



ISSN 2074-8566

ВЕСНІК

ВІЦЕБСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА
ЎНІВЕРСІТЭТА

2023 № 2(119)

ВЕСНІК

ВІЦЕБСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА ЎНІВЕРСІТЭТА

НАВУКОВА-ПРАКТЫЧНЫ ЧАСОПІС

Выдаецца з верасня 1996 года
Выходзіць чатыры разы ў год

2023
№ 2(119)

ЗАСНАВАЛЬНІК:

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

РЭДАКЦЫЙНАЯ КАЛЕГІЯ:

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

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

РЭДАКЦЫЙНЫ САВЕТ:

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

*Часопіс «Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта» ўключаны ў Пералік
навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў
дысертацыйных даследаванняў па біялагічных, 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 29.05.2023. Фармат 60×84 1/8. Папера друкарская.
Ум. друк. арк. 11,16. Ул.-выд. арк. 9,12. Тыраж 184 экз. Заказ 55.

© Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта, 2023

З М Е С Т

МАТЭМАТЫКА

Никонов Н.Д., Никонова Т.В., Рубаник О.Е., Корчевская Е.А. Использование сверточных нейронных сетей для решения задач классификации в неконтролируемых условиях	5
Волкова Е.Д. О существовании и сопряженности инъекторов в конечной группе	12

БІЯЛОГІЯ

Мурзалиев И.Дж. Экологические и этиологические факторы биологических отходов скота	18
Сушко Г.Г., Лакотко А.А., Яновская В.В., Хохлова О.И. Изменчивость экологической структуры ассамблей жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) просек различной степени зарастания в сосновых лесах Белорусского Поозерья	24
Галкин П.А., Хомич В.С., Галкин А.Н. Влияние качества компонентов окружающей среды города Витебска на здоровье населения	31
Высоцкий Ю.И. Характеристика инвазии борщевика в Миорском районе Витебской области	40

ПЕДАГОГІКА

Шатова Е.А., Борисевич И.С., Аршанский Е.Я. Специфика содержания и методов обучения с позиции применения наглядного моделирования при обучении общей химии	49
Лосев В.А. Техничко-тактические действия с использованием средств защитной техники студентов, занимающихся кикбоксингом	60
Кучеров Ю.Ю. Анализ и систематизация информативных кинематических характеристик техники конькового лыжного хода высококвалифицированных спортсменов ...	69
Ализарчик Л.Л., Молодечкин Н.А., Гаджиева Ф.С. Методические особенности использования приложения GeoGebra при изучении математических дисциплин	75
Гундина М.А., Юхновская О.В. Организация системы онлайн-тестирования с помощью Wolfram Mathematica в техническом университете	85

CONTENTS

M A T H E M A T I C S

Nikonov N.D., Nikonova T.V., Rubanik O.E., Korchevskaya E.A. Using Convolutional Neural Networks in Solving Problems of Classification in Uncontrolled Conditions	5
Volkova E.D. On Existence and Conjugacy of Injectors in a Finite Group	12

B I O L O G Y

Murzaliev I.J. Environmental and Etiological Factors of Biological Cattle Waste	18
Sushko G.G., Lakotko A.A., Yanovskaya V.V., Khokhlova O.I. Variability of the Ecological Structure of Insecta Coleoptera Assembly in Pine Forests of the Belarusian Lakeland (Hoozeryie)	24
Galkin P.A., Khomich V.S., Galkin A.N. Influence of the Quality of Environmental Components of the City of Vitebsk on Population Health	31
Vysotski Yu.I. Features of Hogweed Invasion in Vitebsk Region Miory District	40

P E D A G O G Y

Shatova E.A., Borisevich I.S., Arshansky E.Ya. Specifics of the Content and Methods of Teaching From the Point of View of Using Visual Modeling in Teaching General Chemistry	49
Losev V.A. Student Technical-Tactical Actions Using Means of Shield Technique in Kickboxing	60
Kucherov Yu.Yu. Analysis and Systematization of Informative Kinematic Characteristics of Skate Skiing Technique of Highly Skilled Athletes	69
Alizarchik L.L., Molodechkin N.A., Gadzhiyeva F.S. Methodological Features of Using GeoGebra Application in Learning Mathematical Disciplines	75
Gundina M.A., Yukhnovskaya O.V. Organization of Online Testing System with the Help of Wolfram Mathematica at Technical University	85



МАТЭМАТЫКА

УДК 004.8:004.93

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КЛАССИФИКАЦИИ В НЕКОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ

Н.Д. Никонов*, Т.В. Никонова**, О.Е. Рубаник**, Е.А. Корчевская ***

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»*

***Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»*

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

Актуальность рассматриваемого вопроса обусловлена тем, что выявление и лечение заболеваний растений – один из самых основных и важных видов деятельности в сельском хозяйстве.

Цель статьи – описание методики повышения точности в неконтролируемых условиях при решении задач классификации заболеваний растений у популярных моделей нейронных сетей и исследование факторов среды, наиболее значительно влияющих на точность модели.

Материал и методы. *В качестве материала используем несколько наборов данных – PlantVillage Dataset, PlantDoc и Cropped-PlantDoc. При выполнении исследования находят применение архитектуры сверточных нейронных сетей: Inception-v3, VGG16, VGG13.*

Результаты и их обсуждение. *Из результатов, полученных при тестировании на наборе данных Cropped-PlantDoc, можно сделать вывод, что сети, обученные только на PlantVillage Dataset, в реальных полевых условиях показывают себя значительно хуже. Модель дает неточные результаты из-за фонового шума, не строго ориентированного расположения листа, его деформаций.*

Сети, обученные на наборах PlantVillage Dataset и Cropped-PlantDoc, к которым был применен метод увеличения данных, показали значительно лучший результат при тестировании на наборе Cropped-PlantDoc.

Заключение. *Предложенный подход основан на использовании архитектур CNN, таких как VGG13, VGG16 и InceptionV3, и тестировании этих моделей на наборе данных Cropped-PlantDoc. Показано, что, обучая модели на наборе Cropped-PlantDoc, можно достигнуть значительно большей точности при применении приложения в полевых условиях.*

Ключевые слова: *машинное обучение, сверточные нейронные сети, задача классификации, болезни растений.*

USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS IN SOLVING PROBLEMS OF CLASSIFICATION IN UNCONTROLLED CONDITIONS

N.D. Nikonov*, T.V. Nikonova**, O.E. Rubanik**, E.A. Korchevskaya ***

*Federal State Autonomous Higher Education Establishment "National ITMO Research University"

**Education Establishment "Vitebsk State Technological University"

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

The research relevance is due to the fact that identification and treatment of plant diseases is one of the basic and most significant activities in agriculture.

The research purpose is a description of the methods of the accuracy improvement in uncontrolled conditions in solving problems of plant disease classification by popular models of neural networks as well as a study of the environment factors which influence considerably the accuracy of the model.

Material and methods. *A number of data sets, PlantVillage Dataset, PlantDoc and Cropped-PlantDoc, were used as research material. Architectures of convolutional neural networks Inception-v3, VGG16, VGG13 were applied in the research.*

Findings and their discussion. *The findings received from testing Cropped-PlantDoc set of data make it possible to conclude that networks which are trained only on PlantVillage Dataset are considerably worse in real field conditions. The model in inaccurate due to background noise, nor strictly oriented position of the leaf, its deformations. Networks trained on the sets of PlantVillage Dataset and Cropped-PlantDoc, to which the method of data enlargement was applied, manifested a considerably better result in Cropped-PlantDoc set testing.*

Conclusion. *The proposed approach is based on the application of CNN architectures such as VGG13, VGG16 and InceptionV3 and on the testing of these models on Cropped-PlantDoc data set. It is demonstrated that by training the models on Cropped-PlantDoc set it is possible to obtain a considerably larger accuracy in applying the application in field conditions.*

Key words: *machine training, convolutional neural networks, classification problem, plant diseases.*

Глубокие нейронные сети успешно используются в агрохозяйствах для борьбы с основными угрозами продовольственной безопасности [1–3]. Болезни растений всегда являются одной из насущных проблем, поскольку они резко снижают урожайность сельскохозяйственных культур и ухудшают их качество. Выявление и лечение заболеваний растений – значимый вид деятельности в аграрной отрасли. Традиционно идентификация болезней растений осуществлялась людьми путем визуального осмотра, но подобный метод идентификации диагностики подвержен ошибкам. С другой стороны, лабораторные анализы, такие как молекулярные, иммунологические или подходы, основанные на культивировании патогенов, часто требуют много времени и не дают быстрых ответов. Сочетание растущего глобального распространения мобильных устройств и последних достижений в области компьютерного зрения сделало возможным выполнять своевременно диагностику заболеваний. Комбинирование технологий обработки изображений, телекоммуникаций и вычислительных мощностей в новых моделях смартфонов открыло множество возможностей для их применения в качестве диагностических инструментов, которые могут практически мгновенно фиксировать, отображать и передавать результаты. Изображения симптомов затем отправляются через сеть Интернет на платформу, где специалисты могут поставить диагноз. Альтернативная стратегия основана на методах искусственного интеллекта и машинного обучения, которые позволяют непосредственно обнаруживать и идентифицировать вредителей на месте.

Цель статьи – описание методики повышения точности в неконтролируемых условиях при решении задач классификации заболеваний растений у популярных моделей нейронных сетей и изучение факторов среды, значительно влияющих на точность модели.

Материал и методы. В исследовании используются успешно показавшие себя архитектуры сверточных нейронных сетей (CNN), разработанных для классификации изображений, обнаружения объектов, семантической и интерактивной сегментации: Inception-v3, VGG16, VGG13 [4]. Применен и метод построения карт внимания для решения проблемы «черного ящика» [5], подтвердивший, что при совместном использовании сети и визуальном осмотре специалистом карты внимания можно добиться высокой точности классификации [6].

В нашей работе мы применяем несколько наборов данных – PlantVillage Dataset (PVD) [7], PlantDoc [8] и созданный нами Cropped-PlantDoc (C-PD). Осенью 2019 года исследователи Индийского технологического института выпустили PlantDoc – набор данных из 2598 изображений 13 видов растений и 27 классов (17 болезней; 10 здоровых) для классификации изображений и обнаружения внешних признаков заболеваний. Этот набор изображений примечателен тем, что содержит снимки растений, максимально приближенные к полевым, в отличие от PlantVillage Dataset, который был создан в контролируемых условиях. В неконтролируемых условиях такие факторы, как погодные условия (солнечный свет, ветер, туман и дождь), качество фото и фон, оказывают сильное влияние на точность диагностической системы. Поэтому для проведения экспериментов мы использовали набор данных Cropped-PlantDoc. Он был получен путем обрезки изображений, содержащих несколько листовых пластинок набора данных PlantDoc, для получения изображений, имеющих только одну пораженную листовую пластинку (рис. 1). Таким образом, мы получили Cropped-PlantDoc, содержащий 8468 изображений (13 видов сельскохозяйственных культур и 17 видов заболеваний). Изображения были разделены на обучающие, валидационные наборы данных в соотношении 8:2. PlantVillage Dataset – набор данных из 54306 изображений листьев растений (26 видов заболеваний, 14 видов сельскохозяйственных культур). Изображения были разделены на обучающие, валидационные и тестовые наборы данных с соотношением 8:1,5:0,5.



Рис. 1. Пример нарезки исходного изображения из набора данных PlantDoc на несколько, содержащих только одну листовую пластину

Результаты и их обсуждение. Работа посвящена выявлению и распознаванию болезней, поражающих растения томатов. Томат был выбран для изучения, т.к. он является экономически важной овощной культурой во всем мире. Рассмотрено 6 видов наиболее распространенных заболеваний томата, поэтому данные разделены на 7 классов (седьмой класс – это здоровые растения). Количество изображений, соответствующее каждому классу в наборах данных PVD и C-PD, представлено в табл. 1. Каждому заболеванию присущи характерные признаки, показанные на рис. 2.

Для обучения сверточных нейронных сетей использован алгоритм оптимизации Adam [9]: categorical crossentropy loss и шаг обучения, равный 0,001, размер батча 32. Во всех подходах размер изображений изменялся до 150×150 пикселей для увеличения производительности без особой потери качества изображения. Для оценки производительности моделей были выбраны метрики на основе Confusion matrix (F1-score и Accuracy).

Модели, которые были обучены с нуля, показывали более медленный прирост точности по сравнению с предобученными моделями при одинаковом количестве эпох. Поэтому для ускорения процесса обучения применялся метод переноса обучения и использовались модели, которые были предварительно обучены на наборе ImageNet.

Распределение изображений по классам

Номер класса	Класс	Количество снимков в PVD	Количество снимков в C-PD
0	Tomato Bacterial spot	2126	287
1	Tomato Early blight	31000	222
2	Tomato Late blight	1908	226
3	Tomato Leaf Mold	950	292
4	Tomato Septoria leaf spot	1769	444
5	Tomato Yellow Leaf Curl Virus	3208	844
6	Tomato healthy	1589	402



Рис. 2. Внешние признаки, характерные для каждого класса заболевания (0 – Tomato Bacterial spot, 1 – Tomato Early blight, 2 – Tomato Late blight, 3 – Tomato Leaf Mold, 4 – Tomato Septoria leaf spot, 5 – Tomato Yellow Leaf Curl Virus)

Все рассматриваемые модели CNN, обученные на наборе данных PlantVillage, при последующем тестировании на нем, продемонстрировали хороший результат (Accuracy 95% и выше). Из результатов (табл. 2), полученных при тестировании на наборе данных Cropped-PlantDoc, можно сделать вывод, что сети, обученные только на PlantVillage, в реальных полевых условиях показывают себя значительно хуже. Модель дает неточные результаты из-за фонового шума, не строго ориентированного расположения листа, его деформаций и прочих факторов, вызванных внешними условиями (погода, неравномерная освещенность листа) или низким качеством фото.

Для увеличения набора данных, борьбы с переобучением и улучшения обобщающей способности наших моделей мы применили стандартные методы увеличения данных, такие как вращение, горизонтальный и вертикальный перенос, масштабирование. Кроме этого, использовалось добавление шума, изменение яркости, цвета и контраста, которые могут имитировать различные погодные условия (солнце, ветер, туман) или размытую фотографию, сделанную непрофессиональным фотографом.

Параметры аугментации: угол поворота – 180, повышение яркости фото равномерно и в пределах от 0,9 до 1,1, смещение по горизонтальной и вертикальной осям – 0,2, отдаление – 0,2. Сети, обученные на наборах PlantVillage Dataset и Cropped-PlantDoc (80%), к которым был применен метод увеличения данных, достигли значительно лучшего результата при тестировании на наборе Cropped-PlantDoc. В наборе с 7 классами шанс «случайно угадать» класс заболевания равен 14,2%. В табл. 2 представлены архитектуры сетей, участвовавшие в экспериментах, и соответствующие им значения F1-score, Accuracy. Наилучшую точность в задаче классификации на наборе C-PD (20%) показала архитектура Inceptionv3, обученная на C-PD (80%) (Accuracy 71,43%), в то же время архитектуры VGG13 и VGG16 достигли на этом же наборе данных средней точности, равной 56,16% и 54,68%.

Таблица 2

Результаты экспериментов

Модель	Обучающий набор	Тестовый набор	Accuracy, %	F1-score
VGG13	PVD	PVD	98,1	0,98
VGG13	PVD	C-PD	25,42	0,24
VGG13	PVD+Data Aug.	C-PD	36,47	0,36
VGG13	C-Pd+Data Aug.	C-PD	56,16	0,56
VGG16	PVD	PVD	95,11	0,95
VGG16	PVD	C-PD	14,3	0,13
VGG16	PVD+Data Aug.	C-PD	22,97	0,22
VGG16	C-Pd+Data Aug.	C-PD	54,68	0,54
Inceptionv3	PVD	PVD	99,52	0,99
Inceptionv3	PVD	C-PD	30,86	0,30
Inceptionv3	PVD+Data Aug.	C-PD	42,36	0,41
Inceptionv3	C-Pd+Data Aug.	C-PD	71,43	0,71

При визуальном осмотре пораженных листьев растений у специалиста могут возникнуть затруднения при схожести внешних признаков заболевания. Например, схожесть симптомов при заболеваниях Bacterial spot и Septoria leaf spot продемонстрирована на рис. 3.



Рис. 3. Листы томата с заболеваниями Bacterial spot и Septoria leaf spot

Чтобы понять, как работает наша модель и что именно она изучает, мы реализовали два метода визуализации на обученной модели VGG13 с использованием набора данных PlantVillage Dataset для визуального объяснения классификационных решений системы: визуализацию промежуточных активаций модели на последнем сверточном слое [10], состоящую из отображения карт признаков,

которые строятся различными слоями свертки, и построение карт внимания (Grad-CAM) [11]. Выходные данные Grad-CAM – это визуализация тепловой карты для данной метки класса. Эти методы также можно применять для решения проблемы «черного ящика» и помощи специалистам при визуальной идентификации болезни растений. Карты внимания (Grad-CAM) дают представление о том, какие части фотографии являются определяющими для сети при классификации заболеваний.

Также они могут дать информацию, почему диагностическая система ошиблась и какой фактор привел к подобной ошибке. Все получившиеся результаты отображены на рис. 4. По результатам построенных визуализаций промежуточных активаций модели заметно, что наша диагностическая система научилась определять форму листа, что при необходимости поможет ей различать виды растений, но этого недостаточно для полного понимания, какие части фото оказали наибольшее влияние на сеть. Однако в случае с картами внимания (Grad-CAM) видно, что наша нейронная сеть научилась фокусироваться на наборе визуальных признаков, которые характерны для определенных болезней.

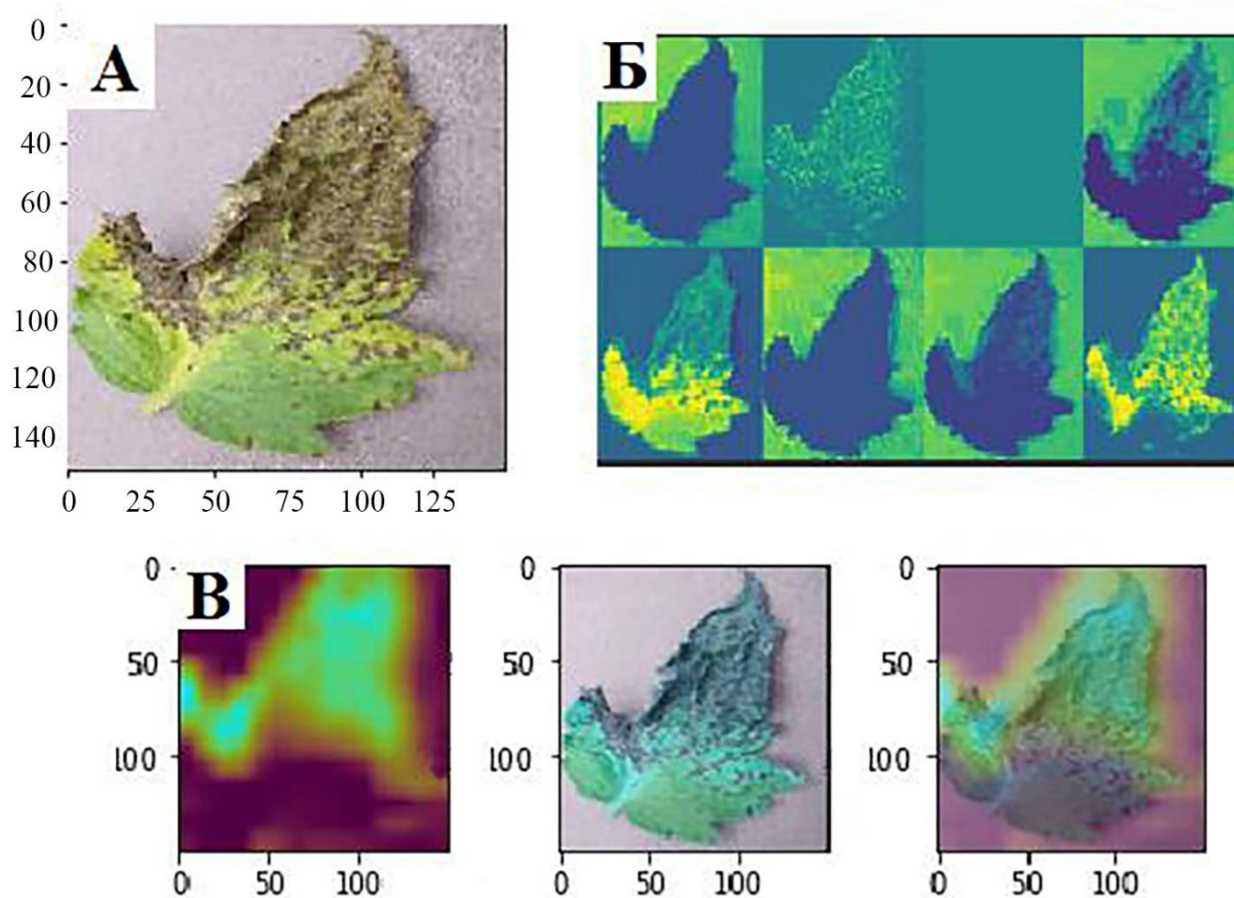


Рис. 4. А – изображение листовой пластинки, зараженной *Tomato Septoria leaf spot* в поздней стадии, Б – визуализация промежуточных активаций модели, В – карта внимания (Grad-CAM)

Заключение. Предложенный подход основан на использовании успешно показавших себя архитектур CNN, таких как VGG13, VGG16 и InceptionV3, и тестировании этих моделей на более реалистичном наборе данных Cropped-PlantDoc, который был нарезан на основе набора данных PlantDoc Dataset. Мы обучили модели на изображениях листьев растений с целью классификации наличия и идентичности болезней на изображениях, которые модель ранее не видела, и продемонстрировали, что, обучая модели на наборе Cropped-PlantDoc, можно достигнуть значительно большей точности (71,43% Accuracy) при применении приложения в полевых условиях. PlantVillage Dataset используется для проведения экспериментов в большинстве научных работ, т.к. он является единственным общедоступным набором изображений заболеваний растений. Во многом проблему классификации заболеваний растений можно решить, если создать набор данных,

аналогичный PlantVillage Dataset, содержащий изображения растений с различными вариантами фона, освещения, видов заболеваний и углами, под которыми получен снимок.

К тому же, построив визуализацию промежуточных активаций модели и построение карт внимания (Grad-CAM), мы показали, что при совместном применении нашей сети и визуальном осмотре специалистом карты внимания можно добиться высокой точности классификации [6] и решить проблему «черного ящика».

В дальнейшем планируется провести исследование влияния внешних признаков на точность диагностической системы. Например, неоднородной освещенности (наличие бликов, неполная освещенность листа) или фона, для чего будет создан специальный набор данных. Полученные результаты будут использоваться в работе мобильного приложения, осуществляющего классификацию заболеваний томатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никонов, Н.Д. Использование сверточных нейронных сетей для решения задач классификации болезней растений / Н.Д. Никонов // XV Машеровские чтения: материалы междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Витебск, 22 окт. 2021 г.: в 2 т. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: Е.Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2021. – Т. 1. – С. 30–32.
2. Никонов, Н.Д. Разработка мобильного приложения для распознавания болезней томатов / Н.Д. Никонов, Т.В. Никонова // Молодежь. Наука. Творчество: материалы XIX Всерос. науч.-практ. конф., Омск, 9–11 нояб. 2021 г. / М-во образования и науки России [и др.]; редкол.: Е.Б. Юдин [и др.]. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2021. – С. 10–12.
3. Корчевская, Е.А. Использование сверточной нейронной сети для решения задачи классификации / Е.А. Корчевская, Л.В. Маркова, Т.В. Никонова // Вестн. Витеб. дзярж. ун-та. – 2022. – № 2(115). – С. 5–9.
4. Khan, A. A survey of the recent architectures of deep convolutional neural networks / A. Khan, A. Sohail, U. Zahoora [et al.] // Artif Intell Rev. – 2020. – № 53. – P. 5455–5516.
5. Yosuke, T. How Convolutional Neural Networks Diagnose Plant Disease [Electronic resource] / T. Yosuke, F. Okura // Plant Phenomics. – 2019. – Mode of access: <https://spj.sciencemag.org/journals/plantphenomics/2019/9237136>. – Date of access: 22.06.2022.
6. Çuğu, İ. Treelogy: A Novel Tree Classifier Utilizing Deep and Hand-crafted Representations [Electronic resource] / İ. Çuğu, E. Şener [et al.]. – 2017. – Mode of access: <https://arxiv.org/abs/1701.08291>. – Date of access: 22.06.2022.
7. Mohanty, S. Using Deep Learning for Image-Based Plant Disease Detection / S. Mohanty, D.P. Hughes, M. Salathé // Front Plant Sci. – 2016. – № 7. – P. 1419.
8. Singh, D. Plantdoc: A dataset for visual plant disease detection / D. Singh, N. Jain [et al.] // Proceedings of the 7th ACM IKDD CoDS and 25th COMAD, January 2020 / CoDS COMAD Hyderabad, India 2020. – P. 249–253.
9. Diederik, P.K. Adam: A Method for Stochastic Optimization [Electronic resource] / P.K. Diederik, J. Ba // The 3rd International Conference for Learning Representations. – San Diego, 2015. – Mode of access: <https://arxiv.org/abs/1412.6980>. – Date of access: 22.06.2022.
10. Jiang, Y. Convolutional Neural Networks for Image-Based High-Throughput Plant Phenotyping [Electronic resource] / Y. Jiang, Ch. Li // Plant Phenomics. – 2020. – Mode of access: https://pdfs.semanticscholar.org/bcc0/9a01e2f4115adb78e6585d7b148d854c6b7d.pdf?_ga=2.117860106.2000502033.1661160781-1489065728.1660738440. – Date of access: 22.06.2022.
11. Selvaraju, R.R. Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-Based Localization / R.R. Selvaraju, M. Cogswell, A. Das [et al.] // Int. J. Comput. Vis. – 2020. – № 128. – P. 336–359.

REFERENCES

1. Nikonov N.D. XV Masherovskie chteniya: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, Vitebsk, 22 okt. 2021 g. [Masherov Readings: Proceedings of the International Scientific and Practical of Students, Postgraduate Students and Young Scholars, Vitebsk, October 22, 2021], Vitebsk State University, Vitebsk, 2021, 1, pp. 30–32.
2. Nikonov N.D., Nikonova T.V. *Molodezh. Nauka. Tvorchestvo: materialy XIX Vseros. nauch.-prakt. konf., Omsk, 9–11 noyab. 2021 g.* [Youth. Science. Creativity: Proceedings of the XIX All-Russia Scientific and Practical Conference, Omsk, November 9–11, 2021], Omsk: Izd-vo OmGTU, 2021, pp. 10–12.
3. Korchevskaya E.A., Markova L.V., Nikonova T.V. *Vesn. Vitebs. dzyarzh. un-ta* [Bulletin of Vitebsk State University], 2022, 2(115), pp. 5–9.
4. Khan, A. A survey of the recent architectures of deep convolutional neural networks / A. Khan, A. Sohail, U. Zahoora [et al.] // Artif Intell Rev. – 2020. – № 53. – P. 5455–5516.
5. Yosuke, T. How Convolutional Neural Networks Diagnose Plant Disease [Electronic resource] / T. Yosuke, F. Okura // Plant Phenomics. – 2019. – Mode of access: <https://spj.sciencemag.org/journals/plantphenomics/2019/9237136>. – Date of access: 22.06.2022.
6. Çuğu, İ. Treelogy: A Novel Tree Classifier Utilizing Deep and Hand-crafted Representations [Electronic resource] / İ. Çuğu, E. Şener [et al.]. – 2017. – Mode of access: <https://arxiv.org/abs/1701.08291>. – Date of access: 22.06.2022.
7. Mohanty, S. Using Deep Learning for Image-Based Plant Disease Detection / S. Mohanty, D.P. Hughes, M. Salathé // Front Plant Sci. – 2016. – № 7. – P. 1419.
8. Singh, D. Plantdoc: A dataset for visual plant disease detection / D. Singh, N. Jain [et al.] // Proceedings of the 7th ACM IKDD CoDS and 25th COMAD, January 2020 / CoDS COMAD Hyderabad, India 2020. – P. 249–253.
9. Diederik, P.K. Adam: A Method for Stochastic Optimization [Electronic resource] / P.K. Diederik, J. Ba // The 3rd International Conference for Learning Representations. – San Diego, 2015. – Mode of access: <https://arxiv.org/abs/1412.6980>. – Date of access: 22.06.2022.
10. Jiang, Y. Convolutional Neural Networks for Image-Based High-Throughput Plant Phenotyping [Electronic resource] / Y. Jiang, Ch. Li // Plant Phenomics. – 2020. – Mode of access: https://pdfs.semanticscholar.org/bcc0/9a01e2f4115adb78e6585d7b148d854c6b7d.pdf?_ga=2.117860106.2000502033.1661160781-1489065728.1660738440. – Date of access: 22.06.2022.
11. Selvaraju, R.R. Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-Based Localization / R.R. Selvaraju, M. Cogswell, A. Das [et al.] // Int. J. Comput. Vis. – 2020. – № 128. – P. 336–359.

Поступила в редакцию 06.09.2022

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

О СУЩЕСТВОВАНИИ И СОПРЯЖЕННОСТИ ИНЪЕКТОРОВ В КОНЕЧНОЙ ГРУППЕ

Е.Д. Волкова

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

В работе все рассматриваемые группы конечны. Основопологающим результатом в теории классов Фиттинга является теорема Гашюца–Фишера–Хартли, которая обобщает классические теоремы Силова и Холла и состоит в следующем: для любого класса Фиттинга \mathfrak{F} в каждой разрешимой группе G существуют \mathfrak{F} -инъекторы и любые два из них сопряжены в G . Развитие и обобщение теоремы Гашюца–Фишера–Хартли приводит к задаче о существовании инъекторов в группе (в общем случае неразрешимой) и нахождения классов Фиттинга, в которых любые два инъектора сопряжены. Используя метод σ -свойств А.Н. Скибы в теории классов Фиттинга, в настоящей работе такую задачу решим для \mathfrak{H} -инъекторов, где \mathfrak{H} – σ -класс Хартли, определяемый постоянной H_σ -функцией, и σ – произвольное разбиение множества всех простых чисел. Доказано, что если \mathfrak{H} – σ -класс Хартли, определяемый H_σ -функцией h такой, что $h(\sigma_i) = \mathfrak{X} \neq \emptyset$ для всех $\sigma_i \in \Pi = \sigma(\mathfrak{H})$, и группа G такова, что фактор $G/G_{\mathfrak{X}}$ Π -скован, то в G существуют \mathfrak{H} -инъекторы и любые два из них сопряжены.

Материал и методы. Материалом для исследования являются инъекторы в группе и их свойства. При этом использованы терминология и методы абстрактной теории групп и теории классов групп, в частности, теории классов Фиттинга.

Результаты и их обсуждение. Классом Фиттинга называется класс групп \mathfrak{F} , замкнутый относительно взятия нормальных подгрупп и произведений нормальных \mathfrak{F} -подгрупп. Группу G называют \mathfrak{F} -скованной, если $C_G(G_{\mathfrak{F}}) \leq G_{\mathfrak{F}}$. Пусть σ – некоторое разбиение множества всех простых чисел \mathbb{P} . Класс Фиттинга называется σ -классом Хартли, если $\mathfrak{H} = \bigcap_{\sigma_i \in \Pi} h(\sigma_i) \mathfrak{C}_{\sigma_i} \mathfrak{C}_{\sigma_i}$ для некоторого отображения (H_σ -функции) $f: \sigma \rightarrow \{\text{классы Фиттинга}\}$, где $\Pi = \{\sigma_i \in \sigma: h(\sigma_i) \neq \emptyset\}$. Пусть \mathfrak{N}_Π – класс всех Π -разложимых групп, т.е. класс всех σ -нильпотентных Π -групп. Доказано, что если $h(\sigma_i) = \mathfrak{X}$ для некоторого непустого класса Фиттинга \mathfrak{X} и всех $\sigma_i \in \Pi$ и G – группа такая, что фактор $G/G_{\mathfrak{X}}$ Π -скован, то в G существуют \mathfrak{H} -инъекторы и любые два из них сопряжены.

Заключение. В работе решена задача существования инъекторов и их сопряженности для σ -класса Хартли, определяемого постоянной H_σ -функцией.

Ключевые слова: класс Фиттинга, σ -класс Хартли, \mathfrak{H} -инъектор.

ON EXISTENCE AND CONJUGACY OF INJECTORS IN A FINITE GROUP

E.D. Volkova

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

All groups in this paper are finite. The fundamental result in the theory of Fitting classes is the theorem of Gaschütz–Fischer–Hartley which is in fact a generalization of the classical Sylow and Hall theorems and is as follows: for any Fitting class \mathfrak{F} each soluble group G has \mathfrak{F} -injectors and every two of them are conjugate in G . The development and generalization of Gaschütz–Fischer–Hartley theorem leads to the problem about the existence of injectors in a group (generally unsolvable) and finding Fitting classes in which any two injectors are conjugate. Using the method of σ -properties of A.N. Skiba in the theory of Fitting classes, in this paper such problem is solved for \mathfrak{H} -injectors, where \mathfrak{H} is a σ -class Hartley, defined by invariable H_σ -function and σ be a partition of the set of all primes. It is proved that if \mathfrak{H} is a σ -class Hartley, defined by H_σ -function h such that $h(\sigma_i) = \mathfrak{X} \neq \emptyset$ for all $\sigma_i \in \Pi = \sigma(\mathfrak{H})$ and G is a group such that factor $G/G_{\mathfrak{X}}$ is Π -constrained, group G has \mathfrak{H} -injectors and every two of them are conjugate.

Material and methods. The material for the research is injectors in a group and their properties. The paper used the terminology and methods of abstract group theory and the theory of classes of groups, in particular, the theory of Fitting classes.

Findings and their discussion. A Fitting class is a class of \mathfrak{F} groups that is closed in relation to taking normal subgroups and products of normal \mathfrak{F} -subgroups. A group G is called \mathfrak{F} -constrained, if $C_G(G_{\mathfrak{F}}) \leq G_{\mathfrak{F}}$. Let σ be a partition of the set of all primes \mathbb{P} . The Fitting class \mathfrak{H} is called σ -class Hartley, if $\mathfrak{H} = \bigcap_{\sigma_i \in \Pi} h(\sigma_i) \mathfrak{C}_{\sigma_i} \mathfrak{C}_{\sigma_i}$ for some mapping (H_σ -function) $f: \sigma \rightarrow \{\text{Fitting classes}\}$, where $\Pi = \{\sigma_i \in \sigma: h(\sigma_i) \neq \emptyset\}$. Let \mathfrak{N}_Π be a class of all Π -decomposable groups, that is, a class of all σ -nilpotent Π -groups. It is proved that if $h(\sigma_i) = \mathfrak{X}$ for some nonempty Fitting class \mathfrak{X} and all $\sigma_i \in \Pi$ and G is a group such that factor $G/G_{\mathfrak{X}}$ is Π -constrained, then G has \mathfrak{H} -injectors and every two of them are conjugate.

Conclusion. In the paper the problem of the existence of injectors and their conjugacy for σ -class Hartley, defined by H_σ -function is solved.

Key words: Fitting class, σ -class Hartley, \mathfrak{F} -injector.

Все рассматриваемые группы в настоящей работе конечны, если не оговорено противное. В терминологии и обозначениях мы следуем [1]. Классом групп называют всякую совокупность групп, содержащую вместе с каждой своей группой G и все группы, изоморфные G . Класс групп \mathfrak{F} называется классом Фиттинга, если \mathfrak{F} замкнут относительно взятия нормальных подгрупп и произведений нормальных \mathfrak{F} -подгрупп. Если \mathfrak{F} – непустой класс Фиттинга, то в любой группе G существует наибольшая нормальная \mathfrak{F} -подгруппа, которую называют \mathfrak{F} -радикалом G и обозначают $G_{\mathfrak{F}}$. Подгруппу V группы G называют \mathfrak{F} -инъектором, если $V \cap N$ является максимальной из подгрупп G , принадлежащих \mathfrak{F} , для любой субнормальной подгруппы N группы G .

Основополагающий результат в теории классов Фиттинга разрешимых групп – теорема Гашюца, Фишера и Хартли [2], которая обобщает классические теоремы Силова и Холла и состоит в следующем: для любого класса Фиттинга \mathfrak{F} в каждой группе G существуют \mathfrak{F} -инъекторы и любые два из них сопряжены в G .

Развитие теоремы Гашюца–Фишера–Хартли осуществлялось в двух направлениях. Во-первых, это ослабление условия разрешимости, во-вторых, описание структуры инъекторов и их характеристика. Решению первой задачи были посвящены работы Л.А. Шеметкова [3], В. Го и Н.Т. Воробьева [4]. Кроме того, в [5–7] описывалось решение проблемы существования \mathfrak{F} -инъекторов в произвольной группе [8, вопрос 11.117].

Во многих случаях определяющим в решении указанных задач является локальный метод изучения разрешимых групп посредством радикалов и классов Фиттинга, который впервые был предложен Б. Хартли [9]. В работах А.Н. Скибы [10–11] был предложен оригинальный метод исследования групп и их классов при помощи наличия у них σ -свойств, дуализированный для локальных классов Фиттинга в [12] и состоящий в следующем.

Пусть \mathbb{P} – множество всех простых чисел, $\pi \subseteq \mathbb{P}$ и $\pi' = \mathbb{P} \setminus \pi$. Символом $\pi(n)$ обозначим множество всех простых делителей числа n , $\pi(G) = \pi(|G|)$ – множество всех простых делителей группы G . Пусть σ – некоторое разбиение \mathbb{P} , т.е. $\sigma = \{\sigma_i : i \in I\}$, $\mathbb{P} = \cup_{i \in I} \sigma_i$ и $\sigma_i \cap \sigma_j = \emptyset$ для всех $i \neq j$; $\sigma(n) = \{\sigma_i : \sigma_i \cap \pi(n) \neq \emptyset\}$ и $\sigma(G) = \sigma(|G|)$. Группа G называется σ -нильпотентной или σ -разложимой, если $G = G_1 \times G_2 \times \dots \times G_n$ для некоторых σ -примарных групп G_1, G_2, \dots, G_n .

Напомним, что произведением $\mathfrak{F}\mathfrak{H}$ классов групп \mathfrak{F} и \mathfrak{H} называют класс групп ($G: \exists N \triangleleft G, N \in \mathfrak{F}$ и $G/N \in \mathfrak{H}$); произведением $\mathfrak{F} \circ \mathfrak{H}$ классов Фиттинга \mathfrak{F} и \mathfrak{H} – класс групп ($G: G/G_{\mathfrak{F}} \in \mathfrak{H}$). Хорошо известно, что если \mathfrak{H} замкнут относительно взятия гомоморфных образов, то $\mathfrak{F}\mathfrak{H} = \mathfrak{F} \circ \mathfrak{H}$ [1, р. 566]. Более того, произведение двух любых классов Фиттинга является классом Фиттинга и операция умножения классов Фиттинга ассоциативна [1, теорема IX.1.12(a), (c)].

Всякое отображение вида $h: \sigma \rightarrow \{\text{классы Фиттинга}\}$ называется σ -функцией Хартли или просто H_σ -функцией [12]. Если h – H_σ -функция, то символом $Supp(h)$ обозначают носитель h , т.е. множество всех $\sigma_i \in \sigma$ таких, что $h(\sigma_i) \neq \emptyset$.

Пусть $\Pi = Supp(h)$ и $LH_\sigma(h) = \cap_{\sigma_i \in \Pi} h(\sigma_i)\mathfrak{F}_{\sigma_i'}\mathfrak{F}_{\sigma_i}$ для всех $\sigma_i \in \Pi$, где \mathfrak{F}_{σ_i} и $\mathfrak{F}_{\sigma_i'}$ – классы всех σ_i -групп и всех σ_i' -групп соответственно.

Определение. Класс Фиттинга \mathfrak{H} назовем σ -классом Хартли, если $\mathfrak{H} = LH_\sigma(h)$ для некоторой H_σ -функции h . В частности, если $\sigma = \sigma^1 = \{\{2\}, \{3\}, \{5\}, \dots\}$, то \mathfrak{H} называют классом Хартли [4].

Пусть $\Pi \subseteq \sigma$. Группу G назовем Π -разложимой, если $G = G_1 \times G_2 \times \dots \times G_k$, где G_i – σ_i -группа для всех $\sigma_i \in \Pi$. Напомним, что G называют Π -группой, если $|G|$ является Π -числом. Символом \mathfrak{R}_Π будем обозначать класс всех Π -разложимых групп, т.е. класс всех σ -нильпотентных Π -групп.

Если \mathfrak{F} – непустой класс Фиттинга, то группа G \mathfrak{F} -скованна, если $C_G(G_{\mathfrak{F}}) \leq G_{\mathfrak{F}}$. В частности, если $\mathfrak{F} = \mathfrak{R}_\Pi$ и $C_G(G_{\mathfrak{R}_\Pi}) \leq G_{\mathfrak{R}_\Pi}$, группу G назовем Π -скованной.

Представляет интерес задача существования и сопряженности \mathfrak{H} -инъекторов для σ -класса Хартли в Π -скованных группах. Ее решение представляет

Теорема. Пусть \mathfrak{X} – непустой класс Фиттинга, h – H_σ -функция такая, что $h(\sigma_i) = \mathfrak{X}$ для любого $\sigma_i \in \Pi = \text{Supp}(h)$ и G – группа. Если $\mathfrak{H} = LH_\sigma(h)$ и фактор $G/G_{\mathfrak{X}}$ Π -скован, то справедливы следующие утверждения:

1) подгруппа V группы G является \mathfrak{H} -инъектором G в точности тогда, когда $V/G_{\mathfrak{X}} - \mathfrak{N}_\Pi$ -инъектор $G/G_{\mathfrak{X}}$;

2) в G существуют \mathfrak{H} -инъекторы и любые два из них сопряжены.

Материал и методы. Материалом для исследования являются инъекторы в группе и их свойства. При этом использованы терминология и методы абстрактной теории групп и теории классов групп, в частности, теории классов Фиттинга.

Предварительные сведения. Напомним, если \mathfrak{F} – непустой класс Фиттинга, то в любой группе G существует наибольшая нормальная \mathfrak{F} -подгруппа, которую называют \mathfrak{F} -радикалом G и обозначают $G_{\mathfrak{F}}$.

Лемма 1.1 [1, лемма IX.1.1(a)]. Пусть \mathfrak{F} – непустой класс Фиттинга. Если $N \trianglelefteq G$, то $N_{\mathfrak{F}} = N \cap G_{\mathfrak{F}}$.

Класс групп \mathfrak{F} называется гомоморфом, если из $G \in \mathfrak{F}$ всегда следует $G/N \in \mathfrak{F}$ для любой нормальной подгруппы N группы G . Если класс групп \mathfrak{F} является одновременно гомоморфом и классом Фиттинга, то его называют радикальным гомоморфом.

Лемма 1.2. Пусть \mathfrak{F} и \mathfrak{H} – непустые классы Фиттинга. Тогда справедливы следующие утверждения:

1) $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{F} \circ \mathfrak{H}$ [1, замечание IX.1.11];

2) пусть \mathfrak{M} – радикальный гомоморф. Если $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{H}$, то $\mathfrak{F}\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{H}\mathfrak{M}$ [13, лемма 4].

Пусть \mathfrak{F} – класс групп. Подгруппу V группы G называют \mathfrak{F} -максимальной в G , если $H \in \mathfrak{F}$ и из условий $V \leq H \leq G$ и $H \in \mathfrak{F}$ следует, что $V = H$.

