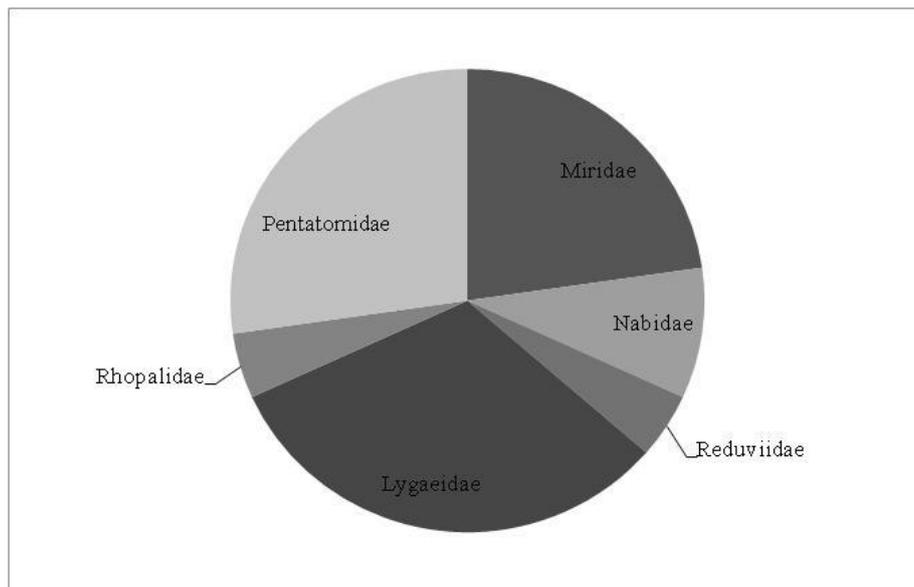


Рис. 2. Число видов различных семейств Heteroptera в ассоциациях *Calluna vulgaris* на нарушенных верховых болотах в Белорусском Поозерье

В сосновых лесах на минеральных почвах обнаружено 25 видов, принадлежащих к 8 семействам. Наиболее представительным оказалось семейство Lygaeidae, включающее 7 видов (28,0% всех видов). Семейство Miridae (24,0%) представлено 6 видами, Pentatomidae – 5 видами (20,0%), Nabidae – 3 видами (12,0%). Остальные 4 семейства включали по 1 виду (рис. 3).

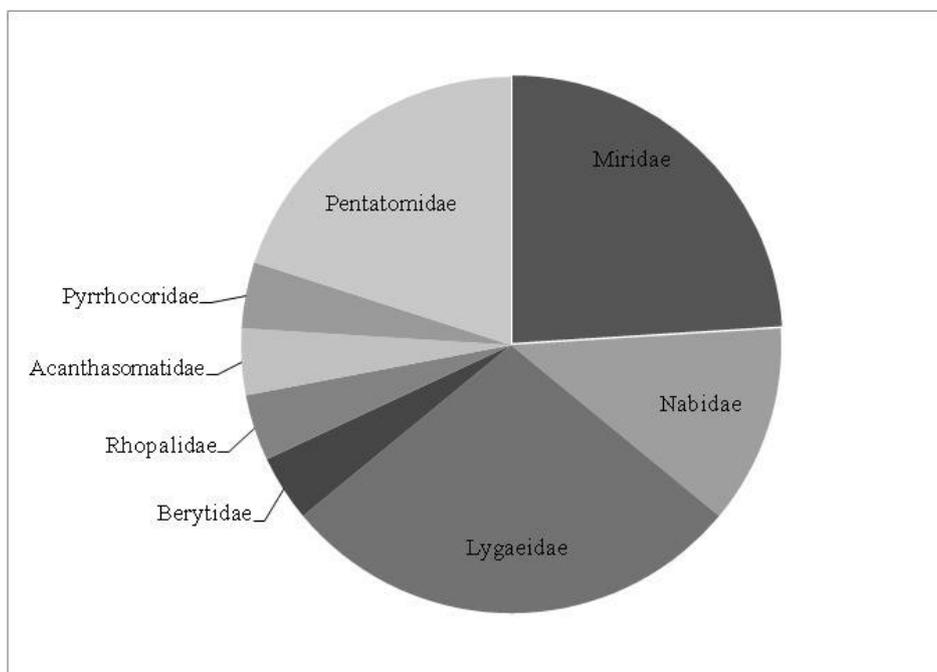


Рис. 3. Число видов различных семейств Heteroptera в ассоциациях *Calluna vulgaris* сосняков вересковых в Белорусском Поозерье

На верховых болотах по показателям встречаемости виды распределены неравномерно. На ненарушенных болотах наиболее обычными видами были *Stephanitis oberti* (Kolenati, 1857), *Lygus pratensis*

(Linnaeus, 1758), *Rhyarochromus pini* (Linnaeus, 1758), *Stictopleurus crassicornis* (Linnaeus, 1758). Постоянно, но единично обнаруживались 4 вида, тогда как 20 видов (71,42%) встречались редко и очень редко.

На нарушенных болотах обычными видами были *Lygus pratensis*, *Rhyarochromus pini*, *Stictopleurus crassicornis*. Единично встречались 6 видов, 13 видов (59,0%) обнаруживались редко и очень редко.

В сосняках вересковых, как и на болотах, обычными видами были *Lygus pratensis*, и *Stictopleurus crassicornis*. Постоянно, но единично встречались 4 вида, 19 видов (76,0%) обнаруживались редко и очень редко (табл. 2).

Таблица 2

Видовой состав и встречаемость Heteroptera в ассоциациях *Calluna vulgaris* в наиболее характерных биотопах в Белорусском Поозерье

| Таксон | ВБЕ | ВБТ | СВ |
|-----------------------------------------------------------|------|------|------|
| Семейство Tingidae | | | |
| <i>Agramma femorale</i> (Thomson, 1871) | ** | – | – |
| <i>Stephanitis oberti</i> (Kolenati, 1857) | **** | – | – |
| Семейство Miridae | | | |
| <i>Closterotomus biclavatus</i> (Herrich-Schaeffer, 1835) | – | – | * |
| <i>Lygus pratensis</i> (Linnaeus, 1758) | **** | **** | **** |
| <i>L. punctatus</i> (Zetterstedt, 1838) | ** | – | ** |
| <i>L. rugulipennis</i> (Poppius, 1911) | * | * | ** |
| <i>Notostira erratica</i> (Linnaeus, 1758) | ** | ** | * |
| <i>Orthotylus ericetorum</i> (Fallén, 1807) | – | ** | ** |
| <i>Stenodema calcarata</i> (Fallén, 1807) | ** | ** | – |
| Семейство Nabidae | | | |
| <i>Nabis ericetorum</i> (Scholtz, 1847) | ** | ** | ** |
| <i>N. fesus</i> (Linnaeus, 1758) | *** | *** | *** |
| <i>N. rugosus</i> (Linnaeus, 1758) | – | – | * |
| Семейство Reduviidae | | | |
| <i>Coranus woodroffei</i> (P.V. Putshkov, 1982) | * | * | – |
| Семейство Lygaeidae | | | |
| <i>Cymus grandicolor</i> (Hahn, 1832) | *** | *** | – |
| <i>Eretocoris plebejus</i> (Fallén, 1807) | – | – | * |
| <i>Kleidocerys resedae</i> (Panzer, 1797) | *** | *** | ** |
| <i>Macrodema microptera</i> (Curtis, 1836) | * | – | * |
| <i>Nysius helveticus</i> (Herrich-Schaeffer, 1850) | * | * | * |
| <i>Pachybrachius luridus</i> (Hahn, 1826) | ** | ** | – |
| <i>Rhyarochromus pini</i> (Linnaeus, 1758) | **** | **** | *** |
| <i>Scolopostethus decoratus</i> (Hahn, 1833) | ** | ** | * |
| <i>Stygnocoris sabulosus</i> (Schilling, 1829) | * | * | * |
| Семейство Berytidae | | | |
| <i>Neides tipularius</i> (Linnaeus, 1758) | * | – | * |
| Семейство Rhopalidae | | | |
| <i>Stictopleurus abutilon</i> (Rossi, 1790) | * | – | – |
| <i>S. crassicornis</i> (Linnaeus, 1758) | **** | **** | **** |
| Семейство Acanthasomatidae | | | |
| <i>Elasmucha grisea</i> (Linnaeus, 1758) | ** | – | ** |

Среди выявленных видов к специализированным фитофагам вереска относится ограниченное число видов, в частности *Orthotylus ericetorum* и *Macrodema microptera*. В числе других зарегистрированных видов следует отметить ряд полифагов, в спектре питания которых присутствует *Calluna vulgaris*. Это *Closterotomus biclavatus*, *Lygus punctatus*, *L. rugulipennis*, *Eremocoris plebejus*, *Nysius helveticus*, *Stygnocoris sabulosus*, *Stictopleurus crassicornis*, *Pyrrhocoris apterus*, *Carpocoris purpureipennis*, *Dolycoris baccarum*, *Palomena prasina*, а также и виды с высокой встречаемостью *Lygus pratensis*, *Rhyparochromus pini*. Топически с вереском связаны зоофаги *Nabis ericetorum* и *Coranus woodroffei* [9–14]. Также следует отметить и некоторые другие виды, которые, по всей видимости, могут формировать топические связи с вересковыми ассоциациями, *Scolopostethus decoratus* и *Neides tipularius*. Отдельного внимания заслуживает: *Stictopleurus crassicornis*, который в представленных исследованиях отличался высокой встречаемостью. По нашим наблюдениям этот вид в условиях Беларуси явно тяготеет к фитоценозам с преобладанием кустарничков семейства вересковых и к *Calluna vulgaris* в частности.

Заклучение. В ассоциациях с преобладанием вереска на верховых болотах и в сосняках вересковых в Белорусском Поозерье обнаружено 33 вида настоящих полужесткокрылых насекомых, принадлежащих к 10 семействам. Таксономический состав в различных типах местообитаний варьировал незначительно. Наибольшее число видов установлено на ненарушенных верховых болотах (28 видов 9 семейств), тогда как наименьшее – на нарушенных болотах (22 вида 6 семейств). Наибольшее число видов во всех местообитаниях выявлено среди представителей семейства Lygaeidae (28,0–31,81% всех видов), Pentatomidae (20,0–27,27%) и Miridae (17,85–24,0%).

Во всех местообитаниях высокой встречаемостью характеризовались от 1 до 3 видов, среди которых к фитофагам вереска относятся виды *Lygus pratensis*, *Rhyparochromus pini* и *Stictopleurus crassicornis*. Из видов с меньшими показателями встречаемости, отмеченных на вереске, наиболее специализированными (по отношению к кормовому растению) его потребителями являются *Nysius helveticus*, *Orthotylus ericetorum* и *Macrodema microptera*. Большинство остальных видов, вероятно, формируют топические и/или факультативные трофические связи с *Calluna vulgaris*. Общими для трех исследованных местообитаний оказались только 16 (48,48%) видов. Видовой состав настоящих полужесткокрылых в сосняках вересковых в наибольшей степени отличался от верховых болот, как ненарушенных, так и осушенных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гельтман, В.С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии / В.С. Гельтман. – Минск: Наука и техника, 1982. – 326 с.
2. Кожевников, Ю.П. Семейство вересковые (Ericaceae) / Ю.П. Кожевников // Жизнь растений: в 6 т. / под ред. А.Л. Тахтаджяна. – М.: Просвещение, 1981. – Т. 5, ч. 2: Цветковые растения. – С. 88–95.
3. Sushko, G. Species Composition and Diversity of the True Bugs (Hemiptera, Heteroptera) of a Raised Bog in Belarus / G. Sushko // Wetlands. – 2016. – Vol. 36, № 6. – P. 1025–1032.
4. Sushko, G. Succession changes in diversity and assemblages composition of planthoppers and leafhoppers in natural ancient peat bogs in Belarus / G. Sushko // Biodiversity and Conservation. – 2016. – Vol. 25, № 14. – P. 2947–2963.
5. Sushko, G.G. Taxonomic composition and species diversity of insect assemblages in grass-shrub cover of peat bogs in Belarus / G.G. Sushko // Contemporary Problems of Ecology. – 2017. – Vol. 10, № 3. – P. 259–270.
6. Sushko, G.G. Diversity and species composition of beetles in the herb-shrub layer of a large isolated raised bog in Belarus / G.G. Sushko // Mires and Peat. – 2017. – Vol. 19. – P. 1–10.
7. Хохлова, О.И. Таксономический состав и биоразнообразие комплексов жесткокрылых насекомых (Insecta: Coleoptera) в консорциях черники обыкновенной (*Vaccinium myrtillus*), брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea*) и голубики топяной (*Vaccinium uliginosum*) в Белорусском Поозерье / О.И. Хохлова // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2019. – № 2(103). – С. 72–81.
8. Палий, В.Ф. Об определении обилия в энтомологических исследованиях / В.Ф. Палий // Сб. энтомол. работ Кирг. отд. ВЭО. – Фрунзе, 1965. – С. 112–121.
9. Wagner, E. Hétéroptères Miridae. Faune de France. Vol. 67 / E. Wagner, H.H. Weber. – Paris, 1964. – 591 p.
10. Пучков, В.Г. Щитники / В.Г. Пучков // Фауна України. – Т. 21, вип. 1. – Київ: Вид. АН УРСР, 1961. – 339 с.
11. Пучков, В.Г. Крайовики / В.Г. Пучков // Фауна України. – Т. 21, вип. 2. – Київ: Вид. АН УРСР, 1962. – 163 с.
12. Пучков, В.Г. Лігеїди / В.Г. Пучков // Фауна України. – Т. 21, вип. 3. – Київ: Наукова думка, 1969. – 388 с.
13. Пучков, В.Г. Беритиди, червоноклопи, пієзматиди, підкорники і тингіди / В.Г. Пучков // Фауна України. – Т. 21, вип. 4. – Київ: Наукова думка, 1974. – 332 с.
14. Пучков, В.Г. Полужесткокрылые. Хищницы / В.Г. Пучков // Фауна Украины. – Т. 21, вип. 5. – Киев: Наукова думка, 1987. – 248 с.

REFERENCES

1. Geltman V.S. *Geograficheski i tipologicheski analiz lesnoi rastitelnosti Belarusi* [Geographic and typological analysis of forest vegetation in Belarus], Minsk: Nauka i tekhnika, 1982, 326 p.
2. Kozhevnikov Yu.P. *Zhizn rasteni: v 6 tomakh. T. 5, ch. 2 Tsvetkoviye rasteniya* [Plant Life in 6 Volumes. Volume 5 Part 2 Flowering Plants], M.: Prosveshcheniye, 1981, p. 88–95.

3. Sushko, G. Species Composition and Diversity of the True Bugs (Hemiptera, Heteroptera) of a Raised Bog in Belarus / G. Sushko // *Wetlands*. – 2016. – Vol. 36, No. 6. – P. 1025–1032.
4. Sushko, G. Succession changes in diversity and assemblages composition of planthoppers and leafhoppers in natural ancient peat bogs in Belarus / G. Sushko // *Biodiversity and Conservation*. – 2016. – Vol. 25, No. 14. – P. 2947–2963.
5. Sushko, G.G. Taxonomic composition and species diversity of insect assemblages in grass-shrub cover of peat bogs in Belarus / G.G. Sushko // *Contemporary Problems of Ecology*. – 2017. – Vol. 10, No. 3. – P. 259–270.
6. Sushko, G.G. Diversity and species composition of beetles in the herb-shrub layer of a large isolated raised bog in Belarus / G.G. Sushko // *Mires and Peat*. – 2017. – Vol. 19. – P. 1–10.
7. Khokhlova O.I. *Vesnik VDU* [Bulletin of Vitebsk State University], 2019, 2(103), p. 72–81.
8. Paly V.F. *Sbornik entomol rabot Kirg. otd. VEO* [Collection of Entomological Works of Kyrgyz Branch of UES], Frunze, 1965, p. 112–121.
9. Wagner, E. Hétéroptères Miridae. Faune de France. Vol. 67 / E. Wagner, H.H. Weber. – Paris, 1964. – 591 p.
10. Putshkov V.G. *Fauna Ukrainy* [Fauna of Ukraine], 21(1), Kiev: Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 1961, 339 p.
11. Putshkov V.G. *Fauna Ukrainy* [Fauna of Ukraine], 21(2), Kiev: Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 1962, 163 p.
12. Putshkov V.G. *Fauna Ukrainy* [Fauna of Ukraine], 21(3), Kiev: Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 1969, 388 p.
13. Putshkov V.G. *Fauna Ukrainy* [Fauna of Ukraine], 21(4), Kiev: Naukova dumka, 1974, 332 p.
14. Putshkov V.G. *Fauna Ukrainy* [Fauna of Ukraine], 21(5), Kiev: Naukova dumka, 1987, 248 p.

Поступила в редакцію 09.02.2022

Адрес для корреспонденции: e-mail: viktoriyayanovskaya2021@gmail.com – Яновская В.В.

УДК 575.113.02:616.711.007.55-053.2-001.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА –13910 C>T ГЕНА ЛАКТАЗЫ LCT У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ СО СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ ПОЗВОНОЧНИКА

Е.В. Белая*, Г.Г. Пирханов**, С.А. Подберезко*, И.С. Бейшова***, К.Г. Бобровская*,
П.Ю. Колмаков**, А.М. Ковальчук***

*Учреждение образования «Белорусский государственный педагогический
университет имени Максима Танка»

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

***Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана
(Уральск, Казахстан)

Актуальность исследования обусловлена тем, что, с одной стороны, сохранение и укрепление здоровья подрастающего поколения является приоритетной задачей Республики Беларусь, с другой – на фоне возрастающей школьной нагрузки, неправильного рациона питания, малоподвижного образа жизни и влияния неблагоприятных экологических факторов – каждый год увеличивается количество детей с различными видами нарушений опорно-двигательного аппарата и одну из лидирующих позиций занимает идеопатический сколиоз.

Цель исследования: провести сравнительный анализ распределения частоты аллелей и генотипов по полиморфизму –13910 C>T гена лактазы у детей и подростков со сколиотической деформацией позвоночника и у детей без ортопедической патологии, проанализировать взаимосвязь исследованных молекулярно-генетических маркеров с развитием сколиоза.

Материал и методы. Генотипировано 58 образцов биологического материала детей с различными формами сколиоза в возрасте от 6 месяцев до 17 лет. Группа контроля составила 18 человек, достигших 18-летия без нарушений опорно-двигательного аппарата. ДНК-типирование проведено методом ПЦР РТ с применением коммерческих наборов.

Результаты и их обсуждение. Установлены генотипы 76 человек по полиморфным вариантам гена лактазы LCT на носительство полиморфизма –13910 C>T (rs4988235), ассоциированного с молочной непереносимостью. В 4-х возрастных группах (до 5 лет, 6–7, 8–11 и 12–17 лет) и группе контроля рассчитаны частоты генотипов, наблюдаемые и ожидаемые по закону Харди–Вайнберга, относительные частоты аллельных вариантов.

Заключение. Установленное во всех возрастных группах детей, страдающих нарушениями опорно-двигательного аппарата, и группе контроля соответствие числа наблюдаемых генотипов теоретически ожидаемому по закону Харди–Вайнберга свидетельствует о компенсации фенотипического эффекта аллеля С даже в группах детей, страдающих сколиозом. Фенотипический эффект С аллеля, в случае декомпенсации его на уровне генома, наиболее часто проявляется в возрасте до 5 лет, а также в возрасте 6–11 лет.

Ключевые слова: генотип, лактоза, деформация позвоночника, полиморфизм, нарушения опорно-двигательного аппарата.

THE STUDY OF POLYMORPHISM –13910 C>T OF THE LCT LACTASE GENE OF CHILDREN AND ADOLESCENTS WITH SCOLIOTIC SPINAL DEFORMITY

E.V. Belaya*, G.G. Pirkhanov**, S.A. Podberezko*, I.S. Baishova***, K.G. Bobrovskaya*,
P.Yu. Kolmakov**, A.M. Kovalchuk***

*Education Establishment “Maxim Tank Belarusian State Pedagogical University”

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

***Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University (Uralsk, Kazakhstan)

The relevance of the study is due to the fact that, on the one hand, the preservation and strengthening of the health of the younger generation is a priority task of the Republic of Belarus, on the other hand, against the background of increasing school workload,

improper diet, sedentary lifestyle and the influence of adverse environmental factors, the number of children with various types of musculoskeletal disorders increases every year and one of the leading positions is occupied by ideopathic scoliosis.

The purpose of the study is to conduct a comparative analysis of the frequency distribution of alleles and genotypes according to polymorphism –13910 C>T of the lactase gene of children and adolescents with scoliotic spinal deformity and of children without orthopedic pathology and to analyze the relationship of the studied molecular genetic markers with the development of scoliosis.

Material and methods. 58 samples of biological material of children with various forms of scoliosis aged from 6 months to 17 years old were analyzed. The control group consisted of 18 people who reached the age of 18 without disorders of the musculoskeletal system. DNA typing was carried out by RT PCR using commercial kits.

Findings and their discussion. The genotypes of 76 people were identified according to polymorphic variants of the LCT lactase gene for the carriage of polymorphism –13910 C>T (rs4988235) associated with milk intolerance. In 4 age groups (up to 5 years old, 6–7, 8–11 and 12–17 years old) and the control group, the frequencies of genotypes observed and expected according to the Hardy–Weinberg law, the relative frequencies of allelic variants were calculated.

Conclusion. The correspondence of the number of observed genotypes, theoretically expected according to the Hardy–Weinberg law, established in all age groups of children suffering from disorders of the musculoskeletal system and the control group, indicates compensation for the phenotypic effect of the C allele even in groups of children suffering from scoliosis. The phenotypic effect of the allele, in the case of its decompensation at the genome level, is most often manifested at the age of 5 years old, as well as at the age of 6–11 years old.

Key words: genotype, lactose, spinal deformity, polymorphism, disorders of the musculoskeletal system.

Актуальность исследования обусловлена тем, что, с одной стороны, сохранение и укрепление здоровья подрастающего поколения является приоритетной задачей Республики Беларусь, с другой – на фоне возрастающей школьной нагрузки, неправильного рациона питания, малоподвижного образа жизни и влияния неблагоприятных экологических факторов – каждый год увеличивается количество детей с различными видами нарушений опорно-двигательного аппарата и одну из лидирующих позиций занимает идиопатический сколиоз. По официальным данным Министерства здравоохранения Республики Беларусь [1] заболеваемость опорно-двигательного аппарата у детского населения за последние 10 лет вышла на ведущие позиции среди заболеваний, приводящих к инвалидности у подростков. Заболевания костно-мышечной системы и соединительной ткани составляют 13,1% от общей заболеваемости детского населения.

На основании вышесказанного становится очевидной необходимость исследования генетических факторов развития заболеваний опорно-двигательного аппарата в детском и подростковом возрасте для разработки способов ранней оценки рисков их возникновения и профилактики в условиях здоровьесберегающей образовательной среды.

Роль генетики в этиопатогенезе подросткового идиопатического сколиоза неясна [2].

В качестве генов-кандидатов, вносящих определенный вклад в формирование деформаций позвоночника, рассматриваются гены, продукты которых вовлечены в процессы костного метаболизма и остеогенеза. К этой группе генов относится ген лактазы *LCT*.

Ген *LCT* кодирует фермент лактазу, принадлежит к семейству β-галактозидаз и экспрессируется в основном в энтероцитах ворсинок слизистой оболочки в тонком кишечнике. Этот фермент катализирует распад дисахарида лактозы (молочного сахара) до галактозы и глюкозы [3].

У большинства млекопитающих после прекращения грудного вскармливания наблюдаются снижение активности лактазы и непереносимость лактозы, что является нормальным состоянием. Однако у человека порядка 10 000 лет назад появилась мутация –13910 C>T, которая позволила усваивать лактозу на протяжении всей жизни. Дефицит же лактазы приводит к непереносимости лактозы и рассматривается как патологическое состояние.

В ряде исследований изучалась ассоциация полиморфизма гена лактазы (*LCT*, C/T-13910) с минеральной плотностью кости (BMD) и риском переломов. Показано, что лактазная непереносимость является одним из путей развития склонности к остеопорозу и остеоартрозу [4; 5].

Цель исследования: провести сравнительный анализ распределения частоты аллелей и генотипов по полиморфизму –13910 C>T гена лактазы у детей и подростков со сколиотической деформацией позвоночника и у детей без ортопедической патологии; проанализировать взаимосвязь исследованных молекулярно-генетических маркеров с развитием сколиоза.

Материал и методы. В период с 2020 по 2021 год нами было собрано 58 образцов биологического материала детей с различными формами сколиоза в возрасте от 6 месяцев до 17 лет. Группа детей и

подростков с установленными заболеваниями опорно-двигательного аппарата формировалась в виде рандомной выборки детей в возрасте от 5 до 17 лет с медицинским подтвержденным диагнозом ($n=58$).

Дети, имеющие сколиотическую деформацию позвоночника в структуре различных генетических синдромов, были исключены из исследования (4 человека). Первую группу сравнения составили 11 больных с идиопатическим сколиозом в возрасте от 6 месяцев до 5 лет. Во вторую группу сравнения были включены 8 детей в возрасте от 6 до 7 лет. В третью группу вошли 23 ребенка в возрасте 8–11 лет, в четвертую – 12 детей в возрасте 12–17 лет. Группа контроля состояла из 18 участников, достигших 18-летия без признаков деформации позвоночника (допускалось нефиксированное нарушение осанки).

Все исследуемые приняли участие в проекте на основании информированного согласия их официальных представителей. Сбор анамнеза проводился на основании предоставляемых справок из медицинского учреждения.

Материалом для исследования послужили образцы волосяных луковиц. Контрольная группа набиралась среди здоровых по профилю опорно-двигательного аппарата студентов I курса ($n = 18$) БГПУ.

Выделение ДНК проводили с помощью набора реагентов производства компании «Литех».

ДНК-типирование полиморфизма гена лактозы (*LCT*) осуществлялось методом ПЦР в реальном времени с применением коммерческих наборов производства компании Литех (РФ). Общая процедура разработана компанией-производителем и стандартна для всех полиморфизмов.

Статистическая обработка данных. Частоты генотипов определяются методом прямого подсчета.

Относительные частоты аллелей исследуемых генов рассчитаны по формуле (1):

$$Q_{(A)}=(2N_1+N_2)/2n, \quad (1)$$

где N_1 – число гомозигот по исследуемому аллелю;

N_2 – число гетерозигот;

n – объем выборки [6].

Статистическую ошибку относительных частот аллелей вычисляют по формуле (2):

$$S_Q=\sqrt{Q(1-Q)/2n}, \quad (2)$$

где Q – относительная частота исследуемого аллеля;

n – объем выборки [7].

Соответствие фактического распределения генотипов теоретически ожидаемому по закону Харди–Вайнберга оценивается с помощью критерия χ^2 . Число степеней свободы равняется 1 (число генотипов минус число аллелей).

$$\chi^2=\sum(H_o-H_e)^2 / H_e, \quad (3)$$

где H_o – наблюдаемые частоты генотипов;

H_e – ожидаемые частоты генотипов:

$AA=p^2$;

$AB=2pq$;

$BB=q^2$.

Допустимое значение χ^2 для одной степени свободы и 5%-ного уровня значимости составляет 3,84 [7].

Результаты и их обсуждение. Для оценки характера распределения генотипов в разных возрастных группах детей, страдающих сколиозом, и контрольной группе была произведена оценка соответствия числа наблюдаемых генотипов теоретически ожидаемым по закону Харди–Вайнберга. Результаты отражены в табл. 1.

По данным, приведенным в табл. 1, можно отметить, что во всех исследованных возрастных группах детей, страдающих нарушениями опорно-двигательного аппарата, и группе контроля число наблюдаемых генотипов соответствует теоретически ожидаемому по закону Харди–Вайнберга, что позволяет предположить наличие механизмов компенсации фенотипического эффекта доминантного аллеля С даже в группах детей, страдающих сколиозом.

Таблица 1

Распределение генотипов в группах детей, страдающих идиопатическим сколиозом, и контрольной группе

| Возраст начала заболевания | n _{общ} | ТТ | | ТС | | СС | | χ ² |
|----------------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | n _н | n _о | n _н | n _о | n _н | n _о | |
| до 5 лет | 11 | 1 | 2 | 7 | 5 | 3 | 4 | 0,36 |
| 6–7 лет | 8 | 2 | 3 | 5 | 4 | 1 | 2 | 0,08 |
| 8–11 лет | 23 | 5 | 6 | 13 | 12 | 5 | 6 | 0,11 |
| 12–17 лет | 12 | 5 | 5 | 5 | 6 | 2 | 2 | 0,03 |
| Контроль | 18 | 6 | 7 | 10 | 9 | 2 | 3 | 0,13 |

Примечание: отклонение наблюдаемых частот генотипов от теоретически ожидаемых по закону Харди-Вайнберга значимо при $\chi^2 \geq 3,84$.

Далее с целью оценки возможного влияния генотипов СТ и СС на развитие нарушений ОДА был проведен анализ частот генотипов в разных возрастных группах и группе контроля.

Таблица 2

Относительные частоты аллелей и генотипов в группах детей, страдающих идиопатическим сколиозом, и контрольной группе (%)

| Возраст начала заболевания | ω(T) | ω(C) | ω(ТТ) | ω(ТС) | ω(СС) | P* |
|----------------------------|-----------|-----------|-------|-------|-------|--------|
| до 5 лет | 0,41±0,04 | 0,59±0,04 | 9,1 | 63,6 | 27,3 | 0,0801 |
| 6–7 лет | 0,56±0,06 | 0,44±0,06 | 25,0 | 62,5 | 12,5 | 0,7430 |
| 8–11 лет | 0,50±0,02 | 0,50±0,02 | 21,7 | 56,5 | 21,7 | 0,3187 |
| 12–17 лет | 0,63±0,04 | 0,38±0,04 | 41,7 | 41,7 | 16,7 | 0,9141 |
| Контроль | 0,61±0,03 | 0,39±0,03 | 33,3 | 55,6 | 11,1 | – |

Примечание: P – расчетный уровень значимости для оценки вероятности значимости разности между относительными частотами генотипов в группе сравнения и контрольной группе. Разность между группами достоверна при P > 0,95.

Как следует из данных табл. 2, относительная частота аллеля С среди детей, страдающих различными формами нарушений опорно-двигательного аппарата, наиболее высока в возрастной группе до 5 лет. Частота аллеля С в этой группе составляет 0,59, что значительно превышает таковую в контрольной группе (0,39).

Следующие возрастные группы 6–7 и 8–12 лет также характеризуются превышением относительной частоты аллеля С по сравнению с контрольной. В них частота аллеля С составляет 0,44, 0,50 и 0,39 соответственно.

Интерес представляет результат возрастной группы 12–17 лет, которая характеризуется возрастным скачком роста и повышенным воздействием внешних факторов на опорно-двигательный аппарат в целом и позвоночник в частности. Показано, что в данной возрастной группе относительная частота аллеля С практически равна таковой в контрольной группе и составляет 0,38.

Полученные данные позволяют предположить, что фенотипический эффект С аллеля, в случае декомпенсации его на уровне генома, наиболее часто проявляется в возрасте до 5 лет, а также в возрасте 6–11 лет. Вероятно, с началом полового созревания включаются механизмы контроля развития костной ткани, которые компенсируют сниженную усвояемость кальция из молочных продуктов несмотря на активный рост детского организма и повышение его потребности в данном микроэлементе.

Для оценки фенотипического вклада полиморфизма rs4988235 в нарушения ОДА на уровне гено-типа по данным табл. 2 была построена диаграмма (рис.).

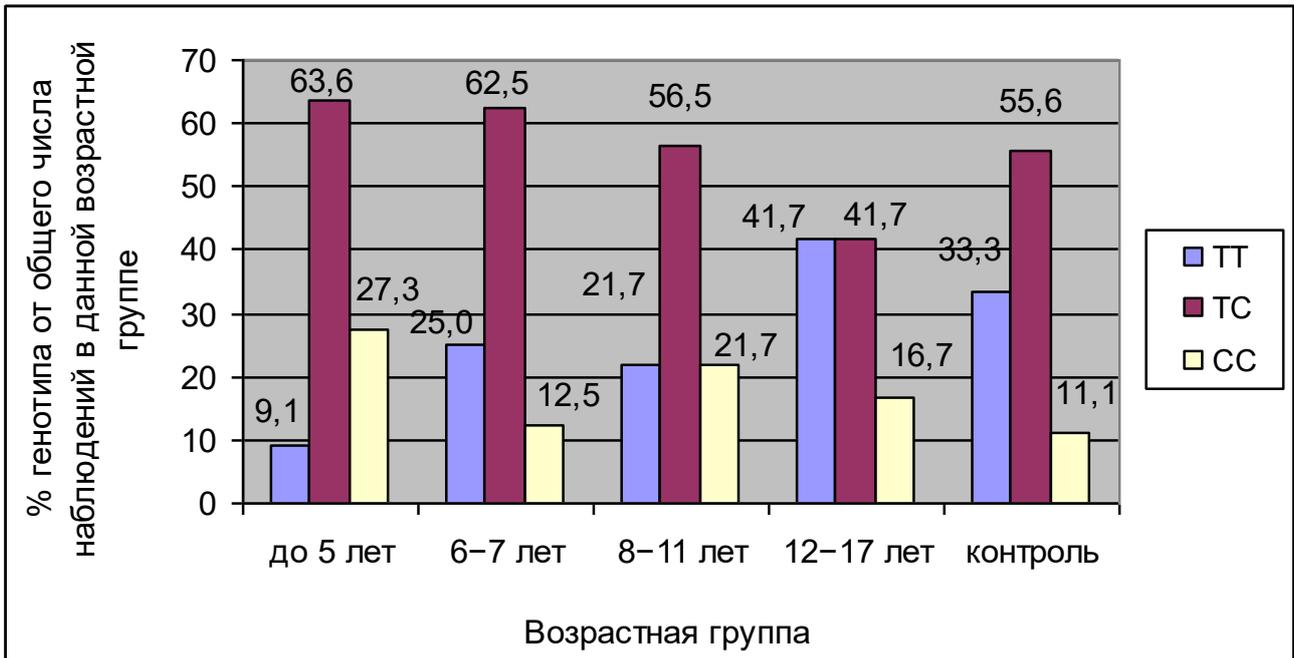


Рис. Частота встречаемости генотипов rs 4988235 (%) у детей, страдающих нарушениями ОДА, и в группе контроля

Данные, приведенные в диаграмме (рис.), свидетельствуют, что в возрастной группе до 5 лет наблюдается самая высокая доля генотипа CC по сравнению со всеми другими исследованными группами. Так, в группе до 5 лет доля генотипа CC достигает 27,3%, в то время как в группах 6–7, 8–11 лет и контроле это значение составляет 12, 21,7 и 16,7% соответственно. Таким образом, доля генотипа CC в группе детей, у которых нарушения ОДА проявились в возрасте до 5 лет, почти в 2,5 раза выше по сравнению с контрольной группой лиц без патологии, достигших 18-летия. Полученные данные позволяют предположить, что гомозиготный генотип CC вносит определенный вклад в формирование нарушений ОДА в раннем возрасте до 5 лет.

Доля гетерозиготных генотипов в группах детей, страдающих различными нарушениями ОДА, практически равна во всех возрастных группах и группе контроля. Это позволяет предположить рецессивный характер фенотипического эффекта полиморфизма rs 4988235 на признак раннего развития нарушений ОДА у детей и подростков.

Заключение. В результате проведенного исследования отмечено, что во всех исследованных возрастных группах детей, страдающих нарушениями опорно-двигательного аппарата, и группе контроля число наблюдаемых генотипов соответствует теоретически ожидаемому по закону Харди–Вайнберга, что свидетельствует о компенсации фенотипического эффекта доминантного аллеля С даже в группах детей, страдающих сколиозом. Фенотипический эффект С аллеля, в случае декомпенсации его на уровне генома, наиболее часто проявляется в возрасте до 5 лет, а также в возрасте 6–11 лет.