Лемма 1.3 [1, замечание IX.1.3]. Пусть \mathfrak{F} – класс Фиттинга и G – группа. Тогда справедливы утверждения:

1) если V – \mathfrak{F} -инъектор G и $K \trianglelefteq G$, то $V \cap K$ – \mathfrak{F} -инъектор K ;

2) если V – \mathfrak{F} -максимальная подгруппа G и $V \cap M$ – \mathfrak{F} -инъектор для любой максимальной нормальной подгруппы M группы G , то V – \mathfrak{F} -инъектор G ;

3) если V – \mathfrak{F} -инъектор G и $\alpha: G \rightarrow G\alpha$ – изоморфизм, то $V\alpha$ – \mathfrak{F} -инъектор $G\alpha$.

Лемма 1.4 [3, лемма 5]. Пусть \mathfrak{F} – класс Фиттинга и группа G \mathfrak{F} -скована. Если K – нормальная подгруппа группы G , то K является \mathfrak{F} -скованной.

Лемма 1.5 [3, теорема 1]. Пусть $\mathfrak{F} = \mathfrak{F}_1 \times \dots \times \mathfrak{F}_t$ ($t \geq 2$), где все \mathfrak{F}_i являются непустыми классами Фиттинга и $\pi(\mathfrak{F}_i) \cap \pi(\mathfrak{F}_j) = \emptyset$ при $i \neq j$. Пусть G такая группа, что $C_G(G_{\mathfrak{F}}) \leq G_{\mathfrak{F}}$. Пусть $\mathfrak{H}_i = \times_{i \neq j} \mathfrak{F}_j$ и $C_i = C_G(G_{\mathfrak{H}_i})$. Для каждого i , $1 \leq i \leq t$ выберем \mathfrak{F}_i -подгруппу V_i в C_i , содержащую $G_{\mathfrak{F}_i}$. Тогда справедливы следующие утверждения:

1) $V_i \times V_j = 1$ для всех $i \neq j$;

2) $V_1 V_2 \dots V_t = V_1 \times V_2 \times \dots \times V_t$ – \mathfrak{F} -подгруппа, содержащая $G_{\mathfrak{F}}$;

3) если V_i \mathfrak{F}_i -максимальна в C_i для любого i , то $V_1 V_2 \dots V_t$ \mathfrak{F} -максимальна в G ;

4) если для каждого i подгруппа V_i является \mathfrak{F}_i -инъектором в C_i , то $V_1 V_2 \dots V_t$ – \mathfrak{F} -инъектор в G ;

5) если S – \mathfrak{F} -инъектор группы G , то $S_{\mathfrak{F}_i}$ – \mathfrak{F}_i -инъектор в C_i для любого i ;

6) если для каждого i подгруппа V_i сопряжена в C_i с некоторой подгруппой U_i из C_i , то $U_1 U_2 \dots U_t$ является подгруппой, сопряженной с $V_1 V_2 \dots V_t$ в G .

Пусть $\mathfrak{H} = LH_\sigma(h)$ и $\Pi = \text{Supp}(h)$. Тогда H_σ -функцию h назовем:

(1) приведенной, если $h(\sigma_i) \subseteq \mathfrak{H}$ для всех $\sigma_i \in \Pi$;

(2) устойчивой, если $h(\sigma_i) \subseteq h(\sigma_j) \mathfrak{E}_{\sigma_j'}$ для всех $i \neq j$ и $\sigma_i, \sigma_j \in \Pi$;

(3) постоянной, если $h(\sigma_i) = h(\sigma_j)$ для всех $\sigma_i, \sigma_j \in \Pi$.

Лемма 1.6 [14, лемма 2.1]. Если $\mathfrak{H} = LH_\sigma(h)$ для H_σ -функции h , то $\sigma(\mathfrak{H}) = \Pi$, где $\Pi = \text{Supp}(h)$.

Лемма 1.7 [14, лемма 2.4]. Каждый σ -класс Хартли \mathfrak{H} определяется устойчивой приведенной H_σ -функцией.

Нетрудно заметить, что если H_σ -функция h σ -класса Хартли \mathfrak{H} постоянна, то она является устойчивой приведенной. Действительно, поскольку $h(\sigma_i) = h(\sigma_j)$ для всех $\sigma_i \neq \sigma_j$, $h(\sigma_i) \subseteq h(\sigma_i) \mathfrak{E}_{\sigma_i'} = h(\sigma_j) \mathfrak{E}_{\sigma_j'}$ и поэтому $h(\sigma_i) \subseteq \bigcap_{\sigma_i \in \Pi} h(\sigma_j) \mathfrak{E}_{\sigma_j'} \mathfrak{E}_{\sigma_j} = \mathfrak{H}$.

Основной результат работы доказывается в несколько этапов. Вначале для его доказательства установим справедливость трех лемм.

Пусть G – группа и h – H_σ -функция с носителем Π . Подгруппу $G_h = \prod_{\sigma_i \in \Pi} G_{h(\sigma_i)}$ назовем h_σ -радикалом G .

Напомним, что группу G называют:

- 1) Π -группой, если для любого $\Pi \subseteq \sigma$ верно включение $\pi(G) \subseteq \Pi$;
- 2) σ -примарной, если G является σ_i -группой для некоторого $\sigma_i \in \sigma$;
- 3) σ -нильпотентной, если $G = G_1 \times G_2 \times \dots \times G_n$ для некоторых σ -примарных групп G_1, G_2, \dots, G_n .

Пусть \mathfrak{N}_Π – класс всех Π -разложимых групп, т.е. класс всех σ -нильпотентных Π -групп; \mathfrak{E}_Π – класс всех Π -групп; $\mathfrak{E}_{\Pi'}$ – класс всех Π' -групп. Класс групп \mathfrak{F} называется *формацией*, если \mathfrak{F} замкнут относительно взятия факторгрупп и подпрямых произведений.

Лемма 2.1. Пусть $\mathfrak{H} = LH_\sigma(h)$ – σ -класс Хартли для некоторой устойчивой приведенной H_σ -функции h , $\Pi = \text{Supp}(h)$. Если G такая группа, что фактор G/G_h Π -скован и $G_\mathfrak{H} \leq V$, то $V \in \mathfrak{H}$ в том и только том случае, если фактор V/G_h является \mathfrak{N}_Π -группой.

Доказательство. Пусть $V \in \mathfrak{H}$ и $G_\mathfrak{H} \leq V$. Тогда $V_{h(\sigma_i)} \cap G_\mathfrak{H} = (G_\mathfrak{H})_{h(\sigma_i)} = G_{h(\sigma_i)}$. Значит, $[V_{h(\sigma_i)}, G_\mathfrak{H}] \leq V_{h(\sigma_i)} \cap G_\mathfrak{H} = G_{h(\sigma_i)}$. Следовательно, $V_{h(\sigma_i)} \leq C_G(G_\mathfrak{H}/G_{h(\sigma_i)})$ для любого $\sigma_i \in \Pi$.

Докажем, что $G_\mathfrak{H}/G_h = (G/G_h)_{\mathfrak{N}_\Pi}$. Пусть $(G/G_h)_{\mathfrak{N}_\Pi} = R/G_h$. Так как по определению σ -класса Хартли $G_\mathfrak{H} \in \mathfrak{H} = \bigcap_{\sigma_i \in \Pi} h(\sigma_i)\mathfrak{E}'_{\sigma_i}\mathfrak{E}_{\sigma_i}$, то $G_\mathfrak{H} \in h(\sigma_i)\mathfrak{E}'_{\sigma_i}\mathfrak{E}_{\sigma_i}$ для всех $\sigma_i \in \Pi$. Поэтому $G_\mathfrak{H}/G_{h(\sigma_i)} \in \mathfrak{E}'_{\sigma_i}\mathfrak{E}_{\sigma_i}$. Поскольку $\mathfrak{E}'_{\sigma_i}\mathfrak{E}_{\sigma_i}$ – формация, ввиду изоморфизма

$$(G_\mathfrak{H}/G_{h(\sigma_i)})/(G_h/G_{h(\sigma_i)}) \cong G_\mathfrak{H}/G_h,$$

$G_\mathfrak{H}/G_h \in \mathfrak{E}'_{\sigma_i}\mathfrak{E}_{\sigma_i}$ для любого $\sigma_i \in \Pi$. Следовательно, $G_\mathfrak{H}/G_h \in \bigcap_{\sigma_i \in \Pi} \mathfrak{E}'_{\sigma_i}\mathfrak{E}_{\sigma_i} = \mathfrak{N}_\Pi$. Таким образом, $G_\mathfrak{H}/G_h \leq (G/G_h)_{\mathfrak{N}_\Pi}$ и $G_\mathfrak{H} \leq R$.

Докажем обратное включение. Так как $R/G_h \in \mathfrak{N}_\Pi$, то $R/G_h \in \mathfrak{E}'_{\sigma_i}\mathfrak{E}_{\sigma_i}$. Ввиду изоморфизма $(R/G_h)/(R_{h(\sigma_i)}G_h/G_h) \cong R/R_{h(\sigma_i)}G_h$, $R/R_{h(\sigma_i)}G_h \in \mathfrak{E}'_{\sigma_i}\mathfrak{E}_{\sigma_i}$ для всех $\sigma_i \in \Pi$. Поскольку $G_h \trianglelefteq R$, по лемме 1.1 $G_{h(\sigma_i)} = (G_h)_{h(\sigma_i)} = G_h \cap R_{h(\sigma_i)} \leq R_{h(\sigma_i)}$. Пусть $\sigma_i \neq \sigma_j$. Тогда

$$G_{h(\sigma_i)}G_{h(\sigma_j)}/G_{h(\sigma_i)} \cong G_{h(\sigma_j)}/G_{h(\sigma_j)} \cap G_{h(\sigma_i)} = G_{h(\sigma_j)}/(G_{h(\sigma_j)})_{h(\sigma_i)}.$$

По лемме 1.7 H_σ -функция h является устойчивой. Значит, $G_{h(\sigma_j)} \in h(\sigma_i)\mathfrak{E}'_{\sigma_i}$. Следовательно, $G_{h(\sigma_j)}/(G_{h(\sigma_j)})_{h(\sigma_i)} \in \mathfrak{E}'_{\sigma_i}$ для любого $\sigma_i \in \Pi$. Таким образом, $G_{h(\sigma_i)}G_{h(\sigma_j)}/G_{h(\sigma_i)}$ – σ'_i -группа для всех $\sigma_i \neq \sigma_j$. Поэтому $G_h/G_{h(\sigma_i)} \in \mathfrak{E}'_{\sigma_i}$. Ввиду изоморфизма

$$R_{h(\sigma_i)}G_h/R_{h(\sigma_i)} \cong G_h/G_h R_{h(\sigma_i)} \cong (G_h/G_{h(\sigma_i)})/(G_h \cap R_{h(\sigma_i)}/G_{h(\sigma_i)})$$

получаем $R_{h(\sigma_i)}G_h/R_{h(\sigma_i)}$ – σ'_i -группа для всех $\sigma_i \in \Pi$. Поскольку $G_h \leq R_{h(\sigma_i)}$, $R_{h(\sigma_i)}G_h = R_{h(\sigma_i)}$ и $R/R_{h(\sigma_i)} \in \mathfrak{E}'_{\sigma_i}\mathfrak{E}_{\sigma_i}$. Следовательно, $R \in h(\sigma_i)\mathfrak{E}'_{\sigma_i}\mathfrak{E}_{\sigma_i} = \mathfrak{H}$. Итак, $G_\mathfrak{H}/G_h = (G/G_h)_{\mathfrak{N}_\Pi}$.

Так как фактор G/G_h Π -скован по условию и $G_\mathfrak{H}/G_h = (G/G_h)_{\mathfrak{N}_\Pi}$, то $C_{G/G_h}(G_\mathfrak{H}/G_h) \leq G_\mathfrak{H}/G_h$. Тогда $C_G(G_\mathfrak{H}/G_h) \leq G_\mathfrak{H}$. Из $V_{h(\sigma_i)} \leq C_G(G_\mathfrak{H}/G_{h(\sigma_i)}) \leq C_G(G_\mathfrak{H}/G_h)$ следует $V_{h(\sigma_i)} \leq G_\mathfrak{H}$. Более того, $V_{h(\sigma_i)} = G_{h(\sigma_i)}$ для всех $\sigma_i \in \Pi$. Поскольку $V \in \bigcap_{\sigma_i \in \Pi} h(\sigma_i)\mathfrak{E}'_{\sigma_i}\mathfrak{E}_{\sigma_i}$, $V/V_{h(\sigma_i)} \in \mathfrak{E}'_{\sigma_i}\mathfrak{E}_{\sigma_i}$ и $V/V_{h(\sigma_i)} = V/G_{h(\sigma_i)} \in \bigcap_{\sigma_i \in \Pi} \mathfrak{E}'_{\sigma_i}\mathfrak{E}_{\sigma_i} = \mathfrak{N}_\Pi$. Следовательно, $V/G_h \in \mathfrak{N}_\Pi$.

Обратно, пусть $V/G_h \in \mathfrak{N}_\Pi$. Тогда, используя рассуждения, аналогичные приведенному выше доказательству включения $L \leq G_\mathfrak{H}$, получаем, что $V \in \mathfrak{H}$.

Лемма доказана.

Лемма 2.2. Пусть $\mathfrak{H} = LH_\sigma(h)$ – σ -класс Хартли для некоторой устойчивой приведенной H_σ -функции h , $\Pi = \text{Supp}(h)$. Если фактор G/G_h Π -скован и V/G_h – \mathfrak{N}_Π -инъектор G/G_h , то V – \mathfrak{H} -инъектор G .

Доказательство. Для доказательства будем использовать индукцию по порядку группы G . Если G – единичная группа, то утверждение очевидно. Пусть $G \neq 1$ и M – произвольная максимальная нормальная подгруппа G . Докажем вначале, что $G_h/G_{h(\sigma_j)}$ – σ'_j -группа. По лемме 1.7 $h(\sigma_i) \subseteq h(\sigma_j)\mathfrak{E}'_{\sigma_j}$ для всех $\sigma_i \neq \sigma_j$. Тогда ввиду изоморфизма

$$G_{h(\sigma_j)}G_{h(\sigma_i)}/G_{h(\sigma_j)} \cong G_{h(\sigma_i)}/(G_{h(\sigma_i)})_{h(\sigma_j)}$$

имеем $G_{h(\sigma_j)}G_{h(\sigma_i)}/G_{h(\sigma_j)} \in \mathfrak{E}_{\sigma_j'}$. По определению класса Фиттинга $G/G_{h(\sigma_j)} \in \mathfrak{E}_{\sigma_j'}$ для всех $\sigma_j \in \Pi$.

Пусть $M_h = \prod_{\sigma_i \in \Pi} M_{h(\sigma_i)}$. Тогда, используя изоморфизм

$$(G_h \cap M)G_{h(\sigma_j)}/G_{h(\sigma_j)} \cong (G_h \cap M)G_{h(\sigma_j)}/M_{h(\sigma_j)},$$

получаем $(G_h \cap M)/M_{h(\sigma_j)} \in \mathfrak{E}_{\sigma_j'}$ для любого $\sigma_j \in \Pi$. Поскольку

$$(G_h \cap M)/M_{h(\sigma_j)}/M/M_{h(\sigma_i)} \cong (G_h \cap M)/M_h,$$

то $(G_h \cap M)/M_h \in \cap_{\sigma_j \in \Pi} \mathfrak{E}_{\sigma_j'} = \mathfrak{E}_{\Pi'}$. Так как $\sigma(G_h) \subseteq \sigma(\mathfrak{S})$ и по лемме 1.6 $\sigma(\mathfrak{S}) = \Pi$, то $(G_h \cap M)/M_h \in \mathfrak{E}_{\Pi'} \cap \mathfrak{E}_{\Pi} = (1)$. Таким образом, $G_h \cap M = M_h$.

Рассмотрим два возможных случая. Пусть $G_h \leq M$. Тогда $G_h = M_h$. Поскольку $V/G_h - \mathfrak{N}_{\Pi}$ -инъектор G/G_h , по утверждению 1 леммы 1.3 $V \cap M/M_h - \mathfrak{N}_{\Pi}$ -инъектор M/M_h . Так как фактор G/G_h Π -скован, то по лемме 1.4 M/M_h Π -скован. Следовательно, по индукции $V \cap M - \mathfrak{S}$ -инъектор M .

Пусть $V < V_1$ и $V_1 - \mathfrak{S}$ -максимальная подгруппа G . Поскольку $V \cap M - \mathfrak{S}$ -максимальная подгруппа в M , $V \cap M = V_1 \cap M$. Значит, $V_1 \cap M - \mathfrak{S}$ -инъектор M для любой максимальной подгруппы M в G . Следовательно, по утверждению 2 леммы 1.3 V_1 является \mathfrak{S} -инъектором G . Тогда $G_{\mathfrak{S}} \leq V_1$. По лемме 2.1 $V_1/G_h \in \mathfrak{N}_{\Pi}$. Так как $V/G_h - \mathfrak{N}_{\Pi}$ -инъектор G/G_h , $V/G_h -$ максимальная \mathfrak{N}_{Π} -подгруппа G/G_h , что противоречит $V/G_h < V_1/G_h$. Таким образом, $V = V_1$ и $V - \mathfrak{S}$ -максимальная подгруппа G . По утверждению 2 леммы 1.3 $V - \mathfrak{S}$ -инъектор G .

Пусть теперь $G_h \not\leq M$. Тогда $G = G_h M$. Ввиду изоморфизма $G/G_h \cong M/G_h \cap M = M/M_h$, по утверждению 3 леммы 1.3 $V \cap M/M_h - \mathfrak{N}_{\Pi}$ -инъектор M/M_h . По индукции $V \cap M$ является \mathfrak{S} -инъектором M . По аналогии с предыдущим случаем получаем, что $V - \mathfrak{S}$ -инъектор G .

Лемма доказана.

Лемма 2.3. Пусть $\Pi \subseteq \sigma$, $\mathfrak{N}_{\Pi} -$ класс всех Π -разложимых групп и группа G Π -скована. Тогда в любой группе G существуют \mathfrak{N}_{Π} -инъекторы и любые два из них сопряжены.

Доказательство. Для доказательства существования и сопряженности \mathfrak{N}_{Π} -инъекторов группы G проверим выполнимость условий леммы 1.5. Заметим, что класс \mathfrak{N}_{Π} представим в виде $\mathfrak{N}_{\Pi} = \mathfrak{E}_{\sigma_1} \times \dots \times \mathfrak{E}_{\sigma_k}$, где все $\mathfrak{E}_{\sigma_i} -$ непустые классы Фиттинга, и $\pi(\sigma_i) \cap \pi(\sigma_j) = \emptyset$ при $i \neq j$. Теперь будем использовать обозначения, введенные в лемме 1.5. Пусть $\mathfrak{S}_i = \times_{j \neq i} \mathfrak{E}_{\sigma_j}$ и $C_i = C_G(G_{\mathfrak{S}_i})$.

Поскольку по условию группа G Π -скована, то по лемме 1.4 ее подгруппа C_i является Π -скованной. Следовательно, C_i Π -разложима и для каждого $i \in \{1, 2, \dots, k\}$ в группе C_i существует холлова σ_i -подгруппа V_i , которая является \mathfrak{E}_{σ_i} -инъектором в C_i . Тогда по утверждению 4) леммы 1.5 подгруппа $H = V_1 \times V_2 \times \dots \times V_k - \mathfrak{N}_{\Pi}$ -инъектор группы G и по утверждению 5) леммы 1.5 каждый \mathfrak{N}_{Π} -инъектор строится таким образом. Сопряженность \mathfrak{N}_{Π} -инъекторов в группе G следует по утверждению 6) леммы 1.5, поскольку любые два \mathfrak{E}_{σ_i} -инъектора сопряжены в C_i .

Лемма доказана.

Доказательство теоремы. 1. Пусть $M -$ максимальная нормальная подгруппа G . Поскольку $h -$ постоянная H_{σ} -функция σ -класса Хартли \mathfrak{S} , h является устойчивой приведенной H_{σ} -функцией. Ввиду Π -скованности фактора $G/G_{\mathfrak{X}}$ по лемме 2.3 в $G/G_{\mathfrak{X}}$ существует \mathfrak{N}_{Π} -инъектор $V/G_{\mathfrak{X}}$. Следовательно, по лемме 2.2 $V - \mathfrak{S}$ -инъектор G .

Обратно покажем, что если $V - \mathfrak{S}$ -инъектор G , то $V/G_{\mathfrak{X}}$ является \mathfrak{N}_{Π} -инъектором $G/G_{\mathfrak{X}}$. Поскольку $V - \mathfrak{S}$ -инъектор G , подгруппа $V \cap S$ является \mathfrak{S} -максимальной подгруппой G для любой субнормальной подгруппы S группы G . Так как $V \cap S \in \mathfrak{S} = \cap_{\sigma_i \in \Pi} \mathfrak{X}\mathfrak{E}_{\sigma_i'}$, то $(V \cap S)/G_{\mathfrak{X}} \in \mathfrak{E}_{\sigma_i'} \mathfrak{E}_{\sigma_i}$. Значит,

$$(V \cap S)/G_{\mathfrak{X}} \in \cap_{\sigma_i \in \Pi} \mathfrak{E}_{\sigma_i'} \mathfrak{E}_{\sigma_i} = \mathfrak{N}_{\Pi}.$$

Поэтому достаточно показать, что $V/G_{\mathfrak{X}} \cap S/G_{\mathfrak{X}} = (V \cap S)/G_{\mathfrak{X}} - \mathfrak{N}_{\Pi}$ -максимальная подгруппа $G/G_{\mathfrak{X}}$.

Предположим, что $(V \cap S)/G_{\mathfrak{X}}$ не является \mathfrak{N}_{Π} -максимальной подгруппой $G/G_{\mathfrak{X}}$. Тогда $(V \cap S)/G_{\mathfrak{X}} < D/G_{\mathfrak{X}}$, где $D/G_{\mathfrak{X}} - \mathfrak{N}_{\Pi}$ -максимальная подгруппа $G/G_{\mathfrak{X}}$. Очевидно, $D \in \cap_{\sigma_i \in \Pi} \mathfrak{X}\mathfrak{E}_{\sigma_i'}$ $= LH_{\sigma}(h) = \mathfrak{S}$. Поскольку $V \cap S - \mathfrak{S}$ -максимальная подгруппа G , справедливо равенство $V \cap S = D$. Получили противоречие. Таким образом, $V/G_{\mathfrak{X}}$ является \mathfrak{N}_{Π} -инъектором $G/G_{\mathfrak{X}}$.

2. Существование \mathfrak{F} -инъекторов следует из утверждения 1). Докажем их сопряженность. Допустим, что F – \mathfrak{F} -инъектор G , отличный от \mathfrak{F} -инъектора V группы G . Тогда по утверждению 1) $F/G_{\mathfrak{F}}$ – \mathfrak{F} -инъектор $G/G_{\mathfrak{F}}$. По лемме 2.3 подгруппы $F/G_{\mathfrak{F}}$ и $V/G_{\mathfrak{F}}$ сопряжены в $G/G_{\mathfrak{F}}$. Следовательно, \mathfrak{F} -инъекторы F и V сопряжены в G .

Теорема доказана.

Заключение. В работе решена задача существования инъекторов и их сопряженности для σ -класса Хартли, определяемого постоянной H_{σ} -функцией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Doerk, K. Finite Soluble Groups / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin–New York: Walter de Gruyter, 1992. – 891 p.
2. Fischer, B. Injectoren endlicher auflösbarer Gruppen / B. Fischer, W. Gaschütz, B. Hartley // Math. Z. – 1967. – Vol. 102. – P. 337–339.
3. Шеметков, Л.А. Некоторые свойства инъекторов в конечных группах / Л.А. Шеметков // Изв. Гомел. гос. ун-та им. Ф. Скорины. Вопросы алгебры. – 1999. – № 1(15). – С. 5–13.
4. Guo, W. On Injectors of Finite Soluble groups / W. Guo, N.T. Vorob'ev // Comm. in Algebra. – 2008. – Vol. 36. – P. 3200–3208.
5. Förster, P. Nilpotent injectors in finite groups / P. Förster // Bull. Austral. Math. Soc. – 1985. – Vol. 32. – P. 292–298.
6. Iranzo, M.J. Existenciade injectores en grupos finites respecto de ciertas class de Fitting / M.J. Iranzo, F. Perez-Monazor // Publ. Mat. Univ. Autonima Barselona. – 1988. – Vol. 32. – P. 57–59.
7. Shemetkov, L.A. Injectors in finite groups / L.A. Shemetkov // Изв. Гомел. гос. ун-та им. Ф. Скорины. Вопросы алгебры. – 2000. – № 3(16). – P. 186–187.
8. Нерешенные вопросы теории групп. Коуровская тетрадь. – 18-е изд., доп. – Новосибирск: Изд-во Ин-та матем. СО РАН, 2014.
9. Hartley, B. On Fischer's dualization of formation theory / B. Hartley // Proc. London Math. Soc. – 1969. – Vol. 3, № 2. – P. 193–207.
10. Skiba, A.N. On σ -properties of Finite groups I / A.N. Skiba // Problems of Physics, Mathematics and Technics. – 2014. – № 4(21). – P. 89–96.
11. Skiba, A.N. On σ -properties of Finite groups II / A.N. Skiba // Problems of Physics, Mathematics and Technics. – 2015. – № 3(24). – P. 70–83.
12. Guo, W. On σ -local Fitting classes / W. Guo, L. Zhang, N.T. Vorob'ev // J. Algebra. – 2020. – Vol. 542, № 15. – P. 116–129.
13. Воробьев, Н.Т. О радикальных классах конечных групп с условием Локетта / Н.Т. Воробьев // Матем. заметки. – 1988. – Т. 43, № 2. – С. 161–168.
14. Воробьев, Н.Т. Инъекторы конечных σ -разрешимых групп / Н.Т. Воробьев, Е.Д. Волкова // Проблемы физики, математики и техники. – 2023. – Т. 54, № 1. – С. 75–84.

REFERENCES

1. Doerk, K. Finite Soluble Groups / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin–New York: Walter de Gruyter, 1992. – 891 p.
2. Fischer, B. Injectoren endlicher auflösbarer Gruppen / B. Fischer, W. Gaschütz, B. Hartley // Math. Z. – 1967. – Vol. 102. – P. 337–339.
3. Shemetkov L.A. *Izv. Gomel. gos. un-ta im. F. Skoryny. Voprosy algebr* [Journal of Gomel State University. Issues of Algebra], 1999, 1(15), pp. 5–13.
4. Guo, W. On Injectors of Finite Soluble groups / W. Guo, N.T. Vorob'ev // Comm. in Algebra. – 2008. – Vol. 36. – P. 3200–3208.
5. Förster, P. Nilpotent injectors in finite groups / P. Förster // Bull. Austral. Math. Soc. – 1985. – Vol. 32. – P. 292–298.
6. Iranzo, M.J. Existenciade injectores en grupos finites respecto de ciertas class de Fitting / M.J. Iranzo, F. Perez-Monazor // Publ. Mat. Univ. Autonima Barselona. – 1988. – Vol. 32. – P. 57–59.
7. Shemetkov L.A. *Izvestija Gomelskogo gos. un-ta im. F. Skoryny. Voprosy algebr* [Journal of Gomel State University. Issues of Algebra], 2000, 3(16), pp. 186–187.
8. *Nereshenniye voprosy teorii grupp. Kourovskaya tetrad* [Unresolved Problems in Group Theory. Kourov Notebook], Novosibirsk: Izd-vo in-ta matem. SO RAN, 2014.
9. Hartley, B. On Fischer's dualization of formation theory / B. Hartley // Proc. London Math. Soc. – 1969. – Vol. 3, № 2. – P. 193–207.
10. Skiba, A.N. On σ -properties of Finite groups I / A.N. Skiba // Problems of Physics, Mathematics and Technics. – 2014. – № 4(21). – P. 89–96.
11. Skiba, A.N. On σ -properties of Finite groups II / A.N. Skiba // Problems of Physics, Mathematics and Technics. – 2015. – № 3(24). – P. 70–83.
12. Guo, W. On σ -local Fitting classes / W. Guo, L. Zhang, N.T. Vorob'ev // J. Algebra. – 2020. – Vol. 542, № 15. – P. 116–129.
13. Vorobyev N.T. *Matem. zametki* [Mathem. Notes], 1988, 43(2), pp. 161–168.
14. Vorobyev N.T., Volkova E.D. *Problemy fiziki, matematiki i tekhniki* [Issues of Physics, Mathematics and Technology], 2023, 54(1), pp. 75–84.

Поступила в редакцию 12.04.2023

Адрес для корреспонденции: e-mail: ekaterina.lancetova@gmail.com – Волкова Е.Д.



БІАЛОГІЯ

УДК 502.654

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭТИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ СКОТА

И.Дж. Мурзалиев

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

Известно, что вокруг животноводческих комплексов и ферм крупного рогатого скота присутствует множество выбросов биологических отходов скота. В результате наступает экологическое загрязнение окружающей среды, сельхозугодий, пастбищ и сенокосов.

Цель работы – своевременно определить экологические и этиологические факторы биологических отходов животных и проводить ветеринарно-санитарные мероприятия по их ликвидации с целью недопущения распространения заразных болезней животных.

Материал и методы. *Исследования проводили на территориях, пастбищах и сенокосах вокруг животноводческих комплексов и ферм СПК «Ольговское» и к/х «Красный Двор» Витебского района с применением экологических, эпизоотологических, ветеринарно-санитарных, агрохимических и лабораторных методов. Проведены лабораторно-полевые исследования почв в агрохимической лаборатории Витебской области. Обследовано состояние более 6300 голов крупного рогатого скота.*

Результаты и их обсуждение. *В СПК «Ольговское» и к/х «Красный Двор» Витебского района изучены экологические и этиологические причины появления биологических отходов животных, которые подлежали уничтожению, утилизации и захоронению. В хозяйствах биологические отходы животных собираются в специальные контейнеры. Утилизация осуществляется путем сдачи трупов животных на ветеринарно-санитарный утилизационный завод в соответствии с действующими ветеринарно-санитарными правилами ветеринарного законодательства, а также дополнительно отходы обеззараживаются в трупосжигательных печах при фермах и биотермической яме Беккари методом захоронения.*

Заключение. *В хозяйствах биологические отходы скота встречаются довольно часто и приносят колоссальный экономический ущерб. Они создают по экологическим, эпизоотологическим и эпидемиологическим отношениям потенциальную опасность для окружающей среды. Поэтому необходимо круглогодично на фермах, пастбищах, сенокосах, посевных площадях, вокруг скотных дворов постоянно поддерживать чистоту, убирать навоз и мусор, скашивать траву, подвергать биологические отходы животных уничтожению, утилизации и захоронению с последующей дезинфекцией.*

Благодаря своевременному проведению экологических, эпизоотологических, ветеринарно-санитарных и организационно-хозяйственных мероприятий по недопущению последствий биологических отходов животных за последние 10 лет СПК «Ольговское» и к/х «Красный Двор» Витебского района являются благополучными по заразным болезням животных.

Ключевые слова: *экология, эпизоотия, биологические отходы, загрязняющее вещество, природные ресурсы, ветеринарно-санитарные мероприятия, экологический мониторинг.*

ENVIRONMENTAL AND ETIOLOGICAL FACTORS OF BIOLOGICAL CATTLE WASTE

I.J. Murzaliev

Education Establishment “Vitebsk Order of Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine”

It is known that there are many emissions of livestock biological waste around livestock complexes and cattle farms. As a result, environmental pollution of the environment, farmland, pastures and hayfields occurs.

The purpose of the study is to find out in a timely manner the environmental and etiological factors of animal biological waste and to carry out veterinary and sanitary measures to eliminate them in order to prevent the spread of infectious animal diseases.

Material and methods. *The studies were carried out on the territories, pastures and hayfields around the livestock complexes and farms of the SPK “Olgovskoye” and the farm “Krasny Dvor” of Vitebsk District using ecological, epizootological, veterinary-sanitary, agrochemical and laboratory methods. Laboratory and field studies of soils in the agrochemical laboratory of Vitebsk Region were conducted. The condition of more than 6300 cattle was examined.*

Findings and their discussion. *On SPK “Olgovskoye” and on “Krasny Dvor” farm of Vitebsk District, the environmental and etiological causes of the appearance of animal biological waste, which were subject to destruction, disposal and burial, were studied. On the farms, animal biological waste is collected in special containers. Utilization takes place by delivering animal corpses to a veterinary and sanitary disposal plant in accordance with the current veterinary and sanitary rules of veterinary legislation, and additionally, waste is disinfected in incinerators on the farms and in the Beccari biothermal pit by the burial method.*

Conclusion. *On farms, biological livestock waste is quite common and causes enormous economic damage. It creates a potential danger to the environment in terms of ecological, epizootological and epidemiological relations. Therefore, it is necessary to constantly maintain cleanliness on farms, pastures, hayfields, sown areas, around cattle yards, remove manure and garbage in a timely manner, and mow grass. It is necessary to timely expose animal biological waste to destruction, disposal and burial, followed by disinfection.*

As a result of the timely implementation of environmental, epizootological, veterinary, sanitary and organizational and economic measures to prevent the consequences of animal biological waste, over the past 10 years, SPK “Olgovskoye” farm and “Krasny Dvor” farm in Vitebsk District have been free from contagious animal diseases.

Key words: *ecology, epizootic, biological waste, pollutant, natural resources, veterinary and sanitary measures, environmental monitoring.*

В результате интенсивного развития промышленности, транспорта, перерабатывающих предприятий, агропромышленного комплекса в республике с каждым годом увеличивается количество выбросов в окружающую среду в 2 раза, ухудшается структура почв, состояние природных ресурсов, пастбищ, сенокосов и качество заготовленных кормов. В хозяйствах снижается продуктивность скота, идет рост заболеваемости, падежа и непроизводительного расхода животных [1; 2].

В связи с загрязнением окружающей среды и снижением ветеринарно-санитарного состояния в животноводстве (низкое качество кормов, загрязненность комплексов и ферм и т.д.) создаются крайне тяжелые эпизоотические ситуации, увеличивается количество отравляющих веществ: пестицидов, тяжелых металлов, радионуклидов и биологических отходов и др. [3; 4].

В настоящее время вопросы улучшения состояния сенокосов, плодородия почв, пастбищ, сельхозугодий от выбросов являются первоочередной задачей агропромышленного комплекса Республики Беларусь. За последние десятилетия правительством приняты соответствующие меры по охране окружающей среды (Закон Республики Беларусь от 26.11.1992 № 1982-XII) и по сохранению и улучшению состояния сельхозугодий и природных ресурсов [5; 6].

В приоритете агропромышленного комплекса страны получение экологически чистой продукции, обеспечение безопасности продуктов питания и предотвращение уровня загрязнения окружающей среды от выбросов. Вопросы обеспечения экологической безопасности продукции животноводства, продовольственного сырья и состояния технических отходов растительного происхождения с каждым годом становятся более актуальными [7–12].

Цель работы – своевременно определить экологические и этиологические факторы биологических отходов животных и проводить ветеринарно-санитарные мероприятия по их ликвидации с целью недопущения распространения заразных болезней животных.

Материал и методы. Для проведения исследования использовались приборы, оборудование, микроскопы, термостат, центрифуга, проектор, лазерный принтер кафедры зоологии УО «ВГАВМ».

Были изучены статистические данные окружающей среды и природных ресурсов, проведены лабораторно-полевые исследования в агрохимической лаборатории Витебской области. Проанализировано влияние абиотических, биотических и антропогенных факторов на состояние скота, животноводческих комплексов и ферм СПК «Ольговское» и к/х «Красный Двор» Витебского района. Комплексное исследование проводилось с осмотром 6300 голов крупного рогатого скота в СПК «Ольговское» и с осмотром 15 голов молодняка скота различного возраста в к/х «Красный Двор». Обследовались прилегающие территории сельскохозяйственных и лесных угодий, пастбищ и сенокосов и неудобья земель (бугорки, кустарниковые участки земель, ямы вокруг ферм).

Для установления этиологических причин биоотходов животных были использованы экологические, эпизоотологические, ветеринарно-санитарные, агрохимические, лабораторно-полевые методы исследования и экологический мониторинг.

Последний проведен путем анализа выбросов по сезонам года, рассеивания полезных и вредных веществ, рассмотрения вопросов появления деградации и эрозии почв, пастбищ и сенокосов. Лабораторно-полевым методом изучили воздействие выбросов и биологических отходов животных на состояние почв, растений и скота с определением уровней загрязненности почв, пастбищ и сенокосов и путей их дальнейшего распространения в более критических условиях. Анализировали влияние солнечной энергии, светового и теплового режима, температуры воздуха, влияние воды и влажности на состояние почвы, биосферы, популяции микроорганизмов, экосистемы на развитие и выживаемость живых организмов. Регулярно наблюдали за соблюдением зооигиенических норм в животноводческих помещениях, условиями содержания и кормления животных, особенно за состоянием качества кормов и др.

Эпизоотологические методы исследований проводили в хозяйствах комплексно с изучением эпизоотического процесса и анализа эпизоотологической карты местности, хозяйства, района и области. В последующем выяснили количество неблагополучных пунктов по заразным болезням, особенно по природно-очаговым инфекциям. Изучали сроки их проявления, распространения и ликвидации инфекционных болезней. Установили их взаимосвязь с природно-географическими и социально-экономическими факторами. Бактериологическим, вирусологическим, паразитологическим методами исследовали наличие и состояние в почвах бактерий, вирусов, актиномицетов, грибов и специфических нематод. Изучали экосистему источников миграции микроорганизмов «почва – растения – животные – человек – обратно» их взаимосвязь с условием содержания, кормления и выращивания животных; уборку и обеззараживание навоза, сточных вод; состояние пастбищ, водопоев, летних лагерей; наличие кровососущих насекомых, грызунов; возможность контакта скота с дикими животными. Обследовали фермы на наличие и состояние изоляторов, убойных площадок, ветсанпропускников, трупосжигательных оборудований, контейнеров, дезбарьеров, скотомогильников, биотермических ям. Одновременно определяли эффективность применяемых профилактических и лечебных средств против остро-заразных болезней животных.

Ветеринарно-санитарным методом исследовали условия уничтожения, утилизации и захоронения трупов животных, регламентированные ветеринарно-санитарными правилами согласно инструкции. Условия утилизации трупов животных установлены ветеринарно-санитарными правилами для организаций, осуществляющих переработку, утилизацию трупов животных и отходов животного происхождения, утвержденных постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь 22.03.2010 № 14.

В итоге нам удалось разработать соответствующие противоэпизоотические и ветеринарно-санитарные мероприятия и методы борьбы по предотвращению распространения заразных болезней животных путем ликвидации выбросов биологических отходов животных.

Полученный цифровой материал обрабатывали с использованием компьютерной программы Microsoft Excel-2010, достоверность разницы средних величин двух совокупностей (Р) определяли по таблице (+, - критериев) Стьюдента, результаты считали достоверными при $P < 0,05$, то есть в тех случаях, когда вероятность результатов равна или больше 95, применялись методы статистической обработки, рекомендованные М.А. Ашмариним, А.А. Воробьевым (1962), И.А. Бакуловым с соавт. (1982).

Результаты и их обсуждение. Работа проводилась путем исследования агрохимического и санитарного состояния почв и растений сельскохозяйственных угодий, пастбищ, сенокосов и неиспользуемых участков прилегающих вокруг территорий животноводческих комплексов и ферм СПК «Ольговское»

и к/х «Красный Двор». Известно, что при разложении мертвой биомассы животных (C/N=10) или фитомассы бобовых растений (C/N = 18) путем минерализации почвы идет обогащение азотом. Увеличение доли углерода в трансформируемом субстрате приводит к иммобилизации азота в составе микробной биомассы и дефициту для растений, что должно учитываться в агротехнике возделывания сельхозкультур. Однако во многих случаях нарушается режим экосистемы по органическому веществу. Вокруг территорий животноводческих комплексов и ферм СПК «Ольговское» и к/х «Красный Двор» встречались источники инфекции заразного и незаразного характера, содержащие возбудителей болезней человека, животных и растений. При исследовании биогумусного слоя почв нами обнаружены возбудители кишечной палочки и термофильные микроорганизмы при достаточно свежем фекальном загрязнении, а также споры клостридий, сохранившиеся в почве длительное время, которые свидетельствовали о давнем ее загрязнении. В результате грамположительные актинобактерии стали доминантами в наземных почвенных экосистемах, более часто встречались грибы и актиномицеты. Ассоциации бактерий, вирусов с растениями, грибами и животными постоянно перемещались в почвенный ярус в зоны ризосферы, микосферы, дрилосферы и кишечник почвенных беспозвоночных.

По итогам исследований мы убедились, что на территорию вокруг ферм выбрасывается (вывозится) большое количество навоза животных с патогенной микрофлорой как симбионт в окружающую среду. В результате многие возбудители инфекций (штаммы *E. coli*) выживают и сохраняют патогенность более 21–180 дней, холеры – 7–92 дня, брюшного тифа – 18–180 дней, дизентерии – 12–92 дня, сальмонеллеза – 15–45 дней и др. Например, продолжительность сохранения в почвах бациллы сибирской язвы составляет до 70 лет, клостридии ботулизма – несколько месяцев. К тому же выбрасываются в большом количестве *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Streptococcus faecalis*, *Str. faecium* и многие другие энтеровирусы, которые являются непосредственными этиологическими причинами заболеваемости молодняка сельскохозяйственных животных (табл.).

Таблица

Чистота почв по санитарно-показательным микроорганизмам

Категория почвы	Титр			Количество термофильных бактерий в 1 г
	<i>E. coli</i>	нитрифицирующих бактерий	<i>S. perfringens</i>	
Чистая	0,1 и выше	0,1 и выше	0,1 и выше	100–1000
Загрязненная	0,9–0,01	0,01–0,001	0,009–0,0001	1001–10000
Сильно загрязненная	0,009 и ниже	0,0001 и ниже	0,00009 и ниже	10001–4 × 10 ⁶

В результате в хозяйствах СПК «Ольговское» и к/х «Красный Двор» биологические отходы скота животноводческих комплексов и ферм создают потенциальную опасность для окружающей среды в экологическом, эпизоотическом и эпидемиологическом отношении.

Поэтому в хозяйствах экологические и ветеринарно-санитарные мероприятия проводятся своевременно и последовательно, под строгим контролем главных ветеринарных врачей хозяйства и района. В настоящее время в убойных пунктах ферм СПК «Ольговское» ежемесячный непроизводительный расход скота составляет до 10 голов: из них аборта и мертворожденного плода – 2, больного молодняка до 6 месячного возраста – 4, телок с тяжелыми родами – 2 и больных коров – 2. В течение года их количество достигает более 100 голов.

Основными биологическими отходами являются: 1. Кровь – это жидкая необходимая ткань для существования живых организмов. В хозяйстве у больных животных при патологии внутренних органов и кроветворной системы в организме образуется патоморфологическое изменение – «анемия», что приводит к прирезке скота. При убое одной головы больной коровы выделяется до 40 литров крови в зависимости от веса и состояния животного, обсемененного различными возбудителями инфекций, микрофлорами различной патогенности и токсичности. Стоки крови поступают по канализации в очистные

сооружения для обработки. Полученную кровь скота собирают в специальных контейнерах и подвергают технической переработке и уничтожению. Обезвреживают методом проварки при температуре 100 °С в течение 6 часов с последующим ее использованием как кормовой добавки. Готовят также полуфабрикаты из крови и подвергают органолептическому и бактериальному исследованию. Помещения убойного пункта после убоя животных подвергают тщательному промыванию и дезинфекции, остаточное количество всех видов отходов уничтожается в трупосжигаемой печи, остаточное количество золы и мусора собирается в специальном контейнере и вывозится в скотомогильник.