Доля генотипа CC в группе детей, у которых нарушения ОДА проявились в возрасте до 5 лет, почти в 2,5 раза выше по сравнению с контрольной группой лиц без патологии, достигших 18-летия, что говорит в пользу определенного вклада гомозиготного генотипа CC в формирование нарушений ОДА в раннем возрасте до 5 лет.

Практически равная во всех возрастных группах детей, страдающих различными нарушениями ОДА, и группе контроля доля гетерозиготных генотипов наводит на мысль о рецессивном характере фенотипического эффекта полиморфизма rs 4988235 на признак раннего развития нарушений ОДА у детей и подростков.

Необходимо отметить также, что малое число участников групп не позволяет рассматривать полученные результаты как статистически значимые. Тем не менее наблюдаемые тенденции представляют определенную ценность и будут исследованы в дальнейших этапах проекта за счет увеличения численности выборок.

Статья подготовлена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь, ГР № 20201257.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://minzdrav.gov.by>.
2. Giampietro, P.F. Congenital and idiopathic scoliosis: clinical and genetic aspects / P.F. Giampietro, R.D. Blank, L.R. Cathleen [et al.] / Clin. Med. Res. – 2003. – Vol. 1, № 2. – P. 125–136. – Doi: 10.3121/cm.1.2.125.
3. Mantei, N. Complete primary structure of human and rabbit lactase-phlorizin hydrolase: implications for biosynthesis, membrane anchoring and evolution of the enzyme / N. Mantei, M. Villa, T. Enzler, H. Wacker, W. Boll, P. James, W. Hunziker, G. Semenza // The EMBO Journal. – 1988. – Vol. 7, № 9. – P. 2705–2713.
4. Olds, L.C. Lactase persistence DNA variant enhances lactase promoter activity in vitro: functional role as a cis regulatory element / L.C. Olds, E. Sibley // Hum. Mol. Genet. – 2003. – Vol. 12, № 18. – P. 2333–2340.
5. Cilli, K. School screening for scoliosis in Sivas, Turkey / K. Cilli, G. Tezeren, T. Taş [et al.] // Acta Orthoptraumatol Turc. – 2009. – Vol. 43. – P. 426–443.
6. Рокицкий, П.Ф. Основы вариационной статистики для биологов / П.Ф. Рокицкий. – Минск: БГУ, 1961.
7. Айала, Ф. Современная генетика: в 3 т. / Ф. Айала, Дж. Кайгер. – М.: Мир, 1988. – Т. 3. – 335 с.

REFERENCES

1. <http://minzdrav.gov.by>.
2. Giampietro, P.F. Congenital and idiopathic scoliosis: clinical and genetic aspects / P.F. Giampietro, R.D. Blank, L.R. Cathleen [et al.] / Clin. Med. Res. – 2003. – Vol. 1, № 2. – P. 125–136. – Doi: 10.3121/cm.1.2.125.
3. Mantei, N. Complete primary structure of human and rabbit lactase-phlorizin hydrolase: implications for biosynthesis, membrane anchoring and evolution of the enzyme / N. Mantei, M. Villa, T. Enzler, H. Wacker, W. Boll, P. James, W. Hunziker, G. Semenza // The EMBO Journal. – 1988. – Vol. 7, № 9. – P. 2705–2713.
4. Olds, L.C. Lactase persistence DNA variant enhances lactase promoter activity in vitro: functional role as a cis regulatory element / L.C. Olds, E. Sibley // Hum. Mol. Genet. – 2003. – Vol. 12, № 18. – P. 2333–2340.
5. Cilli, K. School screening for scoliosis in Sivas, Turkey / K. Cilli, G. Tezeren, T. Taş [et al.] // Acta Orthoptraumatol Turc. – 2009. – Vol. 43. – P. 426–443.
6. Rokitski P.F. *Osnovy variatsionnoi statistiki dlia biologov* [Basics of Variation Statistics for Biologists], Minsk: BGU, 1961.
7. Aiala F., Keiger J. *Sovremennaya genetika v 3 t.* [Contemporary Genetics: in 3 Volumes], M.: Mir, 1988, (3), 335 p.

Поступила в редакцию 24.05.2022

Адрес для корреспонденции: e-mail: kolyuchka005@rambler.ru – Белая Е.В.

УДК 616.345-006-07:577.112.853

КЛИНИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ МУЦИНОВ КАК МАРКЕРОВ ОПУХОЛЕЙ ТОЛСТОГО КИШЕЧНИКА

О.Е. Кузнецов, В.М. Цыркунов

Учреждение образования «Гродненский государственный медицинский университет»

Описано много биологических маркеров, определение которых способствует выявлению злокачественной опухоли. Потенциальным маркером рака толстой кишки могут быть мембранно-связанные муцины (MUC).

Цель статьи – оценка клинической значимости экспрессии высокомолекулярных гликопротеинов MUC-1 и MUC-13 в качестве маркеров опухолевых процессов толстого кишечника.

Материал и методы. Исследованы образцы тканей и сыворотки крови 106 пациентов со злокачественным новообразованием толстого кишечника. Метод: иммунологический (иммуноферментный анализ), определение антител к рецепторам MUC-1 и MUC-13.

Результаты и их обсуждение. Оценена роль антител к рецепторам MUC-1 и MUC-13 в качестве диагностических маркеров в процессе уточняющей диагностики рака толстого кишечника. Установленные пределы колебаний показателей антител в сыворотке крови к MUC-1 и MUC-13 у здоровых лиц имели отличия от показателей у пациентов с опухолью ($p=0,02$). У пациентов с раком толстого кишечника показатели антител к рецепторам MUC-1 и MUC-13 в ткани опухоли выше, чем в не пораженной опухолью ткани кишечника. Уровень экспрессии MUC-1 и MUC-13 в ткани опухоли не зависит от размера опухоли, поражения лимфатических узлов, наличия отдаленных метастазов, возраста и пола пациентов.

Заключение. Таким образом, муцины MUC-1 и MUC-13 представляют практический интерес в качестве дополнительных маркеров оценки опухолевых процессов в толстом кишечнике, их концентрации в ткани могут использоваться для контроля полноты объема резекции опухоли толстого кишечника при проведении хирургических вмешательств.

Ключевые слова: опухоль, муцин, ткань, сыворотка, толстый кишечник.

CLINICAL SIGNIFICANCE OF MUCINS AS MARKERS OF COLON TUMOR

O.E. Kuznetsov, V.M. Tsyrukunov

Education Establishment "Grodno State Medical University"

Currently, many biological markers have been described, the determination of which contributes to the detection of a malignant tumor. Membrane-associated mucins (MUC) may be a potential marker for colon cancer.

The aim of the study is to evaluate the clinical significance of the expression of high molecular weight glycoproteins MUC-1 and MUC-13 as markers of tumor processes in the large intestine.

Material and methods. Samples of tissues and blood serum of 106 patients with a malignant neoplasm of the large intestine were studied. The research methods were immunological (enzymatic immunoassay), identification of antibodies to MUC-1 and MUC-13 receptors.

Findings and their discussion. The role of antibodies to MUC-1 and MUC-13 receptors as diagnostic markers in the process of clarifying the diagnosis of colon cancer was evaluated. The established limits of fluctuations in serum antibodies to MUC-1 and MUC-13 of healthy individuals differed from those of patients with a tumor ($p=0,02$). The levels of antibodies to MUC-1 and MUC-13 receptors in the tumor tissue of patients with colon cancer are higher than in non-tumour-affected intestinal tissue. The level of expression of MUC-1 and MUC-13 in the tumor tissue does not depend on the size of the tumor, lymph node involvement, the presence of distant metastases, age and sex of patients.

Conclusion. Thus, mucins MUC-1 and MUC-13 are of practical interest as additional markers for assessing tumor processes in the large intestine and their concentration in the tissue can be used to control the completeness of the volume of resection of the large intestine tumor during surgical interventions.

Key words: tumor, mucin, tissue, serum, colon cancer.

Ежегодно в мире определяется около 1,1 миллиона новых случаев опухолей толстого кишечника, являющихся причиной смерти у половины пациентов. В экономически развитых странах рак толстого кишечника/колоректальный рак (РТК/КРР) являются распространенными болезнями, в структуре которых заболеваемость раком ободочной и прямой кишки составляет 58,7/100 тысяч и 28,8/100 тысяч

населения, соответственно, а пятилетняя выживаемость – 60%. Последний показатель в странах с ограниченными ресурсами равен менее 40% [1]. Статистические данные об экономических потерях от указанной онкопатологии не доступны, но в странах с высоким уровнем дохода составляют около 6,5 млрд долларов в год [2].

В Республике Беларусь ежегодно выявляется около 50 тыс. пациентов с впервые установленным злокачественным новообразованием. Страна входит в группу стран с относительно невысокими уровнями заболеваемости рака толстого кишечника, мало отличающимися от стран-соседей. За последнее десятилетие заболеваемость РТК/КРР увеличилась в три раза [3]. Ежегодно обнаруживается около 2,5 тыс. новых случаев опухолей толстой кишки и 1,9 тыс. случаев рака прямой кишки, 35% из них диагностируется на III и IV стадиях. Пятилетняя выживаемость пациентов, в зависимости от стадии заболевания, варьирует от 60,6 до 14,5% [4].

К настоящему времени описано множество биологических маркеров, определение которых в клетках, тканях или жидкостях организма может способствовать выявлению злокачественной опухоли, служить индикатором ее биологических особенностей или распространенности в организме. Маркеры, определение которых позволит оценить риски развития заболевания, диагностировать опухоль и служить биологическим индикатором опухолевого процесса, являются предметом исследований в настоящее время [5].

Потенциальным маркером опухолей толстой кишки могут быть мембранно-связанные муцины (МУК, МУС) – высокомолекулярные гликопротеины, привлекающие внимание исследователей на протяжении последних лет [6]. В норме в организме человека МУС экспрессируются клетками однослойного эпителия, локализуются на апикальной поверхности клеток и входят в состав молекулярной системы, которая способствует устойчивости эпителиального барьера при поражении. В своей структуре МУС содержат тандемные повторы из таких аминокислот, как пролин, треонин и серин; именно по двум последним идет гликозилирование. У человека выделяют до 21 вида мукопротеинов, которые по месту своего расположения подразделяются на мембранные и секретлируемые (табл. 1) [7].

В злокачественных опухолях можно обнаружить повышенную, по сравнению с нормальным эпителием, экспрессию МУС, изменение их внутриклеточной локализации и увеличение содержания гипогликозилированных форм гликопротеина, а также МУС, представленные на поверхностной мембране опухолевых клеток, которые можно рассмотреть как идеальную мишень для таргетной терапии [8].

В ряде клинико-морфологических исследований при раке различной локализации (молочная железа, легкое, желудок, кишечник, эпителиальные злокачественные новообразования других органов) описан высокий уровень корреляции экспрессии МУС в клетках опухоли с неблагоприятным прогнозом заболевания. Клинические наблюдения подтверждаются экспериментальными исследованиями, которые свидетельствуют о том, что сверхэкспрессия МУС и его аномальная внутриклеточная локализация могут способствовать увеличению инвазивного и метастатического потенциала злокачественных клеток [9].

В других исследованиях было показано, что связь уровня МУС с клиническими характеристиками опухоли неоднозначна: экспрессия МУС выявляется при КРР и характеризует высокую гистологическую стадию процесса [10]. Увеличение МУС в крови, например, при раке молочной железы, связано со степенью дифференцировки, размером опухоли, отношением к рецептору эстрогена [11]. У пациентов с опухолевым процессом в кишечнике экспрессия МУС может быть связана со стадией TNM-характеристики опухоли и наличием метастазов. Экспрессия мембранно-связанных МУС в опухоли выявлена у 58,5% живых пациентов с КРР с благоприятным исходом в первые 5 лет [12; 13].

Таким образом, МУС как объект исследования представляют интерес для понимания биологии злокачественных новообразований эпителия и предшествующих их развитию фоновых процессов, а также для совершенствования методов диагностики и прогноза при онкологическом заболевании [14].

Многие аспекты потенциальной роли МУС в возникновении и прогрессии злокачественных опухолей, а также возможность практического приложения накопленных экспериментальных и клинических данных и сегодня остаются изученными недостаточно.

Цель исследования – оценить клиническую значимость экспрессии высокомолекулярных гликопротеинов МУС-1 и МУС-13 в качестве маркеров опухолевых процессов толстого кишечника.

Материал и методы. Объектом исследования являлись образцы тканей и сыворотки крови 106 пациентов со злокачественным новообразованием толстого кишечника (РТК): КРР, рак ободочной кишки, рак ректосигмоидного соединения. Пациенты находились на лечении в Гродненском онкологическом диспансере. Возраст обследуемых на момент постановки диагноза составил 29–87 лет; медиана возраста (Me) – $61,8 \pm 13,7$ лет, нижний квартиль (Q25) – 52 года, верхний квартиль (Q75) – 72 года.

Среди обследуемых с опухолевым процессом кишечника было 45 женщин (42,5%) и 61 мужчина (57,5%). Опухоль чаще локализовалась в прямой кишке (54/50,9%), сигмовидной кишке (8/7,6%), поперечно ободочной кишке (7/6,6%), слепой кишке и печеночном изгибе ободочной кишки (37/34,9%). Диагноз онкологического заболевания у каждого пациента был подтвержден морфологически. Распределение пациентов в соответствии с Международной клинической классификацией TNM: T3 – 52,8% (n=56); T4 – 23,6% (n=25), T2 – 16,0% (n=17), T1 – 7,6% (n=8). У 31,4% (n=33) пациентов на момент постановки диагноза отмечены метастазы в регионарные лимфатические узлы (N1), у 9,4% (n=10) – отдаленные метастазы (M1). Частота встречаемости опухоли с низкой степенью злокачественности (высокодифференцированные, G1) составила 70,8% (75 человек), опухоли средней степени злокачественности (низкодифференцированные, G2) – 17,9% (19 человек), опухоли высокой степени злокачественности (недифференцированные, G3) – 11,3% (12 человек).

Исследованы образцы тканей, парафиновые блоки пациентов с РТК (рак ректосигмоидного соединения, КРР, рак ободочной кишки) из архива Гродненского областного клинического патологоанатомического бюро и образцы крови тех же пациентов, полученные при обращении за консультативной и лечебной помощью в онкологический диспансер (в рамках обязательного медицинского обследования в соответствии с действующими протоколами диагностики и лечения). Исследование в образцах экстракта ткани кишечника выполнялось в двух зонах: в зоне опухоли и на участке «здоровой» ткани с морфологически не описанными критериями злокачественности (n=34).

Группа контрольных исследований представлена образцами крови 35 практически здоровых лиц с отсутствием злокачественного новообразования и вирусных инфекций. Исследования выполнены у 20 мужчин (57,1%) и 15 женщин (42,9%) среднего возраста $56,5 \pm 8,3$ года (минимум 42 года, максимум 68 лет).

Исследование уровня антител к муцинам (MUC-1, MUC-13, нг/мл) проводили при помощи метода иммуноферментного анализа (ИФА) в образцах ткани и сыворотки крови пациентов при помощи набора реагентов производства «Wuhan Fine Biological Technology Co. Ltd» (Китай) на иммуноферментном анализаторе «Mindray 96RA» (Китай).

Из блоков ткани в парафине готовили серийные срезы. В соответствии со стандартным протоколом проводили пробоподготовку образцов ткани к исследованию набором реагентов производства «MagneSil Genomic, Fixed System» (Promega, США).

Образцы биологического материала (сыворотки крови) получали стандартным способом с использованием вакуумных систем «Vacuette» с активатором свертывания производства «Greiner Bio-One» (Австрия). Подготовка проб крови для исследования проводилась унифицированным способом: центрифугированием (центрифуга «Fepox-24M», Китай) при 3000g в течение 10 минут. Образцы сыворотки крови отбирали в отдельные системы, в которых выполнялось исследование.

Результаты, полученные в ходе исследования, заносились в оригинальную базу данных. Статистическая обработка данных проводилась с применением стандартного пакета прикладных статистических программ SPSS. Различия между изучаемыми параметрами признавали достоверным при $p < 0,05$. Среди методов математической обработки использовали:

- изучение вида распределения и получение числовых характеристик. В случае нормального распределения переменную характеризовали с помощью математического ожидания (среднего) – M и среднего квадратического отклонения ($\pm\sigma$). Если распределение переменных не соответствовало гауссовскому, то для их описания использовали величины верхнего (Q75) и нижнего квартилей (Q) и медианы (Me);

- выявление отклика на воздействие в двухвыборочной задаче: при нормальном распределении для проверки гипотезы о равенстве средних значений двух групп переменной использовали критерий Стьюдента (t), если распределение переменной не соответствовало нормальному, сравнение двух

независимых групп изучаемой переменной проводили с помощью теста Манна–Уитни (U), а зависимых групп – теста Вилкоксона (Z);

– при сравнении долей (процентов) применялся метод Хиала;

– выявление взаимосвязи между двумя переменными: при нормальном распределении для оценки линейности связи между переменными использовали коэффициент корреляции Пирсона (r), если распределение переменных не соответствовало нормальному, для оценки связи между ними применяли непараметрический корреляционный анализ Спирмана (R).

Результаты и их обсуждение. Установленные в образцах сыворотки крови концентрации антител к рецепторам MUC-1 и MUC-13 у практически здоровых лиц в популяции и в образцах крови у лиц с диагностированным опухолевым процессом толстого кишечника представлены в табл. 1.

Таблица 1

Концентрация антител в сыворотке крови к рецепторам MUC-1/MUC-13 у здоровых лиц и у пациентов с опухолями толстого кишечника

| Группа, сыворотка | Показатель | n | M | min | max | m | p |
|----------------------------|------------------------------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------------------------------|
| Здоровые (p _к) | Антитела, рецептор MUC-1, нг/мл (p _{1к}) | 35 | 0,247 | 0,105 | 0,477 | 0,097 | p _{muc1к-о} =0,02 p _{muc13к-о} =0,00001 |
| | Антитела, рецептор MUC-13, нг/мл (p _{13к}) | 35 | 0,325 | 0,084 | 0,622 | 0,131 | |
| Пациенты (p _о) | Антитела, рецептор MUC-1, нг/мл (p _{1о}) | 38 | 0,316 | 0,220 | 0,520 | 0,066 | |
| | Антитела, рецептор MUC-13, нг/мл (p _{13о}) | 38 | 0,806 | 0,450 | 1,630 | 0,287 | |

Как видно из табл. 1, референтные величины концентраций антител к муцинам у практически здоровых лиц к рецепторам MUC-1 и MUC-13 составили 0,247±0,097 нг/мл и 0,325±0,131 нг/мл, соответственно. Полученные результаты полностью совпали с результатами нашего ранее проведенного исследования экспрессии муцинов в возрастных группах 20,1±1,1 года, концентрация которых к рецептору MUC-1 составила 0,25±0,04 нг/мл [15].

Концентрация антител к рецепторам MUC-1 и MUC-13 в сыворотке крови пациентов с РТК имела достоверные отличия от группы контроля (p=0,02 и p=0,00001 соответственно).

Концентрация уровня MUC-1 и MUC-13 в экстракте ткани опухоли и на границе со здоровой тканью представлена в табл. 2.

Таблица 2

Концентрация уровня MUC-1 и MUC-13 в экстракте ткани опухоли

| Группа, ткань | Показатель | n | M | min | max | m | p |
|----------------------------------|------------------------------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------------------------------------|
| Ткань опухоли (p _о) | Антитела, рецептор MUC-1, нг/мл (p _{1о}) | 62 | 1,345 | 0,243 | 2,330 | 0,617 | p _{muc1о-з} =0,0000001 p _{muc13о-з} =0,000001 |
| | Антитела, рецептор MUC-13, нг/мл (p _{13о}) | 60 | 0,986 | 0,245 | 1,530 | 0,318 | |
| Здоровая ткань (p _з) | Антитела, рецептор MUC-1, нг/мл (p _{1з}) | 33 | 0,175 | 0,140 | 0,210 | 0,020 | |
| | Антитела, рецептор MUC-13, нг/мл (p _{13з}) | 34 | 0,554 | 0,250 | 0,715 | 0,101 | |

Как видно из табл. 2, средние значения концентраций антител к рецепторам MUC-1 и MUC-13 в экстракте ткани опухоли и на границе с пораженной опухолью ткани имели достоверные различия ($p < 0,05$). Концентрация MUC-1 и MUC-13 в ткани опухоли была достоверно выше, чем в ткани, не пораженной опухолью (на границе операционного разреза, Вилкоксон, Z-Test): MUC-1 – $Z=5,01$, $p=10^{-7}$; MUC-13 – $Z=4,66$, $p=10^{-6}$ (рис. 1).

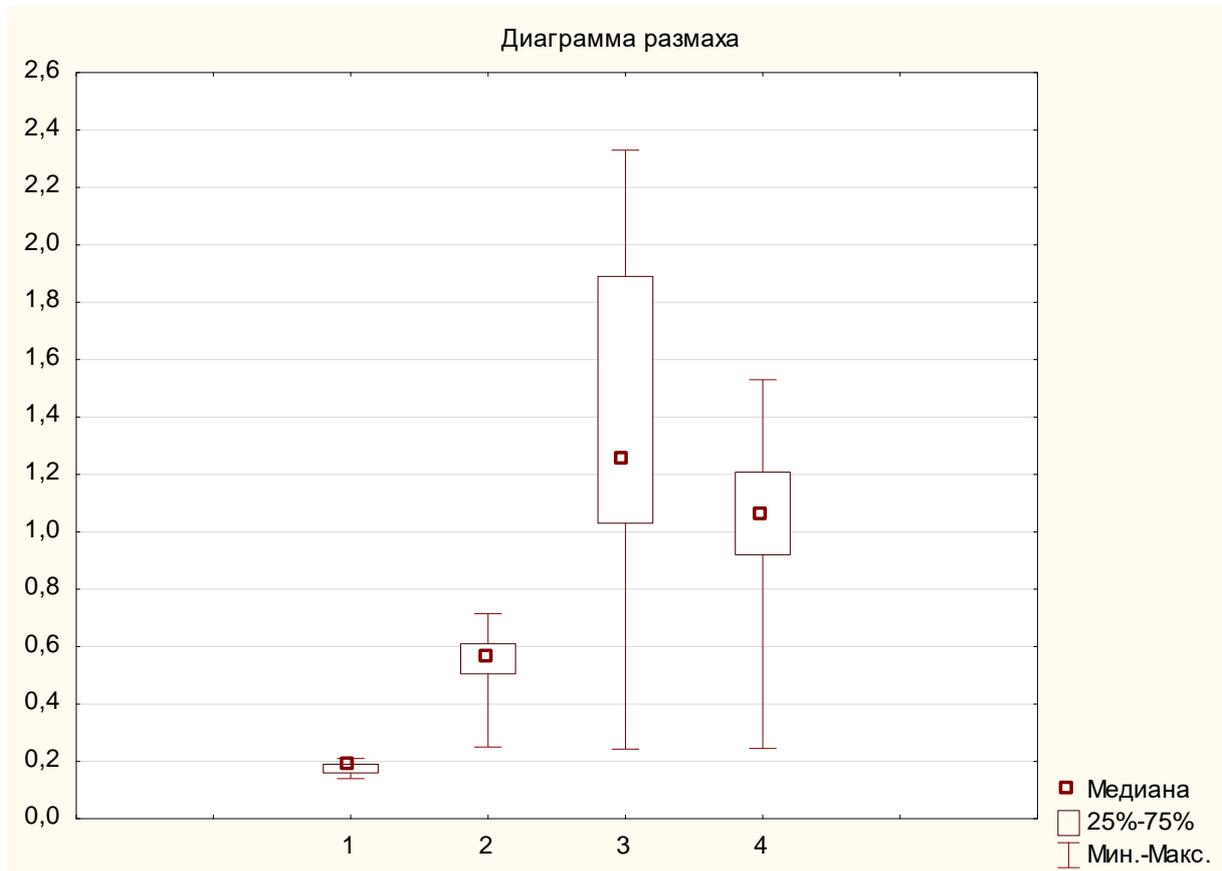


Рис. 1. Экспрессия MUC-1 и MUC-13 в экстракте ткани опухоли и здоровой ткани толстого кишечника у пациентов с РТК
 (ось абсцисс: 1 – здоровая ткань, рецептор MUC-1; 2 – здоровая ткань, рецептор MUC-13;
 3 – ткань опухоли, рецептор MUC-1; 4 – ткань опухоли, рецептор MUC-13;
 ось ординат: концентрация муцинов в нг/мл)

Полагаем, что избыточная экспрессия муцинов (MUC-1, MUC-13) в ткани опухоли могла быть связана с устойчивостью эпителия к апоптозу при РТК [16].

Опираясь на литературные данные, стоит предположить, что при проведении хирургических вмешательств при РТК определение муцина в ткани можно рассматривать для контроля полноты объема резекции опухоли [17].

Анализ связей между уровнем экспрессии MUC-1 и MUC-13 в ткани опухоли и клиническими характеристиками опухоли не установил достоверных зависимостей ни с размером опухоли (MUC-1 – $p=0,143$; MUC-13 – $p=0,558$), ни с поражением лимфатических узлов (MUC-1 – $p=0,117$; MUC-13 – $p=0,776$), ни с наличием отдаленных метастазов (MUC-1 – $p=0,105$; MUC-13 – $p=0,78$).

Достоверных корреляционных связей между уровнем экспрессии MUC-1 и MUC-13 в экстракте ткани кишечника, пораженной опухолью, с возрастом пациентов не установлено (MUC-1 – $R=0,096$, $p=0,652$; MUC-13 – $R=0,18$, $p=0,121$) (Spearman) (рис. 2).

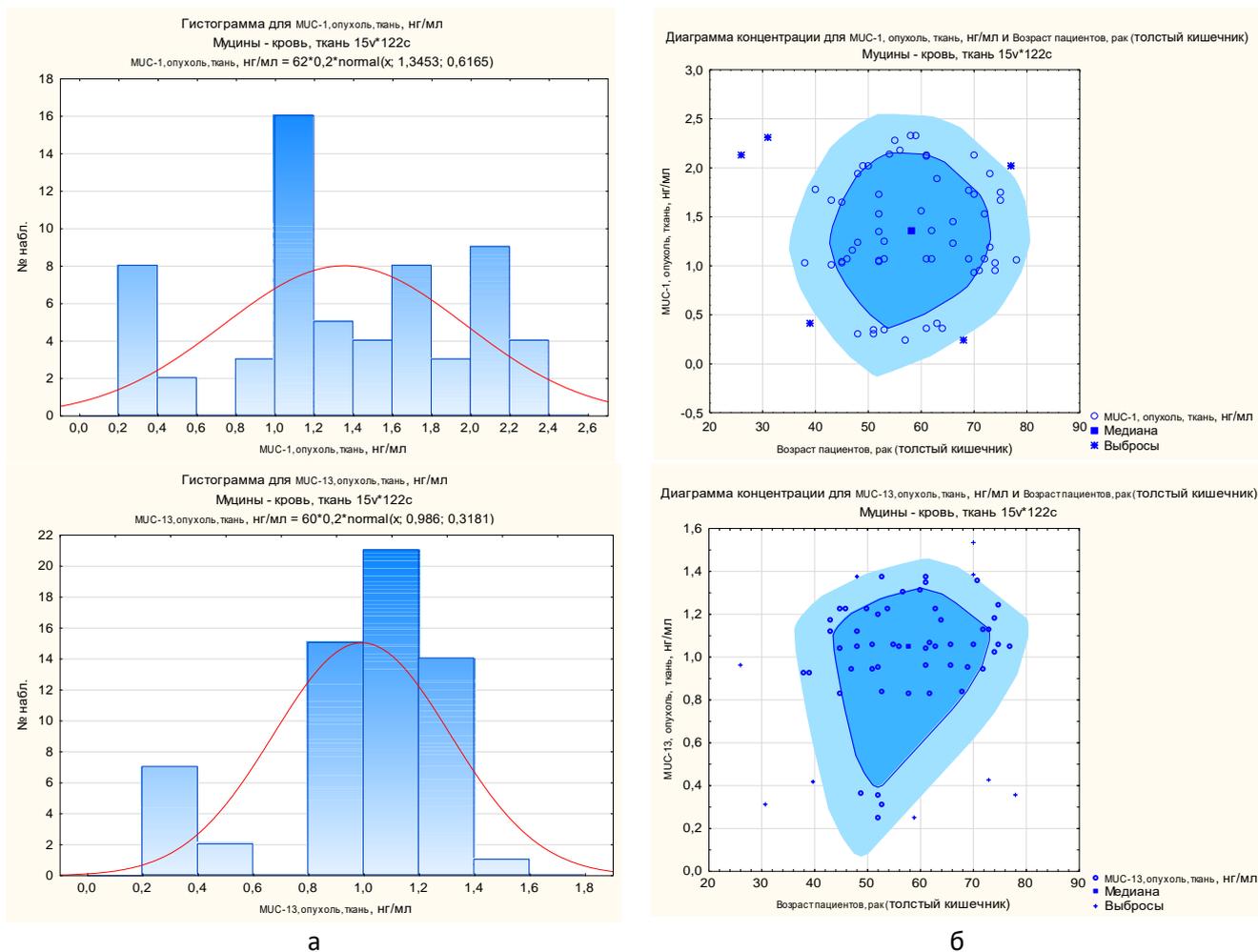


Рис. 2. Зависимость экспрессии MUC-1 (а) и MUC-13 (б) от возраста пациента

Анализ распределения концентраций муцинов (переменные) MUC-1 и MUC-13 в экстракте ткани при РТК внутри возрастных групп представлен на рис. 3.

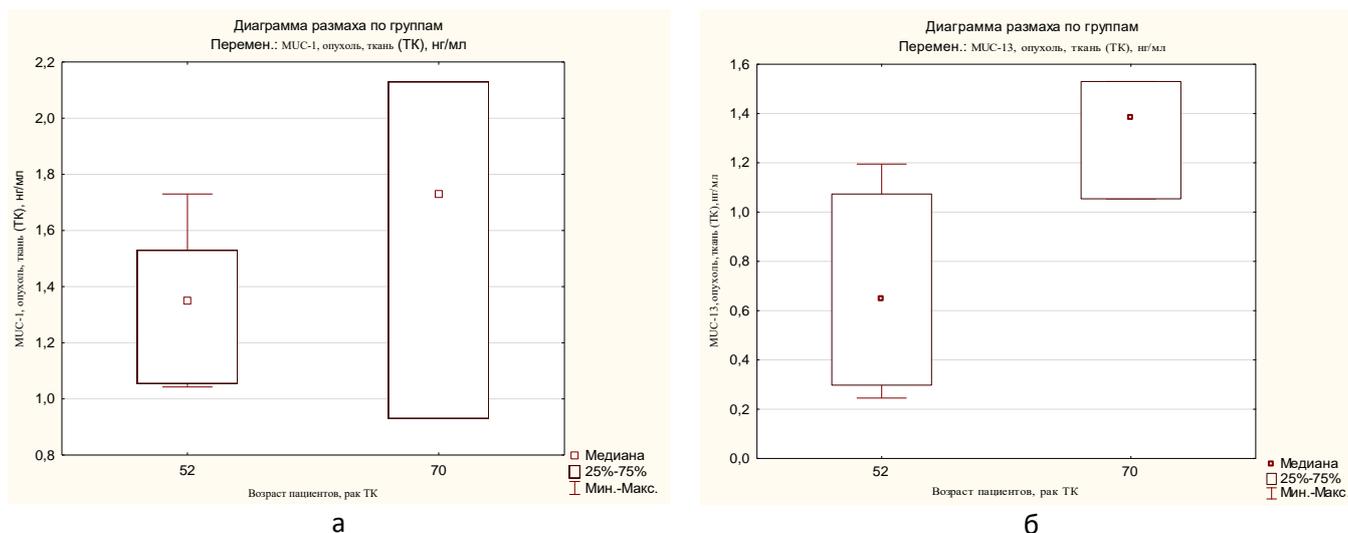


Рис. 3. Диаграмма размаха зависимости экспрессии муцинов MUC-1 (а) и MUC-13 (б) в ткани от возраста пациента

Как видно из рис. 3, распределение минимального размаха концентрации муцинов (переменной) MUC-1 и MUC-13 в экстракте ткани при РТК внутри возрастных групп установлено в возрастных категориях 52 года и 70 лет.

С учетом размаха переменной экспрессии муцинов MUC-1 и MUC-13 в возрастных группах лиц с установленным диагнозом РТК проведена оценка множественной регрессии переменных MUC-1 и MUC-13 (рис. 4).

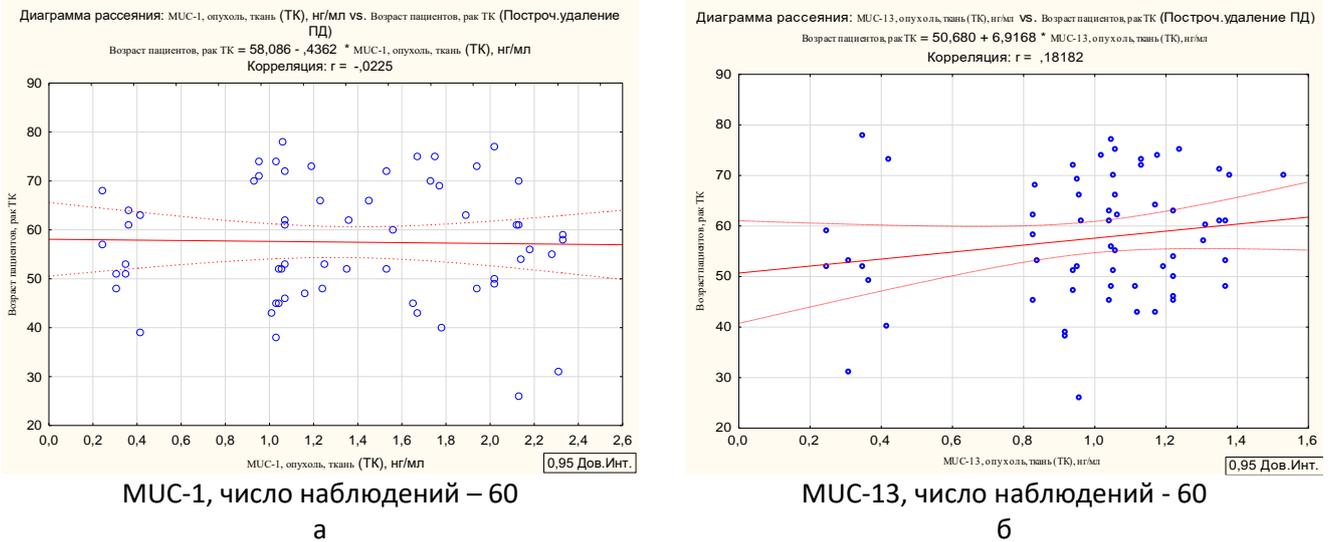


Рис. 4. Множественная регрессии экспрессии для переменных MUC-1 (а) и MUC-13 (б) в экстракте ткани в зависимости от возраста пациента

Как видно из рис. 4, в модели связей возраста и концентрации муцинов MUC-1 и MUC-13 в ткани у лиц с установленным диагнозом РТК установлены зависимости концентраций от возраста: MUC-1 – $r=0,0005$ ($R=0,03386413$; $F=0,0688858$; свободный член $1,445408403$; стандартная ошибка $0,3895034$; $t(60) = 3,7109$); MUC-13 – $r=0,0007$ ($R=0,18181942$; $F=1,982934$; свободный член $0,711223623$; стандартная ошибка $0,1993622$; $t(58) = 3,5675$).