2. *Трупы животных.* В хозяйстве в обязательном порядке они подлежат санации. Основные причины их появления: а) слабая подготовка глубокостельных коров к отелу; б) несбалансированное и некачественное кормление стельных коров; в) заболеваемость глубокостельных коров заразными и незаразными болезнями животных; г) слабая резистентность организма у новорожденного молодняка; д) прием новорожденного молодняка в антисанитарном состоянии; ж) несоблюдение технологических и ветеринарно-санитарных норм содержания, кормления и выращивания молодняка; з) полная бесхозяйственность, трупы животных разбрасываются вокруг ферм и растаскиваются собаками, грызунами и дикими животными и птицами повсеместно.

3. *Абортированные и мертворожденные плоды.* Часто встречаются на фермах крупного рогатого скота, особенно среди стельных первотелок 18-месячного возраста и у глубокостельных коров после болезней. Причинами их являются: а) слабая подготовка стельных маток к отелу, большое поголовье скота; б) механическое повреждение плода у глубокостельных маток; в) несоблюдение технологических, ветеринарно-санитарных и акушерско-гинекологических норм при родовспоможении стельных коров; г) заболеваемость животных остро-заразными болезнями (бруцеллез, туберкулез, сальмонеллез, хламидиоз, лептоспироз); д) истечение околоплодной жидкости маток перед родами (сухой род); ж) внутриматочная мумификация и неправильный подход плода; и) задержание последа у маток и поедание собственного последа; к) некачественное осеменение коров и телок; л) вольное осеменение коров и телок с больными быками; м) авитаминоз и недостаток микроэлементов у коров и телок.

4. *Послед и околоплодная жидкость.* При родах у коров особо важное значение имеет околоплодная жидкость. Глубокостельные матки содержат до 15–20 литров околоплодной жидкости для жизни плода. Через нее плод получает питание, приобретает необходимые элементы для роста. Основными причинами задержания последа при родах могут быть: а) недостаток гормонов и микроэлементов у коров и телок; б) слабая упитанность маток, неподготовленность маток к отелу; в) отсутствие выпойки маток теплой водой с солью перед началом отела; г) заболеваемость маток заразными болезнями животных; д) нарушение зоогигиенических норм содержания, некачественный, несбалансированный рацион кормления и отсутствие моциона у глубокостельных коров и телок.

5. *Отходы проб и ветеринарно-санитарные конфискаты.* К ветеринарным конфискатам в хозяйстве относились мясо и другая продукция животного происхождения, выявленная после ветеринарно-санитарной экспертизы трупов животных. Наблюдались остаточное количество части тела или кожи животных и отходы внутренних органов. Отходы проб и конфискаты собираются в специальных контейнерах и ежедневно вывозятся для утилизации в трупосжигательных печах, ямах Беккари и на утилизационном ветеринарно-санитарном заводе.

6. *Отходы вторичного сырья (техническое сырье).* В состав вторичного сырья входит кожевенно-меховое и техническое сырье (шерсть, шкура, волосы, кости, копыта, голова, хвост, кишки, половые органы и др.). В хозяйстве техническое сырье сдается для изготовления кожевенного сырья, шорно-седельных, технических и других изделий после полной обработки и дезинфекции. Сырье подвергается вымачиванию и дезинфекции в 2,5%-ном растворе формальдегида в течение 10 часов в жидком растворе под температурой 45 °С и с применением 3%-ного раствора формалина.

Заключение. В хозяйствах биологические отходы скота встречаются довольно часто и приносят колоссальный экономический ущерб. Они создают по экологическим, эпизоотологическим и эпидемиологическим отношениям потенциальную опасность для окружающей среды.

Поэтому необходимо круглогодично на фермах, пастбищах, сенокосах, посевных площадях, вокруг скотных дворов постоянно поддерживать чистоту, убирать навоз и мусор, скашивать траву, подвергать биологические отходы животных *уничтожению, утилизации и захоронению* с последующей дезинфекцией.

Благодаря своевременному проведению экологических, эпизоотологических, ветеринарно-санитарных и организационно-хозяйственных мероприятий по недопущению последствий биологических отходов животных за последние 10 лет СПК «Ольговское» и к/х «Красный Двор» Витебского района являются благополучными по заразным болезням животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Одинцова, О.Г. Влияние факторов среды на продуктивность скота / О.Г. Одинцова; науч. рук. И.Дж. Мурзалиев // Актуальные вопросы сельскохозяйственного производства: междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, посвященная 95-летию академии, Витебск, 30 окт. 2019 г. / Витеб. гос. акад. вет. медицины; ред. Н.И. Гавриченко [и др.]. – Витебск, 2019. – С. 153–155.
2. Мурзалиев, И.Дж. Экологические факторы загрязнения почв / И.Дж. Мурзалиев, О.Г. Одинцова // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена “Знак Почета” государственная академия ветеринарной медицины». – 2020. – Т. 56, вып. 3. – С. 129–132.
3. Коростелева, Л.А. Основы экологии микроорганизмов: учеб. пособие / Л.А. Коростелева, А.Г. Кошачев. – СПб.: Лань, 2013. – 240 с.
4. Общая и ветеринарная экология / под ред. А.И. Ятусевича. – Минск: «ИВЦ Минфина», 2014. – 308 с.
5. Мурзалиев, И.Дж. Ветеринарно-санитарные и лечебно-профилактические мероприятия при болезнях овец и коз вирусной этиологии / И.Дж. Мурзалиев, В.С. Прудников, М.П. Альбертян // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена “Знак Почета” государственная академия ветеринарной медицины». – 2009. – Т. 45, вып. 1, ч. 2. – С. 169–172.
6. Одинцова, О.Г. Экологические основы биологических отходов животноводства / О.Г. Одинцова, Н.А. Косилов; науч. рук. И.Дж. Мурзалиев // Актуальные вопросы сельскохозяйственного производства: междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, посвященная 95-летию академии, Витебск, 30 окт. 2019 г. / Витеб. гос. акад. вет. медицины; Н.И. Гавриченко [и др.]. – Витебск, 2019. – С. 148–149.
7. Ходжиев, Э. Экоценность пастбищного корма «тип-чак» / Э. Ходжиев // Витебщина в истории и культуре, природоведении и экономике: материалы междунар. науч.-практ. конф. учащихся, студентов и магистрантов, Витебск, 26 марта 2021 г. / Витеб. гос. акад. вет. медицины; ред. Н.И. Гавриченко [и др.]. – Витебск, 2021. – С. 55.
8. Мурзалиев, И.Дж. Вирусные пневмоэнтериты овец: монография / И.Дж. Мурзалиев, В.С. Прудников. – Бишкек: Demi, 2019. – 224 с.
9. Гараев, Д.М. Природно-климатические условия, влияющие на заболеваемость овец пневмоэнтеритами / Д.М. Гараев, И.Дж. Мурзалиев // Вестник Алтайского ГАУ РФ. – 2016. – № 4. – С. 150–154.
10. Мурзалиев, И.Дж. Лечение ягнят при инфекционной патологии органов дыхания / И.Дж. Мурзалиев // Ученые записки УО «Витебская ордена “Знак Почета” государственная академия ветеринарной медицины». – 2015. – Т. 51, вып. 1, ч. 1. – С. 237–239.
11. Chapman, P.M. Integrating toxicology and ecology: putting the “eco” into ecotoxicology / P.M. Chapman // Mar. Pollut. Bull. – 2002. – Vol. 44, № 1. – P. 7–15.
12. Claassen, C.D. Toxicology. The basic Science of poisons / C.D. Claassen. – Sixth Edition. – New York–Chicago–Toronto–London, 2001. – P. 181.

REFERENCES

1. Odintsova O.G., Murzaliev I.J. *Aktualniye voprosy sel'skokhoziaistvennogo proizvodstva: mezhdunar. nauch.-prakt. konf. studentov i magistrantov, posviashchennaya 95-letiyu akademii, Vitebsk, 30 okt. 2019 g.* [Current Issues of Agricultural Production: International Scientific and Practical Conference of Students and Master Students in Honor of the Academy 95th Anniversary, Vitebsk, October 30, 2019], Vitebsk, 2019, pp. 153–155.
2. Murzaliev I.J., Odintsova O.G. *Ucheniye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya “Vitebskaya ordena “Znak Pocheta” gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny”* [Scientific Notes of Education Establishment “Vitebsk Order of Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine”], 2020, 56(3), pp. 129–132.
3. Korosteleva L.A., Koshchayev A.G. *Osnovy ekologii mikroorganizmov: ucheb. posobiye* [Basics of the Ecology of Microorganisms: Textbook], SPb.: Lan, 2013, 240 p.
4. Yatusovich A.I. *Obshchaya i veterinarnaya ekologiya* [General and Veterinary Ecology], Minsk: “IVTs Minfina”, 2014, 308 p.
5. Murzaliev I.J., Prudnikov V.S., Albertian M.P. *Ucheniye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya “Vitebskaya ordena “Znak Pocheta” gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny”* [Scientific Notes of Education Establishment “Vitebsk Order of Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine”], 2009, 45 (1, part 2), pp. 169–172.
6. Odintsova O.G., Kosilov N.A., Murzaliev I.J. *Aktualniye voprosy sel'skokhoziaistvennogo proizvodstva: mezhdunar. nauch.-prakt. konf. studentov i magistrantov, posviashchennaya 95-letiyu akademii, Vitebsk, 30 okt. 2019 g.* [Current Issues of Agricultural Production: International Scientific and Practical Conference of Students and Master Students in Honor of the Academy 95th Anniversary, Vitebsk, October 30, 2019], Vitebsk, 2019, pp. 148–149.
7. Khodzhev E. *Vitebshchina v istorii i kulture, prirovedenii i ekonomike: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. uchashchikhsia, studentov i magistrantov, Vitebsk, 26 marta 2021 g.* [Vitebsk Region in History and Culture, Nature Studies and Economy: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Schoolchildren, Students and Master Students, Vitebsk, March 26, 2021], Vitebsk, 2021, p. 55.
8. Murzaliev I.J., Prudnikov V.S. *Virusniye pnevmoenterity ovets: monografiya* [Virus Sheep Pheumoenterites: Monograph], Bishkek: Demi, 2019, 224 p.
9. Garayev D.M., Murzaliev I.J. *Vestnik Altaiskogo GAU RF* [Journal of Altai GAU RF], 2016, 4, pp. 150–154.
10. Murzaliev I.J. *Ucheniye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya “Vitebskaya ordena “Znak Pocheta” gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny”* [Scientific Notes of Education Establishment “Vitebsk Order of Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine”], 2015, 51 (1, part 1), pp. 237–239.
11. Chapman, P.M. Integrating toxicology and ecology: putting the “eco” into ecotoxicology / P.M. Chapman // Mar. Pollut. Bull. – 2002. – Vol. 44, № 1. – P. 7–15.
12. Claassen, C.D. Toxicology. The basic Science of poisons / C.D. Claassen. – Sixth Edition. – New York–Chicago–Toronto–London, 2001. – P. 181.

Поступила в редакцию 28.10.2021

Адрес для корреспонденции: e-mail: Mipi.kg@mail.ru – Мурзалиев И.Дж.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ АССАМБЛЕЙ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ (INSECTA, COLEOPTERA) ПРОСЕК РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ЗАРАСТАНИЯ В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

Г.Г. Сушко, А.А. Лакотко, В.В. Яновская, О.И. Хохлова
Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»

Выявлены различия экологической структуры ассамблей жесткокрылых просек различной степени зарастания в сосновых лесах в Белорусском Поозерье.

Цель работы – определить различия экологической структуры ассамблей жесткокрылых просек различной степени зарастания в сосновых лесах в Белорусском Поозерье.

Материал и методы. *Материал собран методом энтомологического кошения с конца апреля до начала ноября в 2021–2022 гг. на просеках различной степени зарастания в сосновых лесах.*

Результаты и их обсуждение. *Обнаружена дифференциация экологических предпочтений (биотопическая приуроченность, трофические предпочтения и ширина трофических предпочтений, приуроченность к жизненным формам растений), а также хронологической структуры в ассамблеях жесткокрылых просек без сомкнутого растительного покрова, с травяно-кустарничковым ярусом и с подростом и подлеском. Наибольшие различия наблюдаются на ранних стадиях зарастания просек.*

Заключение. *На начальных стадиях зарастания преобладают луговые виды (43,75%), зоофаги (44,68%), среди которых доминируют полифаги (98,73%) и хортобионты (76,09%), а также виды с узкими западнопалеарктическими ареалами. По мере зарастания просек возрастает относительное обилие лесных видов (25,66–34,45%), фитофагов (83,28–84,72%), олигофагов (72,45–84,07%). Расширяется спектр фитобионтных групп и увеличивается доля видов с западно-центральнопалеарктическими ареалами.*

Ключевые слова: *Coleoptera, просеки, экологические предпочтения, Белорусское Поозерье.*

VARIABILITY OF THE ECOLOGICAL STRUCTURE OF INSECTA COLEOPTERA ASSEMBLY IN PINE FORESTS OF THE BELARUSIAN LAKELAND (POOZERYIE)

G.G. Sushko, A.A. Lakotko, V.V. Yanovskaya, O.I. Khokhlova
Education Establishment “Vitebsk State P.M. Masherov University”

Differences in the ecological structure of assemblies of coleoptera in clearings of varying degrees of overgrowth in pine forests in Belarusian Lakeland were revealed.

The aim of the work is to reveal the differences in the ecological structure of the assemblies of coleoptera in clearings of varying degrees of overgrowth in pine forests in Belarusian Lakeland.

Material and methods. *The material was collected by entomological mowing from late April to early November in 2021–2022 on clearings of varying degrees of overgrowth in pine forests.*

Findings and its discussion. *Differentiation of ecological preferences (biotopic confinement, trophic preferences and width of trophic preferences, confinement to life forms of plants), as well as the chorological structure in the assemblies of coleoptera in clearings without closed vegetation cover, with grass-shrub layer and with undergrowth, was revealed. The greatest differences were found in the early stages of overgrowing of clearings.*

Conclusion. *At the initial stages of overgrowing, meadow species (43,75%), zoophagous (44,68%) dominate, among which polyphages (98,73%) and hortobionts (76,09%) predominate, as well as species with narrow Western Palearctic ranges. As the glades become overgrown, the relative abundance of forest species (25,66–34,45%), phytophages (83,28–84,72%), oligophages (72,45–84,07%) increases. The range of phytobiont groups is expanding and the proportion of species with west-central Palearctic ranges is increasing.*

Key words: *Coleoptera, clearings, ecological preferences, Belarusian Lakeland.*

Сосновые леса составляют основу растительного покрова Белорусского Поозерья, где на их долю приходится 51,7% всех лесных массивов [1; 2]. Развитие современной инфраструктуры привело к созданию условий, которые трансформируют среду обитания для живых организмов в данных экосистемах. В частности общая длина линий электропередач (ЛЭП) в Беларуси около 279 тыс. км [3]. В результате прокладки коридоров под ЛЭП значительные площади в лесных экосистемах характеризуются измененными условиями среды. Регулярные вырубку деревьев и кустарников, скашивание растений формируют специфические экологические условия и способствуют преобразованию структурной организации фитоценоза. Такие изменения касаются не только комплекса растительности, но и затрагивают условия обитания консументов, в числе которых наиболее многочисленную группу представляют жесткокрылые насекомые. Они являются перспективной группой для биоиндикации, так как обладают высоким видовым богатством и численностью, занимают разнообразные экологические ниши в лесных экосистемах, а многие виды имеют значительную приуроченность к отдельным из них.

Однако до настоящего времени оценка состояния экологической структуры местообитаний насекомых, сформированных при прокладке линий электропередач и газопроводов, в нашей стране не проводилась. Немногочисленные литературные данные демонстрируют важную роль ЛЭП в образовании альтернативных местообитаний [4; 5].

Цель работы – выявить различия экологической структуры ассамблей жесткокрылых просек различий степени зарастания в сосновых лесах в Белорусском Поозерье.

Материал и методы. Исследования проводились в Витебском (55°11'N29°54'E), Сенненском (54°48'N30°29'E), Миорском (55°37'N27°29'E) и Лепельском (54°57'N28°55'E) районах Витебской области. Учеты жесткокрылых насекомых выполняли в травяном и травяно-кустарничковом ярусах просек различной степени зарастания. Ширина рассматриваемых просек составляла около 30 метров. Для исследования были выбраны просеки без сомкнутого напочвенного растительного покрова (свежевспаханые), просеки со сформированным травяно-кустарничковым ярусом и просеки с подростом и подлеском, а для контроля – прилегающие к просекам сосняки черничные, брусничные и зеленомошные.

Исследования проводились с конца апреля до начала ноября в 2021–2022 гг., с интервалом 10–14 дней, с использованием метода энтомологического кошения сачком с диаметром обруча 30 см. За единицу учета (выборку) было принято 50 взмахов. Расстояние между трансектами в пределах одного стационара составляло не менее 50 метров, а также не менее 25 метров в контроле от края просеки во избежание влияния краевого (экотонного) эффекта.

Эколого-функциональный состав ассамблей насекомых (Insecta; Coleoptera) анализировали согласно литературным данным, включающим информацию о трофической специализации и ее ширине, приуроченности к жизненным формам растений и биотопическим предпочтениям имаго [6–8]. Состав фитобионтных групп анализировался с использованием следующей терминологии: дендробионты – виды, ассоциированные с древесной растительностью, тамнобионты – с кустарниками, хамебионты – с кустарничками, хортобионты – с травами [6]. Зоогеографический анализ выполнен с применением типологизации ареалов, предложенной К.Б. Городковым [9].

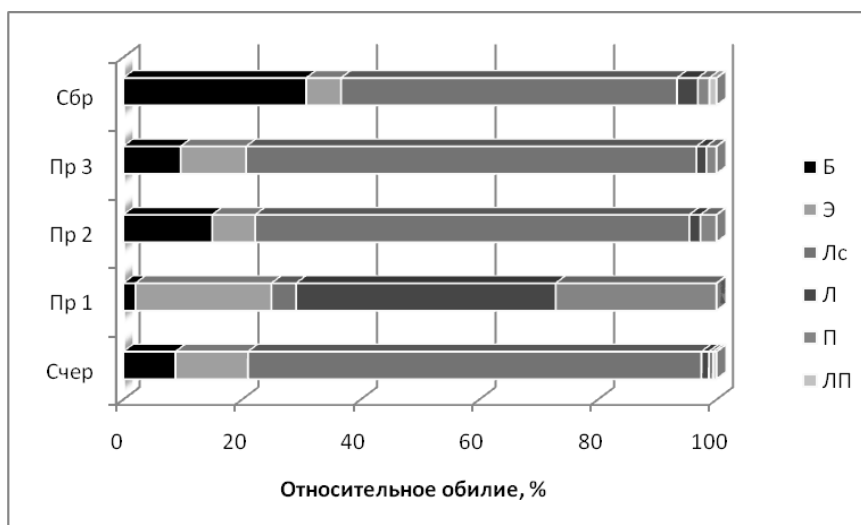
Перед выполнением статистического анализа данные были проверены на соответствие закону нормального распределения. Так как распределение данных отличалось от нормального, были использованы непараметрические методы анализа. Для оценки различий между выборками применялись критерии Краскела–Уоллиса и апостериорный тест Дана, а также при сравнении двух выборок – тест Манна–Уитни. Анализы выполнены с использованием пакета PAST 4.04 [10].

Результаты и их обсуждение. В результате исследования установлено 49 видов представителей отряда Жесткокрылые, входящих в состав 12 семейств в травяном и травяно-кустарничковом ярусах на просеках различной степени зарастания и в прилегающих исходных сосновых лесах. На просеках без сомкнутого растительного покрова в травяном ярусе выявлено 10 видов 6 семейств, на просеках с травяно-кустарничковым ярусом – 17 видов 10 семейств, на просеках с травяно-кустарничковым ярусом и с подростом и подлеском – 31 вид 8 семейств (табл. 1).

На просеках обнаружены представители 5 биотопических групп (луговая, полевая, лесная, болотная, эврибионтная), тогда как в лесах – 6 (выявлены также представители лугово-полевой группы). На просеках без сомкнутого живого напочвенного покрова установлены достоверные различия ($\chi^2=13,48$, $p=0,03$) между числом особей, принадлежащих к различным группам (рис. 1).

Число видов жесткокрылых насекомых (Insecta, Coleoptera) просек различной степени зарастания и исходных сосняков брусничных и черничных в условиях Белорусского Поозерья

Семейство	Сосняк черничный	Сосняк брусничный	Просеки		
			без сомкнутого растительного покрова	с травяно-кустарничковым ярусом	с подростом и подлеском
Scirtidae	1	1	1	1	1
Elateridae	2	2	2	1	4
Dasytidae	1	0	0	1	0
Byturidae	0	1	0	1	0
Oedemeridae	0	1	0	1	1
Cantharidae	0	0	1	0	7
Coccinellidae	4	3	2	3	3
Tenebrionidae	1	1	0	1	1
Oedemeridae	0	0	1	1	0
Cerambycidae	0	0	1	0	0
Chrysomelidae	4	5	2	4	7
Curculionidae	3	2	0	3	7
Всего видов	16	16	10	17	31



Примечание. Биотопические группы: Л – луговая, П – полевая, ЛП – лугово-полевая, Лс – лесная, Б – болотная, Э – эврибионтная

Рис. 1. Биотопическая приуроченность жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) просек (Пр 1) без сомкнутого напочвенного растительного покрова, просек со сформированным травяно-кустарничковым ярусом (Пр 2), просек с подростом и подлеском (Пр 3) и исходных сосняков брусничных (Сбр) и черничных (Счер) в условиях Белорусского Поозерья

По результатам апостериорных сравнений значимо ($p < 0,05$) преобладали луговые виды (43,75%), в числе которых *Cantharis fusca* Linnaeus, 1758, *Chrysanthia geniculata* Heyden, 1877. Высокой оказалась доля полевых (27,08%) и эврибионтных (22,92%) видов. В их числе *Agriotes lineatus* (Linnaeus, 1767), *Phyllotreta vittata* (Fabricius, 1801), *Coccinella septempunctata* Linnaeus, 1758 и др.

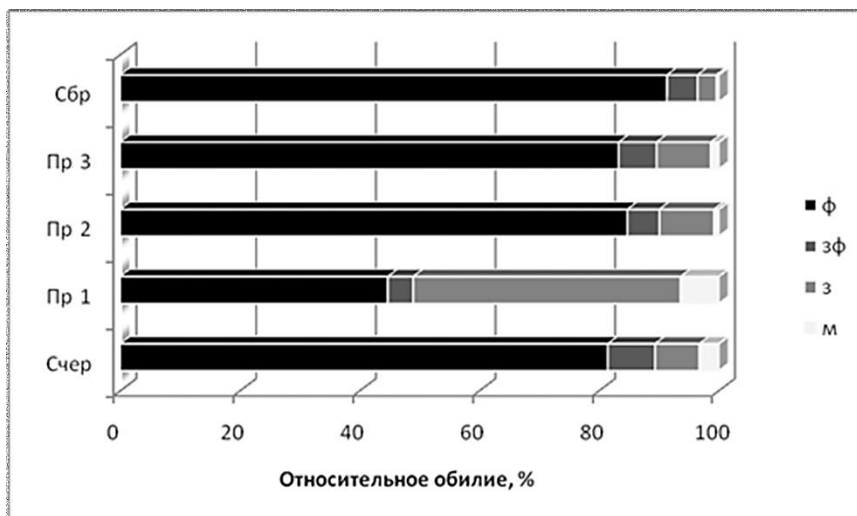
Число особей жуужелиц в группах по биотопической приуроченности на просеках с восстановленным травяно-кустарничковым ярусом имело значимые различия ($\chi^2=13,37$, $p=0,02$). Достоверно

($p < 0,05$) более высокой численностью характеризовались обитатели лесов (73,19%), среди которых *Chilocorus renipustulatus* (Scriba, 1790), *Lagria hirta* (Linnaeus, 1758), *Strophosoma capitatum* (DeGeer, 1775) и др. В то же время возросло представительство обитателей болот (15,01%) (*Cryptocephalus labiatus* (Linnaeus, 1761), *Lochmaea suturalis* (Thomson, 1866) и др.), которые оказались на втором месте.

На просеках со сформированным подростом и подлеском число особей различных биотопических групп значительно различалось ($\chi^2 = 22,5$, $p = 0,002$). Также преобладали значительно ($p < 0,05$) лесные виды (75,92%). В их числе *Phyllobius argentatus* (Linnaeus, 1758), *Luperus longicornis* (Fabricius, 1781), *Selatosomus impressus* (Fabricius, 1792) и др. Высоким было и представительство эврибионтов (11,04%) (рис. 1).

При сравнении относительного обилия жуков различных биотопических групп на просеках и в прилегающих лесах выявлено при разреженном растительном покрове преобладание обитателей открытых пространств: луговых и полевых видов. По мере зарастания просек возрастало относительное обилие лесных видов, доля которых приближалась к таковой в соседних лесах.

При анализе трофической специализации, как и в прилегающих исходных лесах, на просеках обнаружены фитофаги, зоофаги, зоофитофаги и мицетофаги. На свежеспаханных просеках выявлены значимые ($\chi^2 = 17,41$, $p = 0,002$) отличия представителей разных трофических групп. В равных долях (44,68%) преобладали зоофаги и фитофаги (рис. 2). Среди зоофагов доминировали такие виды, как *Cantharis fusca* и *Coccinella septempunctata*, среди фитофагов – *Longitarsus parvulus*, *Phyllotreta vittata* (Fabricius, 1801) и *Chrysanthia geniculata*. Доля мицетофагов (6,38%), представленных видом *Psyllophora vigintiduopunctata* (Linnaeus, 1758), а также зоофитофагов (4,26%) была значительно ниже. Формирование напочвенного растительного покрова способствовало резкому увеличению числа особей фитофагов (84,72%), среди которых преобладали *Lochmaea suturalis* (Thomson, 1866) и *Strophosoma capitatum* (DeGeer, 1775). На втором месте оказались зоофаги, доля которых составила 9,12%. Преобладающим видом среди них был *Chilocorus renipustulatus*.



Примечание. Группы по трофическим предпочтениям: з – зоофаги, ф – фитофаги, зф – зоофитофаги, м – мицетофаги

Рис. 2. Трофическая приуроченность жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) просек (Пр 1) без сомкнутого напочвенного растительного покрова, просек со сформированным травяно-кустарничковым ярусом (Пр 2), просек с подростом и подлеском (Пр 3) и исходных сосняков брусничных (Сбр) и черничных (Счер) в условиях Белорусского Поозерья

При появлении подроста и подлеска состав трофических групп значительно ($\chi^2 = 13,45$, $p = 0,011$) различался и доминирующей группой также были фитофаги (83,28%). Преобладающими видами здесь, как и на просеках с травяно-кустарничковым ярусом, были *Lochmaea suturalis* и *Strophosoma capitatum*.

Сравнение относительного обилия представителей различных трофических групп показало возрастание доли фитофагов почти вдвое при формировании напочвенного растительного покрова. Сходное соотношение трофических групп отмечено и в исходных сосняках черничных и брусничных, где подавляющее большинство составляли фитофаги (81,44–91,34%).

По широте спектра трофической приуроченности на просеках, как и в лесах, выявлены представители двух групп – олигофаги и полифаги. Монофаги не обнаружены. На свежеспаханных просеках

число особей, принадлежащих к различным группам, значимо различалось ($U=7,36$, $p=0,03$). Большинство составляли полифаги (98,73%), тогда как на просеках с травяно-кустарничковым ярусом значимо выше ($U=12,32$, $p=0,04$) была доля олигофагов (72,45%) (рис. 3). В их числе виды *Cryptocephalus labiatus* и *Lochmaea suturalis*, которые трофически ассоциированы с кустарничками рода *Vaccinium* и *Calluna vulgaris* [7]. На просеках с подростом и подлеском значимо ($U=16,12$, $p=0,001$) преобладали также олигофаги, относительное обилие которых составляло от 84,07% и более (рис. 3). Кроме вышеуказанных видов к данной группе присоединились *Phatora vulgatissima* (Linnaeus, 1758), *Luperus longicornis* (Fabricius, 1781), *Anoplus plantaris* (Naezen, 1794) и *Phyllobius argentatus* (Linnaeus, 1758), трофически связанные с растениями родов *Salix* и *Betula* [7; 8].

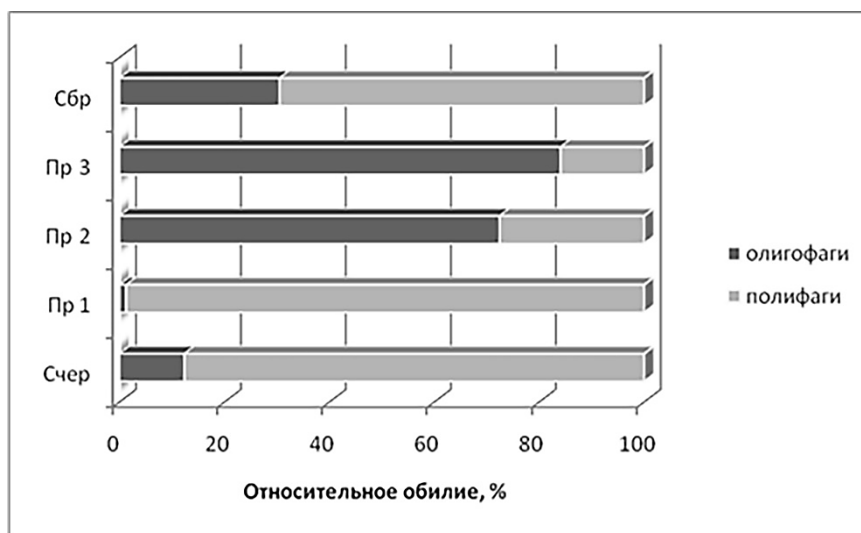


Рис. 3. Ширина спектра трофической приуроченности жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) просек без сомкнутого напочвенного растительного покрова (Пр) и исходных сосняков брусничных (Сбр) и черничных (Счер) в условиях Белорусского Поозерья

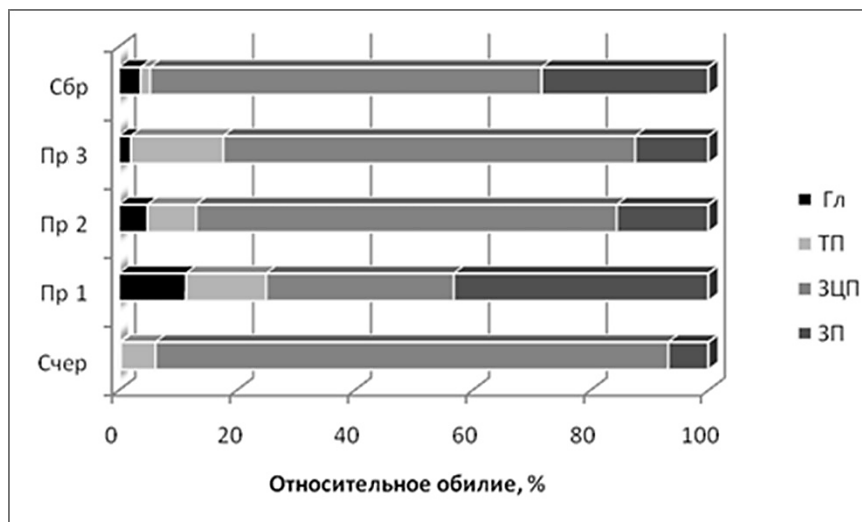
На просеках и в исходных сосновых лесах выявлены представители 10 фитобионтных групп. На свежевспаханных просеках их спектр был самым узким (4 группы) и значимо ($\chi^2=17,71$, $p=0,003$) преобладали хортобионты (76,09%). На просеках с травяно-кустарничковым ярусом ($\chi^2=13,73$, $p=0,02$) расширилось представительство хамебионтов (12,54%). Преобладали виды, топически и трофически ассоциированные с несколькими жизненными формами растений: дендротамнохамебионты (54,42%) и дендрохамехортобионты (21,65%). Сходная тенденция выявлена и на просеках с подростом и подлеском ($\chi^2=19,18$, $p=0,03$). Преобладали также дендротамнохамебионты (44,20%) и дендрохамехортобионты (28,99%). Кроме того, здесь выявлены представители всех 10 фитобионтных групп. Это обусловлено наличием здесь как трав и кустарничков, характерных для сосновых лесов, так и деревьев, таких как *Betula pubescens*, *Populus tremula*, *Quercus robur* и др., а также кустарников (*Rubus idaeus*, *R. vulgaris*, *Salix spp.*). Преобладание жесткокрылых с широким спектром приуроченности к жизненным формам растений выявлено и в исходных сосновых лесах, прилегающих к просекам (табл. 2).

Зоогеографический анализ показал, что на просеках без сомкнутого растительного покрова преобладали виды с узкими западнопалеарктическими ареалами (43,18%). На втором месте были виды с западно-центральнопалеарктическими ареалами (31,81%) (рис. 4).

На просеках со сформированным травяно-кустарничковым ярусом возросла доля западно-центральнопалеарктических видов (71,31%). Достаточно высокой оставалась доля западнопалеарктических видов (15,54%). Сходная тенденция отмечена и для исходных сосновых лесов, где доля видов с западно-центральнопалеарктическими ареалами составила от 66,39% до 86,98%, с западнопалеарктическими – от 6,79% до 28,27%. На просеках с подростом и подлеском также преобладали виды с западно-центральнопалеарктическими ареалами (69,89%). На втором месте, в отличие от прилегающих лесов, оказались виды с широкими транспалеарктическими ареалами (15,71%). Кроме того снизилась доля западнопалеарктических видов (12,37%) по сравнению с другими просеками.

**Спектр фитобионтных групп жесткокрылых насекомых (Insecta, Coleoptera)
просек различной степени зарастания и исходных сосняков брусничных и черничных
в условиях Белорусского Поозерья**

Фитобионтная группа	Сосняк черничный	Сосняк брусничный	Просеки		
			без сомкнутого растительного покрова	с травяно-кустарничковым ярусом	с подростом и подлеском
дендробионты	0,00	0,00	0,00	0,00	2,54
дендротамнобионты	0,00	0,00	0,00	0,57	1,45
дендротамнохамебионты	52,26	57,02	0,00	54,42	44,20
дендротамнохамехортобионты	5,35	2,19	0,00	0,00	0,00
дендротамнохортобионты	0,41	0,44	0,00	3,70	5,07
дендрохамехортобионты	37,24	4,39	6,52	21,65	28,99
дендрохортобионты	0,00	0,00	4,35	0,00	1,09
хамебионты	2,88	28,95	0,00	12,54	9,06
хамехортобионты	0,21	5,26	13,04	2,85	2,90
хортобионты	1,65	1,75	76,09	4,27	4,71



Примечание. Зоогеографический комплекс: Гл – голарктический, ТП – транспалеарктический, ЗЦП – западно-центральнопалеарктический, ЗП – западнопалеарктический

Рис. 4. Зоогеографическая характеристика жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) просек (Пр 1) без сомкнутого напочвенного растительного покрова, просек со сформированным травяно-кустарничковым ярусом (Пр 2), просек с подростом и подлеском (Пр 3) и исходных сосняков брусничных (Сбр) и черничных (Счер) в условиях Белорусского Поозерья

Виды с широкими ареалами характеризуются, как правило, высокой численностью особей в популяциях, тогда как более узкий ареал может способствовать риску исчезновения для различных таксонов [11]. Возрастание на просеках доли западнопалеарктических, вероятно, связано со снижением устойчивости зооценозов в периодически изменяющихся, но поддерживаемых в определенном диапазоне экологических условий просек.

Заключение. Сравнительный анализ экологической структуры ассамблей жесткокрылых просек продемонстрировал, что на начальных стадиях зарастания преобладают обитатели открытых пространств, в частности луговые виды (43,75%). Высокой долей характеризуются зоофаги (44,68%), среди которых

доминируют полифаги (98,73%) и хортобионты (76,09%), что, вероятно, обусловлено разреженным и бедным видовым составом растительности, представленной травами.

По мере зарастания просек структурная организация комплекса растительности усложняется, что, по всей видимости, приводит к возрастанию относительного обилия лесных видов (25,66–34,45%), фитофагов (83,28–84,72%), олигофагов (72,45–84,07%). Увеличивается доля видов топически и трофически ассоциированных с несколькими жизненными формами растений, наиболее широкий спектр которых выявлен на просеках с подростом и подлеском, где возрастает представительство жесткокрылых, связанных с древесной и кустарничковой растительностью. Зоогеографический анализ продемонстрировал преобладание видов с узкими западнопалеарктическими и западно-центральнопалеарктическими ареалами.

Сравнительный анализ экологической структуры ассамблей жесткокрылых просек и исходных сосновых лесов показал наибольшие отличия экологических предпочтений с просеками без сомкнутого растительного покрова. Тогда как при формировании травяно-кустарничкового яруса на просеках наблюдается сходное соотношение представителей трофических групп, где подавляющее большинство составляли фитофаги (81,44–91,34%), а также фитобионтных групп, в которых большинство составляли виды, ассоциированные с несколькими жизненными формами растений. Кроме того сходство проявилось и в преобладании видов с западно-центральнопалеарктическими ареалами (66,39–86,98%). Различия заключались в доминировании в лесах полифагов (69,50–87,64%).

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (договор № Б22-090 от 4 мая 2022 г.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гельтман, В.С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии / В.С. Гельтман. – Минск: Наука и техника, 1982. – 328 с.
2. Ловчий, Н.Ф. Кадастр типов сосновых лесов Белорусского Поозерья / Н.Ф. Ловчий, А.В. Пучило, В.Д. Гуцевич. – Минск: Беларус. навука, 2009. – 194 с.
3. ГПО Белэнерго. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energo.by>. – Дата доступа: 07.05.2022.
4. Лакотко, А.А. Вырубки линий электропередач в сосновых лесах Белорусского Поозерья как места обитания жулици (Coleoptera, Carabidae) / А.А. Лакотко, Г.Г. Сушко // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. – 2021. – № 1. – С. 15–28.
5. Berg, Å. Power-line corridors as source habitat for butterflies in forest landscapes / Å. Berg, K.-O. Bergman, J. Wissman, M. Žmihorski, E. Öckinger // Biol. Conserv. – 2016. – Vol. 201. – P. 320–326.
6. Яхонтов, В.В. Экология насекомых / В.В. Яхонтов. – М., 1964. – 460 с.
7. Лопатин, И.К. Насекомые Беларуси: листоеды (Coleoptera, Chrysomelidae) / И.К. Лопатин, О.Л. Нестерова. – Минск: Технопринт, 2005. – 318 с.
8. Coleoptera Poloniae [Electronic resource] / Information System about Beetles of Poland, 2021. – Mode of access: <http://www.coleoptera.ksib.pl>. – Date of access: 21.03.2022.
9. Городков, К.Б. Типы ареалов насекомых тундры и лесных зон Европейской части СССР / К.Б. Городков // Ареалы насекомых Европейской части СССР: Карты 179–221. – Л., 1984. – С. 3–20.
10. Hammer, Ø. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis / Ø. Hammer, D.A. Harper, & P.D. Ryan // Palaeontologia Electronica. – 2001. – No. 4. – P. 1–9.
11. Nolte, D. Functional traits drive ground beetle community structures in Central European forests: implications for conservation / D. Nolte, A. Schuldt, M. Gossner, W. Ulrich, & T. Assmann // Biological Conservation. – 2017. – No. 213. – P. 5–12.

REFERENCES

1. Geltman V.S. *Geograficheski i tipologicheski analiz lesnoi rastitelnosti Belorussii* [Geographical and Typological Analysis of Forest Vegetation in Belarus], Minsk: Nauka i tekhnika, 1982, 328 p.
2. Lovchij N.F., Puchilo A.V., Gutsevich V.D. *Kadastr tipov sosnovykh lesov Belorusskogo Poozeriya* [Cadastre of Types of Pine Forests of Belarusian Lakeland], Minsk: Belarus. navuka, 2009, 194 p.
3. *GPO Belenergo. Offitsialny sait* [GPO Belenergo. Official Site]. – Available at: <http://www.energo.by>. – Accessed: 07.05.2022.
4. Lakotko A.A., Sushko G.G. *Zhurn. Belorus. gos. un-ta. Ekologiya* [Journal of Belarusian State University Ecology], 2021, 1, pp. 15–28.
5. Berg, Å. Power-line corridors as source habitat for butterflies in forest landscapes / Å. Berg, K.-O. Bergman, J. Wissman, M. Žmihorski, E. Öckinger // Biol. Conserv. – 2016. – Vol. 201. – P. 320–326.
6. Yakhontov V.V. *Ekologiya nasekomykh* [Ecology of Insects], M., 1964, 460 p.
7. Lopatin I.K., Nesterova O.L. *Nasekomiye Belarusi: listoyedy (Coleoptera, Chrysomelidae)* [Insects of Belarus: Leaf Beetles (Coleoptera, Chrysomelidae)], Minsk: Tekhnoprint, 2005, 318 p.
8. Coleoptera Poloniae [Electronic resource] / Information System about Beetles of Poland, 2021. – Mode of access: <http://www.coleoptera.ksib.pl>. – Date of access: 21.03.2022.
9. Gorodkov K.B. *Arealy nasekomykh Yevropeiskoi chasti SSSR: Karty 179–221* [Insect Ranges of the European part of the USSR: Maps 179–221], L., 1984, pp. 3–20.
10. Hammer, Ø. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis / Ø. Hammer, D.A. Harper, & P.D. Ryan // Palaeontologia Electronica. – 2001. – No. 4. – P. 1–9.
11. Nolte, D. Functional traits drive ground beetle community structures in Central European forests: implications for conservation / D. Nolte, A. Schuldt, M. Gossner, W. Ulrich, & T. Assmann // Biological Conservation. – 2017. – No. 213. – P. 5–12.

Поступила в редакцию 27.12.2022

Адрес для корреспонденции: e-mail: gennadis@rambler.ru – Сушко Г.Г.

УДК 574:504.75.05

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГОРОДА ВИТЕБСКА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

П.А. Галкин*, В.С. Хомич**, А.Н. Галкин***

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

**Институт природопользования НАН Беларуси

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

Устойчивое развитие территорий невозможно без сохранения и преумножения человеческого капитала, который во многом определяется общественным здоровьем. Поскольку основная часть населения страны (более 70%) проживает в городах, актуальными являются исследования, направленные на изучение качественных характеристик городского населения, в частности его здоровья, а также поиск путей, способствующих его улучшению.

Цель работы – оценить влияние качества компонентов окружающей среды г. Витебска на состояние здоровья его населения.

Материал и методы. Исследования проводились на основе контент-анализа различных официально опубликованных источников информации, их систематизации и последующего логического, структурного и сравнительного анализа. Полученные результаты были подвергнуты статистической обработке с определением средних величин, их ошибок, достоверности различий между сравниваемыми величинами с помощью *t*-критерия Стьюдента. Математическая обработка данных осуществлялась с помощью программы Microsoft Excel 2013.