По результатам множественной регрессии MUC-1 и MUC-13 с учетом возрастных групп лиц с установленным диагнозом РТК (размах переменной: 52 года, 70 лет) оценено предсказанное значение концентрации муцинов MUC-1 и MUC-13 для лиц со злокачественными процессами РТК (рак ректосигмоидного соединения, колоректальный рак, рак ободочной кишки) (табл. 3).

Таблица 3

Предсказанное значение концентраций MUC-1 и MUC-13 для лиц со злокачественными процессами РТК (опухоль, экстракт ткани, нг/мл)

| | РТК, ткань опухоли | | |
|-------|--------------------|--------------|-------------------|
| | В-Веса | Возраст, лет | В-Веса – значение |
| MUC-1 | -0,001738 | 52 | -0,090382 |
| | Свободный член | | 1,445408 нг/мл |
| | Предсказанное | | 1,355026 нг/мл |
| | -95,0% | | 1,180654 нг/мл |
| | +95,0% | | 1,529398 нг/мл |
| MUC-1 | РТК, ткань опухоли | | |
| | В-Веса | Возраст, лет | В-Веса – значение |
| | -0,001738 | 70 | -0,121668 |
| | Свободный член | | 1,445408 нг/мл |

| | | | |
|--------|----------------------|--------------|-------------------|
| | <i>Предсказанное</i> | | 1,323740 нг/мл |
| | -95,0% | | 1,095915 нг/мл |
| | +95,0% | | 1,551565 нг/мл |
| MUC-13 | РТК, ткань опухоли | | |
| | В-Веса | Возраст, лет | В-Веса – значение |
| | 0,004779 | 52 | 0,248528 |
| | Свободный член | | 0,711224 нг/мл |
| | <i>Предсказанное</i> | | 0,959752 нг/мл |
| | -95,0% | | 0,870074 нг/мл |
| | +95,0% | | 1,049430 нг/мл |
| MUC-13 | РТК, ткань опухоли | | |
| | В-Веса | Возраст, лет | В-Веса – значение |
| | 0,004779 | 70 | 0,334557 |
| | Свободный член | | 0,711224 нг/мл |
| | <i>Предсказанное</i> | | 1,045781 нг/мл |
| | -95,0% | | 0,928061 нг/мл |
| | +95,0% | | 1,163501 нг/мл |

Как показал анализ, предсказанное значение концентрации муцинов MUC-1 и MUC-13 в ткани при наличии РТК составило: MUC-1 в 52 года – 1,36 нг/мл, MUC-1 в 70 лет – 1,32 нг/мл, MUC-13 в 52 года – 0,96 нг/мл, MUC-13 в 70 лет – 1,05 нг/мл.

Оцененное предсказанное значение концентрации муцинов MUC-1 и MUC-13 в сыворотке крови для лиц с РТК представлено в табл. 4.

Таблица 4

Предсказанное значение концентраций MUC-1 и MUC-13 для лиц с РТК
(опухоль, сыворотка крови, нг/мл)

| | | | |
|----------------------|----------------------|----------------|-------------------|
| MUC-1 | РТК, сыворотка | | |
| | В-Веса | Возраст, лет | В-Веса – значение |
| | 0,001050 | 52 | 0,054577 |
| | Свободный член | | 0,255509 нг/мл |
| | <i>Предсказанное</i> | | 0,310087 нг/мл |
| | -95,0% | | 0,286348 нг/мл |
| | +95,0% | | 0,333825 нг/мл |
| MUC-1 | РТК, сыворотка | | |
| | В-Веса | Возраст, лет | В-Веса – значение |
| | 0,001050 | 70 | 0,073470 |
| | Свободный член | | 0,255509 нг/мл |
| | <i>Предсказанное</i> | | 0,328979 нг/мл |
| | -95,0% | | 0,298475 нг/мл |
| | +95,0% | | 0,359482 нг/мл |
| MUC-13 | РТК, сыворотка | | |
| | В-Веса | Возраст, лет | В-Веса – значение |
| | 0,000268 | 52 | 0,013922 |
| | Свободный член | | 0,790082 нг/мл |
| <i>Предсказанное</i> | | 0,804004 нг/мл | |

| | | |
|--------|-------------------|----------------|
| | -95,0% | 0,698709 нг/мл |
| | +95,0% | 0,909300 нг/мл |
| | РТК, сыворотка | |
| | В-Веса | Возраст, лет |
| | 0,000268 | 70 |
| MUC-13 | Свободный член | |
| | Предсказанное | |
| | В-Веса – значение | |
| | 0,018741 | |
| | 0,790082 нг/мл | |
| | -95,0% | 0,673522 нг/мл |
| | +95,0% | 0,944125 нг/мл |

Значение концентрации муцинов MUC-1 и MUC-13 в сыворотке крови при наличии РТК составило: MUC-1 в 52 года – 0,32 нг/мл, MUC-1 в 70 лет – 0,33 нг/мл, MUC-13 в 52 года – 0,80 нг/мл, MUC-13 в 70 лет – 0,81 нг/мл.

Связи между концентрацией MUC-1 и MUC-13 в ткани и гендерной принадлежностью пациентов с РТК не выявлено: MUC-1 – $p=0,757$, MUC-13 – $p=0,916$ (Mann–Whitney U-Test).

По результатам проведенных исследований и на основании анализа зависимости уровня экспрессии муцинов MUC-1 и MUC-13 в образцах ткани опухолевой природы и здоровой ткани был сделан вывод о том, что концентрация MUC-1 и MUC-13 в ткани не зависит от клинико-анатомической локализации опухоли, возраста и пола пациентов.

Поскольку содержание MUC-1 и MUC-13 в ткани не коррелирует с клинической характеристикой опухоли, полом и возрастом пациента, определение MUC-1 и MUC-13 в опухоли и в ткани неопухолевой природы представляется целесообразным осуществлять у пациентов при любой форме РТК, независимо от пола и возраста.

Заключение. Результаты исследования подтвердили роль показателей антител к рецепторам MUC-1 и MUC-13 в качестве диагностических маркеров в процессе уточняющей диагностики РТК при различной гистологической и клинико-анатомической форме опухоли. Установленные пределы колебаний показателей антител в сыворотке крови к MUC-1 и MUC-13 у здоровых лиц (MUC-1 – $0,247 \pm 0,097$ нг/мл и MUC-13 – $0,325 \pm 0,131$ нг/мл) имели достоверные отличия от аналогичных показателей у пациентов с РТК (MUC-1, $p=0,02$, MUC-13, $p=0,00001$).

У пациентов с диагнозом РТК показатели антител к рецепторам MUC-1 и MUC-13 в ткани опухоли достоверно выше, чем в не пораженной опухолью ткани кишечника (MUC-1 – $p=10^{-7}$; MUC-13 – $p=10^{-6}$).

Уровень экспрессии MUC-1 и MUC-13 в ткани опухоли не зависит от размера опухоли (MUC-1 – $p=0,143$; MUC-13 – $p=0,558$), поражения лимфатических узлов (MUC-1 – $p=0,117$; MUC-13 – $p=0,776$), наличия отдаленных метастазов (MUC-1 – $p=0,105$; MUC-13 – $p=0,78$), возраста (MUC-1 – $p=0,652$; MUC-13, $p=0,121$) и пола пациентов (MUC-1, $p=0,757$; MUC-13, $p=0,916$).

Установленная избыточная экспрессия гликопротеинов муцинов (MUC-1, MUC-13) в ткани опухоли, возможно, связана с устойчивостью к апоптозу эпителия при раке толстого кишечника.

Определение концентрации антител к MUC-1 и MUC-13 в ткани опухоли может использоваться для контроля полноты объема резекции опухоли толстого кишечника при проведении хирургических вмешательств.

При наличии РТК выявление концентрации антител к MUC-1 и MUC-13 выше полученных предсказанных концентраций в ткани опухоли, равной 1,36 нг/мл для MUC-1 и 0,96 нг/мл для MUC-13 у пациентов на 52 году жизни, и уровней 1,32 нг/мл для MUC-1 и 1,05 нг/мл для MUC-13 у пациентов 70 лет свидетельствует о высокой вероятности наличия скрытого метастатического процесса, когда клинические методы обследования не выявляют признаков регионарного или отдаленного метастазирования.

Концентрация антител к MUC-1 и MUC-13 в сыворотке крови, превышающая 0,32 нг/мл для MUC-1 и 0,80 нг/мл для MUC-13, может указывать на риск наличия опухолевого процесса, при котором клинические методы обследования не выявляют признаков новообразования.

При окончательной клинической интерпретации результатов определения концентрации антител к MUC-1 и MUC-13 у пациентов необходимо учитывать не только гистологический тип новообразования, но и другие клинико-анатомические характеристики опухоли. Различные уровни циркулирующего муцина, отмеченные нами при РТК, могут быть следствием сочетания нескольких факторов, связанных как с биологическими свойствами новообразований, так и с особенностями развития патологического процесса. Среди этих факторов могут быть уровень экспрессии MUC-1 и MUC-13 в опухолевых клетках, характер кровоснабжения опухоли, степень вовлечения лимфатических сосудов в опухолевый процесс, строение лимфатических коллекторов, выраженность реактивных изменений окружающих тканей [18].

Таким образом, высокомолекулярные гликопротеины MUC-1 и MUC-13 представляют не только теоретический, но и практический интерес для специалистов в качестве дополнительных маркеров оценки опухолевых процессов в толстом кишечнике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries / F. Bray [et al.] // *CA Cancer J Clin.* – 2018. – Vol. 68, № 6. – P. 394–424. – Doi: 10.3322/caac.21492.
2. Акуленко, Л.В. В чьей компетенции решение проблемы ранней диагностики и профилактики семейного рака? Онкологический скрининг, канцерогенез и ранние стадии рака в практике гинеколога / Л.В. Акуленко, Е.Т. Лилин, Н.А. Хохлова // Сборник научных трудов Пленума межведомственного научного совета по акушерству и гинекологии. – Ижевск, 2000. – С. 190–195.
3. Cancer Today: International Agency for Research of Cancer, IARC [Electronic resource]. – Mode of access: <https://gco.iarc.fr/today/online-analysis-map?v=2020>. – Date of access: 14.01.2022.
4. Статистика онкологических заболеваний в Республике Беларусь (2008–2017) / А.Е. Океанов [и др.]; под ред. О.Г. Суконко; Министерство здравоохранения Республики Беларусь, Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова». – Минск: Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии, 2018. – 284 с.
5. Онкомаркеры, их характеристика и некоторые аспекты клинико-диагностического использования (обзор литературы) / М.Л. Алексеева [и др.] // Проблемы репродукции. – 2005. – Т. 11, № 3. – С. 65–79.
6. Горчакова, О.В. Маркеры опухолевого процесса – муцины / О.В. Горчакова, О.Е. Кузнецов, А.И. Хрищанович // Актуальные проблемы медицины: материалы ежегод. итог. науч.-практ. конф. / отв. ред. В.А. Снежицкий. – Гродно, 2019. – С. 161–165.
7. Mucins in the mucosal barrier to infection / S.K. Linden [et al.] // *Mucosal Immunol.* – 2008. – Vol. 1, iss. 3. – P. 183–197. – Doi: 10.1038/mi.2008.5.
8. Prognostic and clinicopathological value of MUC-1 expression in colorectal cancer / C. Li [et al.] // *A meta-analysis.* – *Medicine (Baltimore).* – 2019. – Vol. 98, iss. 9. – P. e14659. – Doi: 10.1097/MD.00000000000014659.
9. MUC-1 expression in colorectal carcinoma: Clinicopathological correlation and prognostic significance / C. Diaz Del Arco [et al.] // *Rev Esp Patol.* – 2018. – Vol. 51, iss. 4. – P. 204–209. – Doi: 10.1016/j.patol.2018.03.002.
10. Co-expression of HER3 and MUC-1 is associated with a favourable prognosis in patients with bladder cancer / T.O. Nielsen [et al.] // *BJU Int.* – 2014. – Vol. 115, iss. 1. – P. 163–165. – Doi: 10.1111/bju.12658.
11. Expression of mucins (MUC-1, MUC-2, MUC-3, MUC-4, MUC-5AC and MUC-6) and their prognostic significance in human breast cancer / E.A. Rakha [et al.] // *Mod Pathol.* – 2005. – Vol. 18, iss. 10. – P. 1295–1304. – Doi: 10.1038/modpathol.3800445.
12. Mucin (MUC) gene expression in human pancreatic adenocarcinoma and chronic pancreatitis: a potential role of MUC-4 as a tumor marker of diagnostic significance / M. Andrianifahanana [et al.] // *Clin. Cancer Res.* – 2001. – Vol. 7, iss. 12. – P. 4033–4040.
13. New developments in goblet cell mucus secretion and function / G.M. Birchenough [et al.] // *Mucosal Immunol.* – 2015. – Vol. 8, iss. 4. – P. 712–719. – Doi: 10.1038/mi.2015.32.
14. Intestinal barrier dysfunction in inflammatory bowel diseases / M.A. Mc Guckin [et al.] // *Inflamm. Bowel Dis.* – 2009. – Vol. 15, iss.1. – P. 100–113. – Doi: 10.1002/ibd.20539.
15. Горчакова, О.В. Муцины (MUC-1/MUC-13) в диагностике опухолей толстого кишечника / О.В. Горчакова, О.Е. Кузнецов, М.Н. Курбат // Молекулярная диагностика: сб. тр. X Юбилейной междунар. науч.-практ. конф., Москва, 31 янв. 2021 г.: в 2 ч. – Тамбов, 2021. – Т. 1. – С. 64–65.
16. Применение слитого конструкта ТИМП-ГФИ и способ лечения повреждений кожи для предотвращения или ингибирования образования рубца: патент RU № 2 428 479 C2 / Нелсон Питер Джон (DE). – Опубл. 10.09.2011.
17. Внутривнутри протоковая папиллярная муцинозная опухоль поджелудочной железы / В.И. Пантелеев [и др.] // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2019. – № 11. – С. 81–87. – Doi: 10.17116/hirurgia201911181.
18. ИКО25-реактивный муцин MUC-1 в сыворотке крови у больных раком легкого / Т.А. Кармакова [и др.] // Онкология. Журнал им. П.А. Герцена. – 2012. – № 2. – С. 35–41.

REFERENCES

1. Bray F., Ferlay J., Soerjomataram I., Siegel R.L., Torre L.A., Jemal A. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin.* 2018, vol. 68, no. 6, p. 394–424. Doi: 10.3322/caac.21492.
2. Akulenko L.V., Lilin E.T., Khokhlova N.A. *Sbornik nauchnykh trudov Plenuma mezhdovomstvennogo nauchnogo soveta po akusherstvu i ginekologii* [Collection of scientific papers of the Plenum of the Interdepartmental Scientific Council on Obstetrics and Gynecology]. Izhevsk, 2000, p. 190–195.
3. Cancer Today: International Agency for Research of Cancer, IARC. Available at: <https://gco.iarc.fr/today/online-analysis-map?v=2020> (accessed 14 January 2022).
4. Okeanov A.E., Moiseev P.I., Levin L.F., Evmenenko A.A., Sukonko O.G. *Statistika onkologicheskikh zabolevanii v Respublike Belarus (2008–2017)* [Statistics of cancer diseases in the Republic of Belarus (2008–2017)]. Minsk, RNPC OMR, 2018, 284 p.
5. Alekseeva M.L., Gusarova E.V., Mullabaeva S.M., Ponkratova T.S. *Problemy reproduktivnoy [Issues of reproduction]*, 2005, 11(3), p. 65–79.
6. Gorchakova O.V., Kuznetsov O.E., Khrishchanovich A.I. *Aktualnye problemy meditsiny. Materialy yezhegodnoi itogovoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Current Issues of Medicine. Proceedings of the Annual Final Scientific and Practical Conference]. Grodno, GrGMU, 2019, p. 161–165.

7. Linden S.K., Sutton P., Karlsson N.G., Korolik V., Mc Guckin M.A. Mucins in the mucosal barrier to infection. *Mucosal Immunol*, 2008, vol. 1, no. 3, p. 183–197. Doi: 10.1038/mi.2008.5.
8. Li C., Liu T., Yin L., Zuo D., Lin Y., Wang L. Prognostic and clinicopathological value of MUC-1 expression in colorectal cancer: A meta-analysis. *Medicine* (Baltimore), 2019, vol. 98, no. 9, p. e14659. Doi: 10.1097/MD.00000000000014659.
9. Díaz Del Arco C., Garré P., Molina Roldán E., Lorca V., Cerón Nieto M.Á., Fernández Aceñero M.J. MUC-1 expression in colorectal carcinoma: Clinicopathological correlation and prognostic significance. *Rev Esp Patol*, 2018, vol. 51, no. 4, p. 204–209. Doi: 10.1016/j.patol.2018.03.002.
10. Nielsen T.O., Borre M., Nexø E., Sorensen B.S. Co-expression of HER3 and MUC-1 is associated with a favourable prognosis in patients with bladder cancer. *BJU Int*, 2015, vol. 115, no. 1, p. 163–165. Doi: 10.1111/bju.12658.
11. Rakha E.A., Boyce R.W., Abd El-Rehim D., Kurien T., Green A.R., Paish E.C., Robertson J.F., Ellis I.O. Expression of mucins (MUC-1, MUC-2, MUC-3, MUC-4, MUC-5AC and MUC-6) and their prognostic significance in human breast cancer. *Mod Pathol*, 2005, vol. 18, no. 10, p. 1295–1304. Doi: 10.1038/modpathol.3800445.
12. Andrianifahanana M., Moniaux N., Schmied B.M., Ringel J., Friess H., Hollingsworth M.A., Büchler M.W., Aubert J.P., Batra S.K. Mucin (MUC) gene expression in human pancreatic adenocarcinoma and chronic pancreatitis: a potential role of MUC-4 as a tumor marker of diagnostic significance. *Clin Cancer Res*, 2001, vol. 7, no. 12, p. 4033–4040.
13. Birchenough G.M., Johansson M.E., Gustafsson J.K., Bergström J.H., Hansson G.C. New developments in goblet cell mucus secretion and function. *Mucosal Immunol*, 2015, vol. 8, no. 4, p. 712–719. Doi: 10.1038/mi.2015.32.
14. McGuckin M.A., Eri R., Simms L.A., Florin T.H., Radford-Smith G. Intestinal barrier dysfunction in inflammatory bowel diseases. *Inflamm Bowel Dis*, 2009, vol. 15, no. 1, p. 100–113. Doi: 10.1002/ibd.20539.
15. Gorchakova O.V., Kuznetsov O.E., Kurbat M.N. *Molekulyarnaya diagnostika. Sbornik trudov X Yubileinoi mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Molecular diagnostics. Proceedings of the X Anniversary International Scientific and Practical Conference]. Tambov, 2021, 1, p. 64–65.
16. Nelson Peter John. *Primenenie slitogo konstrukta TIMP-GFI i sposob lecheniya povrezhdenii kozhi dlya predotvrashcheniya ili ingibirovaniya obrazovaniya rubtsa* [The use of the merged TIMP-GFI construct and a method of treating skin damage to prevent or inhibit scar formation]. RU patent 2 428 479 C2. 2011 September 10.
17. Panteleev V.I., Gorin D.S., Kaldarov A.R., Kriger A.G. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova* [N.I. Pirogov Russian Journal of Surgery], 2019, 11, p. 81–87.
18. Karmakova T.A., Skripnik V.V., Iakubovskaia R.I., Vorontsova M.S., Pikin O.V., Rudakov R.V., Vursol D.A., Amiraliev A.M., Mokina V.D., Chissov V.I. *Onkologiya. Zhurnal im. P.A. Gertsena* [P.A. Herzen Journal of Oncology], 2012, 2, p. 35–41.

Поступила в редакцию 03.03.2022

Адрес для корреспонденции: e-mail: olegkuznetsov@inbox.ru – Кузнецов О.Е.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЕКТНОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА «ОСВЕЙСКИЙ»

В.П. Колесникович*, Н.А. Кузнецов**

**Учреждение образования «БИП – Университет права и социально-информационных технологий», Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета*

***Учреждение образования «Гродненский государственный аграрный университет», Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»*

В представленной статье предлагается подход, направленный на объединение на общей платформе описательной информации о «проектном объекте», ориентированной на эффективное информационное обеспечение исследовательских, природоохранных и природопользовательских задач по сохранению уникальных и ценных ландшафтных природно-ресурсных комплексов.

Цель работы – решение комплекса отраслевых задач, с изучением и сохранением биоразнообразия, предлагается использование биоинформационного подхода как определенного итогового результата эволюции и интеграции принципиальных основ биологического и экосистемного подходов.

Материал и методы. *Материалы, представленные в данном исследовании, предполагают, что сохранение биоразнообразия может обеспечиваться комбинацией оригинальных и традиционных природоохранных путей, включающих охрану видов, популяций, экосистем, оптимально учитывающих максимальную репрезентативность составляющих биоразнообразия природно-ресурсного комплекса «проектного объекта» республиканского ландшафтного заказника «Освейский». При этом следует установить методы, позволяющие определить целесообразность и необходимую систематичность регулярного мониторинга генетической составляющей территории для устойчивого развития «проектного объекта».*

Результаты и их обсуждение. *В результате приведенного в работе детального исследования природно-ресурсного комплекса территории следует отметить, что необходимо создать эталонный «проектный объект» на изучаемой территории. Основной его задачей должны стать выделение ключевых признаков различных типов туристического пространства с целью составления «ядра признаков», характеризующих выделенный «проектный объект», детального изучения природно-ресурсного комплекса, установление уникальных параметров территорий.*

Заключение. *Научная новизна и значимость данного исследования заключается в том, что правомерно используемыми для оценки и управления компонентами биоресурсов на природоохраняемых территориях должны стать уникальные научные подходы. Предлагается на основании результатов проведенного исследования посредством применяемых стратегий отраслевого прогнозирования оптимизировать научные подходы к формированию «проектного объекта» и в перспективе организовать новые модельные территории на базе предполагаемого «проектного объекта».*

Ключевые слова: *уникальные ландшафтные комплексы, проектный объект, ценные ландшафтные природно-ресурсные комплексы, геоботаническое районирование, туристско-рекреационный потенциал, урбанизированные территории, угрозы, сохранение биоразнообразия.*

APPROACH TO THE FORMATION OF A PROJECT OBJECT BASED ON THE ANALYSIS OF THE NATURAL RESOURCE COMPLEX OF THE REPUBLICAN LANDSCAPE RESERVE OSVEYSKY

V.P. Kolesnikovich*, N.A. Kuznetsov**

*Education Establishment “BIP-University of Law and Social-Information Technologies”, doctoral student of the Sakharov International State Ecological Institute of the Belarusian State University

**Educational institution “Grodno State Agrarian University”,
doctoral student of the Educational Institution “Goretsk Agricultural Academy”

The article presents an approach aimed at combining descriptive information about a “project object” on a common platform, focused on effective information support for research, environmental and nature conservation tasks for the preservation of unique and valuable landscape natural resource complexes.

The work aims at the solution of a complex of branch tasks with the study and preservation of biodiversity. The application of the bioinformation approach as a final result of the evolution and integration of basics of the biological and ecosystem approaches is proposed.

Material and methods. The materials presented in this study suggest that the conservation of biodiversity can be ensured by a combination of original and traditional nature protection ways, which include the protection of species, populations, ecosystems, which optimally take into account the maximum representativeness of the components of the biodiversity of the natural resource complex of the “project object” of the Republican Landscape Reserve “Osveysky”. At the same time, it is necessary to determine the methods that allow identifying the expediency and the necessary systematic nature of regular monitoring of the genetic component of the territory for the sustainable development of the “project object”.

Findings and their discussion. As a result of the detailed study of the natural resource complex of the territory it should be noted that it is necessary to create a reference “project object” on the studied territory. Its main task should be to identify the key features of various types of tourist space, in order to compile a “core of features” characterizing the selected “project object”, a detailed study of the natural resource complex, and the establishment of unique parameters of the territories.

Conclusion. Scientific novelty and significance of this study is that unique scientific approaches are legally used to evaluate and manage the components of bioresources. It is proposed on the basis of the research findings by means of the applied industry forecasting strategies to optimize scientific approaches to the formation of a “project object” and in the future to organize new model territories on the basis of the intended “project object”.

Key words: project object, valuable landscape natural resource complexes, geobotanic zoning, tourist and recreational potential, urbanized areas, threats, biodiversity conservation.

Основной задачей исследования должен стать процесс выделения ключевых признаков различных типов туристического пространства с целью составления «ядра признаков», характеризующих выделенный «проектный объект», детального изучения природно-ресурсного комплекса; установление уникальных параметров территорий [1–9].

Цель работы – решение комплекса отраслевых задач, с изучением и сохранением биоразнообразия, предлагается использование биоинформационного подхода как определенного итогового результата эволюции и интеграции принципиальных основ биологического и экосистемного подходов.

Материал и методы. Исследование проводилось в республиканском ландшафтном заказнике «Освейский» общей площадью 30567,38 га, расположенном в северной части Верхнедвинского района Витебской области. Материалы, представленные в данном исследовании, предполагают, что сохранение биоразнообразия может обеспечиваться комбинацией оригинальных и традиционных природоохранных путей, включающих охрану видов, популяций, экосистем, оптимально учитывающих максимальную репрезентативность составляющих биоразнообразия природно-ресурсного комплекса «проектного объекта» республиканского ландшафтного заказника «Освейский». При этом применялись методы, позволяющие определить целесообразность и необходимую систематичность регулярного мониторинга генетической составляющей территории для устойчивого развития «проектного объекта» [10–12].

Для предложенного исследования наиболее подходят методы, входящие в состав класса (фактографические методы), базирующиеся исключительно на фактическом материале, на конкретных, главным образом количественных, данных (фактографической информации). Для представления этого подхода предложен анализ основных фактографических критериев оценки и геометрически кратко раскрыто их содержание [6].

Обращаем внимание на то, что в природопользовании понятие нормы состояния экосистемы лежит в основе ограничений – пределов допустимого воздействия на экосистему. Последнее требует конкретизации представлений о допустимой нагрузке и допустимом воздействии на экосистему. Для преодоления социально-экологических противоречий на примере туристского природопользования и для развития экологического туризма необходимо совершенствование пространственной структуры туристского обслуживания на ООПТ посредством анализа ресурсных баз, представленных проектных объектов как имеющих наиболее полное территориальное комплексное целевое ресурсное разнообразие. Предложенный метод определения точных количественных норм, регулирующих рекреационные нагрузки на ООПТ, до настоящего времени остается актуальным. При этом обществоведческие прогнозы подразделяются на: социально-экономические, социально-экологические (сохранение равновесия в природе и жизнедеятельности общества), экономические, психологические, демографические, государственно-правовые, внешнеполитические [1; 3; 5; 8; 9].

Результаты и их обсуждение. В первую очередь обращаем внимание на природно-ресурсные комплексы ценных и уникальных ландшафтов изучаемой территории, к которым относится мелко- и среднехолмистая камово-моренно-грядовая возвышенность, расположенная к югу и востоку от озера Освейское. Особую эстетическую и природную ценность ландшафта составляют камовые массивы, моренные гряды, озы, местами – скопления валунов.

Далее наиболее целесообразно последовательно и системно изучается холмисто-бугристо-грядовая водно-ледниковая равнина, фрагменты которой размещаются севернее озера Освейское, а также между озерами Белое и Лисно. Ее ценность определяется суходольными лесами, многочисленными дюнами и камами.

Характерным уникальным элементом заказника являются верховые и переходные болота, часто закустаренные (до 25%), поросшие низкорослыми ивами (пепельной, ушастой и др.), а также куртинно – березой пушистой. В составе их, обычно негустых травостоев, осоки и болотное разнотравье. Практически все низинные болота на территории заказника освоены и трансформированы в сельскохозяйственные угодья. За счет этого наблюдается экспансия чужеродных и интродуцированных видов дендрофлоры и многолетних травянистых растений в заказнике и на его границах, что соответственно сопровождается реальной трансформацией биологической и эдафической структуры лесных и луговых экосистем [10].

При этом обращаем внимание, что группа редких и исчезающих видов растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, довольно многочисленна и представлена 16 видами. Кроме того, на территории заказника произрастает 47 видов, нуждающихся в профилактической охране и рациональном использовании. При этом важно определить методы, позволяющие выявить целесообразность и необходимую систематичность регулярного мониторинга генетической составляющей территории для устойчивого развития, для этого и предлагается произвести анализ природно-ресурсного комплекса «проектного объекта». Водно-прибрежный комплекс представлен 34 видами. По численности доминируют озерная чайка, красноголовая чернеть, лысуха. Околоводно-болотный комплекс включает 20 видов древесных из 29 зарегистрированных на территории республики. Достаточно полно представлен мелколесно-кустарниковый комплекс – 24 вида (77,4%), что обусловлено большой долей кустарниковых зарослей вдоль берегов озера и на острове. Высокая лесистость территории и сложная типологическая структура лесных фитоценозов обусловили тот факт, что в заказнике достаточно полно представлен лесной комплекс птиц – 68 видов (83,9%) [12].

Сочетание обширных акваторий с лесными и болотными угодьями, а также режим охотничьего заказника определил современное состояние комплекса млекопитающих. Группу копытных животных составляют 3 вида – лось, кабан, косуля. Усиление пресса браконьерства, несколько неблагоприятных холодных зим привели к снижению численности лося до 90–110 особей, кабана – до 100–120 особей, косули – менее 100 особей, что далеко от оптимальных показателей. Весьма репрезентативна

на территории заказника группа хищных млекопитающих. На всех озерах заказника обитает выдра, довольно обычны другие полуводные хищники – американская норка (60–80 особей), лесной хорь (80–100 особей), а также тяготеющая к старовозрастным лесам лесная куница (до 50 особей). Мелкие куньи – горностаи (до 200 особей) и ласка (до 100 особей) – придерживаются мозаичных местообитаний. К прогрессирующим видам относятся обыкновенная лисица (60–70 особей) и енотовидная собака (70–80 особей), что связано с наличием богатых кормовых ресурсов. В целом невысокая численность волка (не более 1–2 семей) находится под постоянным контролем человека. Территория заказника относится к немногим регионам республики, где в последние годы постоянно обитают рысь и бурый медведь. Наиболее многочисленными представителями млекопитающих, за исключением мышевидных грызунов, являются обыкновенная белка (до 1000 особей) и заяц-беляк (около 400 особей) [10].

В связи с этим следует рассмотреть охотохозяйственный потенциал. Охотофауна заказника весьма репрезентативна. Озеро Освейское является крупнейшим в регионе Поозерья местом размножения и послегнездовой концентрации охотничьих видов водоплавающих птиц Беларуси: кряквы, красноглазая черныш, лысуха. Из промысловых видов млекопитающих на территории заказника обитают обыкновенная лисица (60–70 особей), енотовидная собака (70–80 особей), лось (90–110 особей), кабан (100–120 особей), косуля (менее 100 особей), волк (его численность заметно снизилась в последнее время).

Важным природно-ресурсным потенциалом территории является и рыбохозяйственный потенциал, ихтиофауна и рыболовство. Озеро Освея – высококормный водоем. В результате проведенного исследования обнаружено 73 вида фитопланктона. Хорошо представлены диатомовые, а также зеленые водоросли. Общая биомасса около 7 г/м³. В зоопланктоне определено 35 видов, биомасса 1,36 г/м³. По характеру его видового состава, а также по количеству озеро характеризуется как эвтрофный средnekормный водоем. Зообентос разнообразен и представлен семью систематическими группами, 26 видами. Основную биомассу составляют моллюски и хирономиды. Общая биомасса зообентоса более 15 г/м². В озере обитают: карась золотой, лещ, налим, шиповка, плотва, красноперка, сазан, судак, щука, вьюн, окунь, линь, язь и др. рыба. В уловах преобладают щука, плотва, язь, окунь, линь. В недавнем прошлом производился промысловый лов рыбы. Периодически проводится зарыбление водоема [10].

При этом в первую очередь обращаем внимание на то, что морфометрические особенности котловины способствуют интенсивному перемешиванию водных слоев. Летом распределение температуры по глубине равномерное. В зимний период активное разложение органического вещества способствует разогреванию придонных слоев и формированию обратной температурной стратификации, с придонными температурами до 4°. Летом содержание кислорода относительно высокое, с небольшим уменьшением ко дну. В условиях продолжительной зимней стагнации в глубоководных участках озера возникает дефицит кислорода, вплоть до полного его исчезновения. pH летом слабощелочная или близкая к нейтральной, зимой – кислая. Минерализация в летнее время пониженная (125–130 мг/л); зимой возрастает до 200 мг/л. Содержание биогенных элементов низкое, вследствие их высокой оборачиваемости в экосистеме озера. Окисляемость, характеризующая содержание органического вещества, составляет 8,5–14,9 мг/л, цветность 30° [12].

Гидрология. Территория заказника «Освейский» относится к Западно-Двинскому гидрологическому району, бассейн реки Западная Двина, система реки Свольна. Гидрографическая сеть хорошо развита и представлена озерами, реками и сетью мелиоративных каналов, из них наиболее крупные – озера Освейское, Лисно, Белое, реки Зилупе, Выдринка, канал Дегтяревка. Наиболее значимым природным гидрологическим объектом, давшим название заказнику, является озеро Освейское, площадь которого (с островом) составляет 52,8 км². Средняя глубина 2,0 м при максимальной 7,5 м. Котловина подпрудного типа овальной формы, длина 11,4 км, максимальная ширина 7,8 км [12].

В связи с этим уникальность озера Освейское особо характеризуется высокой потенциальной рыбопродуктивностью и относится к группе озер с максимальными уловами. Однако длительное рыбопромысловое использование водоема отрицательно сказалось на состоянии его ихтиокомплекса [18]. Но постепенное зарастание озера снизило его значения для промышленного рыболовства. Организовано платное любительское рыболовство. Запрещено применение плавучих средств с моторами (постановление СМ РБ

от 27.12.2007 г. № 1833). Однако в 2015 году было разрешено использовать лодки с мотором мощностью до 15 л.с. Запрещенные способы и орудия лова: ловля на дорожку и подводная охота.

Необходимо отметить, что на территории Верхнедвинского района ведется добыча и переработка торфа, минерального сырья (глина, песок, гравий). Озеро Освейское обладает значительными запасами сапропелей высокого качества, пригодных для промышленной добычи. В северной и западной частях водосбора разведана залежь сапропелей, перекрытых сверху большим слоем (до 7 м) торфа [12].

Площадь урбанизированных территорий, сельскохозяйственных угодий в пределах заказника составляет 4046,1 га, в т.ч. пашни – 2982,1 га. Природное плодородие земель заказника невысокое, фактический балл сельскохозяйственных угодий 27–31 и пахотных – 30–34. Перспективный балл повышения плодородия почв заказника ниже по сравнению с областными и республиканскими показателями. Показатели общей оценки сельскохозяйственных и пахотных угодий, включая величину продуктивности и окупаемости затрат, находятся на уровне областного и ниже республиканского [10].

Определенную значимость также имеет историко-культурный потенциал. На территории заказника расположено 37 объектов, охраняемых государством в качестве историко-культурных ценностей, в том числе 28 памятников истории и 9 памятников археологии.

Археологическое наследие представлено 3 городищами и 6 курганными могильниками, которые датируются VII в. до н.э. – XII в. н.э.

Все памятники истории относятся к событиям Второй мировой войны. Это могилы и братские могилы жертв фашизма, увековеченные места сожженных деревень (Ревуты, Глинцы и Василевщина), памятники. На границе с Латвией и Россией в 1959 г. сооружен Курган Славы в память боевого содружества партизан [11].

При этом следует обратить внимание на инженерные сооружения и транспортные коммуникации. Существующие и намечаемые к развитию республиканского и регионального значения инженерные (нефте- и газопроводы, линии электропередачи) коммуникации и сооружения (водозаборы, очистные сооружения, электроподстанции) не размещаются и не пересекают территорию организуемого заказника и только автодорога республиканского значения Р-18 граница Российской Федерации – Верхнедвинск – Козьяны проходит по его территории.

Населенные пункты исключены из состава земель заказника. В зоне ближайшего окружения заказника расположено 16 сельских поселений, в которых проживает порядка 700 человек, то есть около 2% всего населения района, из которых самыми крупными являются деревни Сеньково, Дубравы, Кончаны.

В то же время на территории изучаемого объекта динамично развиваются наблюдательно-созерцательный туризм и организация рыбной ловли – все это очень подходит для озера Освейское. Оно большое, богатое рыбой. До 2014 года его квота вылова достигала 72 тонн, половину составлял промысловый лов, половину – любительский. И последний со своей «квотой» справлялся легко. Самые большие промысловые объемы составляли 11–14 тонн, пропорционально этим количествам проводилось зарыбление. В последние годы среди прочей рыбы выпускалась щука, она улучшила состояние рыбных запасов. Кормовая база для хищных рыб богатая, для карпа и леща – немного беднее. Проблемными явились 1970–1980-е гг., когда озеро активно зарыбляли карпом, и он подорвал кормовую базу: из озера исчез язь. Предпринимались попытки зарыбления судаком, но окончились они неудачно. Этой рыбе для нереста нужны песчаные отмели, а таких в Освейском нет. Были также неудачные попытки заселения амурского толстолобика: рыба заселялась перед ледоставом и не выдерживала суровых условий [11].

Рекреационный потенциал. Территория заказника частично совпадает с территорией перспективной зоны отдыха республиканского значения «Освея». Она используется для кратковременного и длительного неорганизованного оздоровительного отдыха и туризма, любительской охоты, рыбной ловли, сбора грибов и ягод. Наиболее ценные в рекреационном отношении территории приурочены к побережью оз. Лисно [10; 11].

Социально-экономический потенциал. В соответствии с законодательством земли заказника остаются в ведении Верхнедвинского лесхоза, колхозов «Озерный» и «Коминтерн», совхоза «Освейский», РПО «Сельхозхимия». Озеро Освейское находится в ведении РПО «Агропромтехника». Земли поселений исключены из состава земель заказника. На сельскохозяйственных угодьях в пределах заказника

разрешаются все традиционные виды сельскохозяйственной деятельности, за исключением выпаса скота в прибрежной полосе и на острове озера Освейское. Это соответствует требованиям режима, установленного для прибрежных полос водоохраных зон рек и водоемов республики [10–12].

Учитывая высокую ценность ландшафтов и природного комплекса изученной территории, целесообразно придать ей статус ландшафтного (комплексного) заказника республиканского значения. Заказник «Освейский» расположен в удалении от крупных промышленных центров республики на территории с относительно невысокой численностью населения.

В ходе настоящего исследования уникальность ландшафтов Освейского заказника с растительными и животными комплексами, которые находятся на грани исчезновения и внесены в Красную книгу Республики Беларусь, рассматривалась в качестве ключевого момента экологической сети международного масштаба. В заказнике в общей сложности насчитывается более 480 растений, из них 16 видов занесены в Красную книгу. На территории заказника представлены 12 категорий сообществ, которые считаются особо ценными. К ним в первую очередь относятся коренные старовозрастные леса (березовые, черноольховые, еловые), а также участки вересковых боров и уникальные болотные комплексы [11].

Обязательным условием обеспечения охраны уникального болотного комплекса является стабилизация уровня воды озера Освейское на отметке, соответствующей оптимальной средней многолетней. Для обеспечения охраны этого озера необходимо осуществить подъем и стабилизацию уровня воды на отметке 130,32 метров Балтийской системы высот, соответствующего оптимальной средней многолетней отметке с последующим снижением в меженный период до среднего многолетнего меженного уровня. При этом озеро Освейское характеризуется высокой проточностью. Стоки из него осуществляются через Дегтяревский канал в озера Ордея и Лисно, затем через р. Свольну и Дриссу в Западную Двину. Под влиянием гидромелиоративной деятельности и неблагоприятных природных условий произошло падение уровня озера более чем на 0,5 м ниже среднегодовых отметок. В результате заметно ускорились процессы эвтрофирования водоема, чрезвычайно повысилась скорость и увеличилась площадь его зарастания, вплоть до формирования сплошных массивов макрофитной растительности и прирастания сплавин ко дну водоема, ухудшился кислородный режим. Все это крайне негативно сказалось на состоянии фаунистического комплекса. В оз. Освейское имеются значительные запасы сапропелей высокого качества, пригодных для промышленной добычи [12].

Установленные режимные ограничения не препятствуют проведению широкого комплекса работ по повышению рыбопродуктивности и оптимизации структуры ихтиофауны уникального озерного водоема. Это позволит восстановить нарушенные места обитания животных, снизит опасность заморов рыбы, улучшит общую экологическую обстановку, при этом разрешается рыбохозяйственное использование озера Освейское с некоторыми ограничениями, касающимися организации промыслового лова. Органам рыбоохраны инспекции по охране животного и растительного мира, ОСВОДА и МЧС (спасательной службе) и рыболовецкой бригаде разрешается применение на акватории озера Освейское плавучих средств с мотором. Рыбохозяйственное использование других водоемов заказника регулируется общим для республики законодательством. На территории заказника разрешаются все виды любительского лова рыбы [12].

Растительность и флора. В соответствии с геоботаническим районированием Беларуси территория заказника относится к Полоцкому лесорастительному району Западно-Двинского округа подзоны дубово-темнохвойных подтаежных широколиственно-еловых лесов. Лесная растительность занимает около 30% от общей площади заказника, кустарниковая – 4%, луговая – 6%, прибрежно-водная и болотная – 48%. Низинные болота представлены незначительно. Территория заказника относится к бассейну реки Западная Двина, системе реки Свольна. Гидрографическая сеть хорошо развита и представлена озерами, реками и сетью мелиоративных каналов. Высота над уровнем моря колеблется от 131 до 169 м. Водная гладь занимает около 25% территории заказника [11].

Леса заказника по своей формационной структуре достаточно репрезентативны по отношению ко всему Белорусскому Поозерью. Высокое разнообразие сосняков и ельников в сочетании с коренными пушисто-березняками и черноольшаниками, а также производными бородавчато-березовыми, осиновыми и сероольховыми лесами определяют высокое биологическое разнообразие. Преобладающее положение в структуре лесных формаций занимают хвойные породы, на долю которых

приходится 54,8%. Среди них доминирует сосна (40,2%). Мягколиственные леса занимают 45,2% лесопокрытой площади. Они, как правило, являются производными от ельников и сосняков, за исключением коренных формаций пушистоберезовых лесов, приуроченных к переходным и низинным болотам. Довольно значительная часть лесного фонда представлена черноольшаниками (6,14%), произрастающими на участках с избыточным, но достаточно проточным увлажнением.

В лесах заказника разрешаются все традиционные виды побочного пользования (сбор ягод, грибов, лекарственных и декоративных растений и др.), которые регулируются общим для республики законодательством. На территории заказника разрешается любительская охота, за исключением весенней охоты на водно-болотную дичь.

В целях регулирования рекреационных нагрузок на территории заказника разрешается стационарное пребывание туристов, разведение костров и стоянка транспортных средств только в пределах специально оборудованных мест. Для соблюдения этого условия необходимо проведение рекреационного благоустройства территории заказника. В результате приведенного выше детального исследования природно-ресурсного комплекса территории следует отметить, что необходимо сформировать предпосылки для создания «проектного объекта» на изучаемой территории [9]. При этом условия обращаем внимание, что антропогенное воздействие на его природные комплексы связано преимущественно с сельскохозяйственной, лесохозяйственной и гидромелиоративной деятельностью. В настоящее время на территории охотничьего заказника «Освейский» действуют режимы, направленные на охрану фауны, которые сводятся, в основном, к ограничению отстрела диких животных, обеспечению охраны мест гнездования птиц и практически не затрагивают основные виды хозяйственной деятельности.

Ключевой задачей должны стать выделение ведущих признаков различных типов туристического пространства с целью составления «ядра признаков», характеризующих выделенный «проектный объект», детального изучения природно-ресурсного комплекса, установление уникальных параметров территорий [1–4; 6–9].

Следует заметить, что с помощью функционального зонирования их влияние на природные комплексы и рекреационные уголья ограничить невозможно. Здесь сфера деятельности специалистов по ландшафтной архитектуре, задача которых повысить устойчивость рекреационных угодий, создать «природные декорации», т.е. благоустроить места отдыха [2–4; 6; 8; 9].

На основе полученных результатов целесообразно подготовить справочно-информационную систему отраслевых баз знаний на примере «проектных объектов» заказников республиканского значения Республики Беларусь с целью обеспечения управления природопользованием данной территории [6].

Предложенные в ранее опубликованных работах процедуры в принципе должны выполняться на основе оригинальных и стандартных процедур зонирования и комплексного ландшафтно-экологического анализа объектов представленного биоразнообразия (видов, популяций, территориальных группировок, экосистем) и также природных территориальных комплексов различных масштабов [3; 4; 6; 8; 9].

Таким образом, выделение рекреационной зоны и ее специализированных участков позволяет заложить основы диверсификации туристского обслуживания и территориально наметить основные приоритеты развития туристских функций для обоснования границ особо охраняемых природных территорий (ООПТ) различного ранга с целью их дальнейшего стимулирования [8].

Именно поэтому был избран данный «проектный объект» для проработки и дальнейшего использования практик формирования природно-ресурсных комплексов территорий различной функциональной направленности [2].

Заключение. Научная новизна и значимость данного исследования заключается в том, что правомерно используемыми для оценки и управления компонентами биоресурсов на природоохраняемых территориях должны стать уникальные научные подходы. Предлагается на основании результатов проведенного исследования посредством применяемых стратегий отраслевого прогнозирования оптимизировать научные подходы к формированию «проектного объекта»,

С этой целью в дальнейшем обязательно должна быть учтена специфика территории, сохранены аборигенные виды, их популяции, биогеоценозы, местообитания животных и в перспективе созданы новые модельные территории на базе предполагаемого «проектного объекта».

При этом обращаем особое внимание на то, что фактические масштабы необходимых инвентаризационных и мониторинговых работ столь велики, что требуется установление приоритетности

в выборе объектов, возможно лишь при получении надежной информационной основы исследователями и лицами, принимающими решения.

Помимо этого, ориентация народно-хозяйственного комплекса страны на интенсивное развитие туризма обуславливает необходимость планирования параметров развития туристической и рекреационной деятельности на ООПТ. Для разработки эффективной методики регионального управления природно-ресурсными комплексами в настоящее время актуально преобразование изучаемого «проектного объекта» в рамках национальной экологической сети. В связи с этим алгоритм оценки биоразнообразия должен состоять из серии последовательных этапов: выбора объекта биоразнообразия, определения целей и задач согласно этапному периоду, идентификации параметров и способов оценки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саранча, М.А. Методологические проблемы интегральной оценки туристско-рекреационного потенциала территории / М.А. Саранча // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. – 2011. – № 1. – С. 118–127.
2. Указ Президента Республики Беларусь «Об экологической сети» от 13 марта 2018 г. № 108.
3. Кирейков, А.А. Технологии оценки состояния и управление качеством окружающей среды на выбранных территориях, мониторинг биологического статуса экосистем / А.А. Кирейков, В.П. Колесникович // Весті БДПУ. – 2019. – Сер. 3, Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. – С. 33–44.
4. Государственная программа развития туризма в Республике Беларусь на 2016–2020 годы [Электронный ресурс] // Министерство спорта и туризма Республики Беларусь. – 2016. – Режим доступа: <http://www.mst.by>. – Дата доступа: 10.02.2021.
5. Инструкция о порядке определения и установления нормативов допустимой нагрузки на особо охраняемые природные территории. Утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 30 декабря 2008 г. № 1 (в ред. постановления Минприроды от 19.08.2019. № 21).
6. Колесникович, В.П. Закономерности формирования, состояние, динамика развития, туристско-рекреационного потенциала Республики Беларусь / В.П. Колесникович // Весті БДПУ. – 2019. – Сер. 3, Фізика. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. – С. 45–56.
7. Национальная стратегия развития системы особо охраняемых природных территорий до 1 янв. 2030 г. Утверждено: постановление Совета Министров Республики Беларусь 02.07.2014 № 649.
8. Колесникович, В.П. Стратегия сохранения и рационального использования туристско-рекреационного потенциала водных и наземных экосистем / В.П. Колесникович, М.А. Зима // Весн. Палес. дзярж. ун-та. Сер. прыродазнаўчых навук. – 2019. – № 2. – С. 51–60.
9. Колесникович, В.П. Анализ природно-ресурсного комплекса республиканского ландшафтного заказника «Выгоношанское» с целью биоэкологической оценки природно-ресурсного потенциала / В.П. Колесникович // Весн. Палес. дзярж. ун-та. Сер. прыродазнаўчых навук. – 2020. – № 1. – С. 62–70.
10. [Электронный ресурс]: <https://rsis Ramsar.org> > files > BY1217_mgt1505. – Дата доступа: 03.05.2021.
11. [Электронный ресурс]: <https://www.itourist.by/reserve/osveya>. – Дата доступа: 03.05.2021.
12. [Электронный ресурс]: <https://verkhnedvinsk.vitebsk-region.gov.by/ru/osvejskij/>. – Дата доступа: 03.05.2021.

REFERENCE

1. Sarancha M.A. *Vestnik Udmurtskogo Universiteta. Biologiya. Nauki o Zemle* [Journal of Udmurt University. Biology. Land Sciences], 2011, 1, p. 118–127.
2. *Ukaz Prezidenta Respubliki Belarus "Ob ekologicheskoi seti"* [President of the Republic of Belarus Decree "On Environmental Network"], March 13, 2018, № 108.
3. Kireikov A.A., Kolesnikovich V.P. *Vestsi BDPU. Matematika. Infarmatyka. Biyalogiya. Geagrafiya* [Journal of BSPU. Mathematics. Information Science. Biology. Geography], 2019, 3, p. 33–44.
4. *Gosudarstvennaya programma razvitiya turizma v Respublike Belarus na 2016–2020 gogy. Ministerstvo sporta i turizma Respubliki Belarus* [The State Tourism Development Program in the Republic of Belarus for 2016–2020. Ministry of Sport and Tourism of the Republic of Belarus], 2016, Available at: <http://www.mst.by>. – Accessed: 10.02.2021.
5. *Instruktsiya o poriadke opredeleniya i ustanovleniya normativov dopustimoi nagruzki na osobo okhraniayemye prirodnije territorii. Utverzhdena postanovleniyem Ministerstva prirodnikh resursov i okhrany okruzhayushchei sredy Respubliki Belarus ot 30 dekabria 2008 g. № 1* [Guidelines on the procedure for determining and establishing permissible load standards on specially protected natural areas. Approved by the Decree of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus of December 30, 2008 No. 1].
6. Kolesnikovich V.P. *Vestsi BDPU. Matematika. Infarmatyka. Biyalogiya. Geagrafiya* [Journal of BSPU. Mathematics. Information Science. Biology. Geography], 2019, 3, p. 45–56.
7. *Natsionalnaya strategiya razvitiya sistemy osobo okhraniayemykh prirodnikh territoriy do 1 yanv. 2030 goda. Utverzhdeno: postanovleniye Soveta Ministrov Respubliki Belarus 02.07.2014 № 649* [National strategy for the development of the system of specially protected natural territories up to January 1, 2030. Approved: Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus 02.07.2014 No. 649].
8. Kolesnikovich V.P., Zima M.A. *Vesn. Pales. dziazh. un-ta. Ser. pryrodaznachikh navuk* [Journal of Polesky State University. Natural Sciences], 2019, 2, p. 51–60.
9. Kolenikovich, V.P. *Vesn. Pales. dziazh. un-ta. Ser. pryrodaznachikh navuk* [Journal of Polesky State University. Natural Sciences], 2020, 1, p. 62–70.
10. <https://rsis Ramsar.org> > Files > BY1217_MGT1505. – Accessed: 03.05.2021.
11. <https://www.itourist.by/reserve/osveya>. – Accessed: 03.05.2021.
12. <https://verkhnedvinsk.vitebsk-region.gov.by/ru/osvejskij/>. – Accessed: 03.05.2021.

Поступила в редакцию 02.02.2021

Адрес для корреспонденции: e-mail: ums_minsk@tut.by – Колесникович В.П.

ПОКАЗАТЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ СПОРТИВНОГО И НЕСПОРТИВНОГО ПРОФИЛЯ ПРИ АДАПТАЦИИ К ОБУЧЕНИЮ В УВО

Т.Ю. Крестьянинова*, Н.А. Тишутин**, Э.С. Питкевич*

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

**Учреждение образования «Белорусский государственный
университет физической культуры»

Оценено функциональное состояние организма студентов I курса специальностей различного профиля по данным автоматизированной кардиоритмографической программы в процессе адаптации к обучению в учреждении высшего образования.

Цель исследования – оценить функциональное состояние организма студентов I курса специальностей спортивного и неспортивного профиля по данным автоматизированной кардиоритмографической программы в процессе адаптации к обучению в УВО.

Материал и методы. *Обследовано 73 студента I курса ВГУ имени П.М. Машерова (32 студента факультета социальной педагогики и психологии (гуманитарный профиль) (Г1) и 41 студент факультета физической культуры и спорта (Г2)).*

Оценка функционального состояния проводилась по данным вегетативного баланса. В работе использовался временный и спектральный анализ вариабельности сердечного ритма.

Результаты и их обсуждение. *Анализ функционального состояния выявил, что показатели блока экспресс-контроля анализируемых групп студентов находятся в пределах нормы, однако достоверно различаются. Показатели студентов Г1 расположены на нижней границе нормы. У студентов Г2 на 12% выше уровень адаптации организма, на 10% выше показатель центральной регуляции, показатель психоэмоционального состояния выше на 10%, на 13% выше интегральный показатель ФС. Направленность изменения функционального состояния студентов Г1 во втором обследовании характеризуется положительной динамикой большинства рассматриваемых показателей. Несмотря на выявление общего снижения ВСР и более низкое функциональное состояние в Г2, во втором обследовании данные по-прежнему выше, чем в Г1.*

Заключение. *Исходный уровень функционального состояния, а также направленность его изменения в предсессионный период могут быть обусловлены спецификой учебной деятельности участвующих в исследовании групп студентов. Наряду с необходимостью высокого уровня когнитивной активности студентов факультета физической культуры и спорта в связи с учебной нагрузкой, большинство из них являются действующими спортсменами. Полученные данные могут быть полезны для разработки стратегий по коррекции образа жизни и учебной деятельности с целью снижения «цены» адаптации, особенно высокой у студентов физкультурной специальности.*

Ключевые слова: *функциональное состояние, вегетативный баланс, индекс напряженности, функциональная проба, центральная гемодинамика.*

INDICATORS OF THE FUNCTIONAL STATE OF STUDENTS MAJORING IN SPORTS AND NON-SPORTS DISCIPLINES WHEN ADAPTING TO UNIVERSITY STUDIES

T.Yu. Krestyaninova*, N.A. Tishutin**, E.S. Pitkevich*

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

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

The functional state of the 1st-year students in the process of their adaptation to university studies was assessed according to the automated cardiorythmographic program.

The purpose of the study is to assess the functional state of the bodies of 1st-year students majoring in sport and non-sport disciplines in the process of their adaptation to university studies according to the data of an automated cardiorythmographic program.

Material and methods. *73 1st-year Vitebsk State University students were examined (32 students of the Faculty of Social Pedagogy and Psychology (majoring in humanities) (G1) and 41 students of the Faculty of Physical Education and Sports (G2)). The assessment of the functional state was carried out according to the vegetative balance. Temporal and spectral analysis of heart rate variability was used in the work.*

Findings and their discussion. The analysis of the functional state showed that the indicators of the express control unit of the analyzed groups of students are within the normal range, but they differ significantly. The indicators of G1 students are at the lower limit of the norm. G2 students have a 12% higher level of adaptation of the body, a 10% higher indicator of central regulation, a 10% higher indicator of psychoemotional state, and a 13% higher integral indicator of FS. The direction of the change in the functional state of G1 students in the second survey is characterized by the positive dynamics of most of the considered indicators. Despite the detection of a general decrease in HRV and a lower functional state in G2 in the second survey, the data are still higher than in G1.

Conclusion. The initial level of the functional state, as well as the direction of its change in the pre-exam period, may be due to the specifics of the academic activities of the groups of students participating in the study. Along with the need for a high level of cognitive activity of students of the Faculty of Physical Education and Sports in connection with the academic load, most of them are active athletes. The data obtained can be useful for developing strategies for correcting lifestyle and academic activities in order to reduce the "price" of adaptation, especially high among Sports students.

Key words: functional state, vegetative balance, tension index, functional test, central hemodynamics.

Проблема адаптации студентов к обучению в учреждении высшего образования является предметом научной дискуссии на протяжении нескольких десятилетий и, ввиду постоянного повышения требований к компетенциям выпускников, остается во многом актуальной [1–3]. По мнению С.Б. Величковой и соавт. (2018), главной причиной низкой эффективности в учебной деятельности студента является трудность индивидуальной адаптации к чрезмерно интенсивному ритму жизни студента и сопутствующий этому стресс. Следствием этого могут стать признаки морального и физического истощения, а также снижение умственной работоспособности [4].

С физиологической точки зрения способность быстро и успешно адаптироваться к возросшей учебной нагрузке, новым видам деятельности, необходимости сочетать образовательную и творческую активность зависит от баланса симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы (ВНС). Отмечается, что особенности обучения в учреждении высшего образования (УВО), с которыми впервые сталкиваются студенты-первокурсники, в дальнейшем накладывают определенный отпечаток на функциональном состоянии (ФС) их висцеральных органов, гомеостатических систем и в целом на особенностях их адаптации к учебной деятельности [5; 6]. Многие авторы, изучая изменения функционального состояния у студентов под воздействием различных видов учебной нагрузки, приходят к выводу, что сохранение работоспособности к концу недели происходит за счет напряжения физиологических функций, увеличения «физиологической цены», которой вынужден расплачиваться организм за усиленную умственную деятельность [7].

На наш взгляд, изучение ФС организма, под которым мы понимаем интегральную характеристику, отражающую адаптивные возможности организма в изменяющихся условиях, может существенно дополнить представление о механизмах адаптации к обучению [8]. Это принципиально важный вопрос поскольку в ряде работ показано, что при нормальном функциональном состоянии организма возможны максимальные результаты умственной деятельности [9; 10]. А это, в свою очередь, является фактором, обуславливающим качество усвоения учебного материала и формирование квалифицированного специалиста [11].

Цель работы – оценить функциональное состояние организма студентов I курса специальностей спортивного и неспортивного профиля по данным автоматизированной кардиоритмографической программы в процессе адаптации к обучению в УВО.

Материал и методы. В исследовании приняли участие 73 студента I курса Витебского государственного университета имени П.М. Машерова, в возрасте от 17 до 20 лет (36 мужчин и 37 женщин), из них 32 студента факультета социальной педагогики и психологии (гуманитарный профиль) и 41 студент факультета физической культуры и спорта.

Определение ФС студентов проводилось во временном интервале 9.00–11.00, дважды, во внесессионный период в сентябре, а также накануне первой экзаменационной сессии в декабре (предсессионный период). Перед проведением исследования все участники были опрошены об имеющихся отклонениях, связанных с кардиореспираторной системой, а также о каких-либо заболеваниях в острой форме. При наличии какой-либо подобной особенности студент не допускался к исследованию. Были соблюдены все возможные меры по стандартизации условий регистрации записи: время суток, занимаемое положение тела и окружающее пространство, наличие в лаборатории одного исследователя. Ход исследования представлял собой регистрацию электрокардиограммы в I стандартном отведении в положении сидя с помощью программно-аппаратного комплекса «Омега-М» («Динамика», г. Санкт-

Петербург). Оценка ФС проводилась по данным вегетативного баланса [12]. Вегетативный баланс оценивался по показателям variability сердечного ритма (BCP). В работе использовался временный и спектральный анализ variability сердечного ритма.

Разделение испытуемых на группы по вегетативному балансу производилось по данным индекса напряжения (ИН). Согласно классификации Р.М. Баевского (2001) выделено 3 группы: ваготоники – $ИН \leq 50$ у.е., нормотоники – $50 \leq ИН \leq 200$ у.е., симпатотоники – $ИН \geq 200$ у.е. [13].

В работе использовались стандартные статистические методы из пакета программ Microsoft Excel 2010, Statistica 12. Нормальность распределения проверялась с применением критерия Шапиро–Уилка. Статистические данные с нормальным распределением представлены в виде $\bar{X}_{ср.} \pm \text{Ст.откл.}$, а с ненормальным в виде медианы (Me) и центилей (25%, 75%). Для определения уровня достоверности различий между независимыми группами использовали U-критерия Манна–Уитни (P_u), а в случае нормального распределения – t-критерий Стьюдента (P_t). Внутригрупповые различия между результатами в сентябре и декабре определяли при помощи W-критерия Уилкоксона.

Результаты и их обсуждение. В табл. 1 представлены данные показателей функционального состояния по ПАК «Омега-М» (экспресс-контроль) и variability сердечного ритма студентов I курса факультетов социальной педагогики и психологии (группа 1 – Г1) и физической культуры и спорта (группа 2 – Г2).

Показатели блока экспресс-контроля анализируемых групп студентов находятся в пределах нормы, однако достоверно различаются. Показатели студентов Г1 располагаются на нижней границе нормы. У студентов Г2 на 12% выше уровень адаптации организма, на 10% выше показатель центральной регуляции, показатель психоэмоционального состояния выше на 10%, на 13% выше интегральный показатель ФС. Для данной группы студентов характерен более высокий индекс вегетативного равновесия, указывающий на соотношение между активностью симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, приближенный к среднему значению нормы. Средний интервал R-R у студентов факультета физической культуры и спорта закономерно выше, в связи с отмеченной у многих спортсменов функциональной брадикардией и средним показателем ЧСС по группе, равным 67 ударам в минуту.

Таблица 1

Показатели функционального состояния студентов I курса факультетов социальной педагогики и психологии и физической культуры и спорта (Me [25%; 75%]; $\bar{X}_{ср.} \pm \text{Ст.откл.}$)

| Показатель | Группа 1 (n=32) | Группа 2 (n=41) | Достоверность различий |
|-----------------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|
| Частота сердечных сокращений, уд./мин | 82±15 | 67±9 | $P_t < 0,05$ |
| A – уровень адаптации организма, % | 64±24 | 76±18 | $P_t < 0,05$ |
| B – показатель вегетативной регуляции, % | 80 [43; 97] | 94 [80; 100] | $P_u < 0,05$ |
| C – показатель центральной регуляции, % | 60±22 | 70±18 | $P_t < 0,05$ |
| D – психоэмоциональное состояние, % | 61±21 | 71±17 | $P_t < 0,05$ |
| Health – интегральный показатель состояния, % | 64±23 | 77±14 | $P_t < 0,05$ |
| ИВР – индекс вегетативного равновесия, у.е. | 131 [68; 242] | 91±39 | $P_u < 0,05$ |
| ИН – индекс напряжения, у.е. | 78 [42; 178] | 51 [28; 74] | $P_u < 0,05$ |
| Амо – амплитуда моды, % | 33±14 | 26±6 | $P_t < 0,05$ |
| Мо – мода, мс | 730±142 | 877±133 | $P_t < 0,05$ |
| dX – вариационный размах, мс | 265±100 | 274 [256; 356] | $P_u < 0,05$ |

Окончание табл. 1

| Показатель | Группа 1 (n=32) | Группа 2 (n=41) | Достоверность различий |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| СКО (SDNN) – среднее квадратичное отклонение, мс | 56±25 | 58 [52; 81] | $P_u < 0,05$ |
| V1 – уровень регуляции, у.е. | 63±28 | 94 [80; 100] | $P_u < 0,05$ |
| V2 – резервы регуляции, у.е. | 65±23 | 73±17 | $P_t > 0,05$ |
| pNN50 – доля NN50, выраженная в процентах, % | 21±19 | 31±20 | $P_t < 0,05$ |
| RMSSD – стандартное отклонение разностей RR-интервалов от их средней арифметической, мс | 45±26 | 55±29 | $P_t < 0,05$ |
| HF – высокочастотный компонент спектра, мс ² | 532 [152; 982] | 876 [425; 1696] | $P_u < 0,05$ |
| VLF – очень низкочастотный компонент спектра, мс ² | 843 [415; 1781] | 1214 [766; 1888] | $P_u < 0,05$ |
| LF – низкочастотный компонент спектра, мс ² | 825 [499; 1818] | 1194 [820; 1838] | $P_u < 0,05$ |
| LF/HF – симпато-вагальный индекс | 1,9 [1,1; 4,8] | 1,7 [1; 4] | $P_u > 0,05$ |
| Total – полный спектр частот, мс ² | 2423 [1183; 5209] | 3198 [2313; 5693] | $P_u < 0,05$ |
| C1 – уровень компенсации, % | 60±22 | 70±18 | $P_t < 0,05$ |
| C2 – резервы компенсации, % | 64±22 | 74±17 | $P_t < 0,05$ |

Показатели временного анализа СР достоверно различались у двух обследованных групп студентов. Так, значения показателей RMSSD и SDNN, отражающие активность парасимпатического звена вегетативной регуляции и суммарный эффект вегетативной регуляции [14, с. 23], соответственно, находились на более высоком уровне у студентов Г2. Напротив, индекс напряжения регуляторных систем (ИН) был более высоким у студентов факультета социальной педагогики и психологии, что является свидетельством большей активности у них центральных регуляторных механизмов, чем автономных [14, с. 24]. В блоке вариационного анализа СР у Г2 отмечается на 26% ($P_u < 0,05$) более высокие значения уровня регуляции, а также на 7% большие значения резервов регуляции, чем у студентов I курса факультета социальной педагогики и психологии.

Показатели нейродинамического анализа свидетельствуют о достоверно более высоких значениях (>10%) уровня и резервов компенсации (C1, C2) у первокурсников факультета физической культуры и спорта, в сравнении со студентами неспортивного профиля.

Волновой анализ СР позволяет проанализировать абсолютную и относительную мощность вклада волн различной частоты и выявить ведущие регуляторные звенья, соответствующие им. У обеих участвующих в исследовании групп наблюдается следующее соотношение волн: VLF > LF > HF, которое по данным Н.Н. Захарьевой и И.Д. Коняева (2020) свидетельствует о преобладании активности эрготропных систем над трофотропными [15, с. 114]. Однако важно заметить, что общая мощность спектра частот (Total) студентов факультета физической культуры и спорта находилась на достоверно более высоком уровне, в сравнении с группой студентов факультета социальной педагогики и психологии. Данная особенность является принципиально важной и указывает на большие нейрогуморальные регуляторные возможности организма студентов Г2.

При повторном обследовании, через 3 месяца, наблюдались некоторые изменения в показателях функционального состояния студентов, представленные в табл. 2.

Динамика показателей функционального состояния студентов I курса факультетов социальной педагогики и психологии и физической культуры и спорта (Me [25%; 75%]; Хср. ± Сст.откл.)

| Показатель | Группа 1 (n=32) | | Группа 2 (n=41) | |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| | сентябрь | декабрь | сентябрь | декабрь |
| Частота сердечных сокращений, уд./мин | 82±15* | 79±16* | 67±9 | 69±11 |
| A – уровень адаптации организма, % | 64±24* | 69±28#* | 76±18 | 73±15 |
| B – показатель вегетативной регуляции, % | 80* [43; 97] | 80 [42; 95] | 94 [80; 100] | 89 [72; 100] |
| C – показатель центральной регуляции, % | 60±22* | 63±19* | 70±18 | 69±7 |
| D – психоэмоциональное состояние, % | 61±21* | 62±24* | 71±17 | 68±17 |
| Health – интегральный показатель состояния, % | 64±23* | 70±21#* | 77±14 | 73±17# |
| ИВР – индекс вегетативного равновесия, у.е. | 131* [68; 242] | 118#* [57; 212] | 91±39 | 97±43 |
| ИН – индекс напряжения, у.е. | 78* [42; 178] | 75* [40; 153] | 51 [28; 74] | 58# [27; 81] |
| Амо – амплитуда моды, % | 33±14* | 32±12 | 26±6 | 30±8 |
| Мо – мода, мс | 730±142* | 778±166* | 877±133 | 845±138 |
| dX – вариационный размах, мс | 265±100 | 274±103 | 274 [256; 356] | 293 [261; 370] |
| СКО (SDNN) – среднее квадратичное отклонение, мс | 56±25* | 53±27 | 58 [52; 81] | 57 [49; 83] |
| B1 – уровень регуляции, у.е. | 63±28* | 66±24* | 94 [80; 100] | 90 [75; 100] |
| B2 – резервы регуляции, у.е. | 65±23 | 70±24# | 73±17 | 74±19 |
| pNN50 – доля NN50, выраженная в процентах, % | 21±19* | 22±18* | 31±20 | 27±16 |
| RMSSD – ст. отклон. разностей RR-интервалов от их средней арифметической, мс | 45±26* | 44±28* | 55±29 | 51±32# |
| HF – высокочастотный компонент спектра, мс ² | 532* [152; 982] | 610* [152; 1016] | 876 [425; 1696] | 812 [401; 1583] |
| VLF – очень низкочастотный компонент спектра, мс ² | 843* [415; 1781] | 926 [415; 1781] | 1214 [766; 1888] | 1133 [732; 1784] |
| LF – низкочастотный компонент спектра, мс ² | 825* [499; 1818] | 813* [441; 1811] | 1194 [820; 1838] | 1165 [810; 1889] |
| LF/HF – симпато-вагальный индекс | 1,91 [1,1; 4,8] | 1,85 [1; 4,5] | 1,73 [1,2; 4,3] | 1,78 [1,4; 4,6] |
| Total – полный спектр частот, мс ² | 2423* [1183; 5209] | 2658* [1281; 5254] | 3198 [2313; 5693] | 3032 [1964; 5391] |
| C1 – уровень компенсации, % | 60±22* | 60±20* | 70±18 | 69±15 |
| C2 – резервы компенсации, % | 64±22* | 68±19#* | 74±17 | 71±18 |

Примечание: # – p<0,05 внутригрупповые различия, * – p<0,05 межгрупповые различия.

Направленность изменения функционального состояния студентов I курса факультета социальной педагогики и психологии во втором обследовании, в сравнении с первым, характеризуется положительной динамикой большинства рассматриваемых показателей (рис. 1). Так, уровень адаптации (А) увеличился на 5% (Pt <0,05), показатель центральной регуляции (С) – на 3%, показатель резервов регуляции (В2) – на 5% (Pt <0,05), а интегральный показатель (Health) – на 6% (Pt <0,05). Показатели ВСР, с ростом которых наблюдается усиление симпатических влияний, наоборот, имеют тенденцию к снижению: показатель ИВР на 13 у.е. (Pu <0,05), ИН регуляторных систем на 4%. По данным спектрального анализа СР у Г1 сохраняется схожее с первым исследованием соотношение волн различных частот. Но стоит отметить, что вегетативный баланс у студентов Г1 имел тенденцию к усилению активности парасимпатического отдела ВНС: ↑HF, ↑Total, ↓LF, ↓LF/HF.