Результаты и их обсуждение. Проведенный анализ компонентов, формирующих уровень заболеваемости населения города, а также факторов, оказывающих наибольшее влияние на основные классы заболеваний, позволил установить статистическую достоверность зависимости заболеваемости взрослого и детского населения города от качественного состояния атмосферного воздуха и питьевой воды по болезням органов дыхания, пищеварения, крови, эндокринной, нервной, мочеполовой систем, болезням глаза, уха, кожи и подкожной клетчатки, системы кровообращения и психическим расстройствам.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости разработки и реализации комплекса мер, направленных на улучшение экологического состояния города относительно существующих проблем загрязнения атмосферного воздуха и водной среды, в том числе качества воды источников питьевого водоснабжения, озеленения территорий, благоустройства существующих лесопарков, парков, скверов и др. Это повысит качество условий проживания населения с одновременным снижением уровня негативного воздействия на природные компоненты городской среды и, как результат, здоровье населения.

Ключевые слова: городская среда, функциональные зоны, древесные насаждения, видовой состав, жизненное состояние.

INFLUENCE OF THE QUALITY OF ENVIRONMENTAL COMPONENTS OF THE CITY OF VITEBSK ON POPULATION HEALTH

P.A. Galkin*, V.S. Khomich**, A.N. Galkin***

*Education Establishment “Vitebsk State Order of Peoples Friendship Medical University”

**Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus

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

Sustainable development of territories is impossible without the preservation and enhancement of human capital, which is largely determined by public health. Since the main part of the country’s population (more than 70%) lives in cities, research aimed at studying the qualitative characteristics of the urban population, in particular its health, as well as finding ways to improve it, is relevant.

The purpose of the work is to assess the impact of the quality of the environmental components of the City of Vitebsk on the health status of its population.

Material and methods. *The research was carried out on the basis of content analysis of various officially published sources of information, their systematization and subsequent logical, structural and comparative analysis. The results of the studies were subjected to statistical processing with the identification of the average values, their errors, the significance of differences between the compared values using Student's t-test. Mathematical data processing was carried out using Microsoft Excel 2013.*

Findings and their discussion. *The analysis of the components that form the level of morbidity of the City's population, as well as the factors that have the greatest influence on the main classes of diseases, made it possible to establish the statistical significance of the dependence of the incidence of the adult and child population of the city on the quality of the atmospheric air and drinking water for respiratory diseases, digestion, blood, endocrine, nervous, genitourinary systems, diseases of the eye, ear, skin and subcutaneous tissue, circulatory system and mental disorders.*

Conclusion. *The results obtained indicate the need to develop and implement a set of measures aimed at improving the ecological state of the City in relation to the existing problems of atmospheric air and water pollution, including the quality of drinking water sources, landscaping, improvement of existing forest parks, parks, squares, etc. This will improve the quality of living conditions for the population while reducing the level of negative impact on the natural components of the urban environment and, as a result, the health of the population.*

Key words: *city environment, functional zones, tree plantations, species composition, life condition.*

Иntenсивное развитие крупных и средних городов с высоким качеством среды обитания и человеческим потенциалом является одним из приоритетов Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь [1]. Оно рассматривается как фактор устойчивого экономического роста и один из ресурсов конкурентоспособности страны. По выражению А.А. Шабуневой и Н.А. Маланичевой, «большие города приобретают функцию стимулятора новых производств, а потому они становятся принципиальным фактором фокусировки и интеграции народнохозяйственной деятельности» [2, с. 4]. По данным ООН, города обеспечивают 60% внутреннего валового продукта и 80% экономического роста [3]. Тем не менее высокая концентрация промышленного производства, транспорта, увеличение этажности зданий и плотности населения вызывают множество проблем, одной из которых является ухудшение показателей демографического развития и снижение потенциала здоровья горожан. В то же время здоровье населения – обязательное условие для благосостояния и хорошего качества жизни, а также предпосылка для устойчивого экономического роста. По этой причине исследования, направленные на изучение качественных характеристик городского населения, в частности его здоровья, в настоящее время весьма актуальны.

Материал и методы. Для изучения влияния качества компонентов окружающей среды города на состояние здоровья населения нами выбран г. Витебск, располагающий высоким промышленно-энергетическим потенциалом, разветвленной транспортной сетью и коммунальным хозяйством и оказывающий значительное воздействие на формирующую его природную окружающую среду. В результате суммарного наложения различного рода воздействий на территории города сложился уникальный тип геоэкологической системы, где природная среда подвергается интенсивной техногенной трансформации. При этом основной вклад в формирование геоэкологической обстановки вносят физическое и химическое загрязнения.

Глубокие изменения в социально-экономической жизни населения города, загрязнение отдельных компонентов природной среды обусловили в целом неблагоприятную медико-демографическую ситуацию – с 1994 г. демографическое развитие Витебска характеризуется отрицательным естественным приростом (убылью) – депопуляцией, обусловленной превышением смертности над рождаемостью, за исключением 2012, 2014–2016 гг., когда рождаемость превысила смертность. С 1997 г. численность лиц пенсионного возраста имеет выраженную тенденцию к росту, в то время как детского населения (0–14 лет) снижается. Начиная с 2001 г. население старше трудоспособного возраста стала превышать численность детского населения [4; 5]. С указанного же периода отмечается рост удельного веса трудоспособного населения. Это, по всей вероятности, связано с тем, что трудоспособного возраста достигло поколение, родившееся в 1980-е годы, когда регистрировалась наибольшая рождаемость [4, с. 16]. Согласно международным критериям, население Витебска считается старым, поскольку доля людей старше трудоспособного возраста в городе составляет около 23% (20,0% в 2008 г., 22,6% в 2014 г., 23,0% в 2016 г., 23,9% в 2019 г.), то есть превышает международный стандарт (7%) более чем в три раза [4–8]. Практически общий прирост–убыль населения за 2001–2019 гг.

обусловлен исключительно увеличением миграционного прироста, который в современных условиях все больше стал играть ведущую роль.

Изучение состояния здоровья населения Витебска осуществлялось с использованием показателей распространенности заболеваемости [4–8], которые учитывают как вновь выявленные, так и перешедшие с прошлых лет болезни, а также отражают динамику увеличения людей с хроническими заболеваниями в здоровой популяции населения.

За период с 2001 по 2019 г. в Витебске наблюдалась тенденция снижения значений показателя общей заболеваемости взрослого населения – с 1317,2 (в 2001 г.) до 1086,7 на 1000 населения (в 2019 г.), причем до 2005 г. она располагала небольшим увеличением, а в 2015 г. достигла максимума за весь рассматриваемый период – 1638,5 на 1000 населения (рис.). В то же время показатель общей заболеваемости детей, несмотря на некоторый спад в отдельные годы, в целом на протяжении всего анализируемого периода имел тенденцию к значительному росту.

Согласно анализу статистических данных [4–8] в структуру заболеваемости взрослого населения Витебска основной вклад вносят болезни органов дыхания, кровообращения и мочеполовой системы. На их долю приходится более 57% всех случаев заболеваний. 29% в общей заболеваемости взрослого населения занимают болезни глаза, органов пищеварения, эндокринной и костно-мышечной систем, на остальные заболевания (10 классов заболеваний из 17) приходится порядка 14%.

В структуре общей заболеваемости детского населения лидирующую позицию занимают болезни органов дыхания – на их долю приходится в среднем 80,2% от всего количества классов заболеваний.

На втором месте – инфекционные и паразитарные болезни, занимающие в среднем 4,6% в структуре общей детской заболеваемости. При этом следует заметить, что показатель данной группы заболеваний за период с 2001 г. по 2016 г. значительно сократился (более чем в 2,5 раза).

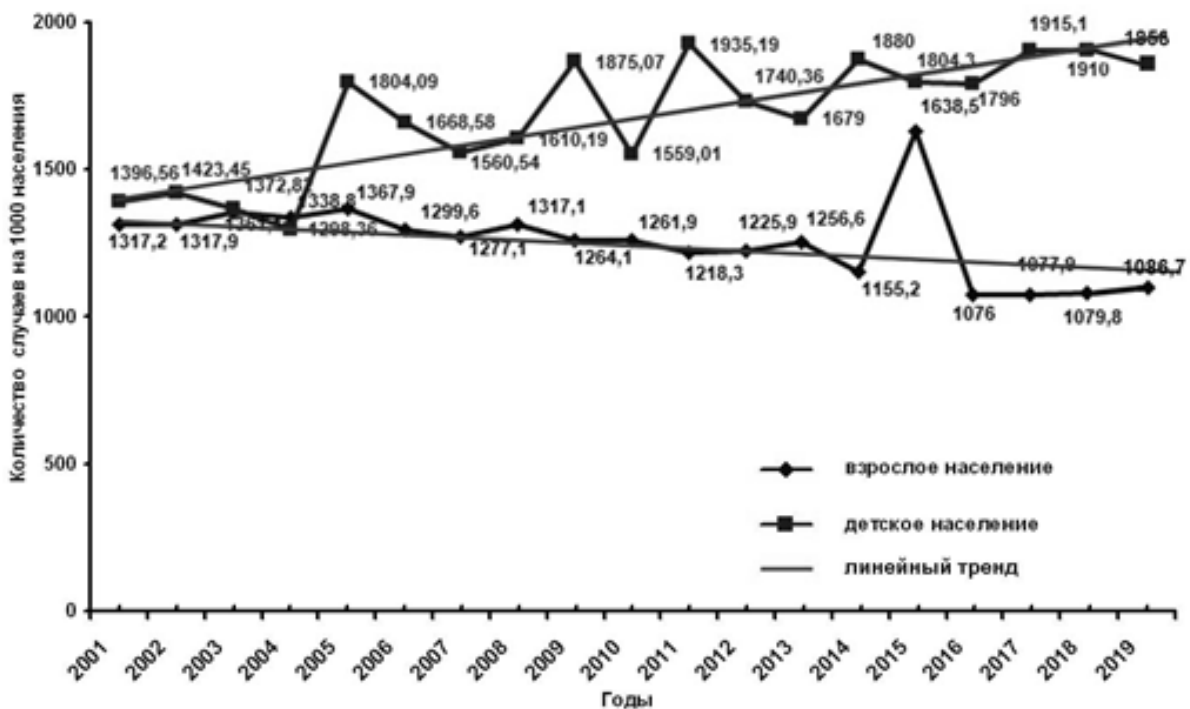


Рис. Динамика общей заболеваемости взрослого и детского населения Витебска за период с 2001 по 2019 г. [9]

Третью позицию в структуре общей заболеваемости детей занимают болезни глаза и его придаточного аппарата – в среднем 2,7% от всего количества классов заболеваний. На остальные классы заболеваний (12 из 15) детского населения приходится менее 13%.

Большой интерес представляют статистическое исследование и оценка компонентов, формирующих уровень заболеваемости населения, и того, какие из факторов оказывают наиболее

существенное влияние на основные классы заболеваний. В качестве объекта изучения нами рассматривалось взрослое и детское население города как непосредственные участники формирования общественного здоровья. Исследования проводились на основе контент-анализа различных источников информации (официальных информационно-аналитических бюллетеней Витебского зонального центра гигиены и эпидемиологии и отдела здравоохранения горисполкома (ВЗЦГиЭ), научных статей и др.), их систематизации и последующего логического, структурного и сравнительного анализа. Для характеристики параметров здоровья населения использовался удельный вес различных классов заболеваний взрослого и детского населения от общего числа заболеваемости (табл. 1, 2), а за параметры состояния окружающей среды принимались кратность превышения основных загрязнителей атмосферного воздуха и удельный вес проб питьевой воды, не соответствующих качеству (табл. 3). При этом в статистический расчет нами не принимались инфекционные и паразитарные болезни, возбудителями которых являются биоорганизмы, а также симптомы, признаки, травмы и отравления, относящиеся, главным образом, к физиологическим состояниям вне контекста болезней.

Результаты исследований были подвергнуты статистической обработке с определением средних величин, их ошибок, достоверности различий между сравниваемыми величинами с помощью *t*-критерия Стьюдента. Математическая обработка данных проводилась с помощью программы Microsoft Excel 2013.

Результаты и их обсуждение. Полученные данные свидетельствуют о том, что увеличение числа болезней крови у взрослого населения города связано с качеством питьевой воды (высокий удельный вес проб, несоответствующих санитарно-гигиеническим нормативам по основным показателям – $r=0,64$ при $p \leq 0,05$ – *здесь и далее*). При этом для детского населения на указанный класс болезней большее влияние оказывают повышенное содержание фенола в атмосферном воздухе ($r=0,79$) и увеличение ИЗА ($r=0,68$).

Связь болезней эндокринной системы населения с параметрами качества компонентов окружающей среды установлена лишь у детей. Существует значимая корреляционная связь между данным классом заболеваемости и превышением ПДКсс в воздухе фенола ($r=0,69$), а также высоким ИЗА ($r=0,70$).

Связь психических расстройств и болезней нервной системы населения, как и эндокринных заболеваний, с параметрами качества природных компонентов обнаружена только у детского населения. В частности, установлено, что на рост указанных заболеваний детей оказывают существенное влияние превышение ПДКсс в атмосферном воздухе фенола ($r=0,69$ и $r=0,69$) и ИЗА ($r=0,68$ и $r=0,61$), а на болезни нервной системы еще и формальдегид ($r=0,61$).

Определенный интерес заслуживает установление связей болезней глаза и уха у населения города с качественными показателями компонентов окружающей среды. В частности, выявлено, что на болезни глаза взрослых сильное влияние оказывает превышение ПДКсс в атмосферном воздухе фенола ($r=0,70$).

Подобная ситуация наблюдается и в отношении болезней уха. Так, для взрослого населения рост числа ушных болезней зависит от превышения ПДКсс в воздухе фенола ($r=0,73$) и высокого значения ИЗА ($r=0,61$). Для детей же на данные классы заболеваний каких-либо зависимостей не установлено.

Для болезней системы кровообращения и мочеполовой системы городского населения связь с параметрами качества компонентов окружающей среды выявлена только у детей. Существует сильная и средняя корреляционная связь между данными классами заболеваний и превышением содержания в атмосферном воздухе фенола ($r=0,85$ и $r=0,68$) и высоким ИЗА ($r=0,71$ и $r=0,58$). Кроме этого, на болезни мочеполовой системы детей среднее влияние оказывает и несоответствие качеству питьевой воды по железу ($r=0,63$).

Связь болезней органов дыхания населения с параметрами качества компонентов среды установлена лишь у взрослых. Наблюдается сильная корреляционная связь между данным классом заболеваний взрослого населения и повышенным содержанием формальдегида в атмосферном воздухе ($r=0,73$), а также средняя значимая связь между данным классом заболеваний и превышением ПДКсс в воздухе твердых частиц ($r=0,57$).

Таблица 1

Удельный вес классов болезней в общей заболеваемости взрослого населения города (по [4–8])

Год	Инфекционные и паразитарные болезни	Новообразования	Болезни крови	Болезни эндокринной системы	Психические расстройства	Болезни нервной системы	Болезни глаза и его придаточного аппарата	Болезни уха и его сосцевидного отростка	Болезни системы кровообращения	Болезни мочеполовой системы	Болезни органов дыхания	Болезни органов пищеварения	Болезни костно-мышечной системы	Симптомы, признаки
2001	1,42	1,96	0,36	4,32	1,91	12,27	22,61	8,18	25,91	7,30	1,58	0,09	5,43	0,00
2002	1,21	1,92	0,36	4,58	1,53	13,41	22,58	8,51	25,14	7,53	1,44	0,08	5,17	0,05
2003	1,33	2,11	0,35	4,69	1,32	13,89	21,73	9,07	24,8	7,26	1,45	0,04	5,28	0,04
2004	1,45	2,13	0,33	4,67	1,43	10,1	20,78	9,02	25,93	6,95	1,36	0,05	5,19	0,04
2005	1,40	2,27	0,28	4,96	1,25	9,65	21,79	8,42	26,24	6,61	1,41	0,05	5,10	0,06
2006	1,38	2,42	0,24	5,37	1,03	9,92	20,88	8,42	26,7	6,74	1,36	0,04	4,76	0,05
2007	1,32	2,44	0,27	5,75	1,12	9,30	21,44	8,83	26,38	6,68	1,38	0,04	4,38	0,06
2008	1,47	2,02	0,37	4,47	1,98	7,75	23,35	8,42	26,75	7,53	1,63	0,06	4,40	0,06
2009	1,36	1,94	0,23	6,52	1,06	6,82	22,57	8,36	29,86	6,72	1,44	0,06	3,56	0,06
2010	1,38	2,12	0,24	7,08	1,21	7,01	23,32	8,80	27,53	6,90	1,07	0,06	3,93	0,05
2011	1,24	2,01	0,26	7,13	1,12	7,01	23,35	8,20	28,71	7,00	1,10	0,06	3,78	0,04
2012	1,41	2,22	0,29	7,75	1,41	8,53	24,14	9,64	22,65	7,23	1,06	0,05	3,76	0,06
2013	1,39	2,32	0,30	8,05	1,43	9,14	22,70	10,06	23,59	7,10	1,03	0,06	3,41	0,06
2014	1,41	2,41	0,33	8,75	1,39	8,03	23,74	11,22	20,75	7,43	1,10	0,06	3,58	0,09
2015	1,46	2,45	0,35	9,25	1,64	7,93	23,38	11,26	21,33	7,36	1,07	0,09	3,10	0,06
2016	0,70	1,10	0,37	10,38	0,56	8,57	25,49	7,01	22,42	7,89	1,13	0,10	3,71	0,12

Таблица 2

Удельный вес классов болезней в общей заболеваемости детского населения города (по [4–8])

Год	Инфекционные и паразитарные болезни	Новообразования	Болезни крови	Болезни эндокринной системы	Психические расстройства	Болезни нервной системы	Болезни глаза и его придаточного аппарата	Болезни уха и его сосцевидного отростка	Болезни системы кровообращения	Болезни мочеполовой системы	Болезни органов дыхания	Болезни органов пищеварения	Болезни кожи и подкожной клетчатки	Врожденные аномалии	Травмы, отравления
2001	9,56	0,23	0,60	0,77	1,29	-	-	-	0,85	1,60	76,35	3,63	1,94	0,76	2,42
2002	8,84	0,23	0,54	0,68	1,41	-	-	-	0,97	1,36	77,23	2,65	2,01	0,85	3,23
2003	8,18	0,2	0,56	0,67	2,14	-	-	-	0,96	1,26	76,51	2,94	2,84	0,88	2,86
2004	8,83	0,21	0,60	0,87	1,81	-	-	-	1,03	1,07	76,01	2,90	3,09	1,05	2,53
2005	5,78	0,15	0,57	1,09	1,04	1,91	2,88	2,02	0,80	1,02	74,48	2,24	2,54	1,03	2,45
2006	5,05	0,16	0,44	0,83	1,13	2,11	2,73	2,14	0,81	1,36	75,50	2,23	2,40	1,14	1,97
2007	6,46	0,20	0,45	0,80	1,15	2,00	3,1	2,38	0,61	0,87	73,33	2,21	3,03	1,27	2,14
2008	4,84	0,17	0,32	0,91	0,95	1,64	3,00	2,33	0,52	0,85	76,93	1,54	2,41	1,15	2,44
2009	4,50	0,16	0,33	0,64	0,8	1,23	2,73	2,69	0,36	0,79	79,53	1,28	2,17	1,05	1,74
2010	4,32	0,04	0,20	0,17	0,25	0,37	1,91	3,18	0,17	0,20	84,70	0,53	1,72	0,25	1,99
2011	4,30	0,18	0,26	0,56	0,62	0,79	2,72	2,42	0,32	0,69	81,88	1,12	1,33	1,28	1,53
2012	4,19	0,22	0,40	0,64	0,32	0,90	2,72	2,52	0,32	0,86	81,11	1,31	1,40	1,52	1,57
2013	3,91	0,06	0,24	0,15	0,05	0,51	1,24	2,5	0,05	0,28	87,50	0,27	1,29	0,21	1,74
2014	4,76	0,13	0,40	0,52	0,25	0,77	2,87	2,91	0,29	0,05	83,00	1,08	0,06	1,36	1,55
2015	3,90	0,12	0,45	0,42	0,28	0,70	3,11	2,63	0,29	0,80	82,70	0,87	1,32	1,28	1,13
2016	3,90	0,12	0,41	0,49	0,23	0,70	3,09	2,60	0,25	0,68	82,90	0,90	1,31	1,30	1,12

Таблица 3

Данные по компонентам окружающей среды, формирующим уровни заболеваемости населения города (по [4–8])

Год	Кратность превышения ПДК _{сс} загрязняющих веществ в атмосферном воздухе							Индекс загрязнения атмосферы	Удельный вес проб питьевой воды, несоответствующих санитарно-гигиеническим нормативам				
	Твердых частиц	Аммиака	Диоксида азота	Оксида углерода	Фенола	Формальдегида	По всем показателям		Орнотлетич. свойствам	Железу	Жесткости	Марганцу	
2001	0,70	0,50	0,20	0,49	0,60	2,03	5,15	71,60	2,50	67,90	0,00	0,00	
2002	0,73	1,08	0,20	0,39	0,60	2,27	6,05	72,07	0,00	72,07	0,00	0,00	
2003	0,66	0,88	0,25	0,32	0,53	2,53	6,21	72,87	0,00	72,87	0,00	8,53	
2004	0,24	0,83	0,28	0,24	0,63	2,77	5,79	44,17	29,25	58,00	7,60	5,46	
2005	0,56	0,45	0,39	0,27	0,93	4,87	10,20	24,36	5,12	73,08	41,03	0,00	
2006	0,73	0,48	0,39	0,35	0,60	4,33	4,05	28,74	28,74	75,34	1,31	9,72	
2007	0,65	0,50	0,38	0,35	0,26	4,40	3,74	70,39	61,69	77,65	3,61	11,24	
2008	0,82	0,59	0,51	0,33	0,23	4,51	3,90	65,49	54,55	68,66	5,70	15,74	
2009	0,79	0,52	0,47	0,29	0,19	3,89	3,48	21,23	21,23	50,00	11,22	9,88	
2010	0,77	0,64	0,39	0,30	0,18	4,32	3,49	49,15	44,92	57,43	2,15	2,35	
2011	0,77	0,62	0,36	0,23	0,16	3,53	2,42	45,13	51,52	62,03	0,00	10,47	
2012	0,75	0,00	0,35	0,20	0,17	0,76	2,26	43,33	35,71	55,49	3,17	10,88	
2013	0,75	0,73	0,35	0,23	0,17	0,00	1,50	28,28	22,20	36,11	2,30	5,26	
2014	0,35	0,69	0,40	0,20	0,23	0,00	1,78	27,59	21,84	29,63	10,53	0,00	
2015	0,40	0,40	0,25	0,75	0,20	2,00	2,30	48,89	17,78	59,46	0,00	0,00	
2016	0,40	0,33	0,37	0,20	0,20	3,03	2,77	88,20	17,60	88,20	0,00	0,00	

Неоднозначна связь болезней органов пищеварения, кожи и подкожной клетчатки у взрослого и детского населения с качественными показателями атмосферного воздуха и питьевой воды. Так, например, выявлено, что у взрослых уровень заболеваемости органов пищеварения зависит от высокого удельного веса проб питьевой воды, несоответствующих санитарно-гигиеническим нормативам по основным показателям ($r=0,61$), в то время как у детей на данный класс болезней существенно влияют превышение ПДКсс в атмосферном воздухе фенола ($r=0,77$) и высокое значение ИЗА ($r=0,68$).

На болезни кожи и подкожной клетчатки городского населения значимое влияние оказывают превышение ПДКсс в воздухе фенола и высокий ИЗА ($r=0,57$ и $r=0,62$ для взрослого населения; $r=0,54$ и $r=0,64$ для детей). Кроме того, существует связь между кожными болезнями у детского населения и загрязнением воздуха формальдегидом ($r=0,64$), а также превышением нормативного содержания железа в питьевой воде ($r=0,57$).

Заключение. Статистическое изучение и оценка компонентов окружающей среды, формирующих уровень заболеваемости населения города, а также факторов, оказывающих наибольшее влияние на основные классы заболеваний, показали, что в структуре болезней взрослого населения существует сильная корреляционная связь между глазными и ушными болезнями и превышением ПДКсс фенола в атмосферном воздухе; болезнями органов дыхания и повышенным содержанием в воздухе формальдегида. Установлена также средняя значимая связь между болезнями крови и органов пищеварения и высоким удельным весом проб питьевой воды, несоответствующих санитарно-гигиеническим нормам по основным показателям; кожными болезнями и превышением содержания в атмосферном воздухе фенола и высоким ИЗА.

В отличие от взрослого населения связь основных классов заболеваний детей от показателей качества компонентов природной среды носит несколько иной характер. Так, сильная корреляционная связь прослеживается между болезнями крови, эндокринной системы, систем кровообращения и пищеварения и превышением ПДКсс в атмосферном воздухе фенола и увеличением ИЗА; заболеваниями нервной системы, глаза и уха и повышенным содержанием в воздухе диоксида азота, кожными заболеваниями и загрязнением почв нитратами. Существует средняя корреляционная связь между психическими расстройствами, болезнями кожи и мочеполовой системы и высокими показателями содержания в атмосферном воздухе фенола и ИЗА; болезнями кожи и мочеполовой системы и повышенным содержанием железа в питьевой воде, а также болезнями глаза и уха и высоким удельным весом проб питьевой воды, несоответствующих санитарно-гигиеническим нормативам по органолептическим свойствам.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости скорейшей разработки и реализации комплекса природоохранных мероприятий, направленных на улучшение экологического состояния города относительно существующих проблем загрязнения атмосферного воздуха и водной среды, в том числе качества воды источников питьевого водоснабжения, озеленения территорий, благоустройства существующих лесопарков, парков, скверов и др. Это позволит повысить качество условий проживания населения с одновременным снижением уровня негативного воздействия на природные компоненты городской среды и, как результат, здоровье населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. [Электронный ресурс] // Республиканский совет ректоров учреждений высшего образования. – Минск, 2022. – Режим доступа: <http://srrb.niks.by/wp-content/uploads/2019/12/program.pdf>. – Дата доступа: 01.12.2022.
2. Шабунова, А.А. Здоровье населения в крупных городах: тенденции и особенности: препринт / А.А. Шабунова, Н.А. Маланичева. – Вологда: ИСЭРТ РАН, 2012. – 96 с.
3. Бреннер, А. С ростом урбанизации множатся проблемы жителей городов [Электронный ресурс] / А. Бреннер. – Режим доступа: <http://www.dw-world.de/dw/article/0,,5401848,00.html>. – Дата доступа: 02.12.2022.
4. Здоровье населения и окружающая среда города Витебска и Витебского района в 2001–2008 гг.: информ.-аналитич. бюллетень / Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии; редкол.: В.А. Синкевич [и др.]. – Витебск, 2009. – 95 с.
5. Здоровье населения и окружающая среда города Витебска и Витебского района в 2006–2016 гг.: информ.-аналитич. бюллетень / Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии; редкол.: Н.Я. Красовский [и др.]. – Витебск, 2017. – 90 с.
6. Здоровье населения и окружающая среда города Витебска и Витебского района в 2004–2014 гг.: информ.-аналитич. бюллетень / Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии; редкол.: Н.Я. Красовский [и др.]. – Витебск, 2015. – 106 с.
7. Здоровье населения и окружающая среда города Витебска и Витебского района в 2005–2015 гг.: информ.-аналитич. бюллетень / Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии; редкол.: Н.Я. Красовский [и др.]. – Витебск, 2016. – 102 с.

8. Здоровье населения и окружающая среда г. Витебска и Витебского района: мониторинг достижения Целей устойчивого развития: информ.-аналитич. бюллетень / Витебский зональный центр гигиены и эпидемиологии; редкол.: Н.Я. Красовский [и др.]. – Витебск, 2020. – 147 с.
9. Галкин, П.А. Состояние здоровья населения Витебска [Электронный ресурс] / П.А. Галкин, А.Д. Зубов // Молодость. Интеллект. Инициатива: материалы X Междунар. науч.-практ. конф. студ. и магистрантов, Витебск, 22 апр. 2022 г. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: Е.Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2022. – С. 36–38. – Режим доступа: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/32669>. – Дата доступа: 01.12.2022.

REFERENCES

1. *Natsionalnaya strategiya ustoychivogo sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Belarus na period do 2030 g.* [National strategy for sustainable socio-economic development of the Republic of Belarus for the period up to 2030], *Respublikanskiy sovet rektorov uchrezhdeniy vysshego obrazovaniya* [Republican Council of Rectors of Higher Education Institution], Minsk, 2022. Available at: <http://srrb.niks.by/wp-content/uploads/2019/12/program.pdf> (Accessed 01 December 2022).
2. Shabunova A.A., Malanicheva N.A. *Zdorovye naseleniya v krupnykh gorodakh: tendentsii i osobennosti: preprint* [Population health in large cities: trends and features: preprint], Vologda: ISEDT RAS, 2012, 96 p.
3. Brenner A. *S rostom urbanizatsii mnozhatsya problemy zhiteley gorodov* [With the growth of urbanization, the problems of urban residents are multiplying]. Available at: <http://www.dw-world.de/dw/article/0,,5401848,00.html> (Accessed 02 December 2022).
4. Sinkevich V.A., Kolobov A.V., Krasovsky N.Ya., Sinkevich S.S., Shparkovich T.M., Krasko N.I., Schemeleva V.V., Vakula A.V., Lokteva T.I., Kornyakova N.V., Zuev A.N. *Zdorovye naseleniya i okruzhayushchaya sreda goroda Vitebska i Vitebskogo rayona v 2001–2008 gg.: inform.-analitich. buleten* [Health of the population and the environment of the City of Vitebsk and Vitebsk District in 2001–2008: information and analytical bulletin], Vitebsk, 2009, 95 p.
5. Krasovsky N.Ya., Peredkov A.V., Prokopovich E.E., Sinkevich S.S., Kornyakova N.V., Krasovskaya G.P., Ragozik A.A., Zuev A.N. *Zdorovye naseleniya i okruzhayushchaya sreda goroda Vitebska i Vitebskogo rayona v 2006–2016 gg.: inform.-analitich. buleten* [Health of the population and the environment of the City of Vitebsk and Vitebsk District in 2006–2016: information and analytical bulletin], Vitebsk, 2017, 90 p.
6. Krasovsky N.Ya., Peredkov A.V., Prokopovich E.E., Sinkevich S.S., Kornyakova N.V., Krasovskaya G.P., Ragozik A.A., Zuev A.N. *Zdorovye naseleniya i okruzhayushchaya sreda goroda Vitebska i Vitebskogo rayona v 2004–2014 gg.: inform.-analitich. buleten* [Health of the population and the environment of the City of Vitebsk and Vitebsk District in 2004–2014: information and analytical bulletin], Vitebsk, 2015, 106 p.
7. Krasovsky N.Ya., Peredkov A.V., Prokopovich E.E., Sinkevich S.S., Kornyakova N.V., Krasovskaya G.P., Shparkovich T.M., Zuev A.N. *Zdorovye naseleniya i okruzhayushchaya sreda goroda Vitebska i Vitebskogo rayona v 2005–2015 gg.: inform.-analitich. buleten* [Health of the population and the environment of the City of Vitebsk and Vitebsk District in 2005–2015: information and analytical bulletin], Vitebsk, 2016, 102 p.
8. Krasovsky N.Ya., Peredkov A.V., Prokopovich E.E., Sinkevich S.S., Kornyakova N.V., Krasovskaya G.P., Ragozik A.A., Zuev A.N. *Zdorovye naseleniya i okruzhayushchaya sreda g. Vitebska i Vitebskogo rayona: monitoring dostizheniya tseley ustoychivogo razvitiya: inform.-analiticheskiy buleten* [Health of the population and the environment of Vitebsk and Vitebsk District: monitoring the achievement of the Sustainable Development Goals: information and analytical bulletin], Vitebsk, 2020, 147 p.
9. Galkin P.A., Zubov A.D. *Molodost. Intellekt. Initsiativa: mater. X mezhdunar. nauch.-prakt. konf. stud. i magistrantov, Vitebsk, 22 aprelya 2022 g.* [Youth. Intelligence. Initiative: Proceedings of the 10th international scientific-practical conf. of students and undergraduates, Vitebsk, April 22, 2022], Vitebsk, 2022, p. 36–38. URL: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/32669> (Accessed 05 December 2022).

Поступила в редакцию 24.02.2023

Адрес для корреспонденции: e-mail: galkin-pasha@yandex.ru – Галкин П.А.

ХАРАКТЕРИСТИКА ИНВАЗИИ БОРЩЕВИКА В МИОРСКОМ РАЙОНЕ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю.И. Высоцкий

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

Статья содержит сведения о произрастании борщевика в Миорском районе Витебской области, описываются очаги инвазии и характеризуется распространение колоний борщевика.

Целью работы является изучение инвазии борщевика на территории района, характеристика очагов инвазии и отдельных колоний, создание ГИС и карты распространения борщевика, оценка угрозы дальнейшего распространения инвазии.

Материал и методы. *Материалом послужили популяции гигантских борщевиков, обнаруженные в Миорском районе. Эколого-флористические исследования осуществлялись детально-маршрутным методом с использованием GPS-навигации, обработка и анализ результатов полевых исследований проводились с применением ГИС-технологий и ГИС-картографирования.*

Результаты и их обсуждение. *В программе OziExplorer созданы картографическая база данных произрастания борщевика и ГИС в программе MapInfo, произведен ГИС-анализ распространения борщевика и распределения по типам земель и землепользователям, описано состояние обследованных очагов инвазии.*

В ходе инвентаризации мест произрастания борщевика зафиксированы GPS-координаты 2969 популяций общей площадью 127,1 га, образующих 155 колоний (метапопуляций) борщевика.

В Миорском районе основная площадь зарослей борщевика приходится на луговые земли – 35,44%, второе место – на закустаренные земли (14,1%), третье – на хозяйственные дворы с/х предприятий (11,71%). Далее располагаются земли поселений – 11,43%, пахотнопригодные заброшенные земли – 9,99%, неиспользуемые земли – 8,55%, мелиоративные каналы – 4,7%.

Оценена угроза распространения борщевика по территории района. За 10 лет в Миорском районе количество мест произрастания возросло в 19,5 раза (с 152 до 2969), площадь – в 3,34 раза (с 38 га до 127,1 га). Он отнесен к районам с очень высокой угрозой распространения инвазии (оценка 5). Борщевик обсеменяется и быстро расселяется по неудобьям, оврагам и поймам ручьев. В ближайшие годы площадь инвазии может возрасти до 22,5%.

Заключение. *К сожалению, значительных успехов в борьбе с борщевиком на территории Миорского района не достигнуто.*

Ключевые слова: *борщевик, ГИС, инвазия, инвентаризация, карта распространения, колонии борщевика, локус, места произрастания, очаги инвазии, центры инвазии.*

FEATURES OF HOGWEED INVASION IN VITEBSK REGION MIORY DISTRICT

Yu.I. Vysotski

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

The article contains data on hogweed growth in Miory District of Vitebsk Region; Sources of invasion are described and the spread of hogweed colonies is characterized.

The purpose of the paper is a study of hogweed invasion on the territory of the District, characteristic of the sources of invasion and individual colonies; creation of an e-map of hogweed spread, evaluation of the threat of the further spread of the invasion.

Material and methods. *The material was populations of gigantic hogweed found in Miory District. Environmental and floristic studies were conducted by the detail and route method using GPS navigation; processing and analysis of field research findings was conducted using information technologies and e-mapping.*

Findings and their discussion. *An OziExplorer cartography base of hogweed growth was created as well as a MapInfo map, e-analysis of hogweed dispersion and the distribution according to land types and land users was made; the state of the studied sources of invasion was described.*

During the inventory of areas of hogweed growth GPS coordinates were fixed of 2969 populations on the area of 127,1 hectares which make up 155 hogweed colonies (metapopulations).

The biggest area of hogweed thickets in Miory District is on meadows (35,44%), a second place is taken by bushlands (14,1%), a third – by yards of agricultural enterprises (11,71%). Further go settlement areas – 11,43%, unused arable land – 9,99%, unused land – 8,55%, amelioration canals – 4,7%.

The threat of hogweed spread over the District territory was assessed. Over the 10 years the number of areas of hogweed growth in Miory District increased 19,5 times (from 152 to 2969), the area – 3,34 times (from 38 hectares to 127,1 hectares). The District is considered to be the one with very high threat of hogweed invasion spread (rank 5). Hogweed inhabits unused land, ravines, floodplains very fast. In the near future the invasion area can increase up to 22,5%.

Conclusion. Unfortunately, no success has been made in fighting hogweed in Miory District.

Key words: hogweed, information systems, invasion, inventory, the distribution map, hogweed colonies, locus, areas of growth, invasion sources, invasion centers.

С 1955 по 1980 год Центральным ботаническим садом АН БССР велась работа по интродукционному испытанию новых кормовых растений. Наиболее перспективными для введения в сельхозпосевы считались интродуцированные виды борщевиков и их гибриды. Несмотря на большие достоинства борщевика как кормовой культуры, ученые отмечали и опасности, которые таила в себе новая агрокультура (изменение свойств молока и мяса, увеличение случаев выкидышей у коров, бесплодие, спонтанное саморасселение борщевика и засорение полей) [1–3].

Экономический кризис 90-х годов прошлого столетия нарушил нормальную работу многих сельхозпредприятий в странах бывшего СССР, появились большие площади залежных и заброшенных земель. Благодаря своей способности к распространению самосевом борщевик начал интенсивно расселяться на землях сельскохозяйственных предприятий, вокруг ферм и в зонах отчуждения дорог. К началу 2000-х годов борщевик из нового кормового растения превратился в агрессивный инвазивный сорняк, опасный для человека и природы [3; 4].

Витебская область оказалась самой засоренной борщевиком. Необходимо было провести инвентаризацию всех мест произрастания чужеродных борщевиков и оценить современное состояние инвазии. Изучение современного масштаба инвазии борщевика Сосновского и близкородственных ему видов гигантских борщевиков на территории Витебской области проведено в рамках ГПНИ на 2016–2020 гг. «Природопользование и экология», п/п 2 «Биоразнообразие, биоресурсы, экология», комплексное задание 2.05 «Оценка угроз и разработка системы рисков от внедрения инвазивных видов в нативные сообщества как элемент экологической безопасности Республики Беларусь».

В 2019–2020 гг. в ВГУ имени П.М. Машерова была выполнена НИР «Оценка угроз распространения инвазивных видов бальзамин, борщевик, золотарник на территории северных и западных районов Витебской области, молекулярно-генетическое изучение их таксономического состава». Обследование Миорского района проведено в 2019 году.

Материал и методы. Материалом являлись очаги инвазии и популяции борщевика, обнаруженные на территории Миорского района. При разработке маршрутов полевых исследований были использованы данные Витебского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды о местах произрастания борщевика. Изучение проводилось детально-маршрутным методом с применением GPS-навигации. При обследовании локальных популяций борщевика прибором спутниковой навигации *GARMIN 60 CXS* зафиксированы GPS-координаты и контуры локалитетов. Впоследствии GPS-данные передавались в специальные картографические программы *OziExplorer* и *MapInfo*. Дальнейшая обработка результатов полевых работ осуществлялась с использованием ГИС-технологий и ГИС-картографирования. Изучение и анализ пространственного распределения инвазии производилось по аэрофотоснимкам (ортофотопланам) Геопортала «Проектный институт Белгипрозем» на основе Земельно-информационной системы Республики Беларусь (ЗИС РБ).

Результаты и их обсуждение. В 2016 году при выполнении НИР по изучению распространения инвазии борщевика нами была разработана градация состояния борщевика и лугового фитоценоза для описания колоний борщевика и очагов инвазии. В зависимости от результативности проводимых мероприятий по борьбе с распространением инвазии были выделены критерии 6 категорий состояния борщевика: доминирует, прогрессирует, стабилен, угнетен, сильно угнетен, уничтожен. Колонии борщевика по пространственному расположению делятся на 5 типов: точечные, ленточные, пятнисто-ленточные, пятнистые и площадные [5].

В 2019 году при инвентаризации мест произрастания борщевика на территории Миорского района зафиксированы GPS-координаты 2969 популяций борщевика. На основе данных GPS-координат в программе *OziExplorer* создана картографическая база данных мест произрастания борщевика в Миорском районе. Контуры всех зафиксированных популяций средствами ГИС-технологий перенесены

на электронные векторные карты в программу *MapInfo*. По результатам обработки данных полевых исследований создана ГИС распространения борщевика в Миорском районе. Пространственная иерархия ГИС: локус – колония – очаг инвазии – центр инвазии – разработана в 2018 году [6].

Изучение границ разных ландшафтов в местах произрастания борщевика по аэрофотоснимкам на Геопортале ЗИС РБ и расположения отдельных локальных популяций показало, что они образуют 155 изолированных колоний (или метапопуляций) борщевика общей площадью 127,1 га. Места произрастания борщевика распределены по территории района неравномерно, они сгруппированы в 28 очагов инвазии. Близко расположенные очаги образуют более крупные региональные группировки – центры инвазии.

На территории района находятся следующие центры распространения инвазии: на севере района, в центральной части, на востоке и юге (рис. 1).

Центр инвазии «Центральный» расположен вокруг г. Миоры (рис. 2).

Центр образует 81 колония, состоящая из 476 отдельных мест произрастания общей площадью 35,899 га. Центр состоит из следующих очагов инвазии: Бертовщина, Вовозники–Старый Погост, Каменполье, Катилово, Любимово, Мартиновцы–Буково, Свердлы, Северомиорский, Черессы–Малиновка, Южномиорский (Подъельцы).

Очаг инвазии «Каменполье» находится западнее г. Миоры в окрестностях д. Каменполье (рис. 2). Очаг инвазии известен с 2010 г. Ежегодно с борщевиком велась борьба: заросли скашивались, некоторые участки обрабатывались гербицидами. Однако часть участков на неудобьях и прогалинах среди кустов ежегодно обсеменялась, что позволяло борщевнику расширять площадь, создавать новые дочерние колонии. С 2019 г. очаг находится в угнетенном состоянии. Сохраняется угроза восстановления очага. Очаг образован 8 колониями, состоящими из 39 локалитетов общей площадью 4,155 га.

Очаг инвазии «Черессы–Липовка» находится к юго-востоку от г. Миоры в окрестностях д. Черессы (рис. 2). Очаг образован 18 колониями, состоящими из 85 локалитетов общей площадью 14,53 га. Очаг инвазии известен с 2010 г. Ежегодно с борщевиком велась борьба, но уничтожить очаг не удалось. Часть участков на неудобьях обсеменялась, что позволяло борщевнику восстанавливаться и создавать новые дочерние колонии.