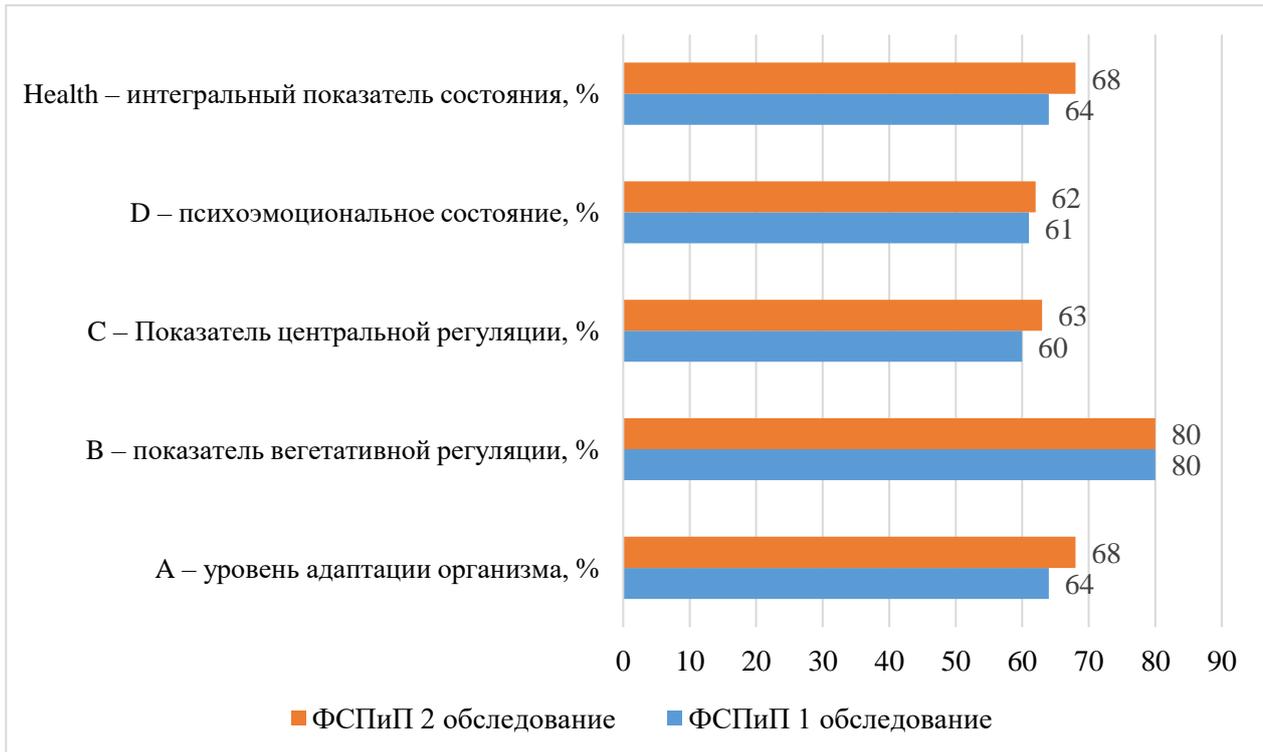


Рис. 1. Динамика показателей функционального состояния студентов факультета социальной педагогики и психологии, (%)

У студентов факультета физической культуры и спорта при втором обследовании, напротив, выявлено снижение многих показателей ФС. Показатели функционального состояния по ПАК «Омега-М», для которых было характерно снижение значений: уровень адаптации организма (3%), показатель вегетативной регуляции (5%), уровень психоэмоционального состояния (3%), интегральный показатель состояния (5%, Pt <0,05). У данной группы при втором обследовании отмечается нарастание активности в регуляции симпатических влияний, на что указывает уменьшение значений показателей Mo, SDNN, pNN50, RMSSD. Для показателей волнового анализа СР характерно незначительное изменение абсолютных значений в совокупности со сменой соотношения волн различной частоты (LF > VLF > HF), что подтверждает доминирование в регуляции сердечным ритмом данной группы студентов вазомоторного центра продолговатого мозга. Повышение значения ИН на 14% (Pu <0,05) относительно первой записи свидетельствует о большей активности центрального контура в управлении СР.

Стоит отметить, что несмотря на выявление общего снижения ВСР и более низкое ФС студентов факультета физической культуры и спорта во втором обследовании, а также повышение тех же характеристик у Г1, функциональное состояние Г2 все также находилось на более высоком уровне (табл. 2).



Рис. 2. Динамика показателей функционального состояния студентов факультета физической культуры и спорта, (%)

При анализе особенностей вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы выявлено, что среди участвующих в исследовании представителей факультета социальной педагогики и психологии как в первом исследовании, так и во втором преобладают нормотоники: 46,9% и 53,1%, соответственно (табл. 3). Студенты с ваготонией оказались вторыми по распространенности в Г1 с одинаковым процентным вкладом в общую выборку в обоих исследованиях (31,3%). Лица с преобладающим вкладом в регуляцию симпатического отдела ВНС составляли в первом обследовании 21,8%, а во втором – 15,6%. То есть для Г1 в предсессионный период было характерно увеличение числа студентов с нормотоническим типом вегетативной регуляции за счет снижения количества представителей, отнесенных к симпатическому типу. Важно отметить, что, несмотря на одинаковое число студентов ваготоников в двух исследованиях Г1, их персональный состав частично менялся: одни студенты переходили из группы ваготоников в группу с нормотоническим типом регуляции, а некоторые наоборот.

У обследованных студентов факультета физической культуры и спорта в обоих исследованиях также преобладает нормотонический тип регуляции (табл. 3). Однако, в отличие от Г1, данная группа характеризуется большим количеством представителей-ваготоников и полным отсутствием студентов-симпатотоников. Направленность изменения соотношения лиц по вегетативному балансу у Г2 отличается от таковой у Г1. В декабре у студентов факультета физической культуры и спорта выявлено 3 студента с преобладанием симпатотонии в регуляции СР, которые в первом исследовании имели нормотонический тип. Также в Г2 отмечена схожая тенденция с Г1, которая выражается в индивидуальном изменении типа вегетативной регуляции некоторых студентов с нормотоников на ваготоников и в обратную сторону.

Особенности вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы у обследованных лиц

| Группа | Обследование | Ваготоники | Нормотоники | Симпатотоники |
|--------------------|--------------|------------|-------------|---------------|
| Группа 1 (n=32) | 1 | 10 (31,3%) | 15 (46,9%) | 7 (21,8%) |
| | 2 | 10 (31,3%) | 17 (53,1%) | 5 (15,6%) |
| Группа 2 (n=41) | 1 | 19 (46,3%) | 22 (53,7%) | 0 (0%) |
| | 2 | 17 (41,5%) | 21 (51,2%) | 3 (7,3%) |

При интерпретации полученных результатов мы пришли к выводу, что исходный уровень ФС, а также направленность его изменения в предсессионный период могут быть обусловлены специфической учебной деятельностью участвующих в исследовании групп студентов. Наряду с необходимостью высокого уровня когнитивной активности студентов факультета физической культуры и спорта в связи с учебной нагрузкой, большинство из них являются действующими спортсменами. Следовательно, они выполняют от 3 до 6 тренировочных занятий в неделю, а также проходят одновременное обучение в университете, которое состоит не только из теоретических, но и из практических занятий по различным видам спорта. Как следствие, у студентов этого факультета, зачастую, может наблюдаться снижение результативности в одном из данных видов деятельности.

Предсессионный период является одним из самых ответственных и напряженных периодов обучения в УВО. А поскольку студенты факультета физической культуры и спорта сочетают несколько видов деятельности, то этот период становится для них сильным стресс-стимулирующим фактором. Соответственно, у них могут наблюдаться адаптационные перестройки, характеризующиеся усилением активности стресс-реализующей (симпатической) системы и повышением контроля со стороны центрального звена управления, что было получено в нашем исследовании. В данном случае такая направленность изменений вегетативного баланса не может рассматриваться как что-то неоптимальное, а скорее наоборот, это механизм, позволяющий организму эффективно функционировать в изменяющихся условиях окружающей среды, через напряжение регуляторных систем. Схожие данные были получены в исследовании П.Ю. Зарченко и соавт. (2020), в котором представлены изменения ВСР у студентов в предсессионный период (май – июнь) в сравнении с обычным периодом обучения (октябрь – ноябрь) и показано, что для студентов с преобладанием симпатических влияний на ритм сердца характерно усиление эрготропных процессов в предсессионном периоде [5].

Для большинства студентов-первокурсников факультета социальной педагогики и психологии, напротив, характерна исключительная сосредоточенность на учебном процессе как ведущем виде деятельности во время обучения в УВО. Возможно, как следствие, предсессионный период для студентов данного факультета не является настолько сильным стрессором, который бы вызывал адаптационные сдвиги в сторону централизации в управлении автономными функциями. По этой причине обследованные нами студенты Г1 демонстрировали усиление вагусной активности. По-видимому, данного уровня функционирования организма студентам Г1 достаточно для успешной сдачи зачетов и экзаменов во время сессии, поэтому они подходят к ней без повышения напряжения регуляторных систем.

Также важно отметить некоторые особенности, которые были выявлены в настоящем исследовании. Во-первых, несмотря на незначительное снижение ВСР у студентов Г2 в предсессионный период, а также наличие обратной динамики у студентов Г1, уровень ВСР и функционального состояния в целом остаются на более высоком уровне у студентов спортивного профиля. Об этом свидетельствует большое количество показателей, представленных в табл. 1, 2, которые достоверно различаются как в первой, так и во второй записи. Во-вторых, вопреки наличию некоторой тенденции по изменению уровня ФС студентов обеих групп в предсессионный период, нельзя не отметить индивидуальную разнонаправленность этих изменений. У некоторых студентов как в первой, так и во второй группе наблюдались изменения вегетативного баланса как в сторону симпатотонии, так и ваготонии. Это обуславливает необходимость учета некоторых индивидуальных особенностей студентов, таких как исходный вегетативный статус, психотип, соматотип, направленность и период тренировочного процесса

(для студентов-спортсменов). Эти особенности позволят более корректно оценивать оптимальность направленности изменений ФС в предсессионный период и, в случае необходимости, своевременно его корректировать.

Заключение. От процесса адаптации, его продолжительности и «цены» зависят успехи в усвоении учебного материала, а также дальнейшая мотивация к освоению выбранной специальности. Проведенное исследование показало, что функциональное состояние организма студентов I курса гуманитарных и физкультурных специальностей имеет свои специфические особенности, характеризующиеся особым типом вегетативной регуляции в начале учебного и в предсессионный период. У представителей специальностей гуманитарного профиля наблюдается адаптивная реакция, характерная для нормотонического типа регуляции сердечно-сосудистой системы, но с преобладанием низкочастотных симпатических волн, направленная на длительное поддержание функций в условиях, требующих значительных энергозатрат, коими является адаптация к обучению в УВО. Как в начале учебного года, так и в предсессионный период студенты данной группы обладали более низким уровнем функционального состояния организма, в сравнении со студентами физкультурных специальностей, однако в направленности изменений их вегетативного баланса отсутствовало нарастание усиления централизации.

Среди представителей физкультурных специальностей отмечалась адаптивная реакция в виде сбалансированного, нормотонического типа регуляции сердечно-сосудистой системы. Представители этих специальностей изначально относились только к группам нормотоников и ваготоников, с отсутствием студентов-симпатотоников, что обуславливает более высокий уровень функционального состояния организма, а также адаптационного потенциала организма данных студентов. Однако в процессе обучения, к моменту первой экзаменационной сессии у них наблюдалось нарастание симпатических влияний и, соответственно, появление представителей-симпатотоников. Вероятно, это зависит как от особенностей регуляции сердечно-сосудистой системы студентов данного факультета, так и от высоких учебных нагрузок, в том числе дополнительных физических нагрузок, связанных с профильными особенностями учебного плана специальностей, которые вызывают напряжение регуляторных систем организма. Уровень этого напряжения необходимо постоянно контролировать, поскольку при чрезмерном напряжении регуляторных систем возможно появление срывов адаптации, что будет сопровождаться неспособностью студентов справляться как с учебным процессом, так и тренировочным.

Таким образом, полученные данные могут быть использованы при изучении особенностей адаптации студентов к обучению в УВО. Также они могут быть полезны для разработки стратегий по коррекции образа жизни и учебной деятельности с целью снижения «цены» адаптации, особенно высокой у студентов физкультурных специальностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенкова, Т.Н. Особенности психофизиологической адаптации студентов первого курса к условиям обучения в вузе / Т.Н. Семенкова, М.Г. Леухова, Н.Г. Блинова [и др.] // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2010. – № 2. – С. 47–52.
2. Казин, Э.М. Формирование приспособительных реакций учащихся в зависимости от типа психовегетативной регуляции / Э.М. Казин // Бюллетень сибирской медицины. – 2014. – Т. 13, № 6. – С. 126–130.
3. Аверьянова, Н.В. Особенности психофизиологического развития студентов в процессе обучения на факультетах естественнонаучного и гуманитарного профиля / Н.В. Аверьянова // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2014. – Т. 2, № 1(57). – С. 90–96.
4. Величковская, С.Б. Особенности проявлений стресса в период сессии у студентов с разным уровнем личностной тревожности / С.Б. Величковская, Т.О. Гребенникова // Вестник Московского государственного лингвистического университета. Образование и педагогические науки. – 2018. – № 3(802). – С. 150–165.
5. Зарченко, П.Ю. Реализация ДАС-БОС-терапии у студентов с различными типами вегетативной регуляции кардиоритма в процессе адаптации к учебной деятельности / П.Ю. Зарченко, Э.М. Казин, Н.Г. Блинова [и др.] // Физиология человека. – 2020. – Т. 46, № 6. – С. 92–100.
6. Игнатова, Ю.П. Психофизиологические и некоторые функциональные маркеры умственной нагрузки у юношей / Ю.П. Игнатова, И.И. Макарова, А.В. Аксенова // Физиология человека. – 2018. – Т. 44, № 4. – С. 26–31. Doi: 10.1134/S0131164618040057.
7. Шутюк, Л.Н. К вопросу о влиянии здоровьесберегающей образовательной среды на формирование будущих специалистов вуза / Л.Н. Шутюк, С.Л. Лесникова // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2012. – № 6(65). – С. 286–290.
8. Крестьянинова, Т.Ю. Функциональное состояние организма больных бронхиальной астмой при адаптации к гипобарической гипоксии / Т.Ю. Крестьянинова, Н.А. Тишутин, Э.С. Питкевич [и др.] // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2021. – № 3. – С. 14–20.
9. Питкевич, Э.С. Перспективы диагностического применения программно-аппаратных комплексов «Омега-С» для оценки функционального состояния организма учащихся и спортсменов: учеб.-метод. пособие / Э.С. Питкевич. – Гомель: УО «Гомел. гос. мед. ун-т», 2012. – 200 с.
10. Шилович, Л.Л. Оценка текущего состояния функциональной и физической формы спортсменов с применением программно-аппаратного комплекса «Омега-С» / Л.Л. Шилович // Проблемы здоровья и экологии. – 2010. – № 1(23). – С. 78–82.

11. Зарченко, П.Ю. Реализация ДАС-БОС-терапии у студентов с различными типами вегетативной регуляции кардиоритма в процессе адаптации к учебной деятельности / П.Ю. Зарченко, Э.М. Казин, Н.Г. Блинова [и др.] // Физиология человека. – 2020. – Т. 46, № 6. – С. 92–100.
12. Питкевич, Э.С. Оценка функционального состояния организма по данным изменения вегетативного баланса и параметров центральной гемодинамики / Э.С. Питкевич, Н.А. Тишутин // Вестн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2020. – № 3(108). – С. 29–35.
13. Баевский, Р.М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2001. – № 3. – С. 108–128.
14. Шлык, Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов / Н.И. Шлык. – Ижевск: Филиал изд-ва Нижегородского ун-та, 2009. – 255 с.
15. Захарьева, Н.Н. Влияние психоэмоционального напряжения на функциональное состояние танцоров / Н.Н. Захарьева, И.Д. Коняев. – М.: Издательство «ОнтоПринт», 2020. – 292 с.

REFERENCES

1. Semenkova T.N., Leukhova M.G., Blinova N.G. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Journal of Kemerovo University], 2010, 2, p. 47–52.
2. Kazin E.M. *Biulleten sibirskoi meditsiny* [Bulletin of Siberian Medicine], 2014, 13(6), p. 126–130.
3. Averyanova N.V. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Journal of Kemerovo University], 2014, 2, 1(57), p. 90–96.
4. Velichkovskaya S.B., Grebennikova T.O. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta. Obrazovaniye i pedagogicheskiye nauki* [Journal of Moscow State Linguistic University. Education and Pedagogical Sciences], 2018, 3(802), p. 150–165.
5. Zarchenko P.Yu., Kazin E.M., Blinova N.G. *Fiziologiya cheloveka* [Physiology of Man], 2020, 46(6), p. 92–100.
6. Ignatova Yu.P., Makarova I.I., Aksenova A.V. *Fiziologiya cheloveka* [Physiology of Man], 2018, 44(4), p. 26–31. Doi: 10.1134/S0131164618040057.
7. Shutniuk L.N., Lesnikova S.L. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Journal of Irkutsk State technical University], 2012, 6(65), p. 286–290.
8. Krestyandinova T.Yu., Tishutin N.A., Pitkevich E.S. *Vesn. Vitseb. dziarzh. un-ta* [Bulletin of Vitebsk State University], 2021, 3, p. 14–20.
9. Pitkevich E.S. *Perspektivy diagnosticheskogo primeneniya programmno-apparatnykh kompleksov "Omega-3" dlia otsenki funktsionalnogo sostoyaniya organizma uchashchikhsia i sportsmenov: ucheb.-metod. posobiye* [Prospects of Diagnostic Application of Omega-3 Program and Apparatus Complexes in the Assessment of Body Functional State of Students and Sportsmen: Manual], Gomel: UO "Gomel. gos. med. un-t", 2012, 200 p.
10. Shilovich L.L. *Problemy zdoroviya i ekologii* [Issues of Health and Ecology], 2010, 1(23), p. 78–82.
11. Zarchenko P.Yu., Kazin E.M., Blinova N.G. *Fiziologiya cheloveka* [Physiology of Man], 2020, 46(6), p. 92–100.
12. Pitkevich E.S., Tishutin N.A. *Vesn. Vitseb. dziarzh. un-ta* [Bulletin of Vitebsk State University], 2020, 3(108), p. 29–35.
13. Bayevski R.M., Ivanov G.G. *Ultrazvukovaya i funktsionalnaya diagnostika* [Ultrasound and Functional Diagnostics], 2001, 3, p. 108–128.
14. Shlyk N.I. *Serdechny ritm i tip reguliatsii u detei, podrostkov i sportsmenov* [Children. Adolescent and Athlete Heart Rhythm and Type of Regulation], Izhevsk: Filial izd-va Nizhegorodskogo un-ta, 2009, 255 p.
15. Zakharyeva N.N., Koniayev I.D. *Vliyaniye psikhoemotsionalnogo sostoyaniya na funktsionalnoye sostoyaniye tantsorov* [Influence of Psychoemotional State on the Functional State of Dancers], M.: Izdatelstvo "OntoPrint", 2020, 292 p.

Поступила в редакцию 12.01.2022

Адрес для корреспонденции: e-mail: nickoknick@mail.ru – Тишутин Н.А.



ПЕДАГОГІКА

УДК 004.77:796.011.1:37.037.1:614.212

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО И WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ КАК СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ И РЕЖИМА ПИТАНИЯ УЧАЩИХСЯ В РЕАБИЛИТАЦИОННО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОМ ЦЕНТРЕ

Д.Э. Шкирьянов*, С.А. Ермоченко*, М.И. Жальнерене**

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

***Коммунальное унитарное предприятие «Детский реабилитационно-оздоровительный центр “Жемчужина”»*

В Республике Беларусь организация отдыха и оздоровления детей и подростков рассматривается как один из приоритетных компонентов здоровьесберегающей технологии воспитания, оказывающей влияние не только на их физическое, но и на моральное и психологическое состояние. В последнее десятилетие среди отрицательных факторов риска, воздействующих на организм школьников, прогрессируют неправильное питание, гипокинезия и гиподинамия. Это закономерно актуализирует поиск научного решения данной проблемы отечественными и зарубежными специалистами курортологии.

Цель исследования – разработка мобильного и web-приложений, функционирующих как единый комплекс и позволяющих выполнять мониторинг физкультурно-оздоровительной активности и режима питания учащихся среднего школьного возраста, проходящих оздоровление в детском реабилитационно-оздоровительном центре.

Материал и методы. Педагогическое исследование проводилось в четыре этапа на базе коммунального унитарного предприятия «Детский реабилитационно-оздоровительный центр “Жемчужина”». В работе использовались следующие методы: анкетный опрос, математической статистики, математического моделирования, проектирования реляционных баз данных, объектно-ориентированного анализа и проектирования, нисходящее проектирование программного обеспечения, а также общенаучный метод анализа и обобщения, функциональное тестирование, юзабилити-тестирование.

Результаты и их обсуждение. Было организовано онлайн-анкетирование, направленное на изучение готовности учащихся среднего школьного возраста к внедрению мобильного обучения в работу КУП «ДРОЦ “Жемчужина”». В исследовании приняли участие 73 мальчика в возрасте $13,11 \pm 1,25$ лет и 72 девочки $13,92 \pm 0,98$ лет. На основании научных разработок составлялись математические модели, описывающие динамику веса, расхода и потребления калорий, разработаны и протестированы мобильное (Android) и web-приложения «Жемчужина».

Заключение. Установлена необходимость мониторинга и своевременного изменения ряда показателей организованной двигательной активности и программы корректировки режима питания Wellness-коучинг в КУП «ДРОЦ “Жемчужина”», а также их централизованного поиска и хранения. Доказано, что решение данной проблемы возможно посредством внедрения в работу центра мобильного обучения. Разработаны мобильные web-приложения, предназначенные для мониторинга занятий и режима питания учащихся в период пребывания в КУП «ДРОЦ “Жемчужина”».

Ключевые слова: дети, детский реабилитационно-оздоровительный центр, мобильное приложение, Android, web-приложение, санаторно-курортное оздоровление, режим питания, двигательная активность, масса тела.

COMPLEX USE OF MOBILE AND WEB-APPLICATIONS AS MEANS OF PHYSICAL AND HEALTH ACTIVITIES AND DIET MONITORING OF STUDENTS AT THE REHABILITATION AND HEALTH CENTER

D.E. Shkiryanov*, S.A. Yermochenko*, M.I. Zhalnerene**

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

**Zhemchuzhina Children Rehabilitation and Health Center

In the Republic of Belarus, the organization of recreation and health improvement of children and adolescents is considered as one of the priority components of health-preserving education technology, which affects not only their physical, but also their moral and psychological state. In the last decade, among the negative risk factors affecting the body of children, malnutrition, hypokinesia and physical inactivity progressed. This naturally actualizes the search for a scientific solution to this problem by domestic and foreign specialists in balneology.

The purpose of the study is to develop a mobile and web-application that functions as a single complex and allows monitoring the physical and health-improving activity and diet of schoolchildren undergoing health improvement in a children rehabilitation and health center.

Material and methods. *The pedagogical research was carried out in four stages on the basis of the communal unitary enterprise DROTs "Zhemchuzhina (Pearl)". The following research methods were used: questionnaire survey, methods of mathematical statistics, method of mathematical modeling, method of designing relational databases (method of normal forms), method of object-oriented analysis and design, top-down software design, as well as general scientific method of analysis and generalization, functional testing, usability testing.*

Findings and their discussion. *Using the Google Forms service, an online survey was organized aimed at studying the readiness of middle school students to implement mobile learning in the medical and pedagogical work of Zhemchuzhina Children Rehabilitation and Health Center. The study involved 73 boys aged 13.11 ± 1.25 years old and 72 girls 13.92 ± 0.98 years old. Based on scientific developments mathematic models were compiled which described the dynamics of weight, spending and consumption of calories, mobile (Android) and web applications "Zhemchuzhina (Pearl)" were developed and tested.*

Conclusion. *The necessity of monitoring and timely change of a number of indicators of organized physical activity and the program for adjusting the diet of Wellness-coaching at the Center for Children's Health and Education "Zhemchuzhina", as well as their centralized search and storage has been established. It has been established that the solution to this problem is possible by introducing mobile teaching into the work of the Center. A mobile (Android) and web application has been developed to monitor health and fitness activities and the diet of middle school students during their stay at Zhemchuzhina Rehabilitation and Health Center.*

Key words: *children, children rehabilitation and health center, mobile application, Android, web application, sanatorium recovery, diet, physical activity, body mass.*

Согласно данным научно-методической литературы только 10% современных школьников могут считаться практически здоровыми, при этом половина из всех учащихся имеют морфофункциональные отклонения, около 30% страдают разнообразной хронической патологией, при этом каждый второй имеет сочетание двух и более заболеваний [1]. Исходя из этой ситуации закономерно, что в Республике Беларусь организация отдыха и оздоровления учащихся рассматривается как один из приоритетных компонентов здоровьесберегающей технологии воспитания, оказывающей влияние не только на их физическое, но и на моральное, а также психологическое состояние [2; 3]. В контексте указанной проблемы особую значимость имеет вопрос санаторно-курортного оздоровления и лечения подрастающего поколения в условиях специализированных санаторно-курортных организаций, расположенных в «чистых» регионах страны (Б.Н. Крайко, 2004; А.В. Скибицкий, В.И. Скибицкая, 2008; Н.В. Мазур, 2009; А.М. Ветитнев, Л.Б. Журавлева, 2010 и др.). Ярким примером этого являются ДРОЦ – санаторно-курортные организации для детей, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС и других техногенных катастроф, где предоставляются санаторно-курортные услуги с организацией образовательного процесса [3]. В настоящее время на территории Республики Беларусь насчитывается порядка 13 центров, в которых ежегодно проходят оздоровление более 80 тысяч человек [4].

Анализ деятельности работы ДРОЦов позволяет утверждать, что в последнее десятилетие среди отрицательных факторов риска, воздействующих на организм школьников, прогрессируют неправильное питание, гипокинезия и гиподинамия. Это закономерно актуализирует поиск научного решения данной проблемы отечественными и зарубежными специалистами курортологии [5; 6]. Сложившаяся ситуация способствовала организации на базе КУП «ДРОЦ “Жемчужина”» Витебской области инновационной «Школы здоровья» с элементами Wellness-коучинга в сочетании с занятиями оздоровительной ходьбой и бегом на музыкальной дорожке здоровья [7; 8]. Эффективность ее работы неоднократно подтверждена серией педагогических экспериментов и отражена в ряде отчетов НИОКР (№ госрегистрации 20101092 от 31.05.2010; 20120909 от 20.03.2012), публикаций и методических рекомендаций (Шкирьянов Д.Э., Кривцун В.П., Жальнерене М.И., 2014, 2016, 2019).

Прогрессивное развитие информационно-коммуникационных технологий подтолкнуло нас к поиску новых форм организации и контроля эффективности подобных занятий в оздоровительно-реабилитационной системе ДРОЦов на основе мобильных приложений, которые имеют широкое распространение в отечественной и зарубежной практике системы образования [9]. В настоящее время существует достаточно большое количество приложений, которые позволяют отслеживать физическую активность и режим питания, но содержание их работы не отвечает в полном объеме производственным запросам КУП «ДРОЦ “Жемчужина”». В рамках нашего исследования впервые разрабатывался комплекс программного обеспечения, который помогает проводить научно обоснованный мониторинг физкультурно-оздоровительных занятий и режима питания школьников в ДРОЦ.

Цель исследования – разработка мобильного и web-приложений, функционирующих как единый комплекс и позволяющих выполнять мониторинг физкультурно-оздоровительной активности и режима питания учащихся среднего школьного возраста, проходящих оздоровление в детском реабилитационно-оздоровительном центре.

Материал и методы. Педагогическое исследование проводилось в четыре этапа на базе КУП «ДРОЦ “Жемчужина”» Витебской области в рамках договора НИОКР № 20190572 от 11.04.2019 (рис. 1).

Первый этап предусматривал изучение производственных запросов КУП «ДРОЦ “Жемчужина”» по совершенствованию врачебно-педагогической работы, анализ научно-методической литературы по проблеме исследования, определение цели, задач, объекта, предмета и гипотезы исследования. В рамках *второго этапа* при помощи сервиса Google Forms было организовано онлайн-анкетирование, направленное на изучение готовности учащихся среднего школьного возраста к внедрению мобильного обучения во врачебно-педагогическую работу центра. Ссылка на анкету распространялась при помощи популярных мессенджеров, таких как Viber и WhatsApp. В исследовании приняли участие 73 мальчика в возрасте $13,11 \pm 1,25$ лет и 72 девочки $13,92 \pm 0,98$ лет, проживающие в Гомельской (96,5%; $n=140$) и Минской (3,44%; $n=5$) областях. Большинство опрошенных, а именно 83,4% ($n=121$), являются городскими жителями, 16,6% ($n=24$) проживают в поселках городского типа. *Третий этап* исследования был направлен на проектирование мобильного и web-приложений. В рамках данной работы были определены требования к приложениям, установлены варианты их использования, осуществлено проектирование архитектуры, а также интерфейса. На основании научных разработок, документов Министерства здравоохранения, регламентирующих нормы потребления и расхода калорий при организованной двигательной активности и питания в детских оздоровительных учреждениях, методических разработок врачей КУП «ДРОЦ “Жемчужина”» по расчету характеристик, позволяющих выполнять мониторинг динамики веса тела школьника (индекс массы тела, величина основного обмена, лимит потребления и расхода калорий), составлялись математические модели, описывающие динамику веса, расхода и потребления калорий. *Четвертый этап* предусматривал функциональное и юзабилити-тестирование мобильного и web-приложений.

В работе применялись следующие методы исследования: анкетный опрос, методы математической статистики, метод математического моделирования, метод проектирования реляционных баз данных (метод нормальных форм), метод объектно-ориентированного анализа и проектирования, нисходящее проектирование программного обеспечения, а также общенаучный метод анализа и обобщения, функциональное тестирование, юзабилити-тестирование.

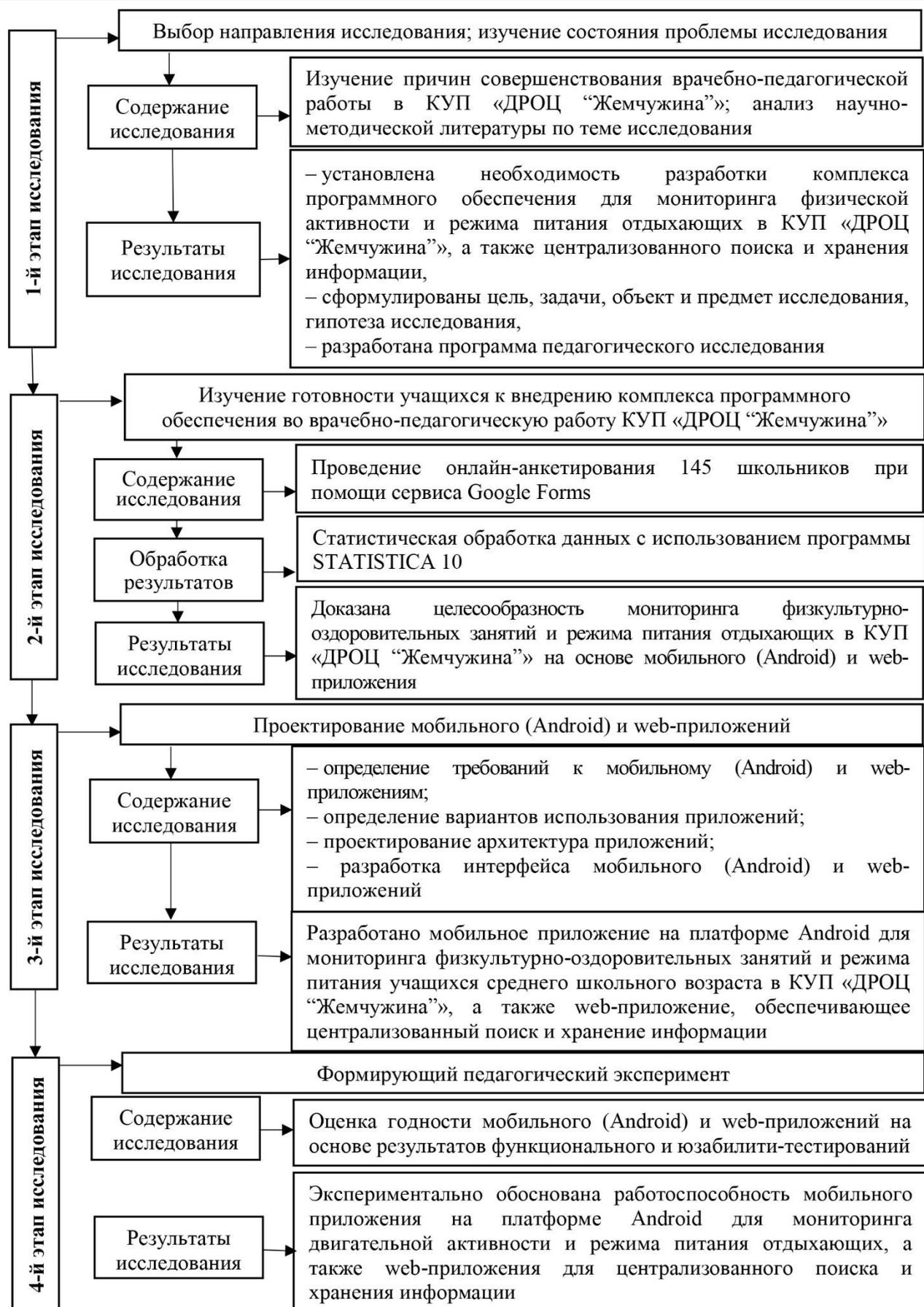


Рис. 1. Блок-схема организации исследования

Результаты и их обсуждение. На вопрос «Ты пользуешься мобильным телефоном?» 92% (n=133) ответили «Да, регулярно», 8% (n=12) – «Да, иногда». Согласно данным ответа на вопрос «Ты представляешь себя без мобильного телефона?» 35% (n=51) респондентов с легкостью могут от него отказаться, 51% (n=75) будут испытывать существенный дискомфорт при его отсутствии и 14% (n=19) не могут обойтись без него. Очевидно, что мобильный телефон является обязательным атрибутом современного школьника, и большинство из них имеют опыт владения данным устройством. Следует отметить, что большая часть учащихся высоко оценивают значимость мобильного телефона в своей жизни при решении повседневных задач. На вопрос «Как ты думаешь, мобильный телефон – это нужное изобретение человека?» многие (65%; n=94) ответили «Да», 30% (n=44) сказали, что можно обойтись без него.

Было установлено, что учащиеся преимущественно используют мобильные телефоны на операционной системе Android, что вероятнее всего обусловлено ценовой политикой на данные девайсы и их доступностью в розничной торговле. Так, на вопрос «Знаешь ли ты, на какой операционной системе работает твой телефон?» 91% (n=132) респондентов ответили «Да, у меня Android» и лишь 9% (n=13) заявили, что применяют продукцию Apple – «Да, у меня IOS». Полученные данные закономерно согласуются с тем фактом, что доля операционной системы Android на мировом рынке мобильных устройств в 2018 году достигла показателя 75%, согласно данным информационных ресурсов news mobile review, dailycomm.

Наряду с этим было установлено подтверждение доступности мобильного интернета в Республике Беларусь. По данным Белстат за последние 5 лет количество абонентов с выходом в сеть Интернет увеличилось в 1,4 раза и превысило показатель более 13,7 млн пользователей [10]. Согласно нашим исследованиям 74% (n=107) опрошенных на своих мобильных телефонах имеют безлимитный интернет, у 13% (n=19) на месяц предусмотрено расходование более 5-ти Гб, у 9% (n=13) – 2-х Гб. Не менее интересен тот факт, что большинство школьников, а именно 74% (n=48), имеют опыт использования QR-кодов. Известно, что он представляет собой двухмерный штриховой код, состоящий из черных и белых пикселей и позволяет кодировать до нескольких сотен символов. Это может быть обычный текст, адрес в Интернете, телефон, координаты какого-либо места или платежные реквизиты. Принцип действия QR-кодов облегчает пользователям чтение заложенных данных с помощью современных мобильных телефонов, оснащенных камерами, и может с успехом применяться во врачебно-педагогической деятельности ДРОЦов.

Неоспорим тот факт, что любой пользователь современного телефона имеет опыт работы с мобильными приложениями. Результаты ответов на вопрос «Умеешь ли ты устанавливать мобильные приложения на свой телефон?» показали, что 100% (n=145) респондентов имеют данный навык. При этом большинство из них (74%; n=107) преимущественно используют мобильные приложения для общения в социальных сетях, просмотра различных видеохостингов (13%; n=19) и прослушивания музыки (9%; n=13). Вместе с тем большая часть из них (52%; n=75) не знает, что мобильные приложения могут применяться для занятий физическими упражнениями, а также контроля режима питания (58%; n=70), что весьма популярно в настоящее время.

На третьем этапе исследования в соответствии с техническим заданием НИОКР 20190572 от 11.04.2019, а также с учетом данных анкетного опроса, при проектировании комплекса программного обеспечения была спланирована общая архитектура системы в соответствии с концепцией REST [11].

Концептуальная модель системы состоит из трех частей:

1. Приложение для операционной системы Android, устанавливаемое на личные устройства учащихся.

Данное решение было принято в связи с тем, что согласно результатам анкетного опроса популярность использования мобильных устройств (смартфонов) среди школьников среднего школьного возраста очень высока. Практически все учащиеся в возрасте старше 10 лет уже являются пользователями таких устройств. При этом уровень владения устройствами у них очень высок, что позволяет им без посторонней помощи самостоятельно устанавливать новое программное обеспечение и применять его. Среди школьников-пользователей мобильных устройств большинство являются пользователями устройств, работающих под управлением операционной системы Android. Поэтому такое приложение обеспечивает максимально широкий охват потенциальной аудитории и доступность приложения для конечных пользователей. Исходя из производственных

запросов необходимости совершенствования врачебно-педагогической работы в КУП «ДРОЦ “Жемчужина”» были сформулированы требования к мобильному приложению, которые представлены в табл. 1, интерфейс приложения дан на рис. 2.

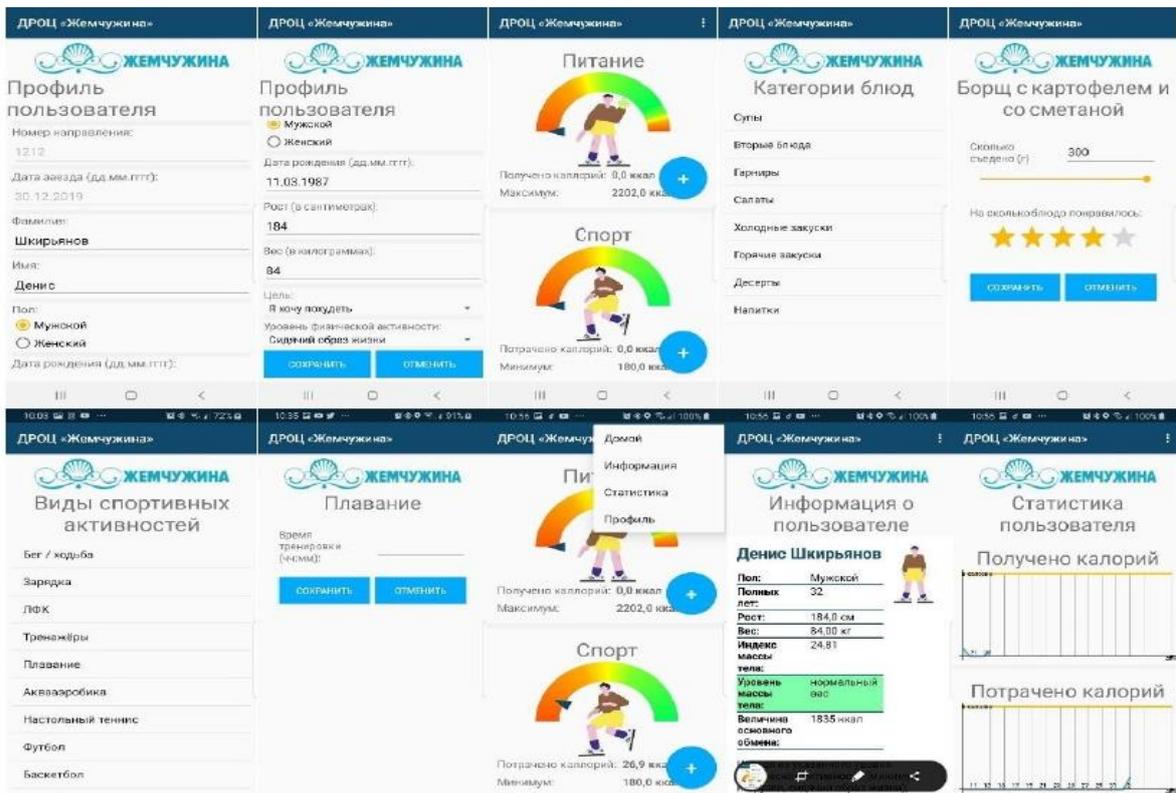


Рис. 2. Интерфейс и разделы мобильного приложения «Жемчужина» (Android)

Таблица 1

Функциональные и нефункциональные требования к мобильному приложению (Android)

| Функциональные требования | Нефункциональные требования |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Пользователь должен иметь возможность вводить личные данные: фамилию, имя, дату рождения, пол, возраст, вес, рост, номер санаторно-курортной путевки, дату заезда, цель физкультурно-оздоровительных занятий | 1. Приложение должно быть разработано для операционной системы Android |
| 2. Приложение должно автоматически рассчитывать на основе личных данных пользователя индекс массы тела (формула 1), определять уровень массы тела, величину основного обмена (формула 2; 3), максимальную рекомендуемую суточную норму калорий и расход калорий при организованной двигательной активности | 2. Приложение должно работать в автономном режиме (без подключения к сети Интернет) |
| 3. Пользователь должен иметь возможность оперативного внесения данных по употреблению различных категорий блюд (супы, вторые блюда, гарниры, салаты, холодные закуски, горячие закуски, десерты, напитки) из меню КУП «ДРОЦ “Жемчужина”» с возможностью их рейтинговой оценки. На основании введенных данных приложение должно отражать оперативную статистику полученных калорий в виде суточной диаграммы, иметь возможность вывода графика ежедневного потребления калорий | 3. Интерфейс приложения должен быть на русском языке 4. Приложение должно запускаться не более, чем за 10 секунд |

| Функциональные требования | Нефункциональные требования |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. Пользователь должен иметь возможность оперативного внесения данных о занятиях наиболее популярными видами физической активности в КУП «ДРОЦ “Жемчужина”» (ЛФК, занятия на тренажерах, плавание, аквааэробика, настольный теннис, футбол, баскетбол, волейбол). На основании введенных данных приложение должно отражать оперативную статистику затраченных калорий в виде суточной диаграммы в соответствии с нормами расхода энергии при различных видах деятельности, иметь возможность вывода графика ежедневного расхода калорий при организованной двигательной активности | 5. Пользовательский интерфейс должен быть удобным, чтобы каждый пользователь мог интуитивно понять, на какую кнопку нажать для совершения нужного действия |

$$\text{Индекс массы тела} = \frac{\text{вес (кг)}}{\text{рост (м)}^2} \quad (1)$$

$$\text{Мальчики: Величина основного обмена} = (10 \times \text{вес (кг)}) + (6,25 \times \text{рост (см)}) - (5,0 \times \text{возраст (лет)}) + 5 \quad (2)$$

$$\text{Девочки: Величина основного обмена} = (10 \times \text{вес (кг)}) + (6,25 \times \text{рост (см)}) - (5,0 \times \text{возраст (лет)}) - 161 \quad (3)$$

2. Web-приложение, разворачиваемое на сервере КУП «ДРОЦ “Жемчужина”».

Данное приложение должно быть доступно одновременно нескольким сотрудникам центра, так как сотрудники должны получать информацию о статистике потребления и расхода калорий школьниками, анализировать ее и принимать необходимые решения по корректированию программы организованной физической активности или режиму питания. Для более удобного и развернутого представления такой информации размера экрана мобильного устройства будет мало, поэтому было разработано web-приложение, доступное на любых устройствах (в первую очередь, персональных компьютерах), подключенных к сети Интернет, и отвечающее ряду функциональных и нефункциональных требований (табл. 2, рис. 3).

Таблица 2

Функциональные и нефункциональные требования к web-приложению

| Функциональные требования | Нефункциональные требования |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Web-приложение должно содержать основную информацию о пользователях, зарегистрировавшихся в мобильной версии приложения «Жемчужина»: номер санаторно-курортной путевки, дата заезда, фамилия, имя пользователя, дата рождения, рост, вес, индекс массы тела, уровень массы тела, уровень физической активности, величина основного обмена, максимальная рекомендуемая суточная норма калорий, суточный расход калорий при организованной двигательной активности | 1. Web-приложение должно представлять собой одностраничное web-приложение |
| | 2. Web-приложение должно работать в следующих браузерах: google chrome, mozilla firefox, safari, opera. |
| 2. По запросу администратора отражать ежедневную статистику потребляемых (полученных) и израсходованных (потраченных) на организованную двигательную активность калорий, рейтинг блюд | 3. Время отклика страницы в web-приложении должно быть не более 5 сек |
| | 4. Пользовательский интерфейс должен быть удобным, чтобы каждый пользователь мог интуитивно понять, на какую кнопку нажать для совершения нужного действия |

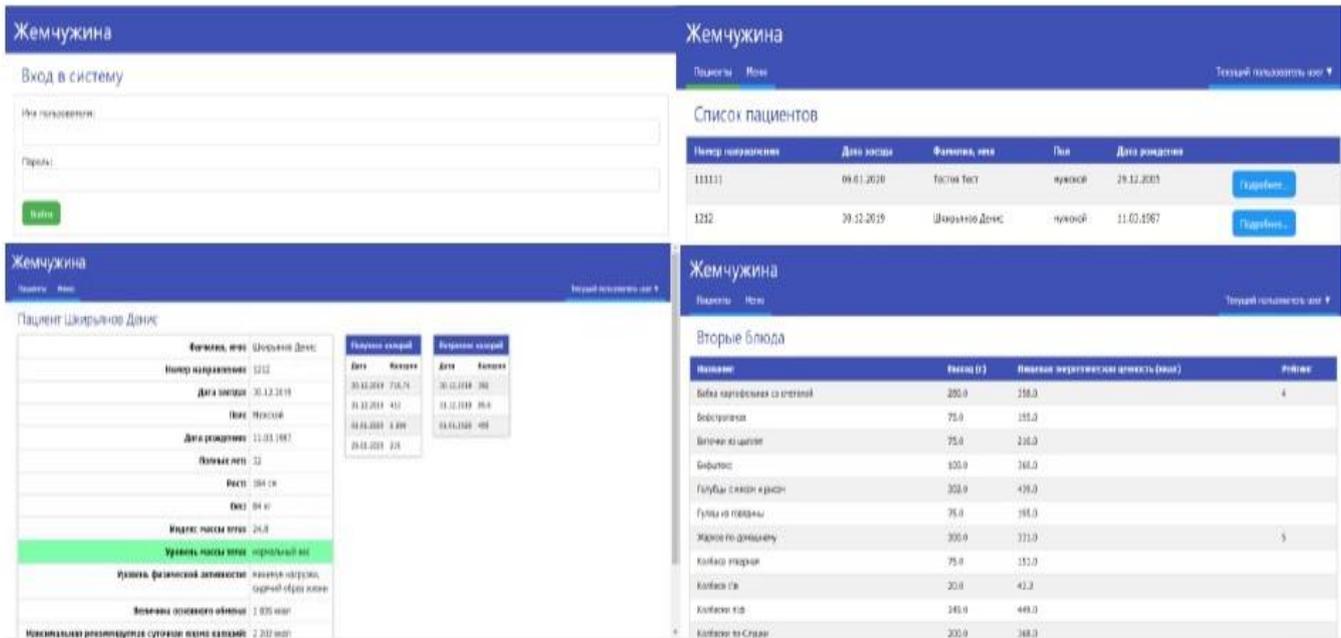


Рис. 3. Интерфейс и разделы web-приложения «Жемчужина»

3. Сервер баз данных, хранящих все необходимые сведения о пользователях, статистике расхода и потребления ими калорий и др., также развернутый на сервере ДРОЦ.

Перечисленные три части связаны в единый комплекс. Так, web-приложение обеспечивает интерфейс взаимодействия с конечными пользователями, а также использует сервер баз данных для централизованного хранения и обработки данных. Концепция REST позволяет разработанному web-приложению как обрабатывать запросы сотрудников центра, отправляемых через браузер, так и запросы школьников, отправляемые через мобильное устройство. После проектирования архитектуры было выполнено проектирование структуры базы данных, в том числе и локальной базы данных, хранимой на каждом мобильном устройстве. В будущем планируется доработать модуль синхронизации локальной копии базы данных с центральным сервером баз данных. Реализация двух приложений выполнялась на языке программирования Java, что позволило использовать один и тот же исходный код в двух частях (код классов-сущностей и основные методы бизнес-логики).

Заключительный этап исследования предусматривал проведение функционального и юзабилити-тестирования.

Функциональное тестирование – это тестирование программного обеспечения в целях проверки реализуемости функциональных требований, то есть способности программного обеспечения в определенных условиях решать задачи, нужные пользователям [12]. Функциональные требования определяют, что именно делает программное обеспечение, какие задачи оно решает. С использованием методологии функционального тестирования была проведена проверка работы, а именно реализованы 4 теста (n=10), на основании которой был сделан вывод об эффективности работы мобильного и web-приложений (табл. 3).

Юзабилити-тестирование (проверка эргономичности) – метод оценки удобства продукта в применении, основанный на привлечении пользователей (n=10) в качестве тестировщиков, испытателей и суммировании полученных от них выводов [13]. Для проведения тестирования участникам предоставлялось мобильное устройство с заранее установленным мобильным приложением. Модератор выдавал сразу весь список заданий участнику. Временные ограничения на выполнение заданий не накладывались. Замечания от респондентов во время прохождения тестирования письменно фиксировались модератором тестирования. Тестирование проходило в 3 этапа: этап 1 – планирование (разработка заданий (n=10); этап 2 – проведение тестирования

(n=10); этап 3 – анализ полученных данных (табл. 4). В ходе исследования не было выявлено проблем. Все задачи были решены всеми тестирующими без каких-либо затруднений. Тестирование пройдено успешно.

Таблица 3

Содержание и результаты функционального тестирования мобильного и web-приложений (n=10)

| Тест | Цель теста | Ожидаемый результат | Полученный результат | Вывод |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------|
| № 1 | Протестировать функцию регистрации пользователя в мобильном приложении, проанализировать адекватность автоматических расчетов заявленных показателей | Заданные пользователем позиции при регистрации успешно сохранены: номер направления, дата заезда (формат дд.мм.гггг), фамилия, имя, пол, дата рождения (дд.мм.гггг), рост (в см), вес (в кг), цель (Я хочу похудеть; Меня устраивает мой вес; Хочу набрать вес), уровень физической активности (сидячий образ жизни, спорт 1–3/2/3–5/6–7 раза в неделю). Регистрационные данные отобразятся в разделе <i>Информация для пользователя</i> . На основании регистрационных данных приложение рассчитает величину индекса массы тела, основного обмена, максимальную рекомендуемую суточную норму калорий и расход калорий при физических нагрузках | Совпадает с ожидаемым | Тест пройден |
| № 2 | Протестировать функцию ввода данных о потреблении блюд (калорий) в мобильном приложении | Выбранные пользователями блюда будут отражены на основном рабочем столе в виде общего цифрового и графического количества потребленных калорий | Совпадает с ожидаемым | Тест пройден |
| № 3 | Протестировать функцию ввода данных о количестве потраченных калорий при различных видах двигательной активности в мобильном приложении | Результаты введенных данных о времени занятия избранным видом двигательной активности отразятся на основном рабочем столе в виде общего цифрового и графического количества потраченных калорий | Совпадает с ожидаемым | Тест пройден |
| № 4 | Протестировать web-приложение на предмет сбора данных информации о пользователях мобильного приложения «Жемчужина» | При входе в web-приложение пользователь попадет в список пациентов, где отображается основная информация о пользователях мобильного приложения «Жемчужина» | Совпадает с ожидаемым | Тест пройден |

Содержание и результаты юзабилити-тестирования мобильного и web-приложений (n=10)

| Объект исследования | Решаемые задачи | Недостатки | Вывод |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------|
| Мобильное приложение | <ol style="list-style-type: none"> 1. Зарегистрироваться в мобильном приложении. 2. Ввести данные об употреблении борща холодного (300 г), салата «Витаминный» (200 г), печенья «Слодыч» (40 г) и компота из свежих яблок (200 г). 3. Ввести данные о занятиях на тренажерах в течение 20 минут и посещении дискотеки в течение 40 минут. 4. Скорректировать уровень физической активности на занятиях спортом 3–5 раз в неделю | Не выявлено | Тестирование пройдено успешно |
| Web-приложение | <ol style="list-style-type: none"> 1. Используя браузер (google chrome, mozilla firefox, safari, opera), зайти в web-приложение и пройти авторизацию. 2. Просмотреть рейтинг блюда – капуста брокколи отварная. 3. Просмотреть уровень массы тела и основного обмена пользователя (user11111). 4. Просмотреть дату потребления пользователем (user11111) калорий в объеме 1985 | Не выявлено | Тестирование пройдено успешно |

Заключение. В КУП «ДРОЦ “Жемчужина”» Витебской области установлена необходимость мониторинга и своевременного изменения ряда показателей организованной двигательной активности, программы корректировки режима питания Wellness-коучинг, а также их централизованного поиска и хранения. Выявлено, что решение данной проблемы возможно посредством внедрения в работу центра мобильного обучения, которое является инновационным направлением врачебно-педагогической деятельности в организации санаторно-курортного оздоровления, но в настоящее время недостаточно изученным в Республике Беларусь. Доказан высокий уровень готовности детей к внедрению мобильного обучения в систему работы КУП «ДРОЦ “Жемчужина”». Определена необходимость разработки специального мобильного (Android) и web-приложений.

В рамках реализации НИОКР № 20190572 от 11.04.2019 впервые разработано комплексное программное обеспечение, предназначенное для мониторинга физкультурно-оздоровительных занятий и режима питания учащихся среднего школьного возраста в период пребывания в КУП «ДРОЦ “Жемчужина”». Для этого были последовательно решены следующие задачи:

1. Выделены требования к мобильному (Android) и web-приложениям.
2. Произведен обзор существующих решений для мониторинга физкультурно-оздоровительных занятий и режима питания школьников.
3. Изучены современные средства разработки мобильных приложений для Android и web-приложений.
4. Определены требования и спроектировано мобильное (Android) и web-приложения «Жемчужина».
5. Реализованы и протестированы мобильное (Android) и серверное приложения.

Разработанный программный комплекс имеет перспективы дальнейшего развития в рамках создания и развития мультидисциплинарной системы санаторно-курортного оздоровления детей и подростков в ДРОЦах, а именно:

1. Введение дополнительных модулей «Образование», «Лечебные процедуры».
2. Создание внутреннего чата между пользователем и администратором.

3. Возможность корректировки администраторам через web-приложение содержания меню питания, которое будет доступно для пользователей мобильного приложения.

4. Расчет интегральной оценки уровня санаторно-курортного оздоровления на основании данных модулей «Спорт», «Питание», «Образование», «Лечебные процедуры».

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисова, Т.С. Медико-гигиенические аспекты организации и проведения летней оздоровительной работы среди детей и подростков: учеб.-метод. пособие / Т.С. Борисова. – Минск: БГМУ, 2018. – 68 с.
2. Катович, Н.К. Концепция детского отдыха и оздоровления в Республике Беларусь / Н.К. Катович, Н.Г. Онуфриева, В.Н. Щамель, В.В. Яжжик; под ред. В.В. Яжжика // Выхаванне і дадатковая адукацыя. – 2016. – № 4. – С. 3–7.
3. Об утверждении Концепции санаторно-курортного лечения и оздоровления населения Республики Беларусь и признании утратившими силу некоторых постановлений Совета Министров Республики Беларусь [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Республики Беларусь 4 нояб. 2006 г. № 1478 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. 2006–2021.
4. Туризм и туристические ресурсы в Республике Беларусь: стат. сб. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/4dd/4dddffa122ec4e81a51_daa723c5a2efb6.pdf. – Дата доступа: 26.06.2021.
5. Ершевская, А.Б. Реабилитация детей с конституционально-экзогенным ожирением по программе «Школа ребенка с лишним весом» в условиях санатория: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.08 / А.Б. Ершевская. – М., 2010. – 145 с.
6. Ларионова, З.Г. Разработка и оценка эффективности диетотерапии у детей и подростков с артериальной гипертензией: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.08 / З.Г. Ларионова. – М., 2012. – 131 с.
7. Жальнерене, М.И. Велнес-коучинг как один из методов профилактической работы в ДРОЦ: метод. рекомендации / М.И. Жальнерене, Н.Л. Алексеева. – КУП «ДРОЦ “Жемчужина”», 2014. – 63 с.
8. Arlovski, M. Wellness Coaching for Lasting Lifestyle Change, 2nd ed. [Electronic resource] / M. Arlovski. – Mode of access: <https://www.researchgate.net/publication/338789910>. – Date of access: 26.06.2021.
9. Ashley, Dr. Using digital technology to enhance student engagement in physical education [Electronic resource] / Dr. Ashley, B. Jones // Asia-Pacific Journal of Health, Sport and Physical Education. – Mode of access: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/18377122.2011.9730351>. – Date of access: 20.04.2019.
10. Анализ рынка услуг передачи данных в 2019 году [Электронный ресурс] // Оперативно-аналитический центр при Президенте Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://oac.gov.by/activity/independent-regulator/ict-development-and-services/analysis-of-the-market-for-data-services>. – Дата доступа: 02.07.2021.
11. Sanjay, P. Pro RESTful APIs. Design, Build and Integrate with REST, JSON, XML and JAX-RS / P. Sanjay. – New York: APress, 2017. – 148 p.
12. Kaner, C. Testing Computer Software / C. Kaner, J.L. Falk, H.Q. Nguyen. – USA: Wiley Computer Publishing, 1999. – 42 p.
13. Нильсен, Я. Mobile Usability. Как создавать идеально удобные приложения для мобильных устройств / Я. Нильсен, Р. Будюи. – М.: Эксмо, 2013. – 256 с.

REFERENCES

1. Borisova T.S. *Mediko-gigiyenicheskiye aspekty organizatsii i provedeniya letnei ozdorovitel'noi raboty sredi detei i podrostkov: ucheb.-metod. posobiye* [Medical and Hygienic Aspects of Setting Up and Carrying out Summer Health Work among Children and Adolescents: Manual], Minsk: BGMU, 2018, p. 68.
2. Katovich N.K., Onufriyeva N.G., Shchamel V.N., Yakzhik V.V. *Vykhavanne i dadatkovaya adukatsiya* [Education and Additional Education], 2016, 4, p. 3–7.
3. *Ob utverzhdenii Kontseptsii sanatorno-kurortnogo lecheniya i ozdorovleniya naseleniya Respubliki Belarus i priznanii utrativshimi silu nekotorykh postanovleni Soveta Ministrov Respubliki Belarus* [On Approving the Concept of Sanatorium Treatment and Health Improvement of Population of the Republic of Belarus], November 4, 2006 № 1478 Council of Ministers of the Republic of Belarus Decree, ETALON. Zakonodatelstvo Respubliki Belarus. Nats. tsentr pravovoi inform. Resp. Belarus. 2006–2021.
4. *Turizm i turisticheskiye resursy v Respublike Belarus: stat. sb.* [Tourism and Tourist Resources in the Republic of Belarus: A Statistic Collection], Available at: https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/4dd/4dddffa122ec4e81a51_daa723c5a2efb6.pdf. – Accessed: 26.06.2021.
5. Yershevskaya A.B. *Reabilitatsiya detei s konstitutsionalno-ekzogenym ozhireniyem po programme "Shkola rebenka s lishnim vesom" v usloviyakh sanatoriya: diss. ... kand. med. nauk* [Rehabilitation of Children with Constitutional and Exogene Obesity Using "School for Children with Obesity" Program at a Sanatorium: PhD (Medicine) Dissertation], M., 2010, 145 p.
6. Larionova Z.G. *Razrabotka i otsenka effektivnosti diyetoterapii u detei i podrostkov s arterialnoi gipertenziyey: dis. ... kand. med. nauk* [Development and Assessment of the Efficiency of Diet Therapy of Children and Adolescents with Arterial Hypertension: PhD (Medicine) Dissertation], M., 2012, 131 p.
7. Zhalnerene M.I., Alekseyeva N.L. *Velnes-kouching kak odin iz metodov profilakticheskoi raboty v DROTs: metod. rekomendatsii* [Wellness Coaching as a Way of Prevention Work at the Children Rehabilitation Center: Guidelines], KUP "DROTs Zhemchuzhina", 2014, 63 p.
8. Arlovski, M. Wellness Coaching for Lasting Lifestyle Change, 2nd ed. [Electronic resource] / M. Arlovski. – Mode of access: <https://www.researchgate.net/publication/338789910>. – Date of access: 26.06.2021.
9. Ashley, Dr. Using digital technology to enhance student engagement in physical education [Electronic resource] / Dr. Ashley, B. Jones // Asia-Pacific Journal of Health, Sport and Physical Education. – Mode of access: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/18377122.2011.9730351>. – Date of access: 20.04.2019.
10. *Analiz rynka uslug peredachi dannykh v 2019 gody* [Analysis of Data Transfer Services in 2019], Available at: <https://oac.gov.by/activity/independent-regulator/ict-development-and-services/analysis-of-the-market-for-data-services>. – Accessed: 02.07.2021.
11. Sanjay, P. Pro RESTful APIs. Design, Build and Integrate with REST, JSON, XML and JAX-RS / P. Sanjay. – New York: APress, 2017. – 148 p.
12. Kaner, C. Testing Computer Software / C. Kaner, J.L. Falk, H.Q. Nguyen. – USA: Wiley Computer Publishing, 1999. – 42 p.
13. Nielsen Ya., Budui R. *Mobile Usability. Kak sozdavat idealno udobniye prilozheniya dlia mobilnykh ustroystv* [Mobile Usability. How to Create Ideally Convenient Mobile Applications], M.: Eksmo, 2013, 256 p.

Поступила в редакцию 06.09.2021

Адрес для корреспонденции: e-mail: shkireanov@gmail.com – Шкирьянов Д.Э.

УДК 37.09.12:005.963.3(4)

ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА УЧИТЕЛЕЙ В ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАНАХ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

В.В. Тетерина, Н.А. Ракова, Р.В. Загорулько

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

В европейских странах фокусируются общие тенденции развития профессиональной высшей школы в условиях глобализации и интернационализации. Знание и учет их оптимизируют включение белорусской системы подготовки учителей в интеграционный процесс.

Цель статьи – в контексте Болонского процесса на основе сопоставительного анализа опыта европейских стран выявить ведущие тенденции модернизации профессионально-педагогической подготовки кадров.

Материал и методы. *Материалом послужили научные труды российских и отечественных ученых в области сравнительной педагогики. Использовались методы теоретического анализа, сравнение и обобщение, индуктивный и дедуктивный в их единстве, ретроспективный.*

Результаты и их обсуждение. *С переходом на Болонские стандарты особое внимание в европейских странах уделяется сопоставимости квалификаций на основе гармонизации программ профессионально-педагогической подготовки специалистов с позиций компетентностного подхода, внедрению модульной системы обучения, осуществлению аккредитации в рамках единой системы контроля качества, дальнейшей корреляции содержания образования с перспективой введения в него европейского измерения. Ведущими тенденциями становятся: перемещение подготовки учителей в область высшего образования, повышение критериев отбора студентов, увеличение сроков подготовки специалистов, усиление профессиональной направленности педагогического образования, расширение сферы повышения квалификации учителей.*

Заключение. *Представленный в статье материал может оказать информационную поддержку при реализации Болонских рекомендаций в сфере профессионально-педагогического образования учителей Беларуси.*

Ключевые слова: *Болонский процесс, глобализация, интернационализация, модульная архитектура учебных планов, профессионально-педагогическая подготовка.*

PROFESSIONAL AND PEDAGOGICAL TRAINING OF TEACHERS IN EUROPEAN COUNTRIES: CURRENT TRENDS

V.V. Teterina, N.A. Rakova, R.V. Zagorulko

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

In European countries, general trends in the development of professional higher education in the context of globalization and internationalization are focused. Knowledge and consideration of them optimize the inclusion of Belarusian teacher training system in the integration process.

The purpose of the article is to identify the leading trends in the modernization of professional and pedagogical training in the context of Bologna process on the basis of a comparative analysis of the experience of European countries.

Material and methods. *The material was the scientific works of Russian and domestic scientists in the field of comparative pedagogy. The methods of theoretical analysis, comparison and generalization, inductive and deductive in their unity, as well as retrospective methods were used.*

Findings and their discussion. *With the transition to the Bologna Standards, special attention in European countries is paid to the comparability of qualifications based on the harmonization of professional and pedagogical training programs from the standpoint of a competence-based approach, the introduction of a modular training system, the implementation of accreditation within a unified quality control system, further correlation of the content of education with the prospect of introducing a European dimension into it. The leading trends are: moving teacher training to the field of higher education, increasing the criteria for selecting students,*

increasing the terms of training specialists, strengthening the professional orientation of pedagogical education, expanding the scope of teacher training.

Conclusion. *The material presented in the article can provide information support in the implementation of the Bologna Recommendations in the field of professional and pedagogical education of teachers in Belarus.*

Key words: *Bologna process, globalization, internationalization, modular architecture of curricula, professional and pedagogical training.*

Интеграционные процессы в зарубежных странах, ориентированные на национальные приоритеты и сохранение культурных традиций, охватывают также сферу образования. основополагающим документом европейских стран в области высшего образования стала Болонская декларация, положившая начало гармонизации на основе полного уважения к разнообразным культурам, языкам, национальным системам образования и университетской автономии.

В связи с присоединением Республики Беларусь к Болонскому процессу особую значимость приобретает анализ прогрессивных тенденций в развитии образовательных систем европейских стран в плане подготовки педагогических кадров, так как именно на учителя возлагается ответственность за формирование свободной личности, обладающей фундаментальным запасом знаний и профессиональной компетентности, сочетающей интеллектуальный потенциал с высоким гражданским сознанием и ответственностью. Обращение к зарубежному опыту может сыграть важную роль в преодолении разрыва между отечественной и европейской системами развития высшего профессионально-педагогического образования.

Цель статьи – в контексте Болонского процесса посредством сопоставительного анализа опыта европейских стран выявить ведущие тенденции модернизации профессионально-педагогической подготовки кадров.

Материал и методы. Методологическую основу статьи составили общепедагогический, системный, синергетический, культурологический подходы. Материалом послужили научные труды отечественных и зарубежных ученых в области сравнительной педагогики.

Использовались методы теоретического анализа (анализ литературы по проблеме исследования, анализ структуры и содержания педагогического образования в отдельных европейских странах, анализ опыта зарубежных стран в области модернизации подготовки педагогических кадров), сравнения и обобщения, индуктивный и дедуктивный методы в их единстве, ретроспективный.

Результаты и их обсуждение. Интеграционные процессы в области высшего образования в европейских странах обусловили интерес к модернизации профессионального образования в новых социокультурных условиях. Формированию мирового образовательного пространства, осмыслению различных аспектов профессионально-педагогической подготовки учителей посвящены исследования Б.Л. Вульфсона, А.И. Галагана, А.Н. Джурицкого, Е.Б. Лысовой, З.А. Мальковой, Е.В. Пискуновой и др.

Отдельные аспекты интеграционных процессов в европейском образовании, касающиеся оценки качества подготовки специалистов, признания дипломов и академических степеней, нашли отражение в работах З.И. Байденко, Е.И. Бражника, О.В. Долженко и др.

В диссертационных исследованиях Е.В. Абазовик, Л.В. Абраковой, С.В. Владимирова, Е.А. Карабутовой, А.А. Катаева, Л.Н. Лабазиной, Л.Н. Полуниной [1] охарактеризованы общие тенденции развития педагогического образования в региональном и глобальном масштабах.

Анализ вышеуказанных научных источников позволил сделать вывод о том, что к условиям, определяющим дальнейшее совершенствование европейских систем подготовки учителей на современном этапе, относятся глобализация и интернационализация высшего образования. Болонский процесс, обусловивший интеграционные процессы в области профессионально-педагогического образования, сформировался под влиянием этих двух противоположных тенденций. Глобализация направлена прежде всего на создание международного рынка образовательных услуг и коммерциализацию отношений в образовательной сфере, что ведет к обострению конкуренции между вузами и национальными системами высшего образования. Следствием подобных тенденций является размывание национальных границ высшего образования, обусловленного национально-культурными традициями.

Однако нельзя не признать и тот факт, что в большей степени европейская специфика развития педагогического образования детерминирована интернационализацией, что находит свое выражение в сотрудничестве между высшими учебными заведениями через программы студенческих и академических обменов, партнерства вузов, международной корпорации национальных общественных объединений.

Компаративный анализ европейских систем подготовки учителей позволил выделить отличительные характеристики, релевантные с позиций интеграции в контексте Болонского процесса: управление системой, структурная модель, образовательные стандарты.

Сегодня для каждой из европейских стран специфической остается своя структура управления, детерминированная особенностью национальной образовательной системы и формой государственного устройства. Так, в Германии и Великобритании существует децентрализованная система управления с делегированием полномочий подготовки учителей региональным структурам. Для Франции характерна централизованная модель управления профессионально-педагогическим образованием.

Другой отличительной особенностью является то, что европейские системы подготовки учителей функционируют на основе различных структурных моделей, которые объединяют два блока: предметный (изучение общеобразовательных и специальных дисциплин) и профессиональный (общепедагогические дисциплины, методика, педагогическая практика).

Сочетание предметной и профессиональной сфер в подготовке учителей позволили выделить три структурные модели.

Синхронная модель, в которой предметная и профессиональная подготовка объединены в курсе обучения, характерны для Австрии, Бельгии, Германии, Великобритании. В структурированных в соответствии с этой моделью учебных планах значительное место отводится курсу дидактики, методике и педагогической практике.

Последовательная модель (Англия, Уэльс, Франция) отличается тем, что профессиональная подготовка будущих учителей осуществляется по завершении предметной подготовки (3–4 года) и длится в среднем от года до двух.

Интегрированная модель, где предметные и педагогические блоки объединяются в интегрированные курсы, характерна для Скандинавских стран и Испании [2].

Не менее существенным является вопрос различия образовательных стандартов, регламентирующих подготовку учителей. В Германии, в отличие от других европейских стран, действуют подробные стандарты, предъявляющие жесткие требования к организации учебного процесса. В Великобритании же они ориентированы на конечный результат профессионально-педагогического образования, выраженный в компетенциях выпускников. Во Франции педагогическим вузам предоставляется возможность самостоятельно разрабатывать учебные планы подготовки учителей, которые затем утверждаются министром образования.

Во многих европейских странах на альтернативной основе предлагается широкий выбор образовательных маршрутов для получения профессии учителя. Показательным является опыт Великобритании, где существует семь ведущих программ университетских квалификаций для получения педагогического образования. Степень бакалавра педагогики с четырехлетним курсом обучения можно получить в педагогическом колледже при университете. Он ориентирован на предметную специализацию и выпускает учителей начальных классов.

Второй маршрут, предусматривающий степень бакалавра гуманитарных или естественных наук со статусом квалифицированного учителя, ориентирован на предметную специализацию и изучение шести предметов после дополнительного года обучения.