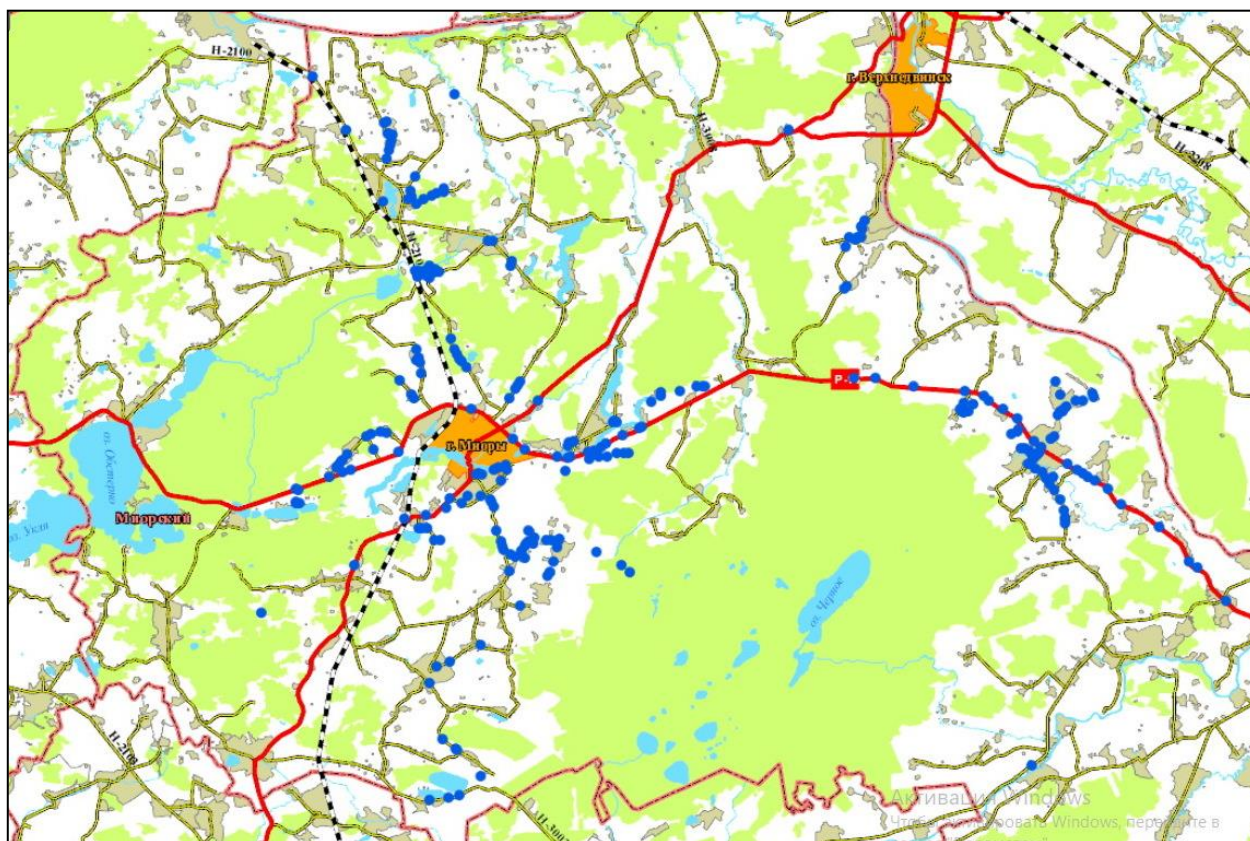


Рис. 1. Локализация мест произрастания борщевика в Миорском районе

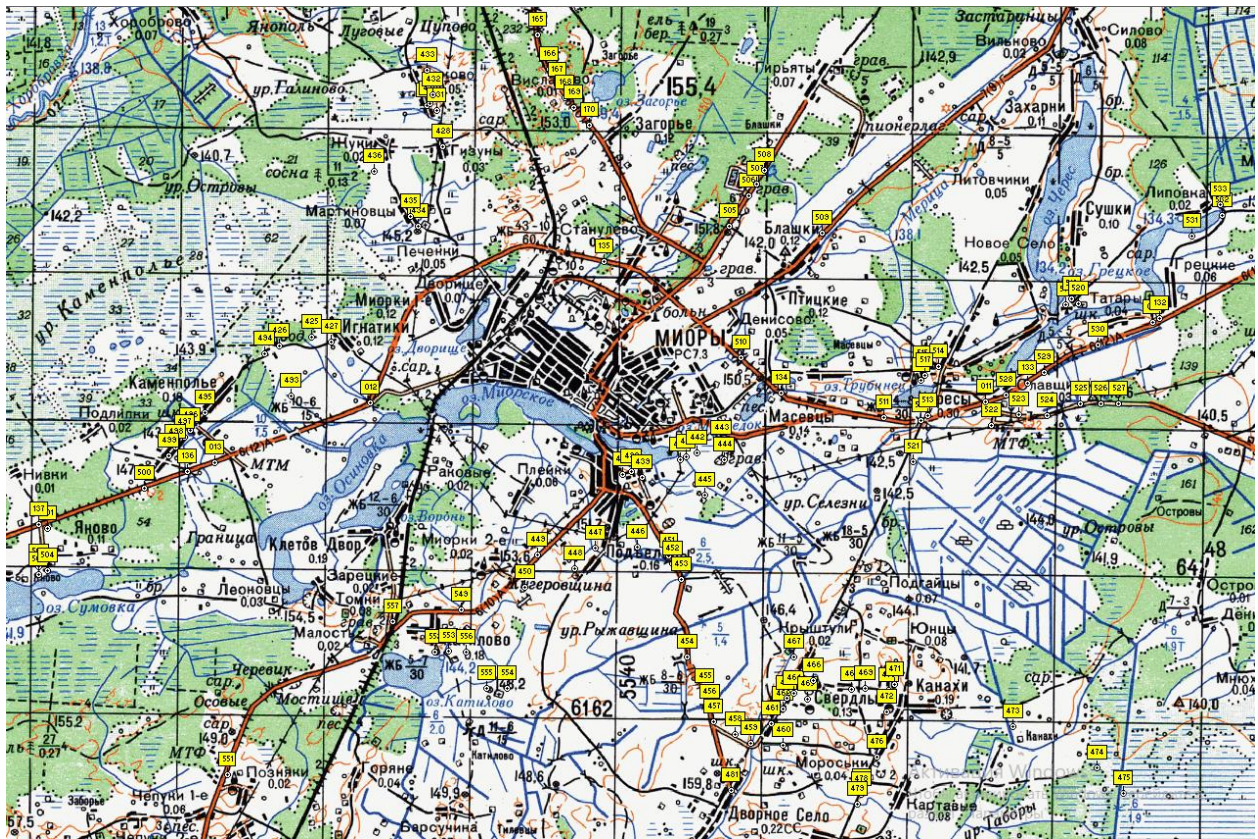


Рис. 2. Места произрастания борщевика в центре инвазии «Центральный», отобраненные в картографической базе данных, созданной в программе *OziExplorer*

Очаг инвазии «Подъельцы» расположен к югу от г. Миоры, вдоль южного берега Миорского озера на территории аг. Подъельцы и с/х землях ОАО «Подъельцы» (рис. 2). Очаг образован 10 колониями, состоящими из 114 локалитетов общей площадью 3,95 га. Очаг известен с 2010 г. Мероприятия по борьбе с борщевиком все эти годы выполнялись частично. Очаг ежегодно обсеменяется, расширяет территорию и образует новые дочерние колонии. Последние 2 года очаг заселяет брошенные огороды вдоль восточной окраины озера.

Очаг инвазии «Свердлы» расположен к югу от г. Миоры в окрестностях д. Свердлы и Канаши (рис. 2). Очаг образован 16 колониями, состоящими из 145 локалитетов общей площадью 10,354 га. Очаг известен с 2010 года. Ежегодно с борщевиком велась борьба: заросли скашивались, но уничтожить очаг не удалось. Часть участков на неудобьях обсеменялась, что помогало борщевиком создавать новые дочерние колонии. В 2019 году очаг прогрессирует. Сохраняется угроза расселения и расширения очага. Большая часть локалитетов приурочена к кромкам полей, хоздворам ферм, нежилым подворьям.

Очаг инвазии «Северомиорский» находится к северу от г. Миоры в окрестностях Виславово вдоль а/д Н-3012 на д. Александрово (рис. 2). Очаг образован 7 колониями, состоящими из 20 локалитетов общей площадью 0,48 га. Локалитеты борщевика приурочены к нежилым подворьям д. Буково, кромкам полей, а также придорожной полосе а/д Н-3012. Большинство локалитетов ряд лет обсеменяются. Площадь зарослей борщевика увеличивается, образуются новые молодые колонии. Очаг прогрессирует, существует угроза расселения борщевика.

Очаг инвазии «Возовники–Старый Погост» расположен к югу от г. Миоры в окрестностях д. Старый Погост (рис. 2). Очаг образован 10 колониями, состоящими из 36 локалитетов общей площадью 1,34 га. Локалитеты борщевика приурочены к кромкам полей, нежилым подворьям и придорожным полосам. Большинство локалитетов ряд лет обсеменяются, площадь зарослей увеличивается, появляются новые пятна зарослей борщевика.

Очаг инвазии «Катилово» находится к северу от г. Миоры по а/д Р-18 (Миоры–Шарковщина) в окрестностях д. Катилово (рис. 2). Очаг образуют 4 колонии из 10 локалитетов общей площадью 0,25 га. Большинство локалитетов, расположенных на с/х землях ОАО «Любиново», ряд лет обсеменяются. Площадь зарослей борщевика увеличивается, образуются новые пятна. Очаг прогрессирует, существует угроза расселения борщевика.

Очаг инвазии «Мартиновцы–Буково» расположен к северу от г. Миоры в окрестностях д. Буково и Мартиновцы (рис. 2). Очаг образован 3 колониями, состоящими из 12 локалитетов общей площадью 0,54 га. Локалитеты борщевика приурочены к нежилым подворьям д. Буково, кромкам полей и придорожным полосам. Большинство локалитетов ряд лет обсеменяются, образуются новые молодые колонии, площадь зарослей борщевика увеличивается. Очаг прогрессирует, существует угроза расселения борщевика.

Очаг инвазии «Яново» находится к западу от г. Миоры в окрестностях д. Яново. Очаг состоит из 3 колоний и 6 локалитетов общей площадью 0,26 га на восток от деревни по кромкам полей и склонам озерной котловины оз. Сумовка. Все локалитеты скашиваются, 3 локалитета вдоль озера обработаны гербицидом. Очаг сильно угнетен, угрозы распространения нет.

Центр инвазии «Восточный» расположен в восточной части Миорского района в окрестностях аг. Турково. Центр образуют 35 колоний, состоящих из 456 отдельных мест произрастания общей площадью 57,1448 га. Он включает 6 очагов инвазии: Баранчики–Шантырево, Горовцы–Новинцы, Рекуны–Супорница, Тимошково, Фролово–Торки, Юрковщина (рис. 3).

Большинство мест произрастания борщевика приурочено к придорожным полосам и склонам поймы р. Вянужка и впадающих в нее ручьев. Многие локалитеты борщевика, произрастающего на полях с многолетними травами, крутых склонах поймы реки, оврагах и неудобьях, обсеменяются.

Очаг инвазии «Баранчики–Шантырево» находится к югу от аг. Турково, в окрестностях д. Барсучино (рис. 3). Очаг образован одной большой (3,032 га) пятнистой колонией борщевика, локалитеты которой вытянулись по пойме ручья на несколько километров вдоль деревень Беяны, Барсучино, Баранчики. Очаг насчитывает 27 отдельных локалитетов, прогрессирует, расширяет площадь. Часть зарослей

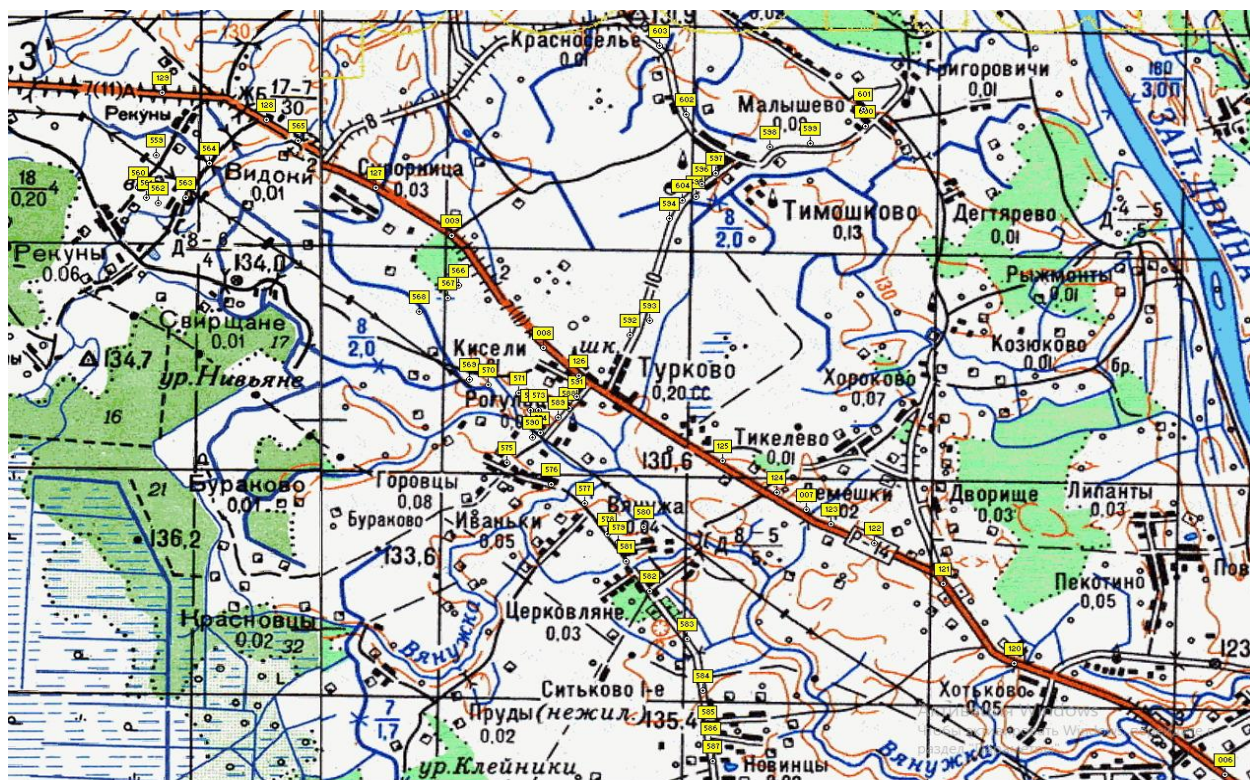


Рис. 3. Места произрастания борщевика в центре инвазии «Восточный» Миорского района

борщевика, находящаяся на кромке полей, скашивается при заготовке сенажа. На многих участках зарослей никакой борьбы с распространением инвазии не ведется. Происходит расселение борщевика на восток по течению ручья.

Очаг инвазии «Горовцы–Новинцы» расположен к югу от аг. Турково, в окрестностях деревень Горовцы, Иваньки, Цековляне, Новинцы (рис. 3). Места произрастания борщевика приурочены к придорожным полосам и пойме ручьев, впадающих в р. Вянужка. Этот крупный очаг образован шестью большими колониями, состоящими из 442 локалитетов общей площадью 47,983 га.

Очаг инвазии «Рекуны–Супорница» находится к востоку от г. Миоры в окрестностях аг. Турково, южнее д. Рекуны (рис. 3). Очаг образован 8 колониями, состоит из 50 локалитетов площадью 5,05 га. Заросли борщевика приурочены к территории хоздвора телятника, пойме ручья и склонам мелиоративных каналов. Большинство локалитетов ряд лет обсеменяются и расширяют площадь. Очаг прогрессирует, идет расселение борщевика вниз по течению ручья на север от шоссе.

Очаг инвазии «Тимошково» расположен к северу от аг. Турково в окрестностях д. Тимошково и Малышево (рис. 3). Очаг образован 6 малыми колониями, состоит из 25 локалитетов общей площадью 0,756 га. Заросли борщевика приурочены к придорожным полосам и нежилым подворьям деревень, а также расположены вокруг территории машинного двора ОАО «Турково». На землях ОАО «Турково» и вдоль дорог заросли борщевика угнетены гербицидом и регулярным скашиванием. Локалитеты на нежилых подворьях обсеменяются и расширяют площадь. Существует угроза расселения борщевика по территории вымирающей д. Малышево.

Очаг инвазии «Фролово–Горки» находится к востоку от г. Миоры вдоль шоссе Р-14 в окрестностях д. Фролово (рис. 3). Очаг образован пятнистой колонией площадью 0,12 га из 7 локалитетов, которые расположены на север от шоссе на поле с многолетними травами. На территории очага с распространением борщевика ведется активная борьба. Заросли борщевика регулярно скашиваются, часть локалитетов угнетены гербицидом. Угрозы расселения борщевика нет.

Очаг инвазии «Юрковщина» расположен к востоку от г. Миоры вдоль шоссе Р-14 в окрестностях д. Юрковщина (рис. 3). Заросли борщевика находятся на склонах мелиоративного канала (площадь 0,14 га). Очаг угнетен гербицидом. Угрозы расселения нет.

Центр инвазии «Северный» расположен в северной части района в окрестностях крупного аг. Идолта. Центр образуют 18 колоний, состоящих из 98 отдельных мест произрастания общей площадью 17,2493 га. Центр состоит из 5 очагов инвазии: Лепещина, Милошово, Повятье–Стретово, Стайки, Тилевщина.

Очаг инвазии «Лепещина» находится к северу от г. Миоры в окрестностях вымирающей д. Лепещина в пойме р. Вята. Заросли борщевика приурочены к закустаренным полям, мелиоративным каналам и пойме р. Вята. Очаг образован 2 колониями, состоящими из 24 локалитетов общей площадью 0,94 га. Локалитеты борщевика на каналах среди поля и на месте снесенных домов скашиваются и угнетены гербицидом. Локалитеты на северном берегу реки среди закустаренной болотины обсеменяются, идет расселение борщевика вниз по течению реки в сторону аг. Повятье.

Очаг инвазии «Милошово» расположен к северу от г. Миоры в окрестностях д. Милошово и д. Минавты. Очаг образован 8 колониями, состоящими из 30 локалитетов общей площадью 4,075 га. Локалитеты борщевика вокруг машинного двора в д. Милошово сильно угнетены гербицидом, частично уничтожены. Локалитеты, произрастающие на полях вдоль дороги в д. Минавты, угнетены гербицидом. Участки зарослей вдоль кустов не обработаны гербицидом, и борщевик обсеменяется. Локалитеты на хоздворе закрытой полуразрушенной фермы частично уничтожены гербицидом, частично обсеменяются. Очаг угнетен, но сохраняет возможность восстановления и расширения инвазии.

Очаг инвазии «Повятье–Стретово» находится к северу от г. Миоры в окрестностях д. Повятье и д. Стретово. Очаг образован 3 небольшими колониями, состоящими из 6 локалитетов общей площадью 0,232 га. Вдоль дороги борщевик регулярно скашивается, угнетен. Угроза расселения есть только у 3 локалитетов, находящихся на землях СУП «Повятье», где борщевик произрастает вдоль кустов по краю поля.

Очаг инвазии «Тилевщина» расположен к северу от г. Миоры в окрестностях д. Тилешово. Очаг образован 4 колониями, состоящими из 36 локалитетов общей площадью 11,992 га. Большинство локалитетов приурочено к землям общего пользования д. Тилевщина (луговые земли) и территории

хоздвора фермы. Часть участков борщевика угнетена гербицидом, на большей площади зарослей борщевик обсеменяется. Очаг прогрессирует, расширяет площадь. Борщевик расселяется вокруг озера и в окрестностях кладбища. Существует угроза расселения по всей вымирающей д. Тилешово.

Центр инвазии «Северо-восточный» расположен в северо-восточной части Миорского района. Центр образуют 10 колоний, состоящих из 84 отдельных мест произрастания общей площадью 8,3566 га. Большинство локалитетов приурочены к луговым землям и нежилым подворьям деревень Брижинки, Виногороды, Клемино, Пересловка. Центр состоит из 2 очагов инвазии: Барсуки и Брижинки.

Очаг инвазии «Брижинки» находится на северо-восточной окраине района в окрестностях д. Брижинки. Очаг образован 9 колониями, состоящими из 84 локалитетов общей площадью 8,23 га. Локалитеты, произрастающие на хозяйственном дворе фермы, скашиваются, а локалитеты вдоль дорог и на нежилых подворьях д. Брижинки обсеменяются. Идет расселение борщевика по деревне, а также по закустаренным лугам на север и восток от ферм, где появляются новые пятна зарослей борщевика. Очаг расширяется, образуя дочерние колонии.

Центр инвазии «Южный» находится в южной части Миорского района на территории Язненского с/с. Центр образуют 11 колоний, состоящих из 100 отдельных мест произрастания общей площадью 8,3186 га. Центр состоит из 4 очагов инвазии: Дорожки–Канцерово, Куриловичи, Папшули, Черкасово.

Очаг инвазии «Дорожки–Канцерово» расположен на южной окраине района в окрестностях д. Дорожки и Канцерово на территории Язненского с/с. Он образован 7 колониями, состоящими из 69 локалитетов общей площадью 5,3168 га. Большинство локалитетов приурочены к закустаренным луговым землям и окраинам полей между двумя деревнями, а также территориям хозяйственных дворов ферм. Меньшая часть площадей зарослей борщевика произрастает на поле напротив машинного двора. Локалитеты вокруг машинного двора сильно угнетены и частично уничтожены гербицидом. Локалитеты на неудобьях с/х земель ПУПК «Юбилейный» обсеменяются. Очаг прогрессирует, расширяет площадь, борщевик расселяется на прилегающие к фермам поля.

Очаг инвазии «Куриловичи» находится на юге района в окрестностях д. Язно на территории Язненского с/с. Образован 1 колонией, состоящей из 5 локалитетов общей площадью 0,034 га. Заросли борщевика приурочены к территории хозяйственного двора старой фермы. Локалитеты регулярно скашиваются, однако на юг от силосных ям малые группы борщевиков обсеменяются среди кустов. Есть угроза расселения очага по старому яблоневому саду и пойме р. Истьянка.

Очаг инвазии «Черкасово» расположен на юге района в окрестностях деревень Ист, Парадни, Черкасово на территории Язненского с/с. Очаг образован 2 колониями, состоящими из 27 локалитетов общей площадью 2,5752 га. Заросли борщевика приурочены к луговым землям КУПС «Язно» и хоздвору старой заброшенной фермы, находящейся на южной окраине д. Парадни, и прилегающим к ферме полям. Пятно зарослей борщевика на полях простирается до д. Черкасово. Заросли борщевика ряд лет обсеменяются. Борьба с расселением борщевика на территории очага не ведется. Очаг прогрессирует, увеличивает площадь, быстро заселяя заброшенные с/х земли и пойму реки Истьянка.

Очаг инвазии «Папшули» находится на юге района в д. Папшули на территории Зауцьевского с/с. Он образован 1 колонией, состоящей из 4 локалитетов общей площадью 0,392 га. Борщевик произрастает на землях общего пользования д. Папшули, рядом с фермой ОАО «Папшули». Локалитеты ряд лет обсеменяются, борщевик расселяется на запад по склонам к р. Дисна.

По результатам инвентаризации мест произрастания борщевика нами была разработана пятибалльная шкала оценки угроз распространения инвазии в разных районах Витебской области:

оценка 1 (благополучные районы) – площадь инвазии менее 10 га;

оценка 2 (малая угроза распространения инвазии) – площадь инвазии от 10 до 20 га;

оценка 3 (средняя угроза распространения инвазии) – площадь инвазии от 20 до 60 га;

оценка 4 (высокая угроза распространения инвазии) – площадь инвазии от 60 до 100 га;

оценка 5 (очень высокая угроза распространения инвазии) – площадь инвазии от 100 га и более.

По оценке угрозы распространения борщевика Миорский район отнесен к районам, где очень высокая угроза распространения инвазии (оценка 5, площадь инвазии 127,1 га).

Инструментами ГИС проведен анализ состояния колоний борщевика по 6 категориям [5].

К доминирующим и прогрессирующим, т.е. активно расселяющимся отнесено более 50% колоний борщевика. В созданной ГИС на отдельный слой вынесены перспективные полигоны прогнозного расселения борщевика по заброшенным землям. Составлена прогнозная карта расселения борщевика в Миорском районе на ближайшие 2 года. По нашей оценке, перспективное расселение борщевика ожидается на площади 28,65 га, что увеличит площадь инвазии на 22,5%.

Средствами ГИС проведен анализ распределения земель по землепользователям и типам земель. Распределение площади земель, занятых борщевиком, среди основных землепользователей характеризует диаграмма (рис. 4).

Самые большие площади зарослей борщевика находятся на землях сельхозпредприятий, на 2-м месте по площади инвазии земли населенных пунктов, на 3-м месте – земли лесхозов, на 4-м месте – земли под дорогами (откосы, обочины, кюветы).

В Миорском районе основная доля зарослей борщевика приходится на луговые земли – 45,044 га (35,44%). На втором месте по площади инвазии закустаренные земли, где борщевик занимает все прогалины и поляны, – 17,926 га (14,1%); на третьем месте находятся хозяйственные дворы – 14,882 га (11,71%); на четвертом – земли под застройкой (территории для обслуживания зданий и хозяйственных построек) – 14,533 га (11,43%); на пятом – пахотнопригодные земли – 12,697 га (9,99%). Это окраины полей и закустаренные луга. Далее по порядку уменьшения инвазии располагаются неиспользуемые земли – 10,862 га (8,55%), леса – 6,07 га (4,78%), водотоки (мелиоративные каналы) – 2,066 га (4,7%), земли под болотами – 1,811 га (1,42%) и дороги – 0,9 га (0,71%).

Аналогичное распределение площади инвазии по типам земель и в других изученных районах [5; 7].

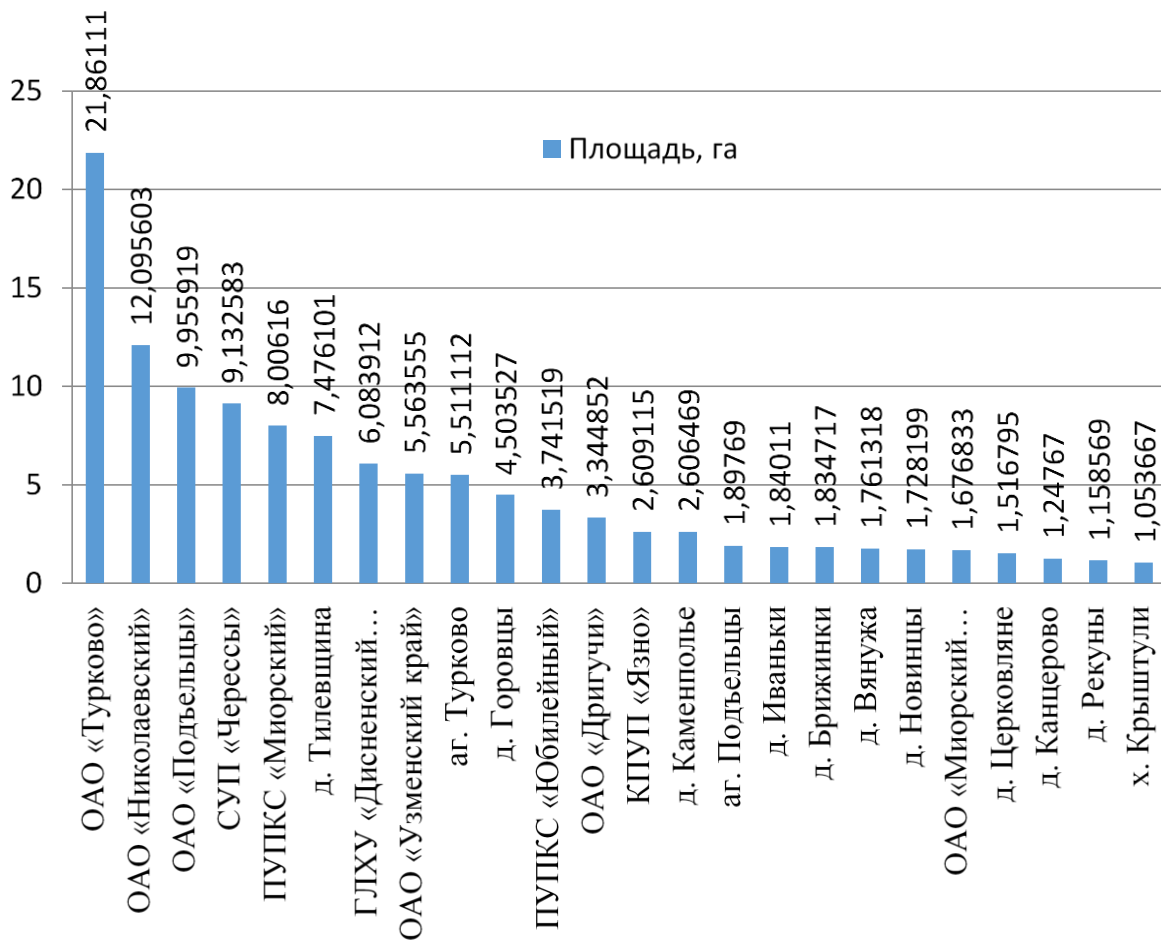


Рис. 4. Площадь зарослей борщевика у землепользователей Миорского района

Заклучение. В результате работы зарегистрированы GPS-координаты популяций борщевика (2969 отдельных локальных мест произрастания), образующих 155 колоний, описаны отдельные колонии и очаги инвазии, оценено их состояние.

Созданы: картографическая база данных мест произрастания борщевика в программе *OziExplorer*; ГИС на платформе программы *MapInfo*, карта распространения борщевика в Миорском районе Витебской области, картосхемы очагов инвазии по землепользователям, карта-прогноз расселения борщевика с учетом конкретных путей распространения разных популяций.

Миорский район отнесен к районам, где очень высокая угроза распространения инвазии. За 10 лет в Миорском районе количество мест произрастания возросло в 19,5 раза (с 152 до 2969), площадь – в 3,34 раза (с 38 га до 127,1 га).

В борьбе с распространением борщевика в Миорском районе успехов не достигнуто. На большей части площади зарослей борщевик обсеменяется и быстро расселяется по неудобьям, оврагам и поймам ручьев. В ближайшие годы борщевик может заселить 28,65 га заброшенных земель, при этом площадь инвазии увеличится на 22,5%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудинов, М.А. Интродукция борщевиков в Белоруссии / А.Е. Касач, И.И. Чекалинская, В.В. Черник, А.К. Чурилов. – Минск: Наука и техника, 1980. – 200 с.
2. Сацыперова, И.Ф. Борщевика флоры СССР – новые кормовые растения: перспективы использования в народном хозяйстве / И.Ф. Сацыперова. – Л.: Наука, 1984. – 218 с.
3. Медведев, И.В. Рекомендации по борьбе с борщевиком Сосновского / И.В. Медведев, С.Л. Сметанников. – Вологда, 1981. – 40 с.
4. Гигантские борщевика – опасные инвазивные виды для природных комплексов и населения Беларуси / Н.А. Ламан, В.Н. Прохоров, О.М. Масловский; Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси. – Минск, 2009. – 40 с.
5. Высоцкий, Ю.И. Анализ распространения инвазивных борщевиков на территории Дубровенского района Витебской области / Ю.И. Высоцкий, Л.М. Мерзвинский, А.Б. Торбенко, Ю.И. Новикова, С.Э. Латышев, И.М. Морозов // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2017. – № 3(96). – С. 49–55.
6. Новикова, Ю.И. Обновленный классификатор для ГИС «Инвазивные виды Витебской области» / Ю.И. Новикова // Молодость. Интеллект. Инициатива: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, Витебск, 19 апр. 2018 г. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2018. – С. 89–90.
7. Высоцкий, Ю.И. Инвазия борщевика в Витебском районе Витебской области / Ю.И. Высоцкий, Л.М. Мерзвинский, А.Б. Торбенко, И.М. Морозов, В.В. Кривко // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2020. – № 3(108). – С. 69–77.

REFERENCES

1. Kudinov M.A., Kasach A.E., Chekalinskaya I.I., Chernik V.V., Churilov A.K. *Introduktsiya borshchevikov v Belorussii* [Introduction of Hogweed in Belarus], Minsk: Nauka i tekhnika, 1980, 200 p.
2. Satsyperova I.F. *Borshcheviki flory SSSR – novije kormoviye rasteniya: perspektivy ispolzovaniya v narodnom khoziaistve* [Hogweed of the Flora of the USSR – New Fodder Plants: Prospects of Using in Economy], L.: Nauka, 1984, 218 p.
3. Medvedev I.V., Smetannikov S.L. *Rekomendatsii po borbe s borshchevikom Sosnovskogo* [Guidelines on Fighting Sosnovski Hogweed], Vologda, 1981, 40 p.
4. Laman N.A., Prokhorov V.N., Maslovski O.M. *Gigantskiye borshcheviki – opasniye invazivniye vidy dlia prirodnykh kompleksov i naseleniya Belarusi* [Gigantic Hogweed – Dangerous Invasion Species for Nature Complexes and Population of Belarus], Minsk, 2009, 40 p.
5. Vysotski Yu.I., Merzhvinski L.M., Torbenko A.B., Novikova Yu.I., Latyshev S.E., Morozov I.M. *Vesn. Vitseb. dzharzh. un-ta* [Journal of Vitebsk State University], 2017, 3(96), pp. 49–55.
6. Novikova Yu.I. *Molodost. Intellect. Initsiativa: materialy VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. studentov i magistrantov, Vitebsk, 19 apr. 2018 g. Viteb. gos. un-t* [Youth. Intellect. Initiative: Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference of Students and Master Students, Vitebsk, April 19, 2018, Vitebsk State University], Vitebsk, 2018, pp. 89–90.
7. Vysotski Yu.I., Merzhvinski L.M., Torbenko A.B., Morozov I.M., Krivko V.V. *Vesn. Vitseb. dzharzh. un-ta* [Bulletin of Vitebsk State University], 2020, 3(108), pp. 69–77.

Поступила в редакцию 28.12.2021

Адрес для корреспонденции: e-mail: yura-v@tut.by – Высоцкий Ю.И.



ПЕДАГОГІКА

УДК [378.016+37.091.33]:54

СПЕЦИФИКА СОДЕРЖАНИЯ И МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ С ПОЗИЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ НАГЛЯДНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ ОБЩЕЙ ХИМИИ

Е.А. Шатова, И.С. Борисевич, Е.Я. Аршанский

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

Сегодня все чаще говорят об особом стиле современных обучающихся, выделяя неспособность усвоить ими большое количество информации, вникнуть в суть изучаемых понятий, применить их для решения предметных задач.

Одним из направлений повышения уровня понимания химии является использование наглядного моделирования, позволяющего перенести характеристики реального объекта, черты его строения и функционирования на дубликат, модель.

Цель – теоретическое обоснование необходимости применения в образовательном процессе наглядного моделирования и разработка этой проблемы в контексте обучения общей химии.

Материал и методы. *Материалом послужили нормативно-правовая и программно-методическая документация по проблеме исследования (образовательные стандарты Республики Беларусь, учебные программы и планы и др.), труды ученых по указанным вопросам, опыт работы авторов со студентами.*

Результаты и их обсуждение. *Приводится анализ содержания курса общей химии с позиции наглядного моделирования. Представлены классификация и виды учебных моделей, используемых при общелогических, общепедагогических и специфических методах обучения химии.*

Приведены примеры, позволяющие внедрить модели практически во все методы обучения. Иллюстрируются возможности сочетания наблюдения, химического эксперимента, цифровых расчетов и моделирования в преподавании химии, способствующего повышению эффективности обучения химии.

Заключение. *Таким образом, специфика применения наглядного моделирования заключается в том, что оно должно оптимально согласовываться с другими методами обучения, обеспечивая целостность представлений об изучаемых химических объектах и явлениях, способствуя лучшему пониманию и усвоению материала по общей химии.*

Ключевые слова: *наглядное моделирование, модель, моделирование, общелогические методы обучения, общепедагогические методы обучения, специфические методы обучения, общая химия.*

SPECIFICS OF THE CONTENT AND METHODS OF TEACHING FROM THE POINT OF VIEW OF USING VISUAL MODELING IN TEACHING GENERAL CHEMISTRY

E.A. Shatova, I.S. Borisevich, E.Ya. Arshansky

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

Much Much is spoken today about the special style of modern students, pointing out the inability to assimilate a large amount of information, to delve into the essence of the studied concepts, to apply them to solve subject problems. One of the directions of increasing the level of understanding of chemistry is the use of visual modeling, which allows transferring the characteristics of a real object, the features of its structure and functioning to a duplicate, a model.

The purpose is a theoretical justification of the need to use visual modeling in the academic process and the development of this problem in the context of teaching general chemistry.

Material and methods. *The research material was normative-legal and program-methodological documents on the research problem (academic standards of the Republic of Belarus, curricula and syllabuses, etc.), works of scientists on the use of visual modeling in the academic process, the experience of the authors with students.*

Findings and their discussion. *The analysis of the content of the general chemistry course from the perspective of visual modeling is given. The classification and types of academic models used in general logical, general pedagogical and specific methods of teaching chemistry are presented. Examples are given that allow models to be implemented in almost all teaching methods. The possibilities of combining observation, chemical experiment, digital calculations and modeling in the teaching of chemistry are illustrated, which contributes to improving the effectiveness of chemistry teaching.*

Conclusion. *Thus, the specificity of using visual modeling is that it should be optimally combined with other teaching methods, ensuring the integrity of ideas about the studied chemical objects and phenomena, contributing to a better understanding and assimilation of the material on general chemistry.*

Key words: *visual modeling, model, modeling, general logical teaching methods, general pedagogical teaching methods, specific teaching methods, general chemistry.*

В современных условиях происходит увеличение информационной нагрузки на сознание человека, как в образовательном процессе, так и за его пределами. Значительные изменения претерпевает и структура транслируемой информации. В общем информационном потоке увеличивается доля визуальной информации, отличающейся эмоциональностью, доступностью, образностью. В связи с этим обучающийся стал менее восприимчивым к рациональному стилю подачи материала, предлагаемому ему в традиционном образовательном процессе.

Сегодня все чаще говорят об особом стиле современных обучающихся, выделяя неспособность усвоить ими большое количество информации, проникнуть в суть изучаемых понятий и применить их для решения предметных задач. В обучении естественнонаучным дисциплинам это проявляется в возникновении затруднений, связанных с непониманием учебного материала. При освоении химии подобные затруднения вызывает высокий уровень абстрактности изучаемых процессов и явлений, поскольку нельзя потрогать атом, молекулу, увидеть разрыв или образование химической связи. Поэтому наиболее распространенная причина непонимания химии – отсутствие пространственного и визуального представления химической информации.

Одним из направлений повышения уровня понимания химии является использование наглядного моделирования, позволяющего перенести характеристики реального объекта, черты его строения и функционирования на дубликат, модель. Применение моделей – необходимая и важная часть изучения курса общей химии. Учебные модели можно разделить на две группы: 1) статические (знаково-символические, таблично-схематические, иллюстративно-графические), основанные на стационарных характеристиках, установившихся процессах и объектах, не изменяющихся во времени; 2) динамические (иллюстративно-динамические), в которых происходит переход из одного состояния в другое, изменение параметров с течением времени. Знаково-символические модели представляют собой запись моделируемых объектов с помощью специальных знаков (символов). Табличные и схематические модели помогают эффективно трансформировать наглядно-образное мышление в наглядно-схематическое, которое во многих случаях способно выступать в качестве логического мышления. Использование

иллюстративно-динамических моделей позволяет глубже разобраться в последовательности элементарных стадий, описать сложные превращения, совместить иллюстрацию и динамику и, наконец, в яркой форме представить сложнейшие аспекты химии [1].

Цель статьи – теоретическое обоснование необходимости применения в образовательном процессе наглядного моделирования и разработка этой проблемы в контексте обучения общей химии.

Материал и методы. Материалом послужили нормативно-правовая и программно-методическая документация по проблеме исследования (образовательные стандарты Республики Беларусь, учебные программы и планы и др.), труды ученых по указанным вопросам, опыт работы авторов со студентами. При этом использовались следующие методы: системный анализ литературы по рассматриваемой проблеме, изучение опыта работы преподавателей учреждений высшего образования, педагогическое наблюдение, пилотажный педагогический эксперимент. В основу разработки данной методической темы положены системный, интегративный, компетентностный и личностно-деятельностный методологические подходы.

Результаты и их обсуждение. Курс общей химии является связующим звеном между доуниверситетским и университетским этапами химического образования. Содержание учебной дисциплины основывается на знаниях по химии, физике и математике в объеме программы учреждений общего среднего образования и сочетается со смежными дисциплинами химического блока (введением в органическую химию, химией элементов, органической химией, аналитической химией, биологической химией, физической и коллоидной химией, методикой преподавания химии) в учреждениях высшего образования.

В соответствии с требованиями нового образовательного стандарта [2] учебная дисциплина «Общая химия» относится к блоку государственного компонента и находится в модуле «Общая и органическая химия». Изучение данного модуля должно обеспечить формирование у студентов базовых профессиональных компетенций, таких как: интерпретировать основные закономерности периодичности свойств элементов и их соединений, строения, свойств и способов получения химических веществ, протекания химических процессов с их участием, владеть методикой решения расчетных и экспериментальных химических задач.

С опорой на новый типовой учебный план для специальности 6-05-0113-03 Природоведческое образование (биология и химия) (дата утверждения 02.12.2022 г.; регистрационный № 6-05-01-004/пр.) дисциплина «Общая химия» изучается на первом курсе в первом семестре. Целью освоения данной дисциплины является формирование у студентов фундаментальных естественнонаучных знаний и химического мышления, необходимых для понимания физико-химических основ развития природных объектов.

При обучении общей химии в полной мере можно реализовать одну из задач, указанных в Концепции развития системы образования Республики Беларусь до 2030 года, в которой говорится о применении методик обучения, направленных на формирование у студентов критического и творческого мышления [3]. Для решения этой задачи перспективно использовать наглядное моделирование.

Частоту применения моделей в процессе обучения можно оценить, проведя анализ содержания курса общей химии с позиции наглядного моделирования (табл.).

При освоении курса общей химии используются общелогические (сравнение, анализ, обобщение, систематизация), общепедагогические (лекция, беседа, самостоятельная работа) и специфические (наблюдение, эксперимент, моделирование) методы обучения. Многогранные возможности наглядного моделирования применяются при подготовке к лабораторным занятиям по общей химии и на всех этапах их проведения (проверка теоретических знаний и практических навыков; решение расчетных задач; проведение химического эксперимента).

Все эти методы на практике используются в комплексе, взаимно интегрируются и дополняют друг друга. Неограниченными возможностями для такой интеграции обладает наглядное моделирование, позволяющее внедрять модели практически во все методы обучения. Более подробно рассмотрим классификацию и виды учебных моделей, применяемых при общелогических, общепедагогических и специфических методах обучения химии.

Изложение лекционного материала по общей химии подразумевает постоянное использование *знаково-символических моделей* [4]. Общеизвестно, что формулы химических соединений могут быть изображены по-разному. *Простейшая (эмпирическая) формула* представляет собой соотношение атомов разных элементов в составе вещества и находит применение для большинства веществ молекулярного строения.