Третий маршрут, направленный на подготовку учителей средней школы по специальностям, в которых ощущается недостаток в стране, включает сокращенные двухлетние курсы обучения.

Четвертый маршрут представлен четырехлетним полным курсом на соискание бакалавра наук со статусом квалифицированного учителя. Здесь основное внимание уделяется предметной специализации, практика осуществляется в конце курса. Студент может отказаться от педагогического курса, если понимает, что ему не подходит профессия учителя, и завершить обучение.

Пятый маршрут с годичным курсом обучения предлагает получение сертификата последипломного обучения на педагогическом факультете (при наличии степени бакалавра гуманитарных и естественных наук) и готовит учителей средней школы.

Шестой маршрут, представленный вечерне-заочными курсами, предназначен для студентов, не имеющих возможности обучения по полной программе. По окончании выдается сертификат постдипломного обучения.

Седьмой маршрут с двухлетними курсами ориентирован на тех, кто хочет преподавать предмет, не связанный со специализацией. В данном случае также предусмотрен сертификат постдипломного обучения.

Несмотря на отличия и разнообразие европейских систем подготовки учителей наблюдается тенденция к гармонизации высшего педагогического образования, направленная на повышение ее конкурентоспособности. С практической точки зрения это проявляется в продолжающейся реформе структуры профессионально-педагогического образования, в формировании транснациональной системы оценивания знаний, в обеспечении соответствия и совместимости ключевых характеристик (присуждение степеней, квалификации, система контроля, аккредитация учебных программ), а также признании качества получаемого образования.

Наиболее значимой тенденцией становится перемещение профессионально-педагогической подготовки в сектор высшего образования. По данным Европейской комиссии, во всех европейских странах подготовка учителей средней школы осуществляется на основе программ, которые реализуются в рамках университетского образования и ведут к получению квалификации ступени 5 А, что соответствует международной стандартной квалификации образования ЮНЕСКО. В результате такой политики растет число учителей с университетским образованием. Исключением являются Дания и Бельгия, где подготовка учителей перенесена в неуниверситетский сектор.

Переход к педагогическому образованию на базе университета как основному, поиск путей подготовки учителей для всех типов повлекли за собой повышение критериев отбора абитуриентов. Для большинства европейских стран при зачислении обязательным является аттестат об окончании средней общеобразовательной школы (при синхронной модели) или свидетельство об окончании курса предметной подготовки (при последовательной модели).

Как тенденцию в развитии европейского педагогического образования можно рассматривать увеличение продолжительности образовательных программ, которая составляет в среднем 4–5 лет, что отвечает одной из задач Болонского процесса, направленного на повышение качества высшего образования и профессионально-педагогического в частности.

Одной из значимых тенденций в профессиональной подготовке учителя европейских стран является дальнейшее совершенствование педагогического образования, что находит свое отражение в увеличении доли педагогических дисциплин и практики в учебных планах, в развитии сотрудничества вузов со школами, в усилении связи программ подготовки будущих учителей с исследованиями в области профессионального образования. Этот профессиональный цикл занимает не менее пятой части общего времени обучения. Характерным является перенос акцентов в содержании профессионально-педагогической подготовки с квалификации на формирование ключевых компетенций, мировоззренческих взглядов, личностных и профессиональных качеств будущего учителя.

Перспективной считается работа по модернизации содержания учебных дисциплин, новых предметов и тем. На практике показали свою эффективность система учебных курсов по выбору, создание интегрированных курсов, позволяющих расширить интересы и углубить знания обучающихся в сфере различных областей.

До сих пор в научно-педагогической литературе зарубежных стран актуальной остается проблема структуры и содержания таких курсов, как педагогика, психология, социальное образование. Учебная дисциплина «Психология» по количеству отводимых часов превышает «Педагогику». Однако следует учитывать, что преподаванию педагогической и возрастной психологии придается все больше

прикладной характер, способствующий формированию и закреплению у студентов соответствующих профессиональных умений и навыков.

В центре научного внимания по-прежнему остается не только ребенок, но и среда его обитания, в связи с чем усиливается социологическая ориентация психолого-педагогических дисциплин, что выражается в обучении студентов исследовательским технологиям. Особое внимание уделяется анкетированию, различным видам опроса, составлению и анализу диаграмм, таблиц, включающих статистический материал.

В зарубежной педагогике признается тот факт, что успешность обучения будет во многом определяться тем, какие межличностные отношения сложатся между учеником и учителем в детском коллективе, среди коллег и учителей. В этой связи в структуре педагогических компетенций особый акцент придается формированию у студентов коммуникативных способностей [3].

Стратегическим направлением обновления содержания подготовки учителей в европейском образовательном пространстве является разработка ее технологий, изменение характера взаимоотношений между преподавателем и студентами в сторону их гуманизации, индивидуализации, дифференциации, использование архитектуры учебных планов и организации занятий, внедрение в программу подготовки педагогов «европейского измерения».

Важнейшей составляющей профессиональной подготовки учителей выступает педагогическая практика. В последние годы заметна тенденция к ее удлинению, более тщательной подготовке и признанию ее ведущей роли. В странах мира все больше находит применение признание оценки за практику равнозначной за выпускной экзамен.

Сочетание научной подготовки в высших учебных заведениях и педагогической практики считается важнейшим направлением подготовки будущего специалиста. Педагогическая практика строится по принципу постепенного усложнения – от наблюдательской к стажерской, во время которой будущим учителям предоставляется большая самостоятельность. Студенты подробно знакомятся со школой, важнейшими участками ее работы, с педагогическим коллективом и документацией. В ходе практики студенты получают возможность наблюдать и осмысливать такие педагогические явления, как педагогическая ситуация в школе, процесс организации и проведения урока, его планирование, воспитание в школе, в классе, вне школы. Студенты должны уметь составлять характеристики учащимся, проводить анкетирование, опросы, посещать семьи. От студентов-практикантов требуют подробных планов урока с учетом его основных структурных единиц: целей, содержания, методов, средств, установления связей между ними, а также хода урока с запланированным поведением учителя и возможными поведенческими реакциями учащихся.

В контексте реализации концепции «образование на протяжении всей жизни» важной тенденцией становится разработка комплекса мероприятий по модернизации непрерывного образования педагогических кадров, направленного на совершенствование системы повышения квалификации, включающей различные по своей форме и продолжительности курсы очного и заочного характера, возможность получения дипломов более высокого уровня, обмена опытом в зарубежных странах.

Политика в области непрерывного образования строится на поощрении стремления учителей повышать свое педагогическое мастерство, заниматься научными исследованиями. В этом плане примечателен опыт США, где зарплата учителя определяется не только уровнем его образования, но и количественным (в объеме часов) и качественным показателями повышения квалификации за год, что оговаривается в заключенном с ним контракте.

Претерпевает изменение и содержательная основа повышения квалификации учителей. Если раньше основное внимание было уделено расширению профессиональной компетентности учителей, связанной с ознакомлением с новыми учебниками, вариантами программ, то в последнее время диапазон рассматриваемых вопросов концентрируется на практическом аспекте обучения (например, технология индивидуализации и дифференциации обучения). Обучаемым предлагается создать свой учебный план, составленный из предметов специализации либо гуманитарного, либо смешанного направлений.

Рассмотренные общие тенденции в подготовке учителя европейских стран свидетельствуют о сравнимости многообразных систем, где различия в большей степени касаются структурных аспектов, в то время как содержание профессионально-педагогического образования строится на общих принципах и стремится к интеграции. Участие белорусской системы высшего профессионально-педагогического образования в европейских интеграционных процессах возможно при условии дальнейшей разработки нормативно-правовой базы, адекватной рекомендациям Болонского процесса, внедрения модульного построения учебных планов педагогического образования, расширения полномочия вузов в формировании содержания образовательных программ при безусловном сохранении национально-культурных особенностей образовательной системы.

Заключение. Исследование, проведенное посредством сопоставления и анализа европейского опыта профессионально-педагогической подготовки учителя, позволило выделить основные тенденции ее развития: перемещение акцентов подготовки учителей в сферу высшего профессионального образования; повышение критериев отбора абитуриентов при поступлении в высшие педагогические учебные заведения; увеличение продолжительности подготовки учителей для различных ступеней общего образования; модернизация содержания программ подготовки будущих педагогов и усиление ее профессиональной направленности; совершенствование форм и методов непрерывного образования педагогических кадров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы, размещенные в научной электронной библиотеке диссертаций и авторефератов Российской Федерации (disserCat – электронная библиотека диссертаций).
2. Полунина, Л.Н. Особенности формирования европейского профессионального образования / Л.Н. Полунина, Е.А. Орехова // Профессиональное образование на современном этапе развития общества: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Калуга, 2004. – С. 80.
3. Орлова, А.П. Глобальные тенденции реформирования образования в современном мире / А.П. Орлова, В.В. Тетерина // Весн. Віцеб. дзярж. ун.-та. – 2015. – № 5. – С. 94–100.

REFERENCES

1. Materials located in the scientific dissertation and dissertation summary e-library of the Russian Federation (disserCat).
2. Polunina L.N., Orekhova E.A. *Professionalnoye obrazovaniye na sovremennom etape razvitiya obshchestva: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Professional Education at the Present Stage of Social Development: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference], Kaluga, 2004, p. 80.
3. Orlova A.P., Teterina V.V. *Vesn. Vitseb. dzharzh. un-ta* [Journal of Vitebsk State University], 2015, 5, p. 94–100.

Поступила в редакцию 20.05.2021

Адрес для корреспонденции: e-mail: kpedagog@vsu.by – Ракова Н.А.

УДК 378.147:37.018.4

ОСОБЕННОСТИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В РЕЖИМЕ ОФЛАЙН

Л.В. Маркова, Н.Д. Адаменко, С.А. Ермоченко, Е.А. Корчевская
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»

Технология электронного обучения приобрела особую значимость в условиях экстренного перехода на офлайн обучение, вызванного противоэпидемическими мероприятиями в учебных заведениях.

Цель статьи – анализ и обобщение педагогического опыта подготовки студентов специальностей «Прикладная математика», «Прикладная информатика» и «Программное обеспечение информационных технологий» в режиме офлайн для совершенствования методического обеспечения дисциплин, изучаемых студентами IT-специальностей факультета математики и информационных технологий ВГУ имени П.М. Машерова.

Материал и методы. *В качестве материала были выделены разделы различных курсов учебных планов IT-специальностей. Для проведения исследования использованы методы общенаучного характера: наблюдение, анализ, синтез, обобщение, сравнение.*

Результаты и их обсуждение. *Проанализированы особенности проведения лекционных и лабораторных занятий в ситуации экстренного перехода на офлайн обучение, дана оценка дидактических возможностей и ограничений различных программных средств, предназначенных для проведения видеоконференций. Показана необходимость более тщательного проектирования электронных учебных материалов для обеспечения контроля их усвоения, включения дополнительных индивидуальных заданий в электронные учебные курсы. Выявлены новые подходы к оценке качества выполнения лабораторных работ, формированию рейтинговых оценок работы студентов для повышения их заинтересованности в результатах учебной деятельности.*

Заключение. *Опыт работы в условиях вынужденного перевода учебных занятий в режим офлайн открыл дополнительные возможности технологии электронного обучения, выявил высокий потенциал современных образовательных платформ и программных средств организации видеоконференций для проведения учебных занятий. Анализ и осмысление этого опыта позволит повысить эффективность использования электронных учебных средств для подготовки студентов IT-специальностей.*

Ключевые слова: *электронное обучение, электронные учебные курсы, видеоконференция, офлайн обучение.*

THE SPECIFIC FEATURES OF OFFLINE ACADEMIC PROCESS

L.V. Markova, N.D. Adamenko, S.A. Ermochenko, E.A. Korchevskaya
Education Establishment "Vitebsk State P.M. Masherov University"

E-learning technology has become particularly important in the context of the emergency transition to offline learning caused by anti-epidemic measures at education establishments.

The purpose of the article is to analyze and generalize the pedagogical experience of training students of the specialties "Applied Mathematics", "Applied Informatics" and "Information Technology Software" in offline mode in order to improve the methodological support of the disciplines studied by IT students of the Faculty of Mathematics and Information Technology of VSU.

Material and methods. *As a material, sections of various courses of IT curricula were allocated. Methods of general scientific nature were used for the research: observation, analysis, synthesis, generalization, comparison.*

Results and discussion. *The specific features of conducting lectures and laboratory classes in the situation of an emergency transition to offline training are analyzed; didactic possibilities and limitations of various software tools designed for videoconferencing are evaluated. The need for more careful design of electronic academic materials to ensure control of their assimilation, the inclusion of additional individual tasks in electronic training courses is shown. New approaches to the assessment of the quality of fulfilling the laboratory works, the formation of rating assessments of students work to increase their interest in the results of academic activities are identified.*

Conclusion. *The experience of working in the conditions of forced transfer of training sessions to offline mode opened up additional opportunities for e-learning technology, revealed the high potential of modern educational platforms and software tools for*

organizing video conferences for conducting training sessions. The analysis and understanding of this experience will increase the efficiency of electronic learning tools for training ITstudents.

Key words: *e-learning, e-learning courses, video conferencing, offline teaching.*

В настоящее время в учреждениях высшего образования активно развивается электронное обучение как технология организации образовательного процесса, которая обеспечивает возможность динамичной адаптации выпускников к непрерывно изменяющимся условиям современной жизни. Эта технология приобрела особую значимость в условиях экстренного перехода на офлайн обучение, связанного с проведением противоэпидемических мероприятий в учебных заведениях. Подразделения университета, в которых развитию электронного обучения уделялось должное внимание в предыдущие годы, могли с минимальными потерями качества образования перейти в режим офлайн обучения.

Под офлайн обучением мы понимаем разновидность дистанционного обучения. Общими чертами этих форм организации учебных занятий являются удаленное взаимодействие участников учебного процесса, а также использование для его организации электронных средств обучения и телекоммуникационных технологий. Различие заключается в том, что дистанционное обучение представляет собой самостоятельный вид обучения, который регулируется Кодексом Республики Беларусь об образовании. Нормативное определение: «Дистанционное обучение – целенаправленно организованный и согласованный во времени и пространстве процесс взаимодействия педагогических работников и обучающихся между собой и со средствами обучения с использованием педагогических, а также информационных и телекоммуникационных технологий» [1], в то время как офлайн обучение – вынужденная мера организации образовательной среды. Однако опыт, полученный при проведении офлайн занятий, может быть использован для совершенствования учебного процесса в режиме традиционных аудиторных занятий с применением электронных учебных средств и поэтому требует анализа и осмысления.

Особенности электронного обучения в ситуации экстренного перехода на офлайн обучение и опыт, который был получен в этот период, рассматриваются в данном исследовании.

Цель статьи – обобщение и анализ педагогического опыта подготовки студентов специальностей «Прикладная математика», «Прикладная информатика» и «Программное обеспечение информационных технологий» в режиме офлайн для совершенствования методического обеспечения дисциплин, изучаемых студентами IT-специальностей факультета математики и информационных технологий ВГУ имени П.М. Машерова.

Материал и методы. В качестве материала были выделены разделы различных курсов учебных планов вышеперечисленных специальностей. Для проведения исследования использованы методы общенаучного характера: наблюдение, анализ, синтез, обобщение, сравнение.

Результаты и их обсуждение. В течение последних двух семестров в ВГУ имени П.М. Машерова были опробованы различные модели офлайн обучения, в том числе полный перенос как лекционных, так и лабораторных занятий в режим офлайн в течение длительного периода времени; перенос в офлайн формат только лекционных занятий, а также смешанный режим занятий, когда все занятия в группе экстренно переносились в офлайн режим на непродолжительное время, а затем группа возвращалась к аудиторным занятиям. Каждая из этих моделей имеет значительные особенности, отличающие ее от очного обучения, с использованием электронных учебных курсов как вспомогательного средства. Общей их чертой является более детальная проработка и взаимоувязывание всех элементов учебного курса, совершенствование форм контроля учебной деятельности студентов. Эти меры направлены на усиление эффективности учебного процесса с применением электронных учебных средств при проведении аудиторных занятий.

Переход к офлайн и смешанному формату обучения был облегчен тем, что на факультете математики и информационных технологий по всем учебным дисциплинам в течение нескольких лет использовались электронные учебные курсы на платформе Moodle [2]. При обычном течении учебного процесса электронные учебные курсы рассматриваются как дополнение к традиционному аудиторному обучению (комбинированное обучение). «Комбинированное обучение может сочетать занятия, проводимые в университете, с обучением, основанным на использовании современных технологий, также происходит объединение вариативных методов, техник и ресурсов в интерактивной среде

обучения» [3]. При таком комбинированном формате обучения студенты и преподаватели находятся в одной аудитории, а их взаимодействие может осуществляться как посредством сети, так и в форме личного общения. В процессе этих занятий студенты выполняют лабораторные работы, тесты, контрольные работы. Электронные учебные курсы используются как источник теоретического материала, средство контроля знаний и формирования компетенций. То есть такой подход можно рассматривать как метод обучения, позволяющий раскрыть потенциал новых информационных технологий. При полном или частичном переходе на офлайн формат обучения, как показал наш опыт, необходима настройка электронных учебных курсов на новые условия. Это связано с тем, что офлайн формат обучения существенно отличается от традиционного обучения тем, что возможно только удаленное взаимодействие со студентами с помощью обучающей платформы. При этом более полно раскрывается весь потенциал возможностей, заложенный в обучающей платформе Moodle, который может найти применение и при традиционной форме организации учебных занятий с применением элементов электронного обучения.

В условиях офлайн обучения на факультете математики и информационных технологий были опробованы различные способы подачи теоретического материала:

- 1) в форме видеоконференций;
- 2) в форме передачи текстового материала для самостоятельного изучения (презентация или раздел электронного учебного курса);
- 3) в форме интерактивной лекции.

В первом случае методика проведения занятия может практически не отличаться от чтения лекции непосредственно в аудитории. Это доказывается опытом проведения офлайн занятий по курсам «Теоретическая механика», «Проектирование программных систем» и других дисциплин IT-специальностей в режиме видеоконференций с применением приложения Microsoft Teams. Если оценивать методические возможности различных программных средств (Microsoft Teams, Go To Meeting и Zoom), то именно приложение Microsoft Teams позволяет в наибольшей степени учесть специфику проведения лекционных занятий по IT-дисциплинам, а именно – у преподавателя сохраняются возможности использовать такие компоненты обучающей деятельности, как демонстрация:

- презентации;
- работы в различных приложениях, необходимых для усвоения материала;
- примеров выполнения исходных кодов из интегрированной среды разработки;
- результатов выполнения запросов к базе данных;
- примеров в математических пакетах, системах проектирования и т.д.

Студентам предоставлена возможность задавать вопросы в ходе лекции с использованием функции «поднять руку» или текстового чата, при этом текстовый чат иногда становится более предпочтительным, поскольку не требует прерывания лекции для ответа на вопрос. Преподаватель может сам инициировать обратную связь со студентами, задавая вопросы и предлагая ответить на них в чате, что позволяет поддерживать познавательную активность студентов и сосредотачивать внимание на ключевых вопросах изучаемого материала.

К числу методически значимых особенностей Microsoft Teams относится возможность видеозаписи текущего занятия. Ее применение позволяет студентам сконцентрироваться на осмыслении материала, а не на его конспектировании. Конспект лекции студенты смогут создать позже, пересматривая видеоматериал или полностью его сохраняя на своих ресурсах.

На протяжении большей части учебного времени осеннего семестра лекционные занятия по многим дисциплинам специальностей факультета математики и информационных технологий проходили удаленно, в режиме самостоятельного изучения текстового материала, предъявляемого с помощью образовательной платформы Moodle. При этом проявились недостатки этого формата обучения, связанные с отсутствием обратной связи со студентами, возможной при традиционном чтении лекции, а следовательно, сложностью контроля усвоения теоретических знаний. Однако, в отличие от дистанционного обучения, эти занятия проводились «по расписанию», то есть в режиме синхронного обучения, благодаря чему студенты могли обмениваться сообщениями с преподавателем в ходе изучения лекционного материала.

Возможной формой проведения офлайн занятий является асинхронное обучение – «организация учебного процесса без взаимодействия преподавателя и учащегося в режиме реального времени. Так построена большая часть учебного процесса дистанционного обучения, когда студент изучает материалы, выполняет задания, проходит тесты, преподаватель время от времени координирует и контролирует процесс» [3]. При использовании асинхронного обучения необходимый контроль может быть организован за счет подготовки тестов к каждой теме или разбиения материала лекции на логические блоки, которые завершаются контролем, то есть созданием интерактивных лекций. Для этой цели в LMS Moodle существует специальный учебный элемент «Лекция». Так построены наиболее сложные темы электронного учебного курса по дисциплине «Модели данных и СУБД», что позволяет контролировать усвоение материала в большей степени, чем при традиционных формах обучения.

Еще одной особенностью подачи лекционного материала является грамотная расстановка акцентов на наиболее важных моментах. Если лектор в аудитории может выделять такие сведения голосом, неоднократно повторением одного и того же, то в случае текстовой подачи необходимо использовать возможности шрифта и цветовой гаммы оформления материала лекции.

Таким образом, при переходе к обучению в режиме офлайн первоочередной становится задача контроля степени усвоения учебного материала по темам при проведении лекционных занятий в текстовом формате и, следовательно, для обеспечения этого контроля необходим более тщательный дизайн лекций, что требует значительных временных затрат преподавателя.

Второй важной формой обучения студентов IT-специальностей являются лабораторные занятия. Особенность проведения таких занятий в режиме офлайн – невозможность оперативно скорректировать работу студента. Как правило, студент загружает для проверки уже готовый вариант выполненного задания. Эффективность и результативность работы студента напрямую зависят от наличия и качества методических материалов, а также от умения студента грамотно оформлять отчет о выполнении лабораторного задания. При этом размещение методических материалов полностью зависит от преподавателя. А формирование навыка лаконично и грамотно излагать отчет – это задача двусторонняя. Одним из способов ее достижения является корректировка преподавателем файла присланного отчета и размещение этого файла в разделе «Файлы с отзывами». Таким образом был организован процесс проведения лабораторных занятий по дисциплинам «Методы вычислений» и «Методы численного анализа». Контроль своевременного выполнения заданий проводился путем ограничения даты приема студенческих работ. Файлы «задолженностей» загружались в специальную папку, их оценивание происходило с существенным понижением балла.

Кроме того, перевод лабораторных занятий в режим офлайн требует большей индивидуализации заданий, так как возникает проблема контроля самостоятельности выполнения заданий студентами. С этой целью отдельные темы курса «Модели данных и СУБД» были дополнены большим числом вариантов практических заданий, что позволило более объективно проконтролировать степень формирования необходимых компетенций.

Заслуживает внимания опыт совмещения видеоконференций и образовательной платформы Moodle при проведении лабораторных работ на второй ступени образования для специальности «Информатика и технологии программирования» по дисциплинам «Машинное обучение», «Технологии и алгоритмы распознавания образов», «Нейросетевое моделирование» и «Структуризация и основы анализа бизнес-данных». Для данных дисциплин задания, направленные на формирование умений и навыков, достаточно объемные, поэтому они разбиваются на несколько этапов. На первом этапе с помощью программы для организации видеоконференций Zoom студенты совместно с преподавателем обсуждают возможные пути решения проблемы, оценивают их достоинства и недостатки, изучают существующие готовые библиотеки и принимают обоснованное рациональное решение для достижения цели проектирования. Итогом первого этапа является разработка студентами концепции решения, которая отсылается преподавателю для контроля и одобрения. На втором этапе по утвержденной преподавателем концепции решения задачи осуществляются реализация и программирование. По некоторым темам, например, «Нечеткая нейронная сеть», студенты выполняют совместно один проект, в котором каждый отвечает за свой раздел, и создают готовое приложение. Результатом второго этапа являются созданное приложение и сформированные навыки коммуникационной деятельности. Отдельный этап – лабораторные работы, задания в которых предполагают процесс обучения

разработанных интеллектуальных систем с помощью алгоритмов обучения с применением обучающей выборки. В результате данного этапа интеллектуальная система приобретает способность формировать нужные реакции на события.

Организация обучения в режиме офлайн предусматривает также внесение изменений в общую структуру курса. Особое внимание следует обратить на формирование рейтинговой оценки. Чтобы увеличить диапазон ее показателей, важно предусмотреть промежуточный контроль с применением оценок не только по отдельным модулям излагаемого материала, но также включить тестовые и контрольные задания по отдельным темам внутри каждого модуля. В этом случае рейтинговую оценку можно формировать на основе различных весовых комбинаций и сочетаний результатов выполнения лабораторных, контрольных и тестовых заданий. А итоговая оценка за курс на экзамене может включать в себя рейтинговую оценку с определенным весовым коэффициентом. Так строился курс «Методы вычислений», «Вычислительные методы алгебры» и «Методы алгоритмизации и программирования». В документации, регламентирующей порядок организации и проведения экзамена по этим дисциплинам, в разделе «Проверка практических умений и навыков» указывается, что «студенты, выполнившие цикл лабораторных работ своевременно и в полном объеме, могут быть освобождены от проверки практических умений во время сессии (с их согласия). В этом случае в качестве оценки практических умений засчитывается итоговая оценка за семестр из соответствующей графы в SDO Moodle».

В процессе работы в офлайн режиме еще нагляднее проявились преимущества обучающей платформы Moodle. В частности все компоненты обучения связаны в единое целое. В электронном учебном курсе представлены:

- 1) учебная программа;
- 2) учебно-методическая карта изучения дисциплины;
- 3) теоретический материал;
- 4) ссылки на полезные интернет-источники;
- 5) задания для практических и лабораторных работ (с примерами);
- 6) дополнительные задания для самостоятельного выполнения;
- 7) материалы для контроля и самоконтроля: тесты; контрольные вопросы, контрольные задания.

Для современного студента работа в виртуальной среде является более естественной и привычной. Умение находить необходимую информацию в глобальной сети относится к числу базовых умений. Особенно это относится к студентам IT-специальностей, для которых данный навык становится определяющим для дальнейшего профессионального развития. Вместе с тем у преподавателя есть возможность направить поиски информации в нужное русло, представив предварительно отобранные ссылки на наиболее полезные и качественно разработанные учебные материалы. Работая в офлайн формате обучения, студенты располагают большим объемом свободного времени. Поэтому в учебные курсы имеет смысл добавлять ссылки на интернет-ресурсы, содержащие дополнительный материал для самостоятельного изучения.

Обучающая платформа Moodle предоставляет большие возможности для учета времени активной работы студентов. Можно контролировать не только результаты, но и процесс работы с учебным материалом. Для студента это не менее важно, чем для преподавателя. Поскольку система фиксирует все индивидуальные достижения студента, они доступны для него на любом этапе изучения дисциплины. Следовательно, и итоговые результаты, полученные обучающимся в процессе изучения учебного курса, прозрачны и предсказуемы для него и могут быть скорректированы студентом до получения итоговой оценки.

Заключение. Анализ проведенных исследований показал, что при полном или частичном переходе на офлайн обучение необходима настройка учебных курсов на новые условия с целью поддержания высокой эффективности учебного процесса. При отсутствии обратной связи, возможной в традиционном учебном процессе, повышается значимость промежуточного контроля усвоения теоретических знаний и практических навыков. Это требует более тщательного проектирования учебных курсов с использованием всех инструментов электронной учебной среды. Также задействование различных способов предоставления информации (текст, примеры алгоритмов и программ, диаграммы, видеозапись лекции) способствует лучшему усвоению материала и повышению мотивации к самостоятельной работе, что немаловажно при офлайн обучении. Кроме того, особое внимание следует уделить

формированию рейтинговых оценок работы студентов для повышения их заинтересованности в результатах учебной деятельности.

Совмещение электронного обучения с традиционными аудиторными формами уже доказало свою эффективность. Опыт работы в условиях вынужденного перевода учебных занятий в режим офлайн открыл новые возможности этой технологии обучения, выявил высокий потенциал современных образовательных платформ для совершенствования учебного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дистанционное обучение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://multilang.pravo.by/ru/Term/Index/14202?langName=ru&size=25&page=42&type=0>. – Дата доступа: 07.02.2021.
2. Адаменко, Н.Д. Практические вопросы повышения эффективности учебного процесса студентов IT-специальностей / Н.Д. Адаменко, Е.А. Корчевская, Л.В. Маркова // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2019. – № 2(103). – С. 87–92.
3. Воробьева, Т.А. К вопросу о понятии электронного обучения [Электронный ресурс] / Т.А. Воробьева. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-ponyatii-elektronnogo-obucheniya/viewer>. – Дата доступа: 07.02.2021.

REFERENCES

1. *Distantionnoye obucheniye* [Oddline Teaching]. – Available at: <http://multilang.pravo.by/ru/Term/Index/14202?langName=ru&size=25&page=42&type=0>. – Accessed: 07.02.2021.
2. Adamenko N.D., Korchevskaya E.A., Markova L.V. *Vesn. Vitseb. dziazh. un-ta* [Journal of Vitebsk State University], 2019, 2(103), p. 87–92.
3. Vorobyeva T.A. *K voprosu o poniatii eliektronnogo obucheniya* [About the Issue of Understanding E-Teaching]. – Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-ponyatii-elektronnogo-obucheniya/viewer>. – Accessed: 07.02.2021.

Поступила в редакцию 01.03.2021

Адрес для корреспонденции: e-mail: l_v_markova@mail.ru – Маркова Л.В.

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИН МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ИНОСТРАННЫМ СТУДЕНТАМ

Ж.В. Иванова, Т.Л. Сурын

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

В настоящее время растет число молодых людей, желающих получить образование в другой стране. С одной стороны, такое обучение открывает перед ними новые перспективы, с другой – повышается рейтинг вуза, в котором обучаются иностранные студенты, образуются новые международные связи. В ВГУ имени П.М. Машерова получают образование студенты из 18 стран мира, таких как Россия, Китай, Туркменистан, Египет, Йемен, Индия и т.д. На факультете математики и информационных технологий обучается 65 иностранных студентов из 10 стран.

Цель статьи – проанализировать опыт работы преподавателей кафедры геометрии и математического анализа со студентами из Туркменистана, выявить проблемы, возникающие при обучении иностранных граждан предметам математического цикла на факультете математики и информационных технологий ВГУ имени П.М. Машерова, и предложить возможные способы их преодоления.

Материал и методы. *В процессе исследования анализировались результаты учебной деятельности туркменских студентов, занимающихся по специальности «Математика и информатика» на факультете математики и информационных технологий Витебского государственного университета имени П.М. Машерова.*

Методами исследования являются: анкетирование туркменских студентов; сравнительный анализ педагогических приемов и методик обучения в группах, где занимаются только туркменские студенты, смешанных группах, а также в группах, где занимаются только русскоязычные студенты; обобщение педагогического опыта.

Результаты и их обсуждение. *В статье описывается методика чтения лекций и проведения практических занятий по математическому анализу в группах, где занимаются туркменские студенты. Подчеркивается необходимость разработки учебно-методических пособий, предназначенных специально для такой категории учащихся.*

Заключение. *Выполнение задачи качественного обучения иностранных студентов возможно только при условии правильной оценки всех особенностей работы с указанной категорией учащихся, применения современных образовательных технологий, разработки специальных методик занятий и согласованности действий всех структур университета, работающих с иностранными гражданами.*

Ключевые слова: *методика преподавания математики в высшей школе, дисциплины математического цикла, особенности обучения иностранных студентов, математический анализ.*

SPECIFICITY OF TEACHING MATHEMATICAL DISCIPLINES TO FOREIGN STUDENTS

Zh.V. Ivanova, T.L. Suryyn

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

Currently, the number of young people who want to get an education in another country is growing. Such training opens up new perspectives for them. On the other hand, the rating of the university, where foreign students study, increases, new international relations are formed. At Vitebsk State P.M. Masherov University students from 18 countries of the world, such as Russia, China, Turkmenistan, Egypt, Yemen, India, etc. are trained. 65 foreign students from 10 countries study at the Faculty of Mathematics and Information Technology.

The purpose of the article is to analyze the experience of teachers of the Department of Geometry and Mathematical Analysis with students from Turkmenistan, to identify problems that arise when teaching foreign citizens, the subjects of the mathematical cycle at VSU Faculty of Mathematics and Information Technologies of VSU named and propose possible ways to overcome them.

Material and methods. *In the course of the research we analyze the results of academic performance of Turkmen students, who major in "Mathematics and Informatics" at VSU Faculty of Mathematics and Information Technologies.*

The research methods are: questionnaires of Turkmen students; comparative analysis of pedagogical techniques and teaching methods in groups where only Turkmen students are engaged, mixed groups, as well as in groups where only Russian-speaking students are engaged; generalization of pedagogical experience.

Findings and their discussion. The article describes methods of lecturing and conducting practical exercises in Mathematical Analysis in groups where Turkmen students study. The necessity to develop manuals designed specifically for this category of students is emphasized.

Conclusion. The fulfillment of the task of high-quality teaching of foreign students is possible only on condition of a correct assessment of all the features of working with this category of students, the use of modern educational technologies, the development of special teaching methods and the coordination of actions of all structures of the university which work with foreign citizens.

Key words: methods of teaching mathematics at the university, disciplines of Mathematical cycle, peculiarities of teaching foreign students, Mathematical Analysis.

Одной из существенных особенностей современного общества является более тесное межэтническое и межкультурное взаимодействие, которое проявляется в различных областях человеческой жизнедеятельности, в том числе и в образовании. В настоящее время все больше молодых людей стремится получить образование или пройти стажировку в другой стране, что дает им возможность познакомиться с бытом и традициями другого народа, развить навыки взаимодействия с представителями других национальностей. Совместное обучение студентов из разных стран способствует развитию их коммуникативных навыков, расширению кругозора, умению адаптироваться к непривычным условиям жизни и работы. Все это призвано помочь им в будущей профессиональной деятельности. Общение студентов разных национальностей в процессе обучения помогает также развитию толерантности в обществе. Сегодня толерантность рассматривают как фундаментальный универсальный принцип, на котором должны базироваться и мир в целом, и отдельные общества. В утверждении толерантности важнейшая роль отводится образованию [1].

Одним из факторов, определяющих эффективность процесса обучения иностранных студентов в университете, является их успешная и быстрая адаптация к новым условиям обучения, социокультурной среде, новому языковому пространству.

Цель статьи – анализ проблем, возникающих при обучении иностранных граждан предметам математического цикла на факультете математики и информационных технологий ВГУ имени П.М. Машерова, и возможных способов их преодоления на примере работы преподавателей кафедры геометрии и математического анализа со студентами из Туркменистана.

Материал и методы. Исследование проводилось с 2018 по 2020 год. При этом анализировались результаты учебной деятельности туркменских студентов, занимающихся по специальности «Математика и информатика» на факультете математики и информационных технологий Витебского государственного университета имени П.М. Машерова. Педагогический эксперимент проходил в двух группах: в группе 2018 года поступления, в которой обучаются 17 студентов из Туркменистана и 16 белорусских студентов, и в группе 2019 года поступления, в которой обучаются только туркменские студенты.

Методы исследования: анкетирование туркменских студентов; сравнительный анализ педагогических приемов и методик обучения в группах, где занимаются только туркменские студенты, смешанных группах, а также в группах, где занимаются только русскоязычные студенты; обобщение педагогического опыта.

Результаты и их обсуждение. Опыт показывает, что в процессе обучения иностранные студенты, а также работающие с ними преподаватели сталкиваются с рядом нетипичных для белорусских студентов проблем.

На наш взгляд, основной из этих проблем является плохое знание русского языка. В последнее время, в связи с распадом Советского Союза и образованием самостоятельных независимых государств, уровень знания русского языка на постсоветском пространстве, в том числе и в Туркменистане, значительно упал. В то же время при поступлении в университет туркменские студенты очень редко соглашаются на обучение на подготовительном отделении, поскольку это предполагает дополнительный год учебы и финансовые издержки. В результате основная масса студентов первого курса практически не понимает разговорную речь на русском языке. Эта же проблема является актуальной и для студентов второго курса. В процессе анкетирования выяснилось, что 23% опрошенных студентов второго курса плохо понимают материал лекций, читаемых на русском языке. С аналогичными трудностями сталкиваются и некоторые студенты старших курсов.

Второй по значимости проблемой является слабая математическая подготовка большинства иностранных абитуриентов, желающих обучаться на факультете математики и информационных технологий. Так, на одном из первых занятий по математическому анализу студентам, обучающимся по специальности «Математика и информатика», предлагается выполнить следующую вводную контрольную работу:

1. Найдите значение выражения: $3\frac{1}{3} - 8 + 2(1 - \frac{2}{3})$.

2. Результат упрощения выражения $\frac{x^2 - 4}{x^2 - 3x + 2}$ равен:

3. Решить уравнения: а) $2x - 4 = 5x + 2$; б) $2x^2 + 3x - 2 = 0$.

4. Построить графики функций: а) $y = 3x - 5$; б) $y = x^2 + 4x$.

Предложенный материал изучается в Республике Беларусь в базовой школе. Данную контрольную работу на оценку 4 и выше выполняет только 25% туркменских студентов, причем около 30% не справляются даже с первым заданием.

В процессе анкетирования было выявлено, что 17% студентов не знают, проходили ли они в школе темы «Тригонометрия» и «Логарифмы», а 30% отмечают, что проходили эти темы, но ничего из них не помнят.

Для студентов, обучающихся по специальности «Математика и информатика», предусмотрено повторение школьного курса математики на занятиях по следующим дисциплинам: «Введение в математику», «Практикум по решению математических задач» и «Элементарная математика». Но изучение этих дисциплин предполагается на протяжении нескольких семестров, а такие дисциплины, как «Аналитическая геометрия» и «Математический анализ», начинают преподаваться уже в первом семестре и для их усвоения необходимо знание школьной математики.

Из вышеназванных проблем и вытекает специфика чтения лекций и проведения практических занятий у иностранных студентов.

Уже на первом курсе при изучении математических дисциплин возникает необходимость запоминания и осмысления большого количества новой информации, содержащей понятия, сложные для усвоения даже русскоговорящими студентами. Преподаватели, работающие с иностранными студентами, должны объяснить смысл данных понятий с помощью простых, известных учащимся слов, что не всегда удается из-за отсутствия у слушателей требуемого словарного минимума. В известной мере здесь помогает использование математической символики, которая является интернациональной, что позволяет свести до минимума объяснение материала на русском языке, сделать его более наглядным и доступным для понимания. Тем не менее полностью свести объяснение к символьному невозможно. Возникает проблема отбора материала и его подачи. Преподавателю математических дисциплин приходится тщательно анализировать изучаемый материал, выбирать из него те термины и положения, без которых невозможно изучение рассматриваемой дисциплины. Так как изложение должно соответствовать учебной программе, то приходится выбирать самые важные факты и теоремы. При чтении лекций особое внимание следует обращать на темы, которые необходимы студентам в будущей профессии, следить за тем, чтобы изложение было последовательным, опиралось на результаты, полученные на предыдущих лекциях. Поэтому в начале каждой лекции важно восстанавливать содержание предыдущей, в ходе изложения материала прибегать к помощи студентов, знающих русский язык, и переводить новые математические термины и определения на туркменский. В группах, где занимаются только туркменские студенты, приходится снижать скорость чтения лекций, все сказанное по возможности записывать на доске или прибегать к помощи презентаций. Из-за этого на лекциях удастся изложить значительно меньше материала, чем при чтении такой же лекции русскоязычным студентам. Очевидно, что при подобном подходе опускается не только ряд доказательств теорем, но и многие факты, без которых невозможно глубокое усвоение материала.

На факультете математики и информационных технологий иностранные студенты занимаются в разных по структуре группах, преподавание в которых проводится на русском языке. Есть группы, полностью состоящие из туркменских студентов, и есть смешанные группы, где большинство студентов являются носителями русского языка. Особенно трудно на первом этапе обучения приходится

студентам, занимающимся в смешанных группах. В этом случае темп чтения лекций и уровень сложности изучаемого материала ориентирован на русскоговорящее большинство. Достоинством смешанных групп является то, что в таких группах, общаясь с белорусскими студентами, иностранные студенты быстрее адаптируются к новым условиям, лучше усваивают русский язык. Также у них есть возможность обратиться к более сильным студентам за помощью. В таких группах очень важны сплоченность обучающихся, создание благоприятного психологического микроклимата. Здесь как никогда важна роль куратора и преподавателей, ведущих занятия.

С проблемами, похожими на те, которые возникают при чтении лекций, преподаватели сталкиваются и при проведении практических занятий. Очевидно, что каждое практическое занятие включает в себя проверку теоретических знаний по изучаемому разделу. В то же время многим туркменским студентам, особенно первокурсникам, сложно самим разобраться в теоретическом материале, запомнить определения и формулировки теорем на русском языке. Поэтому на каждом занятии преподавателю или наиболее сильным студентам приходится очень подробно повторять необходимый теоретический материал, иногда требуется учить «проговаривать» некоторые определения или теоремы. Здесь преподаватель математики выступает в роли преподавателя русского языка. Чтобы ликвидировать пробелы в знаниях по школьному курсу математики, после проверки домашнего задания на практическом занятии отводится время для повторения определенных разделов из школьного курса, знание которых необходимо на данном занятии. Далее при решении примеров объясняется каждый шаг, включая арифметические вычисления. Задания, рассматриваемые на практическом занятии, а также задания, отводимые на домашнюю работу, содержат примеры разного уровня сложности, поскольку в группе есть и достаточно сильные студенты. Кроме того, домашнее задание обязательно содержит задачи на повторение соответствующих тем из школьного курса математики.

При работе с иностранными студентами актуально учитывать их психологические особенности, тип темперамента, а также особенности их обучения в средней школе. Так, например, если преподаватель объясняет какую-либо задачу туркменским студентам, то они вначале внимательно следят за решением и начинают записывать только после того, как задача решена, либо, чтобы сэкономить время, фотографируют решение. Если аналогичные вопросы рассматриваются в группе у белорусских студентов, то они записывают и обдумывают материал одновременно, т.е. разбор заданий занимает намного меньше времени.

Исходя из вышесказанного, вытекает необходимость специального методического обеспечения при обучении иностранных студентов. На кафедре геометрии и математического анализа проводится большая работа по внедрению в процесс преподавания современных образовательных технологий [2]. По всем предметам созданы электронные учебно-методические комплексы, которые размещены на сайте sdo.vsu.by в системе MOODLE, изданы методические пособия. Однако имеющихся методических материалов оказывается недостаточно для качественного образования иностранных студентов. Важно, чтобы на кафедре имелись методические материалы, разработанные именно для этой категории слушателей, в которых учитываются уровень подготовки студентов, их знание русского языка. С помощью этих материалов студенты должны быть в состоянии самостоятельно подготовиться к занятию или изучить какую-либо тему. Данные материалы, на наш взгляд, не нужно перегружать теоретическими сведениями, они должны содержать подробно разобранные задачи, где прописано каждое действие. Полезно, чтобы такие методические пособия содержали словарь математических терминов, в котором предложен перевод данных понятий на родной язык обучающихся. Так как при анкетировании было выяснено, что 46,3% студентов предпочитают пользоваться методическими пособиями в электронном виде, а 42,5% – в печатной форме, то методические пособия должны быть продублированы электронными учебно-методическими комплексами, размещенными на сайте sdo.vsu.by. На данный момент для иностранных студентов по дисциплинам математического профиля издан ряд методических пособий, в частности, пособия [3; 4].

Кроме того, нами подготовлены методические материалы по математическому анализу для туркменских студентов I курса. При разработке этих материалов учитывался опыт работы с иностранными студентами, а также пожелания самих студентов. Изложение материала начинается с темы «Действительные числа». Так как вводная контрольная работа показывает неудовлетворительные знания студентов по теме «Арифметические вычисления», то в теме «Действительные числа» подробно

рассматриваются множества натуральных, целых, рациональных и иррациональных чисел и арифметические операции над этими числами. Отдельный параграф посвящен десятичным дробям. Студенты, которые хорошо владеют данным материалом, эти параграфы могут пропустить. С остальными студентами проводятся дополнительные занятия в рамках часов, отводимых на управляемую самостоятельную работу. Одним из условий допуска к сессии является сдача зачета по вводным занятиям.

Учитывая, что на первом курсе на занятиях по элементарной математике и практикуму по решению математических задач студенты не успевают повторить весь школьный курс математики, то в разработанных нами методических рекомендациях каждый параграф начинается разделом «Материал для повторения». В нем изложены теоретические и практические сведения из школьного курса, необходимые для изучения данного параграфа. Следующий раздел содержит теоретический материал по теме занятия. Далее приводятся «Примеры решения задач» и «Задания для практических занятий и самостоятельной работы». Всюду имеется перевод тех понятий, которые должны усвоить студенты, на туркменский язык. В заданиях для практических занятий и самостоятельной работы подобрано достаточное количество разноуровневых примеров. Там же обязательно даются задачи на повторение школьного курса математики по тем темам, которые рассматривались на данном занятии.

Так, например, при изучении темы «Область определения функции» необходимо уметь решать уравнения и неравенства, поэтому данные вопросы из школьного курса математики включаются в материал для повторения. В методических рекомендациях раздел «Материал для повторения» по данной теме выглядит следующим образом.

«Решение линейных уравнений (*liniýa deňlemeleriň Çözmeleri*).

Линейным уравнением называется уравнение, которое можно привести к виду $ax + b = 0$ или $ax = b$, где x – переменная (*üýtgeýän*), a и b – некоторые числа, которые называются **коэффициентами** (*koeffisiýentlar*).

В линейные уравнения переменная входит только в первой степени (*dereje*).

При решении линейных уравнений слагаемые, содержащие переменную, переносим в одну сторону, слагаемые без переменной – в другую. (При переносе слагаемых в уравнении из одной части в другую знак слагаемых изменяется на противоположный). Если коэффициент $a \neq 0$, то решение уравнения $ax = b$ имеет вид $x = b/a$.

Пример 1. Решить уравнение $4(x + 12) - 2(x + 1) = 76$.

Решение. Раскроем скобки (*skobkaniň*) в данном уравнении, затем перенесем слагаемые, не содержащие переменную, в правую часть.

$$4(x + 12) - 2(x + 1) = 76, \Leftrightarrow 4x + 48 - 2x - 2 = 76, \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow 4x - 2x = 76 - 48 + 2.$$

Приведем подобные и обе части уравнения разделим на коэффициент, стоящий перед переменной.

$$(4 - 2)x = 30, \Leftrightarrow 2x = 30, \Leftrightarrow x = \frac{30}{2} = 15.$$

Ответ: $x = 15$ ».

В этом же разделе изучается решение квадратных уравнений, а также линейных и квадратных неравенств.

Из приведенного примера можно заметить, что весь материал рассматривается максимально подробно.

Заключение. Выполнение задачи качественного обучения иностранных студентов возможно только при условии правильной оценки всех нюансов работы с такой категорией обучающихся, применения современных образовательных технологий, разработки специальных методик работы и согласованности действий всех структур, работающих с иностранными гражданами, обучающимися в данном учебном заведении.

На занятиях по русскому языку необходимо больше внимания уделять изучению специальных терминов, больше заниматься переводом и пересказом текстов по профилю специальности.

Кроме того, желательно скорректировать учебные планы таким образом, чтобы хотя бы в первом семестре большинство часов отводилось занятиям по дисциплинам, позволяющим повторить школьный курс математики, при этом обучение должно начинаться с самых простых вещей, таких как

арифметические вычисления, упрощение выражений, линейные и квадратные уравнения и неравенства; в то же время следует осуществлять более жесткий отбор будущих студентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Образование как фактор утверждения в обществе норм этноконфессиональной толерантности в условиях глобализации (на примере России, Франции и Танзании) / Бондаренко, Д.М. [и др.] // История и современность. – 2007. – № 2. – С. 153–184.
2. Иванова, Ж.В. О применении современных образовательных технологий при преподавании математических дисциплин / Ж.В. Иванова, Т.Л. Сурин // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2020. – № 2(107). – С. 115–118.
3. Podoksenov, M.N. Mathematical Analysis. Study guide for the self-organized work of the students of the specialty “Applied Informatics” / М.Н. Подоксёнов. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2012. – 50 с.
4. Подоксёнов, М.Н. Аналитическая геометрия и преобразования плоскости. Рабочая тетрадь для иностранных студентов, обучающихся по специальности «Математика и информатика» / М.Н. Подоксёнов. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2020. – 24 с.

REFERENCES

1. Bondarenko D.M. *Istoriya i sovremennost* [History and Present Day], 2007, 2, p. 153–184.
2. Ivanova Zh.V., Surin T.L. *Vesnik Vitsebskaga dziazhaunaga universiteta* [Bulletin of Vitsebsk State University], 2020, 2(107), p. 115–118.
3. Podoksenov M.N. *Mathematical Analysis. Study guide for the self-organized work of the students of the specialty “Applied Informatics”*, Vitebsk: VGU imeni P.M. Masherova, 2012, 50 p.
4. Podoksenov M.N. *Analiticheskaya geometriya i preobrazovaniya ploskosti. Rabochaya tetrad dlia inostrannykh studentov, obuchayushchikhsia po spetsialnosti “Matematika i informatika”* [Analytic Geometry and Transformations of the Plane. Workbook for International Students Majoring in “Mathematics and Computer Science”], Vitebsk: VGU imeni P.M. Masherova, 2020, 24 p.

Поступила в редакцию 01.03.2021

Адрес для корреспонденции: e-mail: Ivanova_JV@tut.by – Иванова Ж.В.

ЗВЕСТКІ ПРА АЎТАРАЎ

АДАМЕНКА Наталля Дзмітрыеўна – дацэнт кафедры інфармацыйных тэхналогій і кіравання бізнесам ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат педагагічных навук, дацэнт.

БАБРОЎСКАЯ Крысціна Генадзьеўна – магістрант кафедры марфалогіі і фізіялогіі чалавека і жывёл БДПУ імя Максіма Танка.

БЕЙШАВА Індзіра Салтанаўна – дырэктар выпрабавальнага цэнтра НАТ “Заходне-Казахстанскі аграрна-тэхнічны ўніверсітэт імя Жангір хана”, доктар біялагічных навук, кандыдат сельскагаспадарчых навук, прафесар.

БЕЛАЯ Алена Валянцінаўна – дацэнт кафедры марфалогіі і фізіялогіі чалавека і жывёл БДПУ імя Максіма Танка, кандыдат біялагічных навук.

ВАРАБ’ЁЎ Мікалай Мікалаевіч – прафесар кафедры алгебры і методыкі выкладання матэматыкі ВДУ імя П.М. Машэрава, доктар фізіка-матэматычных навук, прафесар.

ЕРМАЧЭНКА Сяргей Аляксандравіч – загадчык кафедры прыкладнога і сістэмнага праграмавання ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт.

ЖАЛЬНЯРЭНЕ Марыя Ісідораўна – намеснік дырэктара па медыцынскай частцы камунальнага ўнітарнага прадпрыемства “Дзіцячы рэабілітацыйна-аздараўленчы цэнтр «Жамчужына» Віцебскай вобласці”.

ЖАРНАСЕКАЎ Дзмітрый Данілавіч – загадчык кафедры заалогіі і батанікі ВДУ імя П.М. Машэрава, доктар біялагічных навук, дацэнт.

ЗАГАРУЛЬКА Рэгіна Уладзіміраўна – дацэнт кафедры педагогікі і адукацыйнага менеджменту ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат педагагічных навук, дацэнт.

ЗАКРЭЎСКАЯ Вікторыя Сяргееўна – аспірант кафедры алгебры і геаметрыі ўстанова адукацыі “Гомельскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Ф. Скарыны”.

ІВАНОВА Жанна Віктараўна – дацэнт кафедры геаметрыі і матэматычнага аналізу ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт.

КАВАЛЬЧУК Аляксандр Міхайлавіч – загадчык лабараторыі біятэхналогіі і дыягностыкі інфекцыйных хвароб выпрабавальнага цэнтра НАТ “Заходне-Казахстанскі аграрна-тэхнічны ўніверсітэт імя Жангір хана”, магістр ветэрынарных навук.

КАЛЕСНІКОВІЧ Віктар Паўлавіч – дацэнт эканоміка-прававога факультэта ўстанова адукацыі “БІП – Універсітэт правы і сацыяльна-інфармацыйных тэхналогій”, кандыдат геаграфічных навук.

КАЛМАКОЎ Павел Юр’евіч – дацэнт кафедры заалогіі і батанікі ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат біялагічных навук, дацэнт.

КАРЧЭЎСКАЯ Алена Аляксееўна – дацэнт кафедры прыкладнога і сістэмнага праграмавання ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт.

КРЭСЦЬЯНІНАВА Таццяна Юр’еўна – дацэнт кафедры псіхалогіі ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат біялагічных навук, дацэнт.

КУЗНЯЦОЎ Алег Яўгеневіч – дырэктар Рэспубліканскага навукова-даследчага ўнітарнага прадпрыемства “Інстытут біяхіміі біялагічна актыўных злучэнняў НАН Беларусі”, дацэнт кафедры мікрабіялогіі, вірусалогіі і імуналогіі імя С.І. Гельберга ўстанова адукацыі “Гродзенскі дзяржаўны медыцынскі ўніверсітэт”, кандыдат біялагічных навук, дацэнт.

КУЗНЯЦОЎ Мікалай Аляксеевіч – дацэнт кафедры мікрабіялогіі і эпідэялогіі ўстанова адукацыі “Гродзенскі дзяржаўны медыцынскі ўніверсітэт”, кандыдат ветэрынарных навук.

ЛУКАШУК Аляксандр Алегавіч – старшы навуковы супрацоўнік дзяржаўнай прыродаахоўнай установы “Бярэзінскі біясферны запаведнік”.

МАРКАВА Людміла Васільеўна – кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт.

ПАДБЯРОЗКА Сяргей Аляксандравіч – старшы выкладчык кафедры марфалогіі і фізіялогіі чалавека і жывёл БДПУ імя Максіма Танка.

ПІРХАНАЎ Гапланг Гадамавіч – спецыяліст аддзела арганізацыі і суправаджэння інавацыйнай дзейнасці ВДУ імя П.М. Машэрава, магістр біялагічных навук.

ПІТКЕВІЧ Эдуард Сяргеевіч – прафесар кафедры тэорыі і методыкі фізічнай культуры і спартыўнай медыцыны ВДУ імя П.М. Машэрава, доктар медыцынскіх навук, прафесар.

РАКАВА Наталля Андрэеўна – загадчык кафедры педагогікі і адукацыйнага менеджменту ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат педагогічных навук, дацэнт.

СУРЫН Таццяна Леанідаўна – дацэнт кафедры геаметрыі і матэматычнага аналізу ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт.

СУШКО Генадзій Генадзьевіч – загадчык кафедры экалогіі і геаграфіі ВДУ імя П.М. Машэрава, доктар біялагічных навук, прафесар.

ХАХЛОВА Аксана Ігараўна – старшы выкладчык кафедры экалогіі і геаграфіі ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат біялагічных навук.

ЦІШУЦІН Мікалай Аляксеевіч – аспірант кафедры фізіялогіі і біяхіміі ўстановы адукацыі “Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт фізічнай культуры”.

ЦЫРКУНОЎ Уладзімір Максімавіч – прафесар кафедры інфекцыйных хвароб установы адукацыі “Гродзенскі дзяржаўны медыцынскі ўніверсітэт”, доктар медыцынскіх навук, прафесар.

ЦЯЦЕРЫНА Вера Уладзіміраўна – дацэнт кафедры педагогікі і адукацыйнага менеджменту ВГУ імя П.М. Машэрава, кандыдат педагогічных навук, дацэнт.

ЧАЧУЕЎ Аляксандр Вітальевіч – магістрант кафедры алгебры і методыкі выкладання матэматыкі ВДУ імя П.М. Машэрава.

ШКІР’ЯНАЎ Дзяніс Эдуардавіч – прарэктар ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат педагогічных навук, дацэнт.

ЯНОЎСКАЯ Вікторыя Уладзіміраўна – дацэнт кафедры экалогіі і геаграфіі ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат біялагічных навук.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ADAMENKA Natallia Dzmityeuna – Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Information Technologies and Business Management Assistant Professor, PhD (Education), Assistant Professor.

BABROUSKAYA Kystsina Gennadzyeuna – Maxim Tank Belarusian State Pedagogical University Department of Morphology and Zoology of Man and Animals master student.

BEISHAVA Indzira Saltanauna – Head of West-Kazakhstan Agrarian and Technical Zhangir Khan University Experimental Center, Dr.Sc. (Biology), PhD (Agricultural Sciences), Professor.

BELAYA Alena Valiantsinauna – Maxim Tank Belarusian State Pedagogical University Department of Morphology and Zoology of Man and Animals Assistant Professor, PhD (Biology).

VARABYEU Mikalai Mikalayevich – Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Algebra and Methods of Teaching Maths Professor, Dr. Sc. (Physics and Maths), Professor.

YERMACHENKA Siargei Aliksandravich – Head of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Applied and System Programming, PhD (Physics and Maths), Assistant Professor.

ZHALNIARENE Mariya Isidorauna – Deputy Head in Charge of Medical Section of Vitebsk Region “Zhemchuzhina” Children Rehabilitation and Health Center.

ZHARNASEKAU Dzmity Danilavich – Head of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Zoology and Botany, Dr.Sc. (Biology), Assistant Professor.

ZAGARULKA Regina Uladzimirauna – Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Pedagogy and Education Management Assistant Professor, PhD (Education), Assistant Professor.

ZAKREUSKAYA Viktorya Siargeyeuna – Gomel State Fracisc Scaryna University Department of Algebra and Geometry postgraduate student.

IVANOVA Zhanna Viktarauna – Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Geometry and Mathematical Analysis Assistant Professor, PhD (Physics and Mathematics), Assistant Professor.

KAVALCHUK Aliksandr Mikhailavich – Head of Laboratory of Biotechnology and Infectious Disease Diagnostics of West-Kazakhstan Agrarian and Technical Zhangir Khan University Experimental Center, Master of Veterinary.

KALESNIKOVICH Viktor Paulavich – “BIP – University of Law and Social-Information Technologies” Faculty of Economics and Law Assistant Professor, PhD (Geography).

KALMAKOU Pavel Yuryevich – Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Zoology and Botany Assistant Professor, PhD (Biology), Assistant Professor.

KARCHEUSKAYA Alena Aliakseyeuna – Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Applied and System Programming Assistant Professor, PhD (Physics and Mathematics), Assistant Professor.

KRESTYANINAVA Tatsiana Yuryeuna – Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Psychology Assistant Professor, PhD (Biology), Assistant Professor.

KUZNIATSOU ALEG Yaugenyevich – Head of Republic Scientific Company “Institute of Biochemistry and Biologically Active Compounds of the National Academy of Sciences of Belarus”.

KUZNIATSOU Mikalai Aliakseyevich – Grodno State Medical University Department of Microbiology and Epizootology Assistant Professor, PhD (Veterinary).

LUKASHUK Aliksandr Alegavich – State Nature Protection Establishment “Berezino Biosphere Reserve” Senior Researcher.

MARKAVA Liudmila Vasilyeuna – PhD (Physics and Mathematics), Assistant Professor.

PADBIAROZKA Siargei Aliksandravich – Maksim Tank Belarusian State Pedagogical University Department of Morphology and Physiology of Man and Animals Senior Lecturer.

PIRKHANAU Gaplant Gadavich – Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Innovation Management, Master of Biology.

PITKEVICH Eduard Siargeyevich – Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport Medicine Professor, Dr.Sc. (Medicine), Professor.

RAKAVA Natallia Andreyeuna – Head of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Pedagogy and Education Management, PhD (Education), Assistant Professor.

SURYN Tatsiana Leanidauna – Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Geometry and Mathematical Analysis Assistant Professor, PhD (Physics and Mathematics), Assistant Professor.

SUSHKO Gennadzi Gennadzyevich – Head of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Ecology and Geography, Dr.Sc. (Biology), Professor.

KHAKHJOVA Aksana Igarauna – Senior Lecturer of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Ecology and Geography, PhD (Biology).

TSISHUTSIN Mikalai Aliakseyevich – postgraduate student of Belarusian State University of Physical Education Department of Physiology and Chemistry.

TSYRKUNOU Uladzimir Maksimavich – Grodno State Medical University Department of Infectious Diseases Professor, Dr.Sc. (Medicine), Professor.

TSIATSERYNA Vera Uladzimirrauna – Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Pedagogy and Education Management, PhD (Education), Assistant Professor.

CHACHUYEU Aliksandr Vitalyevich – Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Algebra and Methods of Teaching Maths master student.

SHKIRYANAU Dzianis Eduardavich – Vitebsk State P.M. Masherov University Vice-Rector, PhD (Education), Assistant Professor.

YANOUSKAYA Viktoriya Uladzimirrauna – Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Ecology and Geography, PhD (Biology).

ПРАВИЛЫ ДЛЯ АЎТАРАЎ

1. «Вестнік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта» публікуе вынікі навуковых даследаванняў, якія праводзяцца ў Віцебскім дзяржаўным універсітэце, навуковых установах і ВНУ рэспублікі, СНД і іншых краін. Асноўным крытэрыем мэтазгоднасці публікацыі з’яўляецца навізна і арыгінальнасць артыкула. Навуковы часопіс уключаны ў Пералік навуковых выданняў, рэкамендаваных ВАК Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў па біялагічных, педагагічных, фізіка-матэматычных навуках. Па-за чаргой публікуюцца навуковыя артыкулы аспірантаў апошняга года навучання (уключаючы артыкулы, якія падрыхтаваны імі ў суаўтарстве) пры ўмове іх поўнай адпаведнасці патрабаванням, што прад’яўляюцца да навуковых публікацый выдання.

2. Патрабаванні да афармлення артыкула:

2.1. Рукапісы артыкулаў прадстаўляюцца на беларускай, рускай ці англійскай мове.

2.2. Кожны артыкул павінен утрымліваць наступныя элементы:

- індэкс УДК;
- назва артыкула;
- прозвішча і ініцыялы аўтара (аўтараў);
- арганізацыя, якую ён (яны) прадстаўляе;
- уводзіны;
- раздзел «Матэрыял і метады»;
- раздзел «Вынікі і іх абмеркаванне»;
- заключэнне;
- спіс выкарыстанай літаратуры.

2.3. Назва артыкула павінна адлюстроўваць яго змест, быць па магчымасці лаканічнай, утрымліваць ключавыя словы, што дазваляць індэксаваць артыкул.

2.4. Ва ўводзінах даецца кароткі агляд літаратуры па праблеме, указваюцца не вырашаныя раней пытанні, фармулюецца і абгрунтоўваецца мэта, падаюцца спасылкі на працы іншых аўтараў за апошнія гады, а таксама на замежныя публікацыі.

2.5. Раздзел «Матэрыял і метады» ўключае апісанне метадыкі, тэхнічных сродкаў, аб’ектаў і зместу даследаванняў, праведзеных аўтарам (аўтарамі).

2.6. У раздзеле «Вынікі і іх абмеркаванне» аўтар павінен зрабіць высновы з пункту гледжання іх навуковай навізны і супаставіць з адпаведнымі вядомымі дадзенымі. Гэты раздзел можа дзяліцца на падраздзелы з паясняльнымі падзаглаўкамі.

2.7. У заключэнні ў сціслым выглядзе павінны быць сфармуляваны атрыманыя вынікі, з указаннем на дасягненне пастаўленай мэты, навізну і магчымасці прымянення на практыцы.

2.8. Спіс літаратуры павінен уключаць не больш за 12 спасылак. Спасылкі нумаруюцца адпаведна з парадкам іх цытавання ў тэксце. Парадкавыя нумары спасылак пішуцца ў квадратных дужках па схеме: [1], [2]. Спіс літаратуры афармляецца ў адпаведнасці з патрабаваннямі ДАСТ – 7.1-2003. Спасылкі на неапублікаваныя працы, дысертацыі не дапускаюцца. Указваюцца поўная назва аўтарскага пасведчання і дэпаніраванага рукапісу, а таксама арганізацыя, якая прад’явіла рукапіс да дэпаніравання.

2.9. Артыкулы падаюцца ў рэдакцыю аб’ёмам не менш за 0,35 аўтарскага аркуша 14000 друкаваных знакаў, з прабеламі паміж словамі, знакамі прыпынку, лічбамі і інш.), надрукаваных праз адзін інтэрвал, шрыфт Times New Roman памерам 11 пт. У гэты аб’ём уваходзяць тэкст, табліцы, спіс літаратуры. Колькасць малюнкаў не павінна перавышаць трох. Малюнкi і схемы павінны падавацца асобнымі файламі ў фармаце jpg. Фатаграфіі ў друку не прымаюцца. Артыкулы павінны быць падрыхтаваны ў рэдактары Word для Windows. Простыя формулы і літарныя абазначэнні велічынь трэба ўстаўляць, выкарыстоўваючы Symbol (напрыклад, ∞ , A_1 , β^k , $^{\circ}C$). Складаныя формулы набіраюцца тым жа шрыфтам і памерам, што і асноўны тэкст, пры дапамозе рэдактара формул Equation.

2.10. У дадатак да папяровай версіі артыкула ў рэдакцыю здаецца электронная версія матэрыялаў. Электронная і папяровая версіі артыкула павінны быць ідэнтычнымі. Адрас электроннай пошты ўніверсітэта (наука@vsu.by).

3. Да артыкула дадаюцца наступныя матэрыялы (на асобных лістах):

- рэферат (100–250 слоў), які павінен дакладна перадаваць змест артыкула і быць прыдатным для апублікавання ў анатацыях да часопісаў асобна ад артыкула, і ключавыя словы на мове арыгінала. Ён павінен мець наступную структуру: уводзіны, мэту, матэрыял і метады, вынікі і іх абмеркаванне, заключэнне;
- назва артыкула, прозвішча, імя, імя па бацьку аўтара (поўнасцю), месца яго працы, рэферат, ключавыя словы і спіс літаратуры на англійскай мове;
- нумар тэлефона, адрас электроннай пошты аўтара;
- рэкамендацыя кафедры (навуковай лабараторыі) да друку;
- экспертнае заключэнне аб магчымасці апублікавання матэрыялаў у друку;
- кароткія звесткі пра аўтара на беларускай і англійскай мовах: прозвішча, імя, імя па бацьку аўтара (поўнасцю); пасада; месца працы; навуковая ступень; навуковае званне; адрас для карэспандэнцыі (лепш электронны).

4. Артыкулы, якія дасылаюцца ў рэдакцыю часопіса, падлягаюць абавязковай праверцы на арыгінальнасць і карэктнасць запазычанняў сістэмай «Антыплагіят.ВНУ». Для арыгінальных навуковых артыкулаў ступень арыгінальнасці павінна быць не менш за 85%, для аглядаў – не менш за 75%.

5. Па рашэнні 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 паступлення лічыцца дзень атрымання рэдакцыяй канчатковага варыянта артыкула.

6. Накіраванне ў рэдакцыю раней апублікаваных або прынятых да друку ў іншых выданнях работ не дапускаецца.

7. Адказнасць за прыведзеныя ў матэрыялах факты, змест і дакладнасць інфармацыі нясуць аўтары.

GUIDELINES FOR AUTHORS

1. «Vesnik of Vitebsk State University» publishes results of scientific research conducted at Vitebsk State University as well as at scientific institutions and universities, CIS and other countries. The main criterion for the publication is novelty and specificity of the article. The scientific journal is included into the List of scientific publications recommended by Supreme Qualification Commission (VAK) of the Republic of Belarus for publishing the results of dissertation research in biological, pedagogical, physical and mathematical sciences. The priority for publication is given to scientific articles by postgraduates in their last year (including their articles written with co-authors) on condition these articles correspond the requirements for scientific articles of the journal.

2. Guidelines for the layout of a publication:

2.1. Articles are to be in Belarusian, Russian or English.

2.2. Each article is to include the following elements:

- UDK index;
- title of the article;
- name and initial of the author (authors);
- institution he (she) represents;
- introduction;
- «Material and methods» section;
- «Findings and their discussion» section;
- conclusion;
- list of applied literature.

2.3. *The title* of the article should reflect its contents, be laconic and contain key words which will make it possible to classify the article.

2.4. *The introduction* should contain a brief review of the literature on the problem. It should indicate not yet solved problems. It should formulate the aim; give references to the recent articles of other authors including foreign publications.

2.5. «*Material and methods*» section» includes the description of the method, technical aids, objects and contents of the author's (authors') research.

2.6. In «*Findings and their discussion*» section the author should draw conclusions from the point of view of their scientific novelty and compare them with the corresponding well-known data. This section can be divided into sub-sections with explanatory subtitles.

2.7. *The conclusion* should contain a brief review of the findings, indicating the achievement of this goal, their novelty and possibility of practical application.

2.8. The list of literature shouldn't include more than 12 references. The references are to be numerated in the order of their citation in the text. The order number of a reference is given in square brackets e.g. [1], [2]. The layout of the literature list layout is to correspond State Standard (GOST) – 7.1-2003. References to articles and theses which were not published earlier are not permitted. A complete name of the author's certificate and the deposited copy is indicated as well as the institution which presented the copy for depositing.

2.9. Two copies of articles of at least 0,35 of an author sheet size (14000 printing symbols with blanks, punctuation marks, numbers etc.), interval 1, Times New Roman 11 pt are sent to the editorial office. This size includes the text, charts and list of literature. Not more than three pictures are allowed. Pictures and schemes are to be presented in individual *jpg* files. Photos are not allowed. Articles should be typed in Word for Windows. Simple formulas and alphabetical symbols of dimensions should be put by using Symbol (e.g. ∞ , A_1 , β^k , $^{\circ}C$). Complicated formulas are typed by the same point and size as the basic text with the help of formula's editor Equation.

2.10. The electronic version should be attached to the paper copy of the article submitted to the editorial board. The electronic and the paper copies of the article should be identical. The university e-mail address is nauka@vsu.by).

3. Following materials (on separate sheets) are attached to the article:

- summary (100–250 words), which should precisely present the contents of the article, should be liable for being published in magazine summaries separately from the article as well as the key words in the language of the original. The structure of the summary is the following: introduction, objective, material and methods, findings and their discussion, conclusion;
- title of the article, surname, first and second names of the author (without being shortened), place of work, summary, key words and the list of literature should be in English;
- author's telephone number, e-mail address;
- recommendation of the department (scientific laboratory) to publish the article;
- expert conclusion on the feasibility of the publication;
- brief information about the author in Belarusian and Russian: the author's surname, name, patronymic; position, employment place; degree, title; post address (e-mail preferably).

4. All articles submitted to the editorial office of the journal are subject to mandatory verification of originality and correctness of borrowings by the Antiplagiat.VUZ system. For original scientific articles the degree of originality should be at least 85%, for reviews – at least 75%.

5. On the decision of the editorial board the article is sent for a review, and then it is signed by the members of the editorial board. If the article is sent back to the author for improvement it doesn't mean that it has been accepted for publication. The improved variant of the article is reconsidered by the editorial board. The article is considered to be accepted on the day when the editorial office receives the final variant.

6. Earlier published articles as well as articles accepted for publication in other editions are not admitted.

7. The authors carry responsibility for the facts provided in the articles, the content and the accuracy of the information.

Выдавец і паліграфічнае выкананне – устано́ва адукацыі
«Віцебскі дзяржаўны ўніверсітэт імя П.М. Машэрава».

Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі ў якасці выдаўца,
вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў
№ 1/255 ад 31.03.2014.

Надрукавана на рызографе ўстано́вы 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.