Обзор содержания курса общей химии с точки зрения применения наглядного моделирования

№	Основные темы и разделы	Понятия, изучаемые на основе моделирования	Применяемая учебная модель	Вид учебной модели		
				знаково-символическая	таблично-схематическая	иллюстративно-графическая или динамическая
1.	Основные химические понятия и законы	Типы химических частиц. Основные законы химии. Структурные единицы в химии	Символ химического элемента, химическая формула, химическое уравнение	+		
			Схематический рисунок атома, молекулы, иона, макромолекулы		+	
2.	Классификация и номенклатура неорганических веществ	Основные классы неорганических веществ: оксиды, гидроксиды, кислоты, соли. Общие химические свойства представителей этих классов и генетическая связь между ними	Виды химических формул (молекулярная, электронная, структурная)	+		
			Шаровая и шаростержневая модели молекул простых и сложных веществ		+	+
			Общие химические свойства классов неорганических веществ и генетическая связь между ними (таблица или схема)		+	
3.	Химические реакции. Термодинамика химических реакций	Химическая реакция как процесс. Гомогенные и гетерогенные системы. Основные понятия и законы термодинамики. Термохимия. Закон Гесса. Изобарно-изотермический потенциал (энергия Гиббса)	Типы уравнений химических реакций (молекулярное, ионное, термохимическое)	+		
			Схемы для определения направления химических реакций на основе изменения термодинамических показателей		+	
			Графики состояния идеального газа. Диаграммы реакций (экзо- и эндотермические). Графики зависимости энергии Гиббса от температуры и давления		+	
			Схема, иллюстрирующая сущность закона Гесса		+	
4.	Состояние вещества. Дисперсные системы	Понятие агрегатного состояния вещества: плазма, газ, жидкость, твердое (кристаллическое и аморфное). Характеристика дисперсных систем и их классификация	Классификация дисперсных систем (кластер)		+	
			Схема строения коллоидных частиц		+	
			Анимации движения молекул и их взаимодействия в каждом агрегатном состоянии			+
5.	Растворы	Истинные растворы. Механизм процесса растворения. Сольватация (гидратация) при растворении. Энергетика процесса растворения. Растворимость и коэффициент растворимости. Кривые растворимости. Насыщенный и пересыщенный раствор. Кристаллогидраты. Очистка веществ перекристаллизацией из растворов. Способы выражения состава растворов	Растворы (кластер). Классификация смесей (таблица)		+	
			Анимация процесса растворения			+
			Графики зависимостей растворимости твердых веществ от температуры, растворимости газов от температуры и их парциального давления			+
			Модель кристаллогидрата			+
			Схематический рисунок перекристаллизации из растворов			+

Продолжение табл.

6.	Химическая кинетика и катализ	Скорость химической реакции. Факторы, влияющие на скорость химической реакции. Основной постулат химической кинетики. Константа скорости химической реакции. Правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Катализ	Энергетические диаграммы химических реакций		+	
			Графики скорости прямой и обратной химических реакций. Кинетические кривые химических реакций. Энергетическая диаграмма химической реакции			+
7.	Химическое равновесие	Необратимые и обратимые процессы. Константа химического равновесия. Принцип Ле-Шателье. Смещение химического равновесия при изменении концентраций реагентов, давления и температуры. Определение константы равновесия химической реакции	Химическое равновесие (схема)		+	
			Смещение химического равновесия при изменении концентраций реагентов, давления и температуры (таблица)		+	
			Химическое равновесие (график)			+
8.	Растворы электролитов	Электролиты и неэлектролиты. Электролитическая диссоциация. Теория электролитической диссоциации С. Аррениуса. Степень электролитической диссоциации и константа. Кислоты, основания, соли с точки зрения ТЭД. Реакции ионного обмена. Гидролиз	Схематический рисунок и анимация процесса электролитической диссоциации			+
			Ионные уравнения реакции в растворах электролитов	+		
			Химические свойства растворов электролитов (опорный конспект)		+	
			Гидролиз солей (таблица)		+	
9.	Окислительно-восстановительные реакции (ОВР)	Степень окисления. Окислители и восстановители. Метод электронного баланса и ионно-электронный метод (метод полуреакций) Понятие о гальваническом элементе. Стандартные окислительно-восстановительные потенциалы и их связь с изменением энергии Гиббса. Уравнение Нернста. Прогнозирование направления ОВР в растворах. Электролиз	Схематический рисунок определения степени окисления, процессов окисления и восстановления			+
			Метод электронного баланса и ионно-электронный метод (метод полуреакций)	+	+	
			Схема гальванического элемента		+	
			Таблица ряда стандартных электродных потенциалов (напряжений)		+	
			Схема электролиза		+	
10.	Строение атома и периодическая система элементов	Строения атома. Устойчивость ядер. Явление радиоактивности. Теория атома водорода по Бору, ее внутреннее противоречие. Волны де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм. Принцип неопределенности Гейзенберга. Квантовые числа. Понятие об электронном облаке. Атомные орбитали. Многоэлектронные атомы. Периодический закон в свете представлений о строении атома. Периодическая система химических элементов	Схематический рисунок и анимация строения атома и атомного ядра			+
			Модель атома по Бору (анимация)			+
			Корпускулярно-волновой дуализм частиц (анимация)			+
			Схемы строения электронных оболочек атомов		+	
			Электронная формула атома элемента	+		
			Таблица распределения электронов в атоме по энергетическим уровням и подуровням, главные квантовые числа		+	
			Схематический рисунок атомных орбиталей и перекрывания электронных облаков			+
			Диаграмма энергетических уровней многоэлектронных атомов			+
Схематический рисунок устойчивости ядер, явления радиоактивности			+			

			Видеофрагмент открытия периодического закона			+
			Периодическая система химических элементов (таблица)		+	
			Электронная и электронно-графическая конфигурация атомов химических элементов	+		
			Графики изменения электроотрицательности атомов, изменения свойств атомов и их соединений по периодам и группам			+
11.	Химическая связь и межмолекулярное взаимодействие	Основные типы химической связи. Ковалентная связь и ее свойства. Механизмы образования ковалентной связи. Понятие о межмолекулярном взаимодействии. Водородная связь. Ионная связь. Металлическая связь	Электронно-графическая схема перекрывания электронных облаков		+	
			Метод валентных связей: гибридизация атомных орбиталей.			+
			Метод молекулярных орбиталей			
			Схематические рисунки процессов образования химических связей (ковалентная, ионная, металлическая, водородная)			+
			Модель образования ковалентной связи (обменный и донорно-акцепторный механизмы)			+
			Шаростержневые, полусферические модели Стюарта–Бриггса молекул, модель Драйдинга			+
			Модели кристаллов			+
			Кристаллическая решетка веществ с разным типом химической связи			+
12.	Комплексные соединения	Природа химической связи в комплексных (координационных) соединениях. Внешняя и внутренняя сферы комплексов. Характеристика лигандов. Координационное число и заряд комплексообразователя. Основные классы комплексных соединений. Электролитическая диссоциация комплексных соединений (первичная и вторичная). Устойчивость комплексных ионов в растворах. Химические свойства комплексных соединений	Модели молекул комплексных соединений			+
			Таблица названий лигандов, определения степени окисления и координационного числа комплексообразователя, пространственной конфигурации комплексов, описание химической связи в комплексных соединениях по методу валентных связей		+	
			Схема состава комплексного соединения		+	
			Диссоциация и выражения констант нестойкости комплексных ионов		+	
			Классификация комплексных соединений (кластер)		+	

Молекулярные формулы моделируют качественный и количественный состав вещества молекулярного строения, например, аммиака, серной кислоты, ортофосфорной кислоты (NH_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4). Для большей наглядности химические соединения изображают *графически*, показывая последовательность, в которой атомы соединены друг с другом в молекуле данного вещества. При этом символ каждого элемента снабжается количеством черточек, равным валентности элемента в этом соединении (рис. 1).

Следует иметь в виду, что графическое изображение формул не всегда отражает действительное расположение и связи атомов в молекуле вещества. Поэтому нельзя отождествлять графическое изображение со *структурной формулой*. Структурные модели, изображая порядок соединения атомов в молекуле, не отражают однако их действительного пространственного расположения. С помощью *пространственных (функциональных) моделей* можно наглядно представить связи между атомами и их взаимное расположение. *Шаростержневые модели* молекул делают наглядным относительное

положение атомов в пространстве, но не соответствуют действительному соотношению атомных радиусов и длин химических связей. Они собираются из шариков, символизирующих отдельные атомы. Шарики-атомы расположены на некотором расстоянии и скреплены друг с другом стержневой основой. Общепринято использовать одни и те же цвета для обозначения атомов элементов (рис. 2).

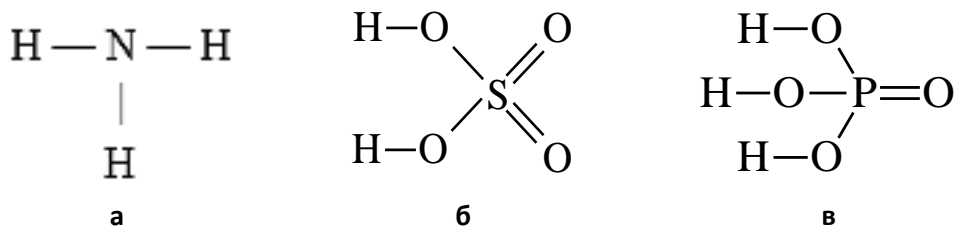


Рис. 1. Графические формулы

Правильное представление о заполнении внутримолекулярного пространства можно получить при помощи *полусферических моделей* молекул. В полусферических моделях Стюарта–Бриглеба атомы представлены в виде усеченных сфер с учетом их размеров. Эти модели часто называют *масштабными* и широко используются для установления возможной степени сближения сфер в молекуле (рис. 3).

Но часто возникает необходимость изобразить пространственное строение молекулы на плоскости. Понятно, что пользоваться рисунками моделей неудобно, да и не всем это под силу. В подобных случаях прибегают к помощи различных *проекционных моделей*, *перспективных* или *клиновидных формул*. На таких формулах сплошные линии представляют связи в плоскости бумаги, сплошной клин – связь, которая выходит из плоскости бумаги, а пунктирные линии – связи за бумагой (рис. 4).



Рис. 2.

Шаростержневая модель молекулы



Рис. 3.

Полусферическая модель молекулы

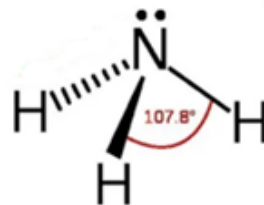


Рис.4.

Проекционная модель молекулы

Таблично-схематичные модели лежат в основе методов сопоставления, анализа, систематизации, классификации. Такие модели позволяют структурировать химическую информацию, находить взаимосвязи между отдельными объектами, предсказывать химические свойства изучаемых веществ. Для систематизации теоретических знаний удобно использовать табличные модели «Фундаментальные понятия и законы в структуре содержания общей химии», «Классификация неорганических веществ», «Качественные реакции на катионы и анионы». Лучшему усвоению материала, оформлению его в определенную структуру способствует составление опорных конспектов «Термодинамика химических реакций», «Химическое равновесие», «Химическая кинетика», «Электролитическая диссоциация».

Иллюстративно-графические и *иллюстративно-динамические* модели незаменимы при изучении строения атома и периодической системы химических элементов, так как данный материал характеризуется высокой степенью абстрактности. При подготовке к занятиям по общей химии можно предложить студентам изучить компьютерные анимации осваиваемых процессов, подобрать наиболее удачные с их точки зрения иллюстративно-динамические модели, например, процессов электролитической диссоциации, электролиза, образования комплексных соединений. Кроме вышеперечисленных моделей здесь можно использовать комиксы, компьютерные анимации, виртуальные лаборатории.

На современном этапе обучения из *общелогических методов* в преподавании химии выделяют дедуктивный (от понятия к моделированию); индуктивный (от моделирования к понятию); аналогии (с оригинала на модель и наоборот) и др. Так, в начале изучения темы «Классификация и номенклатура неорганических веществ» важно актуализировать знания о составе оксидов, кислот, оснований, солей, видах химической связи в указанных соединениях. Для этого им можно предложить выполнить следующее задание.

Составьте формулы бинарных (состоящих из двух химических элементов) соединений, используя предложенные символы химических элементов: N, O, Si, S, Cl, I. Соберите шаростержневые модели этих соединений.

Решение задания может быть представлено в виде модели (рис. 5).

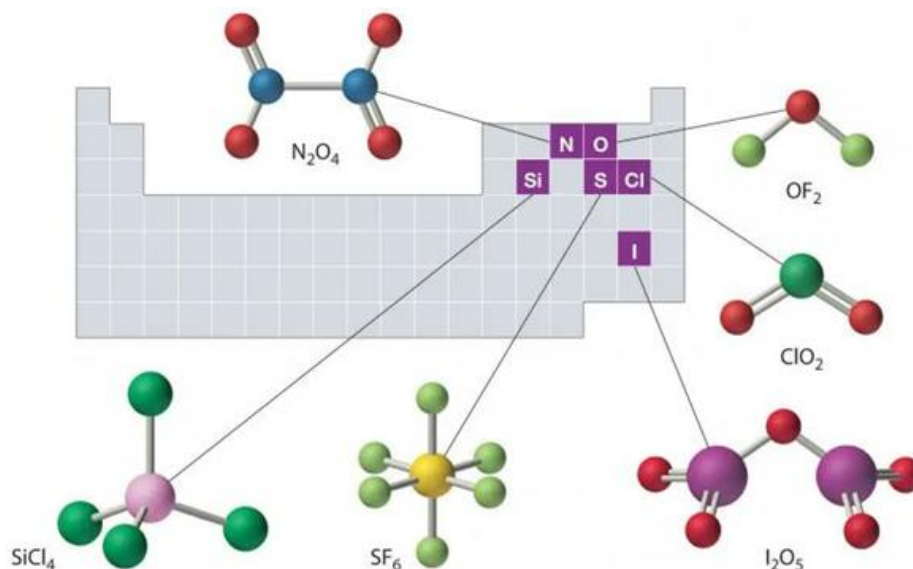


Рис. 5. Модель решения задачи по теме «Классификация и номенклатура неорганических веществ»

К общепедагогическим методам в преподавании химии относится самостоятельная работа студентов. При организации самостоятельной работы большое значение имеет работа с графическими наглядными моделями. Например, на наглядном моделировании может базироваться решение расчетных задач.

С целью формирования у студентов навыков решения расчетных задач при обучении общей химии используются задачи с визуальным содержанием. Построение схематического рисунка наглядно иллюстрирует группу словесно-наглядно-практических методов обучения. Так, в теме «Растворы» разбирается тип задач на вычисление массовой доли растворенного вещества в растворе. Приведем пример решения такой задачи с применением схематического рисунка.

При взаимодействии металлического натрия с водой образовался раствор гидроксида натрия массой 100 г и водород объемом 1,12 дм³ (н.у.). Вычислите массовую долю гидроксида натрия в растворе.

Вначале строим иллюстративно-графическую модель химического процесса (рис. 6). Далее составляем уравнение химической реакции: $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2 \uparrow$. Находим химическое количество выделившегося водорода (0,05 моль), а также химическое количество (0,1 моль) и массу гидроксида натрия (4 г). В результате получим, что массовая доля гидроксида натрия в растворе равна 0,04 (4%).

Из специфических методов в обучении химии наиболее актуальны такие, как наблюдение химических объектов и их изображений, моделирование химических объектов, описание химических объектов, объяснение химических явлений. Объектами наглядного моделирования в химическом эксперименте по общей химии являются атомы, молекулы, кристаллы, химические установки, а также процессы и явления.

Приведем пример использования наглядного моделирования при выполнении эксперимента на этапе освоения темы «Химическое равновесие». Вначале занятия ставим перед студентами вопросы: «Что происходит в равновесной газовой системе при изменении температуры?»; «Каким правилом определяется направление, в котором смещается равновесие в данной системе?». Далее показываем опыт, где в два химических стакана (один – с горячей, другой – с холодной водой со льдом) одновременно осторожно опускаем прибор, состоящий из двух сообщающихся сосудов, заполненных оксидом азота (IV) (рис. 7).

В ходе наблюдения студенты убеждаются, что усиление окраски газа происходит в горячей воде и обесцвечивание в холодной. В данном случае имеет место обратимая реакция полимеризации диоксида азота NO_2 бурого цвета, протекающая с образованием бесцветного димера азота N_2O_4 . На основании результатов опыта просим студентов смоделировать химическое уравнение реакции с учетом закона сохранения массы и предлагаем следующее задание.

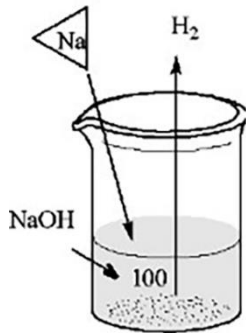


Рис. 6. Иллюстративно-графическая модель

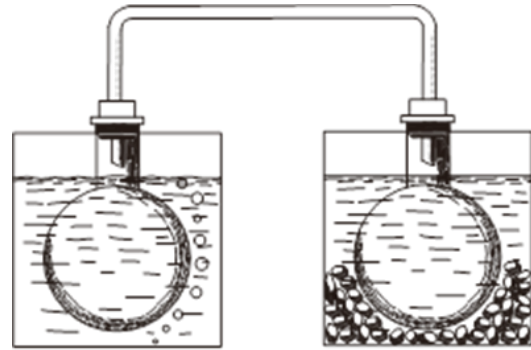


Рис. 7. Прибор для изучения смещения химического равновесия при изменении температуры

На рисунке представлена обратимая химическая реакция димеризации оксида азота (II), светлые сферы – это атомы кислорода, а темные – атомы азота. Дополните схему моделями молекул продукта реакции (рис. 8).

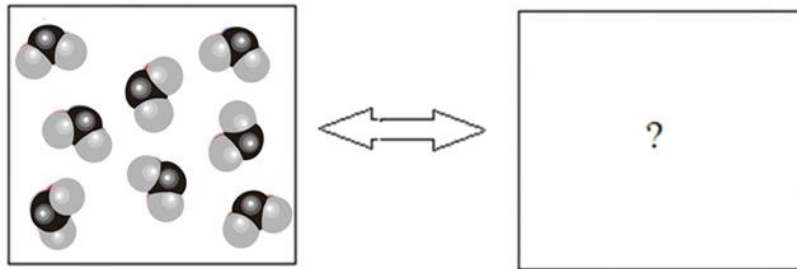


Рис. 8. Моделирование процесса, протекающего в ходе эксперимента

Химический эксперимент как ведущий метод обучения общей химии применяется для иллюстрации и подтверждения научных фактов. Как было продемонстрировано выше, для эффективного использования реального химического эксперимента необходимо применять его в комплексе с моделями и наглядным моделированием.

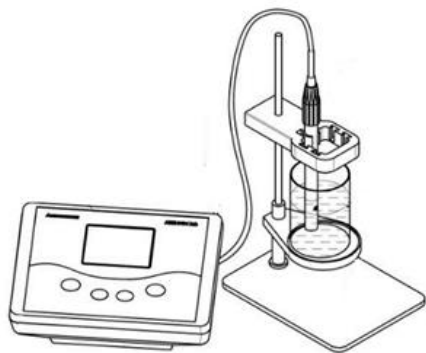


Рис. 9. Прибор для определения электропроводности растворов

Приведем пример использования моделирования при изучении темы «Растворы электролитов» при проведении лабораторного опыта по определению электропроводности водных растворов электролитов различной концентрации. В качестве оборудования применим модуль «Общелaborаторный» с кондуктометрическим датчиком учебно-laborаторного комплекса «Химия» (рис. 9). Для проведения опыта возьмем растворы кислот различной концентрации.

В ходе эксперимента студенты убеждаются в том, что величина электропроводности растворов зависит от концентрации последних. Обучающиеся приходят к выводу, что в растворе содержатся не только свободные ионы, от количества которых зависит электрическая проводимость, но и молекулы. Преподаватель сообщает, что в растворе происходят обратимые процессы диссоциации молекул с образованием ионов и ассоциации ионов с образованием молекул.

Далее выполняется задание по наглядному моделированию.

На следующих диаграммах (моделях) представлены водные растворы трех кислот (HX , HY и HZ) с молекулами воды для наглядности (рис. 10). Расположите их от самых сильных к самым слабым.

При изучении моделей электролитической диссоциации в водных растворах кислот студенты определяют относительное количество присутствующих незаряженных молекулярных частиц. Самая сильная

кислота – это кислота с наибольшим количеством ионов H^+ и наименьшим количеством недиссоциированных молекул кислоты в растворе. Самая слабая кислота – это та, в которой наибольшее количество недиссоциированных молекул. Сильная кислота – HY , потому что она полностью ионизирована (в растворе нет молекул HY), тогда как HX и HZ являются слабыми кислотами, растворы которых состоят из смеси молекул и ионов. Кислота HZ содержит больше ионов H^+ и меньше молекул, чем HX , поэтому более сильная кислота. Порядок таков $HY > HZ > HX$.

Большое значение для повышения эффективности обучения общей химии с позиции применения наглядного моделирования имеет сочетание наблюдения, химического эксперимента, цифровых расчетов и моделирования. Повышается восприятие показа эксперимента, если имеются иллюстративно-графические модели, раскрывающие суть реально происходящих процессов и явлений. Демонстрацию химического эксперимента следует сочетать с наглядным моделированием и учебными моделями.

При изучении темы «Термодинамика химических реакций» студенты знакомятся с калориметрическим методом анализа [5]. Для проведения эксперимента по определению тепловых эффектов химических реакций используется модуль «Термостат» в пассивном режиме (калориметр) с термодатчиком учебно-лабораторного комплекса «Химия». Работа выполняется с помощью компьютерной программы, что позволяет следить за текущим значением температуры в реальном времени. С помощью этой же программы строится график и по нему определяется изменение температуры, которое применяется в дальнейшем для расчета тепловых эффектов (рис. 11). Поскольку сам процесс протекает в закрытом сосуде, можно предложить студентам смоделировать его, чтобы объяснить, почему в одних случаях химические реакции идут с выделением тепла, а в других – с поглощением. Модели, составленные студентами, могут быть различными, предлагаем вариант одной из них (рис. 12).

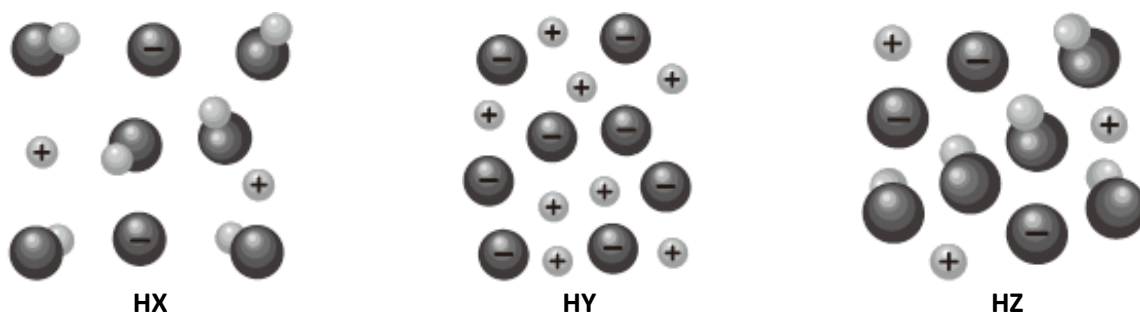


Рис. 10. Модели водных растворов кислот

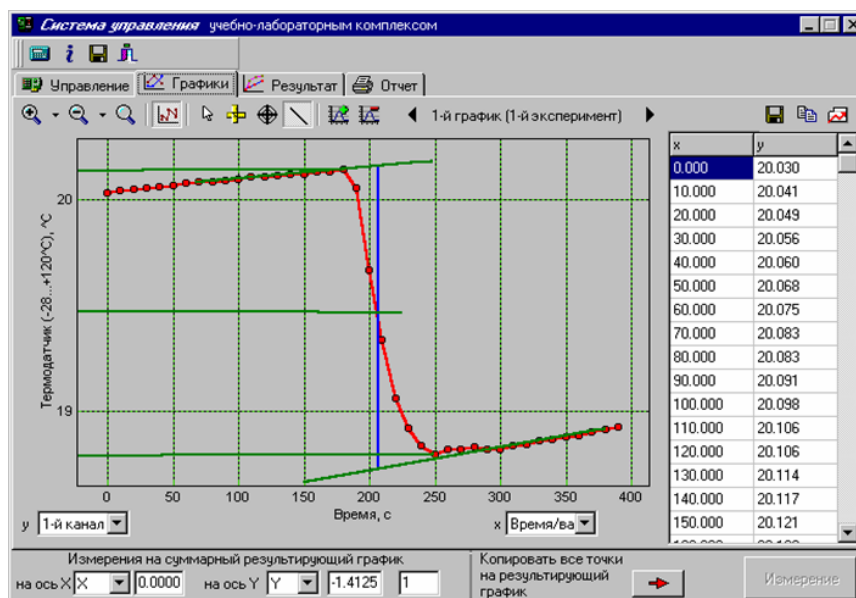


Рис. 11. Нахождение изменения температуры по данным калориметрических измерений

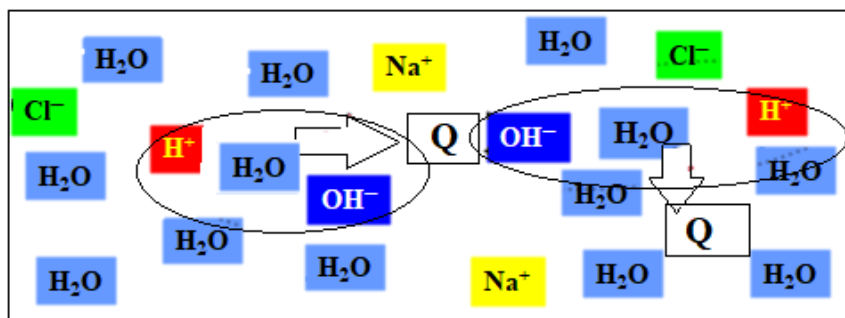


Рис. 12. Моделирование процесса, протекающего при определении теплового эффекта

Таким образом, при отборе содержания и методов обучения с позиции применения наглядного моделирования при обучении общей химии необходимо опираться на следующие требования: отбор тех или иных видов учебных моделей должен вестись с учетом целей занятия, соответствовать программе и учебному материалу; структура курса общей химии должна быть многоуровневой; при изложении отобранного содержания преимущественно важно использовать сочетание традиционных методов обучения и наглядного моделирования; при использовании моделей следует учитывать имеющиеся в этом отношении достижения и современный уровень развития информационно-коммуникационных технологий.

Применение наглядного моделирования при обучении общей химии позволяет придавать учебной информации рациональную форму: обеспечивает точность и краткость ее выражения, структурирование, кодирование, быстроту передачи и переработки учебного материала, минимальность объема с необходимой широтой значения, вариативность формата, эмоциональность, наличие визуальных метафор.

Заключение. Специфика применения наглядного моделирования заключается в том, что оно должно оптимально согласовываться с другими методами обучения, обеспечивая целостность представлений о химических объектах и явлениях, способствуя лучшему усвоению материала по общей химии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отвалко, Е.А. Наглядное моделирование как средство обучения химии [Электронный ресурс] / Е.А. Отвалко, Е.Я. Аршанский // Химия в школе. – 2021. – № 3. – С. 11–20. – Режим доступа: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/26526>. – Дата доступа: 22.10.2022.
2. Образовательный стандарт Республики Беларусь. Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-02 04 01 Биология и химия: ОСРБ 1-02 04 01-2021: утв. и введ. в действие постановлением М-во образования РБ от 20.04.2022 № 85 [разраб. БГПУ]. – Взамен ОСРБ 1-02 04 01-2013; введ. 2013-08-3. – Минск: М-во образования Респ. Беларусь, 2013. – 14 с.
3. Концепция развития педагогического образования в Республике Беларусь на 2021–2025 годы [Электронный ресурс] // Национальный образовательный портал. – Режим доступа: <https://adu.by/images/2021/06/konceptsiya-razvitiya-pedagogicheskogo-obrazovaniya.pdf>. – Дата доступа: 20.08.2022.
4. Белохвостов, А.А. Система методической подготовки будущего учителя химии к использованию информационно-коммуникационных технологий: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / А.А. Белохвостов; Белорус. гос. пед. ун-т имени Максима Танка. – Минск, 2014. – 29 с.
5. Борисевич, И.С. Профессионально-педагогическая направленность вузовского курса физической и коллоидной химии / И.С. Борисевич // Наука – образованию, производству, экономике: материалы XIX(66) Регион. науч.-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 13–14 марта 2014 г.: в 2 т. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2014. – Т. 2. – С. 121–123.

REFERENCES

1. Otvalko E.A., Arshanski E.Ya. *Khimiya v shkole* [Chemistry in School], 2021, 3, pp. 11–20. – Available at: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/26526>. – Accessed: 22.10.2022.
2. *Obrazovatelny standart Respubliki Belarus. Vyssheye obrazovaniye. Pervaya stupen. Spetsialnost 1-02 04 01 Biologiya i khimiya: OSRB 1-02 04 01-2021* [Academic Standard of the Republic of Belarus. Higher Education. First Stage. Qualification 1-02 04 01 Biology and Chemistry: OSRB 1-02 04 01-2021], Minsk: M-vo obrazovaniya Resp. Belarus, 2013, 14 p.
3. *Kontseptsiya razvitiya pedagogicheskogo obrazovaniya v Respublike Belarus na 2021–2025 gody* [Concept of the Development of Pedagogical Education in the Republic of Belarus for 2021–2025], Natsionalny obrazovatelny portal, Available at: <https://adu.by/images/2021/06/konceptsiya-razvitiya-pedagogicheskogo-obrazovaniya.pdf>. – Accessed: 20.08.2022.
4. Belokhvostov A.A. *Sistema metodicheskoi podgotovki budushchego uchitelia khimii k ispolzovaniyu infopmatsionno-kommunikatsionnykh tekhnologii: avtoref. dis. ... kand. ped. nauk* [System of Methodological Training of Would-be Chemistry Teacher to Use Information and Communication Technologies: PhD (Education) Dissertation Summary], Belarus. gos. ped. un-t imeni Maksima Tanki, Minsk, 2014, 29 p.
5. Borisovich I.S. *Nauka – obrazovaniyu, proizvodstvu, ekonomike: materialy XIX(66) Region. nauch.-prakt. konf. prepodavatelei, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov, Vitebsk, 13–14 marta 2014 g.* [Science – to Education, Industry, Economy: Proceedings of the XIX(66th) Regional Scientific and Practical Conference of Teachers, Researchers and Postgraduate Students, Vitebsk, March 13–14, 2014], Vitebsk State University, Vitebsk, 2014, 2, pp. 121–123.

Поступила в редакцию 02.02.2023

Адрес для корреспонденции: e-mail: elena.otvalcko@yandex.by – Шатова Е.А.

ТЕХНИКО-ТАКТИЧЕСКИЕ ДЕЙСТВИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ ЗАЩИТНОЙ ТЕХНИКИ СТУДЕНТОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ КИКБОКСИНГОМ

В.А. Лосев

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

В данной работе представлены результаты исследования учебно-тренировочного процесса студентов-кикбоксеров в выполнении защитных технико-тактических действий. Определены основные защитные технические приемы в теории и практике спортивной тренировки на начальном этапе подготовки.

Цель статьи – совершенствование защитной технико-тактической подготовленности студентов университета, занимающихся кикбоксингом, разработка методики обучения на начальном этапе подготовки.

Материал и методы. Педагогическое исследование проводилось на базе ДЮСШ ПОПР ВГУ имени П.М. Машерова, ВГУ имени П.М. Машерова, в нем принимали участие студенты университета и школьники ДЮСШ (n=40) в возрасте 17–19 лет, по 20 спортсменов. Были проанализированы выступления студентов на соревнованиях различного уровня в период с 2013 по 2023 г. На начальном этапе использовались следующие методы исследования: анализ научно-методической литературы, опрос, беседы с ведущими специалистами по кикбоксингу, педагогическое наблюдение, педагогический эксперимент. Обработка полученных экспериментальных данных осуществлялась с помощью методов математической статистики.

Результаты и их обсуждение. Результаты проведенного анализа выступлений на соревнованиях студентов позволили сформировать методику обучения защитным технико-тактическим действиям в передвижениях, защите руками, ногами, туловищем, посредством комбинированных защит, при этом обращалось пристальное внимание на ловкость, чувство движений соперника и вовремя выполненное движение защиты.

Заключение. Направленное воздействие средствами спортивной тренировки в совершенствовании защитной техники в кикбоксинге, с увеличением доли защитных технико-тактических действий в экспериментальной группе с 20 до 35–40%, позволило сформировать более устойчивые двигательные навыки защиты, улучшило эффективность технико-тактических действий от ударов соперника и оптимизировало учебно-тренировочный процесс, тем самым повысив интерес к спортивной тренировке в кикбоксинге на начальном этапе подготовки.

Ключевые слова: кикбоксинг, защитные технико-тактические действия, техническая, тактическая подготовка.

STUDENT TECHNICAL-TACTICAL ACTIONS USING MEANS OF SHIELD TECHNIQUE IN KICKBOXING

V.A. Losev

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

This paper presents the results of a study of the academic and training process of students-kickboxers in the performance of shield technical and tactical actions. The main shield techniques in the theory and practice of sports training at the initial stage of training are determined.

The purpose of the study is to improve the defensive technical and tactical readiness of university students involved in kickboxing, to develop teaching methodology at the initial stage of training.

Material and methods. Pedagogical research was carried out on the basis of the Children’s and Youth Sports School of VSU and Vitebsk State P.M. Masherov University, forty 17–19 year old students of Vitebsk State P.M. Masherov University and the Sports School (20 athletes from each) participated in the research. The performances of students at competitions of various levels in the period from 2013 to 2023 were analyzed. At the initial stage, the following research methods were used: analysis of scientific and methodological literature, a survey, talks with leading kickboxing experts, pedagogical observation, pedagogical experiment. The processing of the obtained experimental data was carried out using the methods of mathematical statistics.

Findings and their discussion. The results of the analysis of students’ performances at competitions made it possible to form a methodology for teaching defensive technical and tactical actions in movements, defense with arms, legs, torso, combined defenses, paying close attention to dexterity, a sense of the opponent’s movements and a timely executed defense movement.

Conclusion. Directed impact by means of sports training, in improving the defensive technique in kickboxing, by increasing the share of protective technical and tactical actions in the experimental group from 20 to 35–40%, allowed to form more stable motor skills of defense, increased the effectiveness of technical and tactical actions from the blows of the opponent and optimized the training process, thereby increasing the interest in sports training in kickboxing at the initial stage of training.

Key words: kickboxing, shield technical-tactical actions, technical, tactical training.

Сегодняшняя технико-тактическая подготовка требует все более точных умений и навыков, необходимых для успешного выступления на соревнованиях в кикбоксинге, является основным видом специальной подготовки, где одновременно совершенствуются функциональные технические, тактические, психологические возможности спортсменов, обеспечивающие достижение высоких спортивных результатов [1; 2].

Основываясь на опыте работы и беседах с тренерами, учитывая современный опыт многих специалистов в спортивных единоборствах, можно утверждать, что на этапе начальной подготовки обучение надежной защитной технике позволяет спортсменам-кикбоксерам избежать попадания в открытые зоны многих ударов соперника, получения излишнего травматизма и тем самым увеличить время выступлений на ринге студентов, занимающихся кикбоксингом. Это повысит интерес обучающихся к занятиям спортивными единоборствами и здоровому образу жизни.

В связи с тем, что происходит ациклический характер поединка с быстро меняющимися ситуациями в пользу то одного, то другого спортсмена, необходимо избегать сильных акцентированных ударов, используя надежные защитные технические действия от атакующих технико-тактических действий соперника. Победитель в бою определяется боковыми судьями с помощью оценок пропущенных и точно нанесенных ударов в ходе всего поединка [3].

По этой причине тренерам и спортсменам следует учитывать не только атакующие технико-тактические действия, но и надежные навыки защитной техники [4].

Развитие кикбоксинга по всему миру и возрастающая конкуренция требуют от спортсменов более качественного выполнения технических и тактических действий, поиска эффективных путей развития, помогают акцентировать внимание на родственных видах спортивных единоборств. Для этого подбираются и формируются в том числе методики обучения студентов защитной технике, основанной на опыте работы тренеров, участвующих во многих соревнованиях и международных сборах.

Повышение защитных технико-тактических действий студентов-кикбоксеров с 20 до 35–40% позволит сформировать устойчивые двигательные навыки защитной техники, точного выполнения структуры защитных движений и увеличить эффективность технико-тактических действий от атак соперника.

Цель статьи – совершенствование защитных технико-тактических приемов подготовленности студентов университета, занимающихся кикбоксингом.

Материал и методы. В исследовании принимали участие студенты Витебского государственного университета имени П.М. Машерова и школьники ДЮСШ ПОПР ВГУ (n=40) в возрасте 17–19 лет, по 20 спортсменов. Были проанализированы выступления студентов на соревнованиях различного уровня в период с 2013 по 2023 г. [4].

На начальном этапе использовались следующие методы: анализ научно-методической литературы, педагогическое наблюдение, опрос, беседы с ведущими специалистами по кикбоксингу, педагогический эксперимент. Обработка полученных экспериментальных данных осуществлялась с помощью методов математической статистики.

Одним из основных требований к обучению является обоснование научно-методических подходов к комплексному формированию надежного навыка защитных технико-тактических действий в начальной подготовке студентов-кикбоксеров.

Результаты и их обсуждение. Изучение данной проблемы длительное время позволило сформировать методику обучения защитным технико-тактическим действиям в передвижениях, защите руками, ногами, туловищем, посредством комбинированных защит, одновременно обращалось пристальное внимание на ловкость, чувство движений соперника и вовремя выполненное движение защиты. Анализы выступлений на соревнованиях студентов учреждений высшего образования Республики Беларусь показывают, что при более высоком техническом уровне защитной техники спортсмены реже пропускают опасные атаки и удары соперников в соревновательных поединках.

В табл. 1 представлены основные атакующие удары руками, ногами, применяемые спортсменами в поединках в контрольной и экспериментальной группах.

Классификация защитных технико-тактических действий, от ударов ногами, руками в поединках в контрольной (КГ) и экспериментальной (ЭГ) группах

1	Атакующие технические действия руками, применяемые в поединке	2	Атакующие технические действия ногами, применяемые в поединке
	Различные варианты прямого удара рукой, удары сбоку, удары снизу, удар прямой кросс, удар бэкфаст с разворотом на 360°, удары локтями		Различные варианты прямого удара ногой, прямой удар ногой с разворотом на 360°, удары круговые, удары сбоку, удар ногой лоу-кик, удары коленями
Защитные технико-тактические действия от ударов руками и ногами			
3	Защита от ударов руками	4	Защита от ударов ногами
	Простая защита		Простая защита
	Активность защиты		Активность защиты
	Пассивность защиты		Пассивность защиты
	Надежность защитной техники		Надежность защитной техники
	Комбинированность защиты (ловкость)		Комбинированность защиты (ловкость)
	Реагирование на удар (чувство на движения соперника), количество пропущенных ударов		Реагирование на удар (чувство на движения соперника), количество пропущенных ударов

В данной таблице классификации мы составили 4 группы:

1. Атакующие технические действия руками.
2. Атакующие технические действия ногами, применяемые в поединке.
3. Защита от ударов руками.
4. Защита от ударов ногами.

В классификации защитных технико-тактических действий нами выделено 5 групп:

- 1) защита с помощью рук (блоки, подставки, отбивы, сбивы);
- 2) защита с помощью ног (блоки, подставки, сбивы);
- 3) защита передвижением (скачки, отскоки, вышагивания, сайд-степ);
- 4) защита движением туловища (уклоны, нырки, отклоны);
- 5) комбинированные защиты.

В процессе технической подготовки и решения поставленных задач необходимо добиваться, чтобы техника отвечала следующим требованиям:

1. Эффективность спортивной техники использования спортсменом своих двигательных возможностей для достижения спортивного результата.
2. Стабильность и надежность от внешних воздействий соперников, утомления, судейства, помехоустойчивости.
3. Вариативность, комбинированность техники защит в данный момент времени в связи со складывающейся боевой ситуацией.
4. Экономичность техники, характеризующаяся рациональным применением энергозатрат при выполнении технических действий.

Процесс становления и совершенствования технического мастерства разделяется на 4 этапа подготовки [3; 5].

1. Стадия создания первого представления о двигательном действии и формирования установки на обучение.
2. Стадия формирования первоначального умения выполнять техническое действие в наиболее общем виде.
3. Стадия формирования совершенного выполнения двигательного действия, связанная с концентрацией нервных процессов в головном мозге. Педагогический процесс направлен на детальное изучение движений. Складывается рациональная временная, пространственная и динамическая структура движений. Особое внимание уделяется ритму движений, целостному выполнению движений, использованию нетрадиционных методов, музыки, технических средств, тренажеров.

4. Стадия полного формирования навыка, соответствующая этапу закрепления двигательного действия. По мере того как рациональная система движений закрепляется, определяются характерные черты навыка – автоматизация и стабилизация действия [3; 5].

Для усвоения и качества выполнения технико-тактических действий в кикбоксинге нами разработан тест-контроль подготовленности студентов-кикбоксеров, который позволяет определить оценку индивидуальных способностей защиты каждого студента-кикбоксера от атакующих действий соперников. Спортсмен оценивает свои технико-тактические действия по показателям активности, надежности выполнения защитной техники, объем, разнообразие комбинированных защитных действий и чувства на движение партнера, время реагирования и выполнения защиты. Ответы оценивались по 10-балльной системе, и методом математической статистики выявлялись лучшие показатели [6].

Анализ литературных источников, видеоматериалов чемпионатов Республики Беларусь, Европы, мира, участие в соревнованиях, а также беседы и обсуждение с тренерами данной проблемы помогают предложить методику обучения защитным технико-тактическим действиям и установить процентную долю планирования защитных технико-тактических действий в группах начальной подготовки студентов УВО. Методика включает в себя определение защитной техники в кикбоксинге, последовательное обучение защитным техническим действиям в структуре тренировочного занятия, микро-, мезо- и макроцикле тренировок, позволяющих улучшить планирование и условия обучения специальным учебно-тренировочным заданиям с выполнением защитных технических действий.

Педагогическая задача состоит в стабилизации и совершенствовании двигательного действия и его отдельных деталей. С этой целью проводится многократное повторение движений в стандартных и вариативных условиях. На данном этапе техническое совершенствование тесно переплетено с развитием двигательных качеств, тактической и психологической подготовкой. Это позволяет в процессе закрепления навыков в технических действиях выполнить объемную и разнообразную работу, обеспечивающую техническое совершенствование, что в свою очередь способствует успешным выступлениям на соревнованиях [4; 7].

Анкетирование, беседы, интервьюирование с ведущими тренерами Республики Беларусь помогли спланировать работу в учебно-тренировочных группах начальной подготовки, увеличить объем защитных и защитно-атакующих технико-тактических действий до 35–40%. Это повысило надежность исполнения защитных технико-тактических действий в спортивном поединке, тем самым уменьшилось количество пропущенных опасных ударов и снизился уровень травматизма в спортивном поединке. Количество и объем пропущенных ударов до и после эксперимента в контрольной и экспериментальной группах указаны в табл. 2, 3.

Таблица 2

Результаты тестирования защитной техники в контрольной (КГ) и экспериментальной (ЭГ) группах до эксперимента (3 раунда по 2 мин)

Участники эксперимента, КГ	Объем ударов (3 раунда по 2 мин), КГ	Количество удачных защитных действий, КГ	Пропущенные удары, КГ	Участники эксперимента, ЭГ	Объем ударов (3 раунда по 2 мин), ЭГ	Количество удачных защитных действий, ЭГ	Пропущенные удары, ЭГ
1	25	13	12	1	30	20	10
2	22	10	12	2	22	12	10
3	21	14	7	3	24	13	11
4	18	11	6	4	27	14	13
5	15	8	7	5	24	14	10
6	17	10	7	6	18	10	8
7	20	12	8	7	19	12	7
8	27	16	11	8	28	17	11

Окончание табл. 2

9	28	18	10	9	24	15	9
10	21	12	9	10	26	18	8
11	19	11	8	11	22	16	6
12	13	6	7	12	23	16	7
13	24	14	10	13	14	8	6
14	26	17	9	14	15	10	5
15	30	19	11	15	16	10	6
16	23	16	7	16	19	12	7
17	20	13	7	17	26	16	10
18	26	15	11	18	29	18	11
19	16	10	6	19	33	19	14
20	19	11	8	20	25	17	8
Итого	430	256	173	Итого	464	287	177

Таблица 3

Результаты тестирования защитной техники в контрольной (КГ) и экспериментальной (ЭГ) группах после эксперимента (3 раунда по 2 мин)

Участники эксперимента, КГ	Объем ударов (3 раунда по 2 мин), КГ	Количество удачных защитных действий, КГ	Пропущенные удары, КГ	Участники эксперимента, ЭГ	Объем ударов (3 раунда по 2 мин), ЭГ	Количество удачных защитных действий, ЭГ	Пропущенные удары, ЭГ
1	25	20	5	1	30	26	4
2	22	15	7	2	22	18	4
3	21	17	4	3	24	22	2
4	18	15	3	4	27	23	3
5	15	12	3	5	24	21	3
6	17	13	4	6	18	15	3
7	20	15	10	7	19	15	4
8	27	21	6	8	28	24	4
9	28	20	8	9	24	21	3
10	21	16	5	10	26	22	4
11	19	12	7	11	22	19	3
12	13	9	4	12	23	19	4
13	24	21	3	13	14	12	2
14	26	20	6	14	15	12	3
15	30	21	9	15	16	13	3
16	23	18	5	16	19	15	4
17	20	14	6	17	26	23	3
18	26	22	4	18	29	24	5
19	16	12	4	19	33	27	6
20	19	13	5	20	25	21	4
Итого	430	326	108	Итого	464	392	71

Как показало проведенное исследование (табл. 4), в контрольной группе после эксперимента произошло увеличение удачных защитных технических действий за 3 раунда спортивного поединка 6 минут незначительно (с $\bar{x} - 12,8$ до $\bar{x} - 14,4$). Количество пропущенных ударов за 3 раунда по 2 мин в спортивном поединке до и после эксперимента при стандартном подходе в спортивной тренировке почти не изменилось (с $\bar{x} - 8,7$ до $\bar{x} - 8,9$).

Итоги тестирования в контрольной и экспериментальной группах

Тесты	КГ до эксперимента, $\bar{x} \pm m$	КГ после эксперимента, $\bar{x} \pm m$	p	ЭГ до эксперимента, $\bar{x} \pm m$	ЭГ после эксперимента, $\bar{x} \pm m$	p
Количество удачных защитных, технико-тактических действий (3 раунда по 2 мин)	12,8 ± 3,4	14,4 ± 3,4	> 0,05	16,3 ± 3,9	19,6 ± 4,6	> 0,05
Количество пропущенных ударов (3 раунда по 2 мин)	8,7 ± 2,2	8,9 ± 2,5	> 0,05	8,9 ± 2,5	3,6 ± 0,9	> 0,05

В экспериментальной группе, где использовалось направленное воздействие методики начальной подготовки и увеличением объема обучения до 35–40% защитным, защитно-атакующим технико-тактическим действиям, после эксперимента наблюдался значительный рост удачных защитных действий за 3 раунда спортивного поединка по 2 минуты (**с \bar{x} – 16,3 до \bar{x} – 19,6**). Количество пропущенных ударов за 3 раунда по 2 мин в спортивном поединке до и после эксперимента при увеличении объема обучения защитной технике сильно снизилось: до эксперимента – \bar{x} – 8,9; после эксперимента – \bar{x} – 3,6.

Результаты анализа выступлений на соревнованиях студентов учреждений высшего образования Республики Беларусь подтверждают, что направленное обучение в период начальной подготовки студентов навыкам защитных технико-тактических действий является одним из важных показателей подготовки в кикбоксинге. Продуманная и обоснованная методика подготовки на начальном этапе становления техники защиты позволяет снизить уровень травматизма на тренировочных занятиях, способствует сохранению здоровья студентов, увеличению этапа активности в спортивной деятельности и помогает проведению зрелищных технически грамотных поединков, повышая интерес к кикбоксингу.

Изучение данной проблемы на протяжении длительного времени позволило дополнить методику обучения защитным техническим действиям в передвижениях, защите руками, ногами, туловищем, посредством комбинированных защит, обращая пристальное внимание на ловкость, чувство движений соперника и вовремя выполненное движение защиты. Несомненно положительную роль в тренировочном процессе сыграло планирование техники защиты и атакующих, контратакующих действий в конкретных тренировочных заданиях [8].

Нами эффективно использовались комплексы защитных технико-тактических действий от ударов руками, ногами соперника.

Комплекс 1. Защитные технико-тактические действия руками. Подставки, отбивы, сбивы:

1. Исходное положение (и. п.) – боевая стойка (б. с.). Сбив левой рукой от прямого удара правой руки соперника с шагом правой ногой назад (комбинированная защита).

2. И. п. – б. с. Подставка левой рукой от прямого удара правой руки соперника с шагом правой ногой назад (комбинированная защита), контрудар правой рукой в голову.

3. И. п. – б. с. Подставка правой рукой от прямого удара левой руки соперника с шагом правой ногой назад (комбинированная защита), контрудар сбоку левой ногой в бедро левой ноги соперника (лоу-кик).

4. И. п. – б. с. Сбив правой рукой от прямого удара левой руки соперника с шагом правой ногой назад (комбинированная защита), контрудар сбоку левой ногой в бедро левой ноги соперника.

5. И. п. – б. с. Подставки в передвижении левой и правой руками:

– подставка левой рукой от прямого удара правой руки соперника с шагом правой ногой назад (комбинированная защита);

– подставка правой рукой от прямого удара левой руки соперника с шагом левой ногой назад (комбинированная защита).

6. И. п. – б. с. Подставка предплечьем левой руки от прямого удара правой руки соперника на месте, контрудар правой рукой в голову.

7. И. п. – б. с. Подставка предплечьем правой руки от прямого удара левой руки соперника слегка скручивая туловище в сторону удара (комбинированная защита), контрудар прямой удар левой рукой в голову, удар левой ногой сбоку в бедро левой ноги соперника (лоу-кик).

8. И. п. – б. с. Подставка предплечьем левой руки, плотно прижатым к голове, от бокового удара правой руки соперника на месте, слегка скручивая туловище в сторону от удара вправо, контрудар правой рукой в голову, правой ногой в бедро партнера (лоу-кик).

9. И. п. – б. с. Подставка предплечьем правой руки, плотно прижатым к голове, от бокового удара левой руки соперника, слегка скручивая туловище в сторону от удара влево (комбинированная защита), контрудары прямой удар левой рукой в голову, удар левой ногой сбоку в бедро левой ноги соперника (лоу-кик).

10. И. п. – б. с. Подставка предплечьем кистью левой руки слегка по дуге влево вниз, от удара снизу правой руки соперника на месте, контрудар правой рукой в голову, правой ногой в бедро партнера (лоу-кик).

11. И. п. – б. с. Подставка предплечьем кистью правой руки от удара снизу левой руки соперника (комбинированная защита), прямой контрудар левой рукой в голову, удар левой ногой сбоку в бедро левой ноги соперника (лоу-кик).

12. И. п. – б. с. Подставка локтем правой руки от удара снизу-сбоку левой руки соперника, контрудары прямой удар левой рукой в голову, удар левой ногой сбоку в бедро левой ноги соперника (лоу-кик).

13. И. п. – б. с. Подставка локтем левой руки от удара снизу-сбоку правой руки соперника на месте, контрудар правой рукой в голову, правой ногой в бедро партнера (лоу-кик).

14. И. п. – б. с. Отбив предплечьем левой руки, блок средней защиты снаружи внутрь от прямого удара правой руки соперника с передвижением правой ногой назад (отклон), слегка скручивая туловище в сторону к удару вправо, контрудар правой рукой в голову, правой ногой в бедро партнера (лоу-кик).

15. И. п. – б. с. Отбив предплечьем правой рукой по дуге снаружи внутрь (отклон) от прямого удара левой руки соперника с шагом правой ноги назад, слегка скручивая туловище влево (комбинированная защита), контрудары прямой удар левой рукой в голову, удар левой ногой сбоку в бедро левой ноги соперника (лоу-кик).

Комплекс 2. Защитные технико-тактические действия от ударов ногами:

1. И. п. – б. с. Партнер выполняет удар сбоку правой ногой (лоу-кик) по правому бедру партнера. Защита. Техничко-тактическое действие. Блок левой ногой в сторону удара партнера, поставить левую ногу вниз на покрытие ринга и выполнить удар левой же ногой в туловище партнера справа.

2. И. п. – б. с. Партнер выполняет удар сбоку правой ногой (лоу-кик) по правому бедру партнера. Защита. Техничко-тактическое действие. Блок левой ногой в сторону удара партнера, поставить левую ногу вперед в сторону на покрытие ринга и выполнить удар правой рукой вперед, левой рукой сбоку и левой ногой по внутренней части бедра левой ноги соперника.

3. И. п. – б. с. Партнер выполняет удар сбоку правой ногой (лоу-кик) по правому бедру партнера. Защита. Техничко-тактическое действие. Блок левой ногой в сторону удара партнера, поставить левую ногу вниз на покрытие ринга и выполнить удар правой ногой в туловище партнера слева.

4. И. п. – б. с. Партнер выполняет удар сбоку правой ногой (лоу-кик) по правому бедру партнера. Защита. Техничко-тактическое действие. Блок левой ногой в сторону удара партнера, поставить левую ногу вперед в сторону на покрытие ринга и выполнить удар правой ногой вперед. Выполнить отскок из ударной зоны.

5. И. п. – б. с. Партнер выполняет прямой удар правой ногой в туловище партнера. Защита передвижением. Техничко-тактическое действие. Отскок от удара партнера назад и скачком вперед нанести прямой удар левой рукой в голову партнера.

6. И. п. – б. с. Партнер выполняет прямой удар правой ногой в туловище. Защита. Техничко-тактическое действие. Блок левой ногой вперед навстречу удару партнера, поставить левую ногу на покрытие ринга и выполнить удар правой ногой вперед. Выполнить отскок из ударной зоны.

7. И. п. – б. с. Партнер выполняет прямой удар правой ногой в туловище. Защита комбинированная. Техничко-тактическое действие. Выполнить шаг правой ногой слегка в сторону от удара партнера вправо и одновременно выполнить блок нижней защиты по дуге справа налево, далее нанести удар правой рукой в голову соперника с шагом левой ногой.

8. И. п. – б. с. Партнер выполняет прямой удар правой ногой в туловище. Защита. Техничко-тактическое действие. Блок левой ногой вперед навстречу удару партнера, поставить левую ногу на покрытие ринга и выполнить удар правой ногой вперед. Выполнить отскок из ударной зоны.

9. И. п. – б. с. Партнер выполняет удар сбоку правой ногой (лоу-кик) по левому бедру. Защита передвижением. Техничко-тактическое действие. Шаг левой ногой назад, разножка, подшаг правой ногой навстречу партнеру и удар левой ногой сбоку (лоу-кик). Выполнить отскок из ударной зоны.

10. И. п. – б. с. Партнер выполняет прямой удар левой ногой в грудь. Защита. Техничко-тактическое действие. Отклон туловища назад предплечьем левой руки, выполнить отбив справа налево, выполнить удар сбоку правой ногой в бедро соперника (лоу-кик) под опорную ногу. Выполнить отскок из ударной зоны.

11. И. п. – б. с. Партнер выполняет прямой удар правой ногой в туловище. Защита. Техничко-тактическое действие. Отскок назад предплечьем правой руки, выполнить блок нижней защиты, отбив слева направо, выполнить удар сбоку левой ногой по бедру соперника (лоу-кик). Выполнить отскок из ударной зоны.

Комплекс 3. Защитные технико-тактические действия движением туловища:

1. И. п. – б. с. Партнер наносит левой рукой прямой удар в голову. Защита. Техничко-тактическое действие. Уклон вправо одновременно с прямым ударом левой рукой (джеб) в туловище.

2. И. п. – б. с. Партнер наносит правой рукой прямой удар в голову. Защита. Техничко-тактическое действие. Уклон влево, удар левой рукой снизу в голову, левой ногой по бедру соперника.

3. И. п. – б. с. Партнер наносит левой рукой удар сбоку в голову. Защита. Техничко-тактическое действие. Нырок вправо налево, удар левой рукой снизу в голову.

4. И. п. – б. с. Партнер наносит прямой удар правой рукой в голову. Техничко-тактическое действие. Выполнить уклон влево, далее удар сбоку правой рукой в голову.

5. И. п. – б. с. Партнер наносит левой рукой прямой удар в голову. Защита. Техничко-тактическое действие. Уклон вправо, боковой удар правой рукой в голову и правой ногой в бедро соперника.

6. И. п. – б. с. Партнер наносит прямой удар правой. Защита. Техничко-тактическое действие. Отклон туловища с полшагом назад. Выполнить прямой удар левой рукой в голову соперника, левой ногой лоу-кик.

7. И. п. – б. с. Прямой удар левой рукой в голову. Защиты: уклон вправо с одновременным передвижением навстречу вправо сопернику, боковой удар правой рукой, левой рукой снизу в голову, правой рукой в голову боковой, правой ногой по левому бедру партнера (лоу-кик).

8. И. п. – б. с. Уклон вправо, удар правой рукой в туловище снизу.

9. И. п. – б. с. Прямой удар левой рукой в голову. Защита: а) уклон вправо, удар правой рукой в голову партнера с шагом левой ногой. Удар левой рукой снизу с шагом правой ногой. Боковой удар правой рукой в голову с шагом левой ногой; б) завершить комбинацию ударом ноги сбоку по туловищу; в) отскок назад на среднюю дистанцию в исходное положение.

10. И. п. – б. с. Прямой удар левой рукой в голову. Защита: а) уклон вправо; б) с ударом правой рукой через руку партнера и шагом левой ногой нанести боковой правый удар в голову; в) развить контратаку наиболее удобными ударами или приемами борьбы.

11. И. п. – б. с. Соперник выполнил прямой удар левой рукой в голову. Защита. Техничко-тактические действия. Уклон вправо, прямой удар правой рукой в туловище сбоку.

Комплекс 4. Комбинированные защитные технико-тактические действия передвижением:

1. И. п. – б. с. Прямой удар левой рукой в голову. Защита передвижением. Техничко-тактические действия. Отскок назад, прямой удар левой рукой в голову с подскоком.

2. И. п. – б. с. Прямой удар левой рукой в голову. Защита передвижением (отскок). С шагом левой ногой и одновременно прямым ударом правой руки в голову начать атаку, далее с шагом правой ногой удар левой рукой в туловище партнера, с шагом левой ногой удар правой рукой в голову, завершить атаку правой ногой.

3. И. п. – б. с. Прямой удар правой рукой в голову. Защита: отскок, уход вправо, сайд-степ. Контратака: бросок через спину захватом руки за предплечье и шею соперника сверху.

4. И. п. – б. с. Прямой удар правой рукой в голову. Защита «вышагиванием» влево от удара партнера, выполнить прямой удар левой рукой в голову партнера с полным разворотом туловища. Продолжить развитие контратаки наиболее удобными приемами.

Все технико-тактические действия на начальном этапе подготовки студентов необходимо выполнять в невысоком темпе и не давать излишне большое разнообразие технических действий для полноценного и точного выполнения навыков.

5. И. п. – б. с. Прямой удар левой рукой в голову. Защита передвижением. Сайд-степ с шагом правой ногой вправо. Удар правой рукой сбоку. Приставным шагом вправо развернуться на 180°.

б. И. п. – б. с. Прямой удар левой рукой в голову. Защита передвижением. Сайд-степ влево с шагом левой ногой. Удар левой рукой снизу с шагом правой ногой. Приставным шагом развернуться на 180° [8].

Заключение. Направленное воздействие средствами спортивной тренировки с увеличением времени на подготовку навыков защитных технико-тактических действий в парах с партнером, на лапах, мешке до 35–40% позволяет сформировать более устойчивые двигательные навыки защиты, улучшить эффективность технико-тактических действий от атак соперника и оптимизировать учебно-тренировочный процесс, тем самым повысить интерес к спортивной тренировке в кикбоксинге на начальном этапе подготовки. Проведение учебно-тренировочного процесса с ориентацией на направленное развитие защитных технико-тактических действий помогает выполнять их более надежно и качественно. Это сглаживает в определенном роде острые моменты в спортивной поединке, у спортсмена появляется возможность избегать ударов соперника, нейтрализовать его сильные стороны подготовки. На начальном этапе подготовки студентов упражнения следует выполнять с невысоким темпом освоения техники, благодаря чему происходит более основательное закрепление навыка.

Таким образом, направленное воздействие средствами спортивной тренировки в совершенствовании защитной техники в кикбоксинге, с увеличением доли защитных технико-тактических действий в экспериментальной группе с 20 до 35–40%, позволяет сформировать более устойчивые двигательные навыки защиты, улучшает эффективность технико-тактических действий от ударов соперника и оптимизирует учебно-тренировочный процесс, тем самым повышая интерес к спортивной тренировке в кикбоксинге на начальном этапе подготовки [9–13].

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванченко, Е.И. Виды подготовки в спорте: учеб.-метод. пособие / Е.И. Иванченко. – Минск: БГУФК, 2014. – 261 с.
2. Кузнецов, А.Х. Многоуровневая подготовка боксеров / А.Х. Кузнецов. – СПб.: Астерион, 2013. – 60 с.
3. Бокс: учебник для ин-тов физической культуры / под общ. ред. И.П. Десярева. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 287 с.
4. Лосев, В.А. Теория и методика спортивной тренировки в избранном виде спорта «Спортивные единоборства»: курс лекций. Часть 1 / В.А. Лосев. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2020. – 123 с.
5. Матвеев, Л.П. Теория и методика физической культуры. Введение в предмет: учебник для высш. спец. физ. учеб. заведений / Л.П. Матвеев. – 3-е изд. – СПб.: Лань, 2003. – 160 с.
6. Благуш, П.К. Теория тестирования двигательных способностей / П.К. Благуш. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 164 с.
7. Градополов, К.В. Бокс: учебник для ин-тов физ. культуры и спорта / К.В. Градополов. – М.: Физкультура и спорт, 1965.
8. Спортивные единоборства для студентов групп спортивной специализации начальной подготовки (кикбоксинг, тайландский бокс): метод. рекомендации / сост. В.А. Лосев. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2019. – 51 с.
9. Никифоров, Ю.Б. Построение и планирование тренировки в боксе / Ю.Б. Никифоров, И.Б. Викторов. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 216 с.
10. Никифоров, Ю.Б. Эффективность тренировки боксеров / Ю.Б. Никифоров. – М.: Физкультура и спорт, 1987. – 191 с.
11. Щитов, В. Бокс для начинающих / В. Щитов. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2001. – 448 с.
12. Дмитриев, А.В. Справочник боксера: учеб.-метод. пособие / А.В. Дмитриев, С.А. Сергеев. – М.: РУМЦ ФВН, 2001. – 156 с.
13. Барташ, В.А. Классификация, систематика и терминология спортивно-боевых единоборств: учеб.-метод. пособие / В.А. Барташ, А.С. Краевич, В.М. Счеснюк. – Минск: БГУФК, 2014. – 176 с.

REFERENCES

1. Ivanchenko E.I. *Vidy podgotovki v sporte: ucheb.-metod. posobiye* [Types of Training in Sport: Manual], Minsk: BGUFK, 2014, 261 p.
2. Kuznetsov A.Kh. *Mnogourovnevaya podgotovka bokserov* [Multi-level Training of Boxers], St. Petersburg: Asterion, 2013, 60 p.
3. Degtiarev I.P. *Boks: uchebnik dlia in-tov fizicheskoi kultury* [Boxing: a Textbook for Institutes of Physical Education], M.: Fizkultura i sport, 1989, 287 p.
4. Losev, V.A. *Teoriya i metodika sportivnoi trenirovki v izbrannom vide sporta "Sportivnye yedinoborstva": kurs lektsii* [Theory and Methodology of Sports Training in the Chosen Sport "Sports Martial Arts": Course of Lectures. Part 1], Vitebsk: VGU im. P.M. Masherova, 2020, 123 p.
5. Matveyev L.P. *Teoriya i metodika fizicheskoi kultury. Vvedeniye v predmet: uchebnik dlia vyssh. spets. fiz. ucheb. zavedenii* [Theory and Methodology of Physical Education. Introduction to the Subject: Textbook], SPb: Lan', 2003, 160 p.
6. Blagush P.K. *Teoriya testirovaniya dvigatelnykh sposobnostei* [Theory of Testing Motor Abilities], M.: Fizkultura i sport, 1982, 164 p.
7. Gradopolov K.V. *Boks: uchebnik dlia in-tov fizkultury i sporta* [Boxing: Physical Education University Textbook], M.: Fizkultura i sport, 1965.
8. Losev V.A. *Sportivnye edinoborstva dlia studentov grupp sportivnoi spetsializatsii nachalnoi podgotovki (kikboksing, tailandski boks): metod. rekomendatsii* [Martial Arts for Students of Groups of Sports Specialization of Initial Training (Kickboxing, Thai Boxing): Guidelines], Vitebsk: VGU imeni P.M. Masherova, 2019, 51 p.
9. Nikiforov Yu.B., Viktorov I.V. *Postroyeniye i planirovaniye trenirovki v bokse* [Construction and Planning of Training in Boxing], M.: Fizkultura i sport, 1988, 216 p.
10. Nikiforov Yu.B. *Effektivnost trenirovki bokserov* [Efficiency of Boxer Training], M.: Fizkultura i sport, 1987, 191 p.
11. Shchitov V. *Boks dlia nachinayushchikh* [Boxing for Beginners], M.: FAIR-PRESS, 2001, 448 p.
12. Dmitriev A.V., Sergeev S.A. *Spravochnik boksera: ucheb.-metod. posobiye* [Boxer's Directory: Manual], M.: RUMTs FVN, 2001, 156 p.
13. Bartash V.A., Kravich A.S., Schesniuk V.M. *Klassifikatsiya, sistematika i terminologiya sportivno-boevykh yedinoborstv: ucheb.-metod. posobiye* [Classification, Systematics and Terminology of Martial Arts: Manual], Minsk: BGUFK, 2014, 176 p.

Поступила в редакцию 20.03.2023

Адрес для корреспонденции: e-mail: vadim.losev.11@gmail.com – Лосев В.А.

УДК 796.92

АНАЛИЗ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ИНФОРМАТИВНЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНИКИ КОНЬКОВОГО ЛЫЖНОГО ХОДА ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

Ю.Ю. Кучеров

Учреждение образования «Могилевский государственный университет
имена А.А. Кулешова»

В статье рассматриваются вопросы, связанные с актуальной проблемой технической подготовки лыжников-гонщиков. Раскрывается ее узконаправленный, специализированный статус, акцентируется биомеханическое основание этого процесса в спортивной тренировке. Анализируется техника конькового хода норвежского лыжника-гонщика Й. Клэбо. Систематизируются информативные кинематические характеристики техники конькового лыжного хода высококвалифицированных спортсменов. Актуализируется взаимосвязь физической и технической подготовки как наиболее эффективного направления улучшения качества тренировочного процесса лыжников-гонщиков.

Цель статьи – анализ и систематизация кинематических характеристик техники конькового лыжного хода высококвалифицированных спортсменов.

Материал и методы. В работе произведены исследования литературных источников и видеоанализ спортивного упражнения. При этом применены биомеханические методы расчета кинематических характеристик упражнения и методы математической статистики.

Результаты и их обсуждение. Рассмотрение литературных источников по технике передвижений лыжников-гонщиков высокой квалификации выявило наличие проблемных вопросов в данном направлении. Видеоанализ техники конькового лыжного хода высококвалифицированных спортсменов помог определить ключевые положения звеньев биомеханической системы движений лыжника-гонщика при коньковом способе передвижений на лыжах. Биомеханические методы расчета кинематических характеристик техники конькового хода позволили систематизировать кинематические характеристики: траектории отдельных точек звеньев, скорости и ускорения, временные характеристики движения и временную структуру сгибательно-разгибательных движений лыжника в суставах.

Заключение. В результате исследования обозначили направления векторов приложения сил руками, вектор приложения сил ногами и вектор направления движения по отношению к фронтальной плоскости. Установлено, что за счет увеличения скорости передвижения увеличилась длина цикла и сократилось время, в течение которого совершаются все движения в цикле. Выявлены изменения процента времени цикла, в котором мышцы лыжника работают коротко и сжато, в основном находясь в статодинамическом режиме нагрузки. Показано, что циклическая структура локомоций лыжника во фронтальной плоскости включает 8 двигательных стереотипов.

Ключевые слова: кинематические характеристики, техника конькового хода, лыжники-гонщики высокой квалификации, направления движения, вектор приложения сил.

ANALYSIS AND SYSTEMATIZATION OF INFORMATIVE KINEMATIC CHARACTERISTICS OF SKATE SKIING TECHNIQUE OF HIGHLY SKILLED ATHLETES

Yu.Yu. Kucherov

Education Establishment “Mogilev State A.A. Kuleshov University”

The article deals with issues related to the current problem of technical training of cross-country skiers. Its narrowly focused, specialized status is revealed, the biomechanical basis of this process in sports training is emphasized. The skating technique of the Norwegian racer J. Klebo is analyzed. Informative kinematic characteristics of the skating skiing technique of highly qualified athletes are systematized. The interrelation of physical and technical training is updated as the most effective way to improve the quality of the training process of cross-country skiers.

The purpose of the study is to analyze and systematize the kinematic characteristics of the skating skiing technique of highly qualified athletes.

Material and methods. Analysis of literature sources, video analysis of a sports exercise was conducted. Biomechanical methods for calculating the kinematic characteristics of an exercise, as well as methods of mathematical statistics were used.

Findings and their discussion. An analysis of literature sources on the technique of movement of highly qualified ski racers showed the presence of problematic issues in this issue. Video analysis of the skating skiing technique of highly qualified athletes made it possible to identify the key positions of the links in the biomechanical system of movements of a skier-racer in the skating method of skiing. Biomechanical methods for calculating the kinematic characteristics of the skating technique made it possible to systematize the kinematic characteristics: the trajectories of individual points of the links, speed and acceleration, the temporal characteristics of the movement and the temporal structure of the flexion-extension movements of the skier in the joints.

Conclusion. As a result of the study, the directions of the vectors of application of forces by the hands, the vector of application of forces by the legs and the vector of the direction of movement in relation to the frontal plane were identified. It was established that due to the increase in the speed of movement, the length of the cycle increased, and the time during which all movements in the cycle were performed was decreased. Changes in the percentage of the cycle time in which the skier's muscles work short and compressed, mainly being in the static-dynamic load mode, were revealed. It was shown that the cyclic structure of the skier's locomotion in the frontal plane includes 8 motor stereotypes.

Key words: kinematic characteristics, skating technique, ski racers of high qualification, movement directions, force application vector.

В настоящее время в лыжных гонках техника передвижения свободным стилем значительно изменилась по кинематическим характеристикам. Олимпийский чемпион 2017 года Йоханнес Клебо продемонстрировал всему миру условно новый стиль передвижения коньковым ходом. Эффективность его техники изменила взгляд на техническую подготовку лучших лыжников мира. Эта тенденция связана в основном с положением тела во время передвижения, постановкой ног, углами наклона рук и ног, постановкой палок. Анализ техники успешных спортсменов показывает, что в технике с точки зрения биомеханических и кинематических параметров происходят актуальные изменения по мере совершенствования спортивного инвентаря и условий подготовленности трасс, которые требуют обоснования и систематизации.

В связи с этим в ряде работ [1–7] отмечаются значимость индивидуальной техники передвижения лыжника-гонщика, ее роль в успешном выступлении спортсмена и зависимость спортивного результата от технической подготовленности участника соревнований. Так, профессор А.В. Гурский утверждает: «Техническое мастерство спортсмена – важнейший компонент спортивного результата. Среди множества определений, что же такое техника движений в спорте, в них (определениях) должны присутствовать понятия эффективности и экономичности движений, причем эффективность первична, так как экономичность необходима для достижения конечного результата, то есть эффективности. В этой связи все действия спортсмена необходимо рассматривать как систему движений, направленную на достижение результата – в лыжных гонках – скорости передвижения» [1, л. 55].

Кардинальные изменения в материально-технической базе, появление новых способов передвижения после фундаментальных исследований Д.Д. Донского, Х.Х. Гросса, В.В. Ермакова по изучению фазовой структуры скользящего шага заставили по-новому взглянуть на техническое мастерство лыжника-гонщика и методику его становления [2; 3]. К тому же некоторые специалисты обращают внимание на взаимосвязь техники с уровнем скоростно-силовой, силовой и координационной подготовленности спортсмена [4; 5].

Цель статьи – анализ и систематизация кинематических характеристик техники конькового лыжного хода высококвалифицированных спортсменов.

Материал и методы. *Кинематический анализ двигательных действий.* Определяет положения звеньев тела в процессе выполнения упражнения, включая и установление траектории отдельных точек. Этот метод характеризует движение звеньев тела человека по их известному движению. Исходными данными для расчета являются материалы оптической регистрации движений и промера. Основные задачи метода: определение положения звеньев биомеханической системы, включая установление траектории отдельных точек звеньев; нахождение скоростей и ускорений; определение временных характеристик движения и временной структуры сгибательно-разгибательных движений человека в суставах. С помощью этого метода фиксировались угловые показатели сгибаний в суставах, линейные и угловые скорости и ускорения отдельных точек и звеньев, время выполнения отдельных фаз и всего упражнения в целом.

Изучение документов соревновательной деятельности, видеоанализ и расчет кинематических параметров позволили нам обозначить некоторые важные особенности техники передвижения коньковым ходом олимпийского чемпиона Й. Клебо и других знаменитых лыжников современности. Новизна

данного исследования заключается в выявлении ключевых положений звеньев биомеханической системы движений лыжника-гонщика при коньковом способе передвижений на лыжах. Систематизированы кинематические характеристики: траектории отдельных точек звеньев, скорости и ускорения, временные характеристики движения и временная структура сгибательно-разгибательных движений лыжника в суставах.

Методы исследования: анализ литературных источников, биомеханические методы расчета кинематических характеристик упражнения.

Результаты и их обсуждение. Посредством анализа литературных источников было установлено, что особую значимость для лыжника-гонщика имеет техническая подготовка, которая в сочетании с физической подготовкой является основой для формирования индивидуальной техники спортсмена [4]. Проведенный теоретический анализ литературы по технической подготовке в лыжных гонках показал, что при определенной структуре техники конькового хода у опытных спортсменов имеются неповторимые (персональные) технические особенности, за счет которых многие спортсмены повышают экономичность техники, иногда подобные показатели доходят до 50%. Это в свою очередь является одним из факторов, определяющих высокие результаты. Одновременно техника сильнейших спортсменов мира является эталоном для разработки обобщенных моделей для ведения технико-тактической соревновательной деятельности. Указанное и послужило основанием к проведению исследования по определению актуальных экономичных способов передвижения через изучение технико-тактических действий сильнейших лыжников мира во время соревнований в период с 2017 по 2019 год.

С точки зрения кинематической структуры в цикле движений заметных изменений не произошло. Однако изменения коснулись длины цикла, длительности цикла и его средней скорости движения.

Анализ техники Й. Клэбо показал, что за счет увеличения скорости передвижения увеличилась длина цикла и сократилось время, в течение которого совершаются все движения в цикле, в особенности это касается движений рук. Все движения в цикле у лыжников-гонщиков стали заметно короче и быстрее, однако у Й. Клэбо значительно изменился процент времени цикла, в котором мышцы лыжника работают коротко и сжато, в основном находясь в статодинамическом режиме нагрузки (рис. 1).

Еще одной особенностью кинематических изменений в технике Й. Клэбо является сохранение прямого скольжения, как в подъеме, так и на равнине. При этом наблюдаются меньшее сопротивление силы трения и поддержание высокой скорости передвижения.

На рис. 2 заметны преодоление подъема коньковым ходом при отталкивании на каждый шаг, при этом постановка ног известного норвежца происходит под прямым углом, нежели у остальных соперников лыжников-гонщиков.

У Йоханнеса Клэбо сохраняются скорость передвижения и скольжение лыж при преодолении подъема, в отличие от других спортсменов, которые ставят стопу и лыжу не под прямым углом, а разворачивают, тем самым создавая угол постановки в сторону. Переносят общий центр тяжести (ОЦТ) на ногу и уезжают в сторону, а не вперед, как это делает Й. Клэбо. В это время он сокращает дистанцию и снижает сопротивление при скольжении, а другие лыжники увеличивают сопротивление в скорости и дистанцию скольжения.

К тому же фиксируется особенность постановки стопы, колена, бедра и самой лыжи под прямым углом вперед. Наглядно вырисовывается параллель постановки ног под прямым углом, прямо на подъеме Й. Клэбо, в отличие от призера Олимпийских игр Дениса Спицова, у которого постановка ноги уходит в сторону. Подобная особенность характерна в постановке стопы под прямым углом на равнине, в передвижении спортсмена коньковым ходом при отталкивании на каждый шаг.

Анализируя отдельные кинематические характеристики техники конькового хода Й. Клэбо, удалось определить направления векторов приложения сил руками, вектор приложения сил ногами и вектор направления движения по отношению к фронтальной плоскости.

Следует заметить, что положение корпуса в момент отталкивания направлено вперед по вектору движения. Проекция силы отталкивания и направление общего передвижения направлены прямо по вектору движения вперед, при этом сохраняются скорость и энергия, которую ему удастся сохранить, минимизируя силу сопротивления. Однако если векторы приложения сил ногами и руками не совпадут между собой и фронтальной плоскостью, то снизится эффективность продвижения вперед. Так как проекция сил отталкивания будет уходить в сторону, дополнительно затратится энергия лыжника.

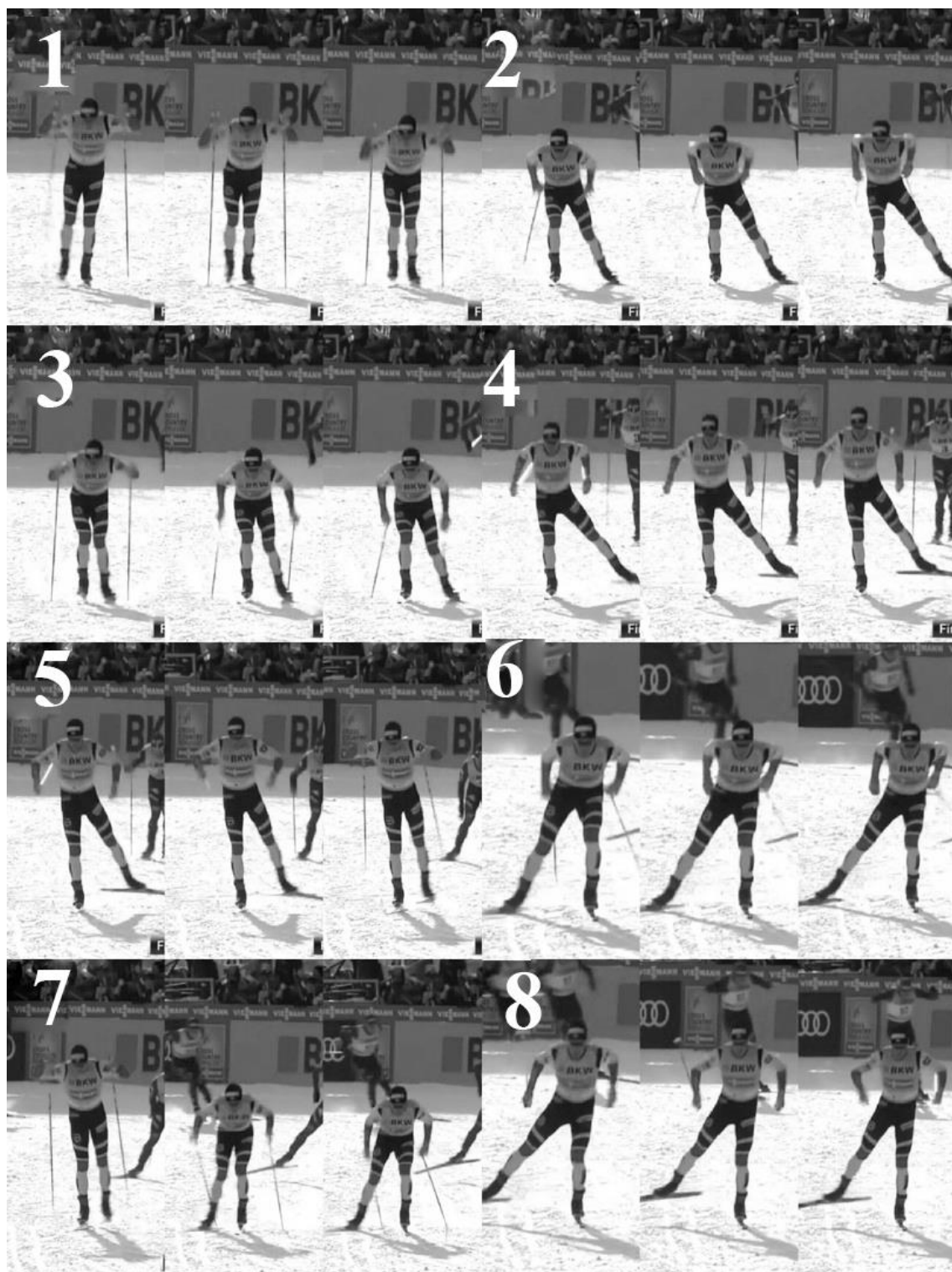


Рис. 1. Видеограмма цикла конькового хода Й. Клэбо

Угол 30 градусов левой или правой палки служит углом для атаки. Под указанным углом намного проще осуществлять сам толчок, при этом наблюдается минимальное усилие и соответственно малое количество энергии. Одновременное отталкивание под углом 30 градусов рукой и ногой дает максимальный эффект проявления силы и минимальный затрат энергии (рис. 3).

При напрыгивании на опорную ногу в подъем постановка палки под углом 90° создает опору для правильного переноса корпуса и веса тела и постановки вектора движения вперед.



а) преодоление подъема
одновременным двухшажным ходом



б) передвижение
одновременным одношажным ходом

Рис. 2. Постановка ноги и направление скольжения при преодолении подъема



Рис. 3. Передвижение Й. Клэбо в подъем
одновременным двухшажным ходом с постановкой правой палки под углом 90° и 30°

При значительном несовпадении вектора приложения силы отталкивания и вектора направления общего передвижения большая часть силы, затрачиваемой лыжниками на отталкивание, направлена вбок, а не по направлению движения, что снижает эффективность продвижения вперед. Часто для компенсации этого поперечного направления отталкивания спортсмену приходится как бы ловить баланс на прокатной ноге, что требует дополнительной энергии для сохранения равновесия, которое, в свою очередь, еще и прямо пропорционально рельефу трассы. В этом случае большая часть усилий спортсмена используется неэффективно и расходуется не на увеличение скорости передвижения. Именно своевременность постановки палки под углом 90° и перенос корпуса в прямом направлении вектора движения вперед в коньковых ходах позволяют удерживать равновесие на скользящей лыже. Подобное положение не дает заваливать и перегружать ногу всем весом тела, распределяя его вперед и тем самым поддерживая силы инерции. При этом ОЦТ находится по центру и направлен вперед по вектору движения.

Эффективность техники также зависит от антропометрических параметров тела, массы тела, роста и структуры мышц. В эффективности техники значимую роль играют углы и рычаги постановки палок и постановки лыж под различным углом при коньковом ходе в гору и на равнине, что дает более длинное и быстрое скольжение, без основного сопротивления веса и угла подъема трассы.

Многие авторы в своих публикациях делают акцент на том, что кинематические характеристики не зависят от антропометрических данных спортсмена. Однако мы имеем собственную точку зрения на данное суждение. У каждого спортсмена антропометрические данные отличаются по длине и строению кости, по массе мышц их композиции и по другим показателям положения тела, например, размаху рук, амплитуды движения. Следовательно, собственно мышечный фактор – это соотношение быстрых и медленных мышечных волокон также играет значительную роль в технике передвижения. Если максимальное усилие, прилагаемое спортсменом при толчке, в большей степени приходится на быстрые мышечные волокна, то и структура техники имеет свои отличительные признаки. Если же данный компонент мышц не справляется, то эта нагрузка распространяется на другие мышечные волокна, на промежуточные или медленные. Таким образом, у всех спортсменов гипертрофирование мышечных групп происходит по-разному, что в целом находит отражение в параметрах антропометрии и формирует особенности техники [1].

Заключение. В ходе исследования обозначены направления векторов приложения сил руками, вектор приложения сил ногами и вектор направления движения по отношению к фронтальной плоскости. Проекция силы отталкивания и вектор общего передвижения направлены прямо по движению вперед, при этом сохраняются скорость и энергия, которые спортсмену удастся сохранить, минимизируя силу сопротивления. Установлено, что за счет увеличения скорости передвижения увеличивается длина цикла и сокращается время, в течение которого совершаются все движения в цикле. Выявлены изменения процента времени цикла, в котором мышцы лыжника работают коротко и сжато, в основном находясь в статодинамическом режиме нагрузки. Показано, что циклическая структура локомотивной лыжника во фронтальной плоскости включает ранее указанные двигательные стереотипы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурский, А.В. Педагогическая концепция управления системой двигательных действий лыжников-гонщиков: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / А.В. Гурский. – СПб., 2016. – 379 л.
2. Донской, Д.Д. Техника лыжника-гонщика / Д.Д. Донской, Х.Х. Гросс. – М.: Физкультура и спорт, 1971. – 134 с.
3. Ермаков, В.В. Биодинамика двигательных действий лыжников-гонщиков / В.В. Ермаков, А.В. Гурский. – Смоленск: СГАФКС и Т, 2017. – 308 с.
4. Кучерова, А.В. Научно-методические основы физической подготовки лыжников-гонщиков в подготовительном периоде: монография / А.В. Кучерова. – Могилев: МГУ имени А.А. Кулешова, 2019. – 224 с.: ил.
5. Кучеров, Ю.Ю. Современные биомеханические тенденции техники олимпийского чемпиона Йоханнеса Клэбо / Ю.Ю. Кучеров // Современные проблемы формирования и укрепления здоровья (ЗДОРОВЬЕ – 2019): сб. науч. ст. / Брестск. гос. техн. ун-т; редкол.: А.Н. Герасевич (гл. ред.), А.А. Зданевич, А.В. Шаров, С.А. Ткаченко, И.А. Ножко, Е.Г. Пархоц. – Брест: Изд-во БрГТУ, 2019. – С. 181–185.
6. Лыжные гонки Норвегии [Электронный ресурс] // Блог Андерса Окленда. – Режим доступа: <http://langrenn-ru.blogspot.com.by/search/label/Андерс%20Окленд>. – Дата доступа: 01.02.2018.
7. Cross country skiing: handbook of sports medicine and science / ed. by H. Rusko. – Oxford, UK: Blackwell Science Ltd, Osney Mead, 2003. – 212 p.

REFERENCES

1. Gursky A.V. *Pedagogicheskaya kontseptsiya upravleniya sistemoi dvigatelnykh deistvii lyzhnikoiv-gonshchikov: dis. ... kand. ped. nauk* [Pedagogical Concept of Control of the System of Motional Actions of Ski Racers: PhD (Education) Dissertation], SPb., 2016, 379 p.
2. Donskoy D.D., Gross H.Kh. *Tekhnika lyzhnika-gonshchika* [Technique of Ski Racer], M.: Fizkultura i sport, 1971, 134 p.
3. Ermakov V.V., Gurski A.V. *Biodynamika dvigatelnykh deistvii lyzhnikov-gonshchikov* [Biodynamics of Motor Actions of Ski Racers], Smolensk: SGAFKS i T, 2017, 308 p.
4. Kucherova A.V. *Nauchno-metodicheskiye osnovy fizicheskoi podgotovki lyzhnikov-gonshchikov v podgotovitelnom periode: monografiya* [Scientific and Methodological Foundations of Physical Training of Cross-Country Skiers in the Preparatory Period: Monograph], Mogilev: MGU imeni A.A. Kuleshov, 2009, 224 p.
5. Kuchеров Yu.Yu. *Sovremenniyemye problemy formirovaniya i ukrepleniya zdorov'ya (ZDOROVYE – 2019): sb. nauch. st.* [Modern Problems of the Formation and Promotion of Health (HEALTH – 2019): Collection of Scientific Articles], Brest: Izd-vo BrGTU, 2019, pp. 181–185.
6. *Lyzhniye gonki Norvegii // Blog Andersa Oklanda* [Cross-Country Skiing in Norway. Anders Oakland's Blog]. – Available at: <http://langrenn-ru.blogspot.com.by/search/label/Anders%20Oakland>. – Accessed: 02.01.2018.
7. Cross country skiing: handbook of sports medicine and science / ed. by H. Rusko. – Oxford, UK: Blackwell Science Ltd, Osney Mead, 2003. – 212 p.

Поступила в редакцию 09.03.2022

Адрес для корреспонденции: e-mail: kucherov@msu.by – Кучеров Ю.Ю.

УДК 37.091.3:[512+514]:004.92

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЯ GEOGEBRA ПРИ ИЗУЧЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

Л.Л. Ализарчик, Н.А. Молодечкин, Ф.С. Гаджиева
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»

В работе рассмотрены основные направления применения приложения GeoGebra при изучении алгебраического и геометрического материала.

Цель статьи – представить функциональные и дидактические возможности, опыт применения приложения GeoGebra, позволяющего организовать экспериментальную и исследовательскую деятельность при обучении математике в учреждениях общего среднего образования.

Материал и методы. *В качестве рабочего материала используется математическое приложение GeoGebra. Педагогический эксперимент проводился на базах ГУО «Гимназия № 8 г. Витебска», ВГУ имени П.М. Машерова и Витебского областного института развития образования.*

Результаты и их обсуждение. *Определены основные направления применения приложения GeoGebra при изучении алгебры и геометрии. Раскрыты преимущества использования компьютерного эксперимента для развития математического интеллекта.*

Заключение. *Материалы научной работы могут найти применение в учреждениях общего среднего образования для организации исследовательских работ при обучении математике.*

Ключевые слова: *интернет-технологии, приложение GeoGebra, интерактивные динамические системы, визуализация, алгебра, геометрия, исследовательская деятельность.*

METHODOLOGICAL FEATURES OF USING GEOGEBRA APPLICATION IN LEARNING MATHEMATICAL DISCIPLINES

L.L. Alizarchik, N.A. Molodechkin, F.S. Gadzhieva
Education Establishment "Vitebsk State P.M. Masherov University"

Basic trends of using GeoGebra application in learning Algebra and Geometry material are considered in the article.

The purpose of the paper is to present functional and didactic opportunities, the experience of using GeoGebra application which makes it possible to set up experimental and research activities of students in learning mathematical disciplines at general secondary schools.

Material and methods. *Mathematical application GeoGebra was used as material. The pedagogical experiment was held at Gymnasium № 8 of the City of Vitebsk, Vitebsk State P.M. Masherov University and Vitebsk Region Institute of Education Development.*

Findings and their discussion. *Basic trends of using GeoGebra application in learning Algebra and Geometry were identified. Advantages of using the computer experiment in the development of mathematical intellect were revealed.*

Conclusion. *The materials of the work can be applied at general secondary schools to set up student research while teaching Mathematics.*

Key words: *Internet technologies, GeoGebra application, interactive dynamic systems, visualization, Algebra, Geometry, reserch.*

В условиях информатизации образования педагогам предоставляется возможность совершенствовать методы преподавания математики и получать ответы на актуальные вопросы. Как модернизировать учебный процесс для повышения его эффективности? Какие цифровые технологии лучше всего использовать для повышения учебной мотивации и создания комфортных условий для творчества обучающихся? Модернизация преподавания требует современных интерактивных форм организации обучения, которые способствуют развитию логического мышления, пространственного воображения, формированию различных видов творческой деятельности [1, с. 8]. Сейчас сложно

представить изучение математики без применения интерактивных математических моделей, поэтому современные цифровые учебные ресурсы, отличаясь от традиционных своей интерактивностью и мультимедийностью, позволяют изменить качество уроков математики [2, с. 4].

Для проведения различных исследований и самостоятельного получения гипотез при изучении школьного курса математики уникальные возможности предоставляет математическое приложение GeoGebra, которое можно использовать для визуализации математических объектов и создания их интерактивных динамических моделей [3]. Бесплатное кроссплатформенное приложение GeoGebra предлагает широкий спектр функциональных возможностей, подтверждающих целесообразность применения такой компьютерной среды при изучении алгебраического и геометрического материала [4, с. 382].

Цель данной статьи – представить функциональные и дидактические возможности, педагогический опыт применения приложения GeoGebra, позволяющего организовать экспериментальную и исследовательскую деятельность при изучении математических дисциплин в учреждениях общего среднего образования.

Материал и методы. В качестве рабочего материала используется кроссплатформенное приложение GeoGebra. Педагогический эксперимент проводился на базах «Гимназия № 8 г. Витебска», «Гимназия № 1 г. Витебска», «Средняя школа № 45 г. Витебска», ВГУ имени П.М. Машерова и Витебского областного института развития образования.

Результаты и их обсуждение. На кафедре математики ВГУ имени П.М. Машерова активно рассматриваются новые дидактические возможности современных интерактивных средств обучения математике. При проведении одного из научно-методических исследований определены функциональные и дидактические возможности математического приложения GeoGebra, которые апробированы в школьной и студенческой аудиториях, а также на курсах повышения квалификации учителей математики.

Актуальные информационные технологии вызывают серьезные изменения в процессах получения знания. Они предлагают обучающимся большое количество различных носителей информации, расширяя при этом возможности зрительного восприятия. Одним из примеров инструментов, позволяющих создавать интерактивные динамические математические модели, является приложение GeoGebra, созданное австрийским математиком, профессором университета Зальцбурга Маркусом Хохенвартером (Markus Hohenwarter) для того, чтобы объединить возможности систем интерактивной геометрии типа Cabri Geometry, The Geometer's Sketchpad и систем компьютерной алгебры типа Derive, Maple в единую интегрированную систему обучения математике. Система позиционируется как «Динамическая математика для всех», то есть для любого уровня образования. В настоящее время GeoGebra непрерывно развивается и совершенствуется М. Хохенвартером и большой группой его читателей и последователей со всего мира [5]. Приложение обладает стационарной, мобильной и веб-версиями. У пользователя веб-версии в распоряжении всегда самая актуальная версия приложения. Также веб-сервисы не зависят от платформы, так как реализуются на инструментах, которые есть в любом современном языке программирования. Недостаток заключается лишь в постоянной необходимости быть подключенным к сети Интернет.

Отличительной особенностью среды GeoGebra является двойное представление объектов: в виде геометрических и алгебраических моделей (geometry + algebra), для каждой из которых выделяется отдельное окно. Приложение GeoGebra каждому создаваемому алгебраическому объекту ставит в соответствие некоторый зримый геометрический образ и, наоборот, по каждому строящемуся геометрическому образу формируется его алгебраическое описание, что позволяет визуально показать тесную взаимосвязь между алгеброй и геометрией [5]. Именно этот факт вместе с динамическими возможностями представления математических объектов и определяет уникальный дидактический потенциал GeoGebra. Благодаря своим функциональным возможностям в области визуализации приложение относится к интерактивным динамическим системам: все выполненные построения можно динамически изменять, варьируя числовые значения, размеры или перемещая различные компоненты чертежа.

Приложение GeoGebra имеет ряд технологических возможностей, которые позволяют использовать его при изучении математики для организации интерактивных исследований, экспериментов при решении математических задач, для выдвижения научных гипотез:

1. Добавление на рабочее полотно точек, прямых, лучей, отрезков и векторов, которые могут свободно перемещаться или же быть зависимыми друг от друга.

2. Построение различными способами многоугольников, окружностей, полуокружностей, дуг и секторов, эллипсов, гипербол, парабол.
3. Построение и измерение углов произвольной или фиксированной величины.
4. Отображение процессов преобразования плоскости и пространства: движение (отражение относительно прямой, точки, плоскости; поворот вокруг точки; параллельный перенос по вектору и др.), гомотетия относительно точки.
5. Построение чертежей пирамиды, призмы, конуса, цилиндра и других тел, развертки трехмерной фигуры.
6. Демонстрация процесса составления трехмерной фигуры из развертки и наоборот.
7. Одновременное синхронное отображение объектов в 2D-полотне и 3D-полотне.
8. Построение линий пересечения объектов в пространстве.
9. Имитация вращения объекта вокруг прямой.
10. Отслеживание пошагового построения чертежей с подробным описанием каждого этапа (благодаря функции «Протокол»).
11. Изменение стиля изображения (цвета фигур, толщины линий и их формата).
12. Построение и изменение графиков функций и уравнений.
13. Отображение соответствия между алгебраическим объектом и его геометрической интерпретацией.
14. Факторизация выражений (раскрытие скобок, разложение на множители), вычисление вероятностей.
15. Вычисление производных и интегралов.
16. Создание электронных таблиц и работа с ними (аналогично таблицам Excel).
17. Создание новых пользовательских инструментов (например, построение комбинаций многоугольника и окружности).
18. Организация экзамена (с отображением информации о дате прохождения и времени, затраченного на выполнение экзаменационных заданий).
19. Создание интерактивных чертежей, видеороликов и встраивание их на веб-страницы.
20. Создание динамических листов с заданиями (апплетов), которые находятся в свободном доступе.

Проведенное научно-методическое исследование и апробация его результатов свидетельствуют о том, что GeoGebra является одним из лучших приложений динамической визуализации геометрических объектов. Приложение облегчает восприятие чертежа геометрической фигуры: акцентирует внимание на важных элементах, позволяет изменить угол обзора, преобразовать объект, с его помощью экспериментально обнаруживать новые интересные геометрические факты. Использование приложения GeoGebra как инструмента учебной деятельности приводит к переосмыслению организационных подходов к изучению многих вопросов геометрии, приближает процесс обучения к реальному процессу познания.

Одна из уникальных функциональных возможностей приложения GeoGebra – это визуализация интерактивных динамических чертежей. По мнению психологов, развитию пространственного видения способствуют не статические, а динамические изображения геометрических объектов, а также мысленные манипуляции с развертками трехмерных фигур. Например, для создания мысленного образа пирамиды целесообразно с помощью GeoGebra продемонстрировать один из способов конструирования пирамиды – с помощью развертки. При проведении построения трехмерных моделей на 2D-полотне отображается плоскость Oxy и все элементы, размещенные на ней. При создании развертки автоматически отображается ползунок, позволяющий на 3D-полотне продемонстрировать процесс составления фигуры из развертки и наоборот, который можно анимировать (рис. 1).

На уроках геометрии учитель предлагает самостоятельно изобразить несколько вариантов пирамид с различными основаниями и получить их развертки. Аналогичную работу можно организовать при изучении призм.

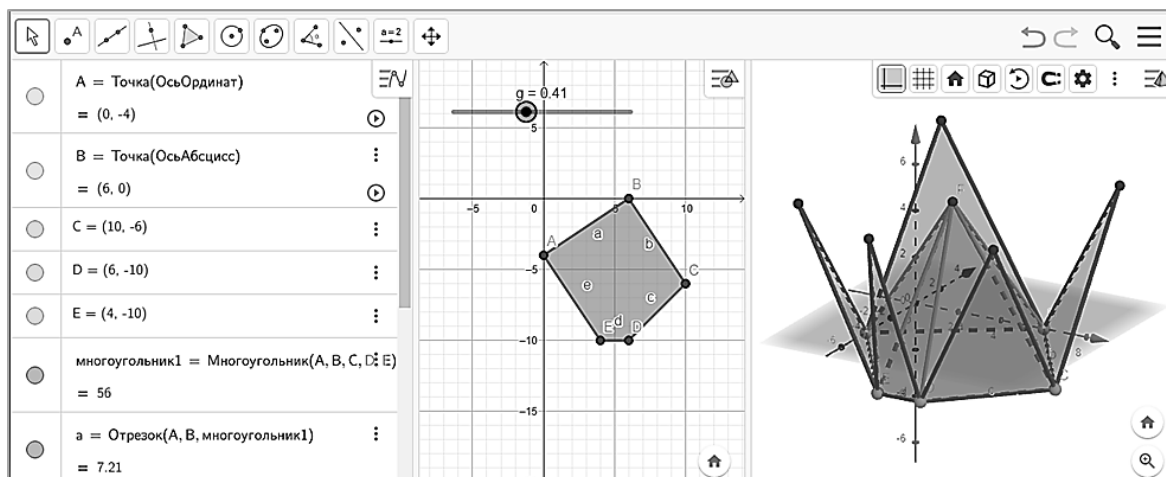


Рис. 1. Анимация процесса составления фигуры из развертки

Еще одной особенностью динамической системы GeoGebra является имитация вращения стереометрических фигур в пространстве, которая позволит развивать способности мысленно вращать объекты и представлять расположение отдельных геометрических элементов в пространстве. В частности, можно визуализировать процесс образования тел вращения (рис. 2).

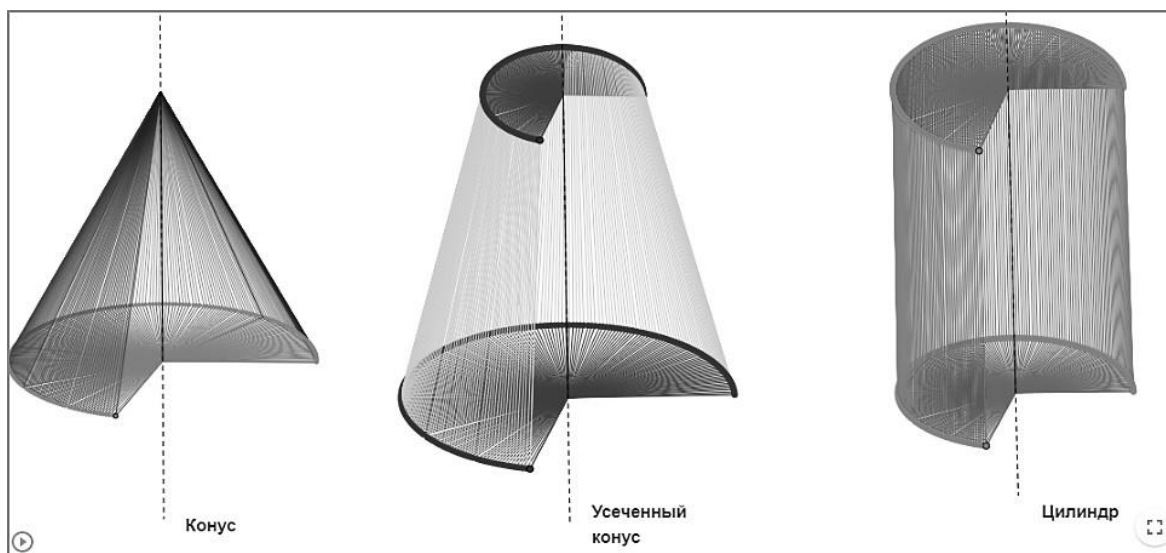


Рис. 2. Анимация процесса получения тел вращения

При изучении темы «Построения сечений многогранников» обучающимся необходимо грамотно представить расположение плоскости относительно трехмерной фигуры. С помощью инструментов программы появляется возможность демонстрации различных вариантов взаимного расположения трехмерной фигуры и секущей плоскости (рис. 3).

Одной из важных тем курса геометрии 7-го класса является тема «Задачи на построение», в которой происходит знакомство с возможностями применения циркуля и линейки при построении геометрических фигур. Приложение GeoGebra содержит инструменты, позволяющие строить отрезок заданной величины и окружность по центру и радиусу, которые способны заменить циркуль и линейку в виртуальном пространстве. Это разнообразит уроки геометрии, при этом значительно сокращается время на процесс построения и повышается качество чертежа. Экспериментируя с простыми инструментами программы, обучающиеся самостоятельно могут получить алгоритмы построений, изучаемых в 7-м классе.

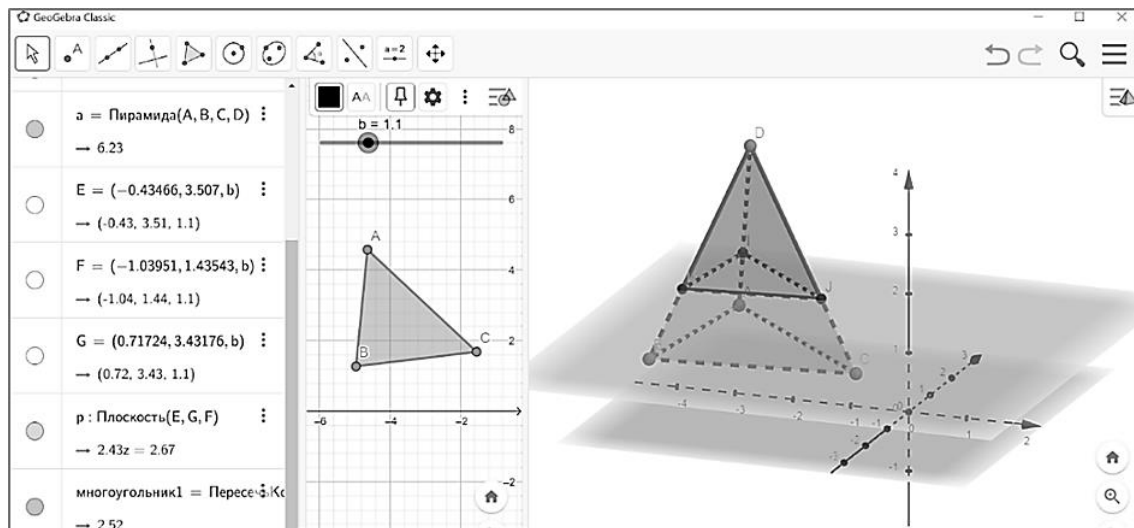


Рис. 3. Взаимное расположение пирамиды и плоскости

С появлением компьютерной графики геометрия становится разделом школьной математики, который обладает наивысшим экспериментальным потенциалом, так как многие математические знания можно получить в процессе учебного исследования с элементами эксперимента [6]. Динамическая среда GeoGebra – это эффективный инструмент, позволяющий организовывать исследовательскую деятельность обучающихся на уроках математики. Благодаря ему осуществляется процесс развития навыков выдвижения геометрических гипотез с последующим их доказательством либо опровержением. Проведенный педагогический эксперимент позволяет говорить о том, что практически все обучающиеся могут наблюдать, подмечать закономерности и даже формулировать гипотезы. При этом в процессе математического эксперимента каждый ученик оказывается активным участником исследования, у которого развиваются не только познавательные универсальные учебные способности, но и обобщенные интеллектуальные умения. Таким образом в процессе эксперимента достигаются не только развивающие цели обучения, но и повышается интерес к изучению предмета.

Организовать творческую деятельность по получению геометрических гипотез можно с помощью различных форм: предоставления обучающимся заранее подготовленных динамических чертежей, с использованием которых необходимо проводить исследования; совместной деятельности учителя и учеников по созданию геометрических чертежей в динамической системе; организации домашней самостоятельной исследовательской деятельности для высокомотивированных обучающихся. Предложенные формы целесообразно применять, ориентируясь на особенности и возможности каждого обучающегося и класса в целом. Так, например, работу на готовых чертежах уместно применять на начальном этапе изучения геометрических понятий, когда у обучающихся недостаточно сформированы необходимые знания для эффективной работы. В частности, при изучении в 7-м классе темы «Сумма углов треугольника» вместо формулировки теоремы и ее доказательства в готовом виде обучающимся можно предложить работу на заранее заготовленных в приложении GeoGebra динамических листах, которые содержат изображение произвольного треугольника с указанными величинами углов и их суммы. При изменении формы треугольника обучающиеся могут заметить, что сумма углов треугольников всегда будет оставаться равной 180 градусам. Это позволит им самостоятельно сформулировать гипотезу о сумме всех углов любого треугольника, которая затем доказывается совместно с учителем.

При изучении геометрического материала обучающиеся часто просто заучивают определения, формулировки теорем и аксиом. Это приводит к большим затруднениям при решении геометрических задач, так как обучающиеся не способны применить заученный материал в конкретных геометрических ситуациях. Проведенное исследование показало, что формированию умений практического применения теоретического материала способствует интерактивное обучение с элементами взаимодействия обучающихся с геометрическими моделями как на плоскости, так и в пространстве.

Благодаря организации экспериментальной деятельности в 7-м классе при изучении темы «Неравенство треугольника» обучающиеся самостоятельно формулируют одно из интуитивно понятных свойств треугольника о том, что любая сторона треугольника меньше суммы двух других его сторон. Педагог заранее готовит рабочий лист с чертежом, на котором будут размещены треугольник и ползунки, позволяющие изменять форму чертежа фигуры, предоставляя обучающимся возможность проводить исследования. После фиксации результатов, полученных при выполнении задания, обучающиеся могут сделать выводы о том, что треугольник отображается только в том случае, когда значение одного ползунка будет меньше суммы значений двух других ползунков. В результате данных исследований обучающиеся выдвигают гипотезу о том, что одна сторона треугольника всегда меньше суммы двух других сторон треугольника.

При изучении в 8-м классе нового материала темы «Теорема Пифагора» также можно добавить в урок элемент исследования. Преимущества применения динамической системы GeoGebra при рассмотрении этой темы: возможности сервиса GeoGebra позволяют демонстрировать разнообразие способов доказательства теоремы Пифагора; созданные в приложении GeoGebra динамические чертежи поддаются изменениям, что позволяет проводить исследовательскую работу и подмечать закономерности.

Ученикам предлагается самостоятельно получить гипотезу о связи суммы квадратов катетов и квадрата гипотенузы прямоугольного треугольника. Фактически ребята могут сами сформулировать теорему Пифагора. Обучающимся предоставляется готовый динамический чертеж, позволяющий провести эксперимент и сформулировать гипотезу.

При доказательстве методом Евклида основной задачей является изменение формы прямоугольного треугольника и анализ взаимосвязей между значениями длин сторон треугольника и квадратов этих величин. Все результаты эксперимента обучающиеся фиксируют и приходят к предположению о том, что площадь квадрата, опирающегося на гипотенузу прямоугольного треугольника, равна сумме площадей квадратов, опирающихся на катеты. В результате ученики подходят к формулировке самой теоремы Пифагора. Важно, чтобы они понимали, что полученную индуктивным методом гипотезу необходимо доказать. В процессе изучения теоремы Пифагора можно предложить высокомотивированным обучающимся самостоятельную исследовательскую работу, целью которой является изучение различных способов доказательства теоремы Пифагора и самостоятельное создание динамических чертежей в программе GeoGebra (рис. 4).

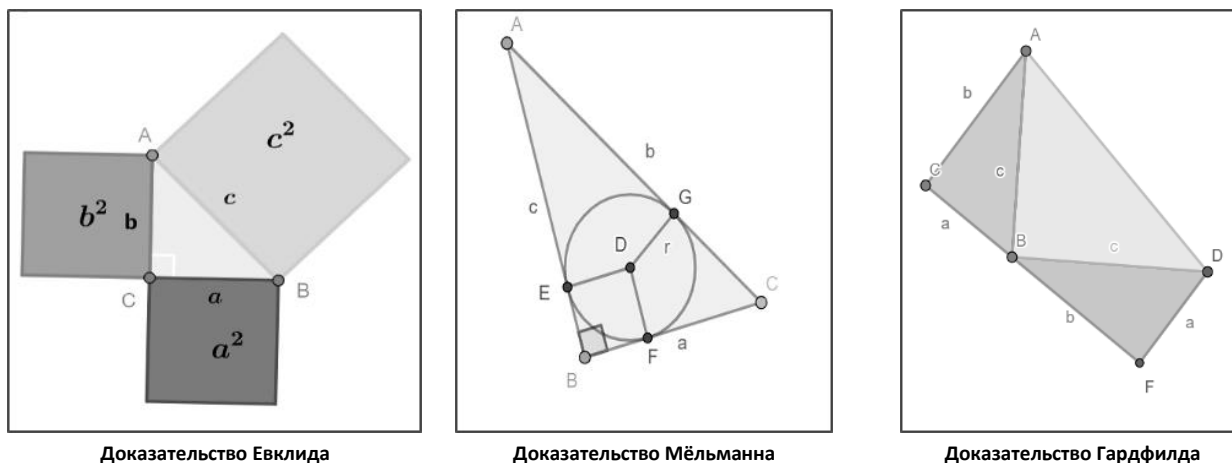


Рис. 4. Экспериментальное получение гипотезы теоремы Пифагора

Программу GeoGebra также можно использовать при изучении в 9-м классе комбинации треугольников и окружностей. Для определения центра описанной окружности достаточно построить треугольник и серединные перпендикуляры его сторон. Изменяя чертеж треугольника, обучающиеся замечают, что каждые три серединных перпендикуляра сторон всех различных полученных треугольников пересекаются в одной точке. На основе этого наблюдения они формулируют гипотезу о существовании и единственности окружности, описанной около любого треугольника. Аналогично можно исследовать

и свойства окружностей, вписанных в треугольники. Таким образом, электронный ресурс GeoGebra помогает организовать творческую и экспериментальную деятельность обучающихся, позволяющую самостоятельно получать новые знания.

Для успешного усвоения теоремы синусов в школьном курсе геометрии 9-го класса следует наглядно показать обучающимся, как после преобразования формы треугольника изменяются значения отношений длин сторон к синусам противолежащих углов треугольника [7]. На основании выполнения предложенного на рабочем листе алгоритма построения можно получить результат, показанный на рис. 5.

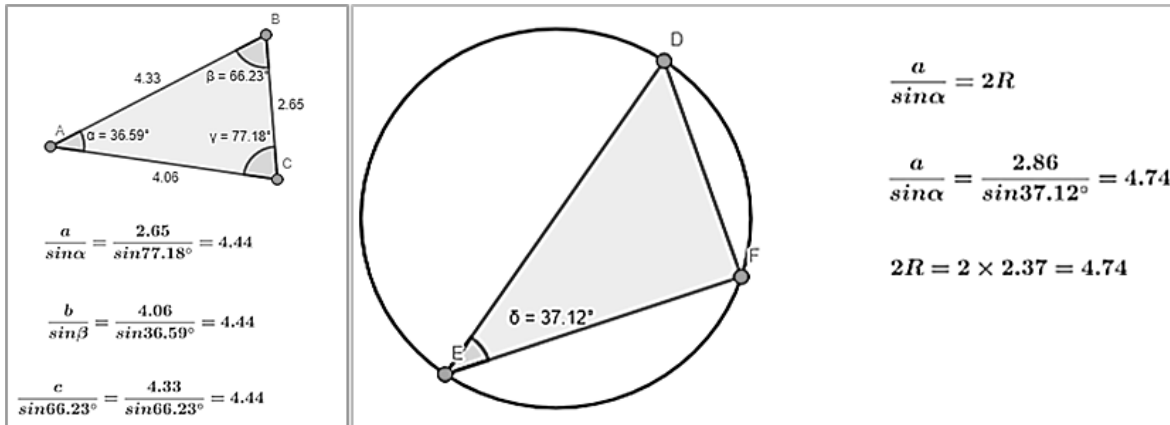


Рис. 5. Экспериментальное исследование на рабочем листе

На чертеже обучающиеся могут варьировать значения величин элементов треугольника (стороны и углы), изменяя расположения его вершин. Далее предлагается исследовать отношения длин сторон треугольника к синусам противолежащих углов. Обучающиеся делают выводы о том, что вне зависимости от того, как изменяется треугольник, длины сторон треугольника пропорциональны синусам противолежащих углов. Вторая часть задания позволяет заметить важную закономерность, о которой обучающиеся, как правило, забывают: отношение длины стороны треугольника к синусу противолежащего угла равно удвоенному радиусу окружности, описанной около треугольника. В дальнейшем данные выводы под руководством учителя грамотно формулируются в виде гипотезы, которая доказывается с участием учеников. По завершении изучения нового материала на готовых рабочих листах GeoGebra решается ряд практических заданий с применением теоремы синусов. Работа с приложением значительно сокращает затраченное на уроке время и позволяет решить большое количество разнообразных задач.

Изученный педагогический опыт и проведенный педагогический эксперимент подтверждают, что применение приложения GeoGebra при изучении геометрии развивает пространственные представления и мышление обучающихся разного школьного возраста и повышает уровень усвоения планиметрического и стереометрического материала.

Так как возможности динамической системы GeoGebra характеризуются высоким уровнем интерактивной визуализации учебного материала и большим объемом встроенных инструментов, приложение можно использовать и при изучении алгебраического материала.

Например, при изучении в 8-м классе нового материала темы «Квадратичная функция» ввести новое понятие можно абстрактно-дедуктивным методом, первоначально предложив обучающимся формулировку определения и конкретные примеры. Свойства квадратичной функции целесообразно предложить сформулировать самостоятельно в процессе исследовательской работы в приложении GeoGebra. Для этого учитель предоставляет обучающимся заранее созданный апплет, в котором содержатся задания и примечания к ним. В апплете изначально заданы график квадратичной функции и инструменты для изменения коэффициентов a, b, c . Обучающиеся во время выполнения заданий формулируют гипотезы о свойствах квадратичной функции $y = ax^2 + bx + c$ (область определения, область значений, наибольшее и наименьшее значения функции, нули функции, ось симметрии графика).

Для уточнения области определения ученикам предлагается проанализировать график заданной функции и предположить, для каждого ли значения абсциссы найдется соответствующая точка на параболе (свойство непрерывности функции). Для этого обучающиеся вручную вводят на панели объектов приложения GeoGebra формулу $ax^2 + bx + c$, в результате чего на панели «Полотно» появится парабола, а на панели «Объекты» ее описание и инструменты – ползунки, отвечающие за значения параметров a, b, c . Предлагается изменить коэффициенты a, b, c на свое усмотрение, при условии, что $a \neq 0$, и проанализировать соответствующие изменения графиков функции. Обучающиеся добавляют точки на оси абсцисс и с помощью специальных инструментов программы восстанавливают перпендикуляры к оси абсцисс до пересечения с графиком функции. Благодаря уникальным возможностям GeoGebra координаты точек пересечения будут видны на панели «Объекты». Изменяя положение точек на оси абсцисс, ученики получают гипотезу о том, что для каждой точки на оси абсцисс найдется точка на параболе. Далее учитель подводит обучающихся к обоснованию правдивости гипотезы: так как $ax^2 + bx + c$ – многочлен, то областью определения квадратичной функции, несомненно, являются все действительные числа.

Для определения области значений квадратичной функции, ее наибольшего и наименьшего значений предлагается снова задать функцию $y = ax^2 + bx + c$, с помощью появившегося ползунка на панели «Объекты» изменить значение параметра a и понаблюдать за изменениями графика параболы в зависимости от знака числового значения параметра a . Ученикам необходимо провести эксперимент и высказать предположение, при каком значении коэффициента a можно найти наибольшее и наименьшее значения квадратичной функции. Анализируя построенные графики, обучающиеся предполагают, что при $a > 0$ можно найти наименьшее значение функции, при $a < 0$ – наибольшее значение. Учитель подтверждает это предположение и вводит понятие вершины параболы. Благодаря эксперименту обучающиеся самостоятельно определяют область значений квадратичной функции в зависимости от знака коэффициента a .

Для определения нулей функции с помощью специальных инструментов программы («Пересечение» или «Корни»), изменяя коэффициенты a, b, c в формуле $ax^2 + bx + c$, ученики высказывают предположение: если график квадратичной функции пересекает ось абсцисс два раза, то у квадратного трехчлена $ax^2 + bx + c$ – два корня, если пересекает один раз – один корень, если не пересекает ось абсцисс – нет корней.

После введения понятия оси симметрии параболы как прямой, проходящей через вершину параболы параллельно оси ординат, обучающимся предлагается на экране построить ось симметрии параболы, используя инструменты «Экстремум» и «Перпендикулярная прямая». Анализируя полученные графики, они формулируют предположение, что при $a > 0$ ветви параболы направлены вверх, а при $a < 0$ ветви параболы направлены вниз.

После изучения свойств квадратичной функции каждому обучающемуся предлагается в приложении GeoGebra самостоятельно построить график квадратичной функции с разными коэффициентами, используя ранее полученные свойства, и попробовать сформулировать общий алгоритм построения графика изучаемой функции $y = ax^2 + bx + c$.

При изучении в 9-м классе преобразований графиков функций с помощью заранее созданных учителем апплетов в приложении GeoGebra ученикам предоставляется возможность самостоятельно исследовать закономерности построения графиков функций $y = f(x) \pm b, y = f(x \pm a)$ и сформулировать необходимые алгоритмы, которые затем обобщаются и обосновываются учителем. Например, в подготовленном апплете заданы функции $f_1(x) = \sqrt{x + b_1} + c_1, f_2(x) = (x + b_1)^2 + c_1, f_3(x) = (x + b_1)^3 + c_1, f_4(x) = |x + b_1| + c_1$ и ползунки, отвечающие за значения коэффициентов b_1 и c_1 , изменение которых приводит к синхронному изменению графиков (рис. 6).

Чтобы сформировать умения применять новые алгоритмы на практике, учитель предлагает новый апплет с заранее заданными функциями и следующими заданиями на преобразования графиков функций:

1. Из заданных функций $f_1(x) = \sqrt{x}, f_2(x) = x^2, f_3(x) = \frac{1}{x}, f_4(x) = |x|$ составьте новые функции и постройте их графики: $f(x) = \sqrt{x+2}, f(x) = x^2 - 3, f(x) = (x+1)^2 + 2, f(x) = \frac{1}{x+2}, f(x) = \frac{1}{x-3} + 4, f(x) = |x-1|, f(x) = 2 + |x-2|$.

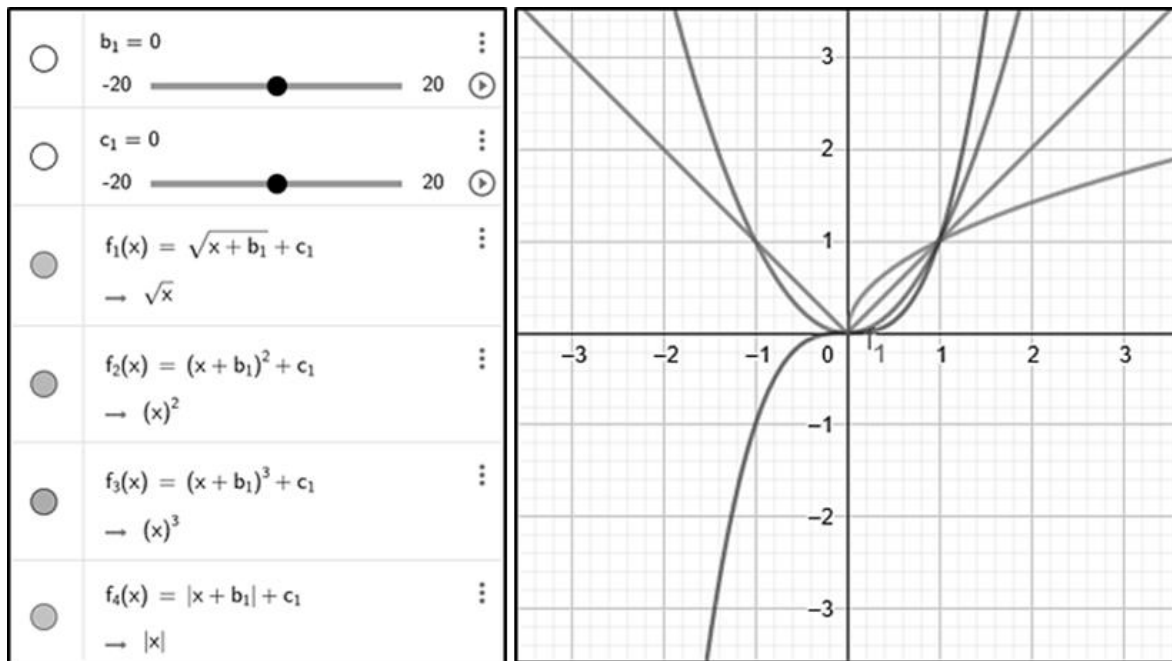


Рис. 6. Графики функций f_1, f_2, f_3, f_4 при $b_1 = 0, c_1 = 0$

Ученики с помощью ползунков изменяют значения коэффициентов в формулах и получают формулы искомым преобразованных функций и их графики. Учитель обращает внимание на то, как изменяется положение графика функции при изменении коэффициентов.

2. По заданным графикам преобразованных функций определите их первоначальную формулу: $f_1(x) = \sqrt{x} + 2$, $f_2(x) = \sqrt{x + 2} - 3$, $f_3(x) = (x - 3)^2$, $f_4(x) = (x + 5)^2 + 2$, $f_5(x) = \frac{1}{x} + 1$, $f_6(x) = \frac{1}{x+3} - 2$, $f_7(x) = |x - 2|$, $f_8(x) = |x + 3| - 4$.

Обучающиеся по графику функции определяют, с помощью каких преобразований и из какой функции ($f(x) = \sqrt{x}, f(x) = x^2, f(x) = \frac{1}{x}, f(x) = |x|$) были получены функции $f_i, i = \overline{1,8}$.

Организуя исследовательскую работу аналогичным образом, ученики могут самостоятельно получить алгоритмы построения графиков функций вида $y_1 = f(-x)$, $y_2 = -f(x)$, $y_3 = f(|x|)$, $y_4 = |f(x)|$, $y_5 = |f(|x|)|$ и уравнений $|y_6| = f(x)$, $|y_7| = f(|x|)$, $|y_8| = |f(x)|$, $|y_9| = |f(|x|)|$.

Благодаря легкодоступным инструментам приложения GeoGebra обучающиеся могут наглядно и быстро проанализировать взаимное расположение исходных и преобразованных графиков функций, что позволяет сформулировать алгоритмы построения графиков новых функций. Учитель обобщает, при необходимости корректирует и обосновывает предложенные алгоритмы. Далее с помощью приложения GeoGebra формируются умения по использованию полученных алгоритмов при выполнении последовательности заданий различного уровня сложности.

Педагогически целесообразно применять приложение GeoGebra для организации исследовательской деятельности при изучении в 10-м классе свойств тригонометрических функций $\sin(x)$, $\cos(x)$, $tg(x)$, $ctg(x)$. С помощью библиотеки инструментов приложения GeoGebra визуально и аналитически можно устанавливать свойства данных функций. На заранее подготовленных педагогом апплетах с заданиями обучающиеся благодаря анализу построенных графиков определяют свойства данных функций: область определения, множество значений функции, периодичность, четность (нечетность), нули функции, промежутки знакопостоянства, монотонность функции, наибольшее и наименьшее значения.

Таким образом, при выполнении предложенных заданий с помощью инструментов библиотеки сервиса GeoGebra свойства тригонометрических функций могут быть изучены самостоятельно. С использованием компьютерной среды такой сложный раздел, как «Тригонометрия», для учеников становится более доступным и интересным.

Заключение. Благодаря анализу возможностей приложения GeoGebra, изучению педагогического опыта его использования и проведенному в различных аудиториях эксперименту были сделаны выводы о том, что применение данной среды значительно повышает эффективность процесса изучения математики, так как приложение может применяться в качестве интерактивного динамического средства визуализации информации и для организации самостоятельной исследовательской и творческой работы обучающихся.

Результаты проведенной научно-методической работы можно использовать для формирования у школьников умений проводить экспериментальные исследования по алгебре и геометрии, формулировать научные гипотезы, а также при подготовке студентов и учителей к применению приложения GeoGebra при обучении математике.

В перспективе видится необходимым изучить возможности приложения GeoGebra при организации учебного процесса для классов с углубленным изучением математики, а также дистанционного обучения школьников, которые по медицинским показаниям не могут посещать учреждения образования и получают общее среднее образование на дому.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаджиева, Ф.С. GeoGebra – приложение для изучения математики / Ф.С. Гаджиева, Н.А. Молодечкин; науч. рук. Л.Л. Ализарчик // Молодость. Интеллект. Инициатива: материалы X Междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, Витебск, 22 апр. 2022 г. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: Е.Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2022. – С. 8–9.
2. Казачёнок, В.В. Использование информационно-образовательных ресурсов в учебном процессе / В.В. Казачёнок // Матэматыка. – 2014. – № 6. – С. 4–9.
3. GeoGebra Classic [Электронный ресурс] // GeoGebra Classic. – Режим доступа: <https://www.geogebra.org/classic>. – Дата доступа: 20.12.2022.
4. Ализарчик, Л.Л. Изучение математики с использованием приложения GeoGebra / Л.Л. Ализарчик // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 72 Регион. науч.-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 20 февр. 2020 г. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2020. – С. 382–383.
5. Есян, А.Р. Динамическая математическая образовательная среда GeoGebra: учеб. пособие: в 2 ч. / А.Р. Есян, Н.М. Добровольский, Е.А. Седова, А.В. Якушин. – Ч. 1. – Тула: Из-во ТГПУ им. Л.Н. Толстого, 2017. – 417 с.
6. Майер, В.Р. Компьютерные исследования и эксперименты при обучении геометрии [Электронный ресурс] / В.Р. Майер // Вестник КГПУ им. В.П. Астафьева. – 2012. – № 4. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternye-issledovaniya-i-eksperimenty-pri-obuchenii-geometrii>. – Дата доступа: 18.11.2022.
7. Таранова, М.В. Методические условия использования динамической среды GeoGebra как средство визуализации геометрических построений / М.В. Таранова // Образовательные технологии и общество. – 2020. – Т. 23, № 1. – С. 3–11.

REFERENCES

1. Gedzhziyeva F.S., Molodochkin N.A. *Molodost. Intellekt. Initsiativa: materialy X Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. studentov i magistrantov, Vitebsk, 22 apr. 2022 g.* [Youth. Intellect. Initiative: Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference of Students and Master Students, Vitebsk, April 22, 2022], Vitebsk, 2022, pp. 8–9.
2. Kazachenok V.V. *Metematyka* [Mathematics], 2014, 6, pp. 4–9.
3. GeoGebra Classic – Available at: <https://www.geogebra.org/classic>. – Accessed: 20.12.2022.
4. Alizarchik L.L. *Nauka – obrazovaniyu, proizvodstvu, ekonomike: materialy 72 Region. nauch.-prakt. konf. преподавателей, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov, Vitebsk, 20 fevrv. 2020 g.* [Science – to Education, Industry, Economy: Proceedings of the 72nd Regional Scientific and Practical Conference of Teachers, Researchers and Postgraduate Students, Vitebsk, February 20, 2020], Vitebsk, 2020, pp. 382–383.
5. Yesayan A.P., Dobrovolski N.M., Sedova E.A., Yakushin A.V. *Dinamicheskaya matematicheskaya obrazovatel'naya sreda GeoGebra: ucheb. posobiye: v 2 ch.* [Dynamic Mathematical Academic Environment GeoGebra: Manual], Tula: Izd-vo TGPU im. L.N. Tostogo, 2017, 417 p.
6. Mayer V.R. *Vestnik KGPU im. V.P. Astafyeva* [Journal of KGPU im. V.P. Astafyeva], 2012, 4. – Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternye-issledovaniya-i-eksperimenty-pri-obuchenii-geometrii>. – Accessed: 18.11.2022.
7. Taranova M.V. *Obrazovatel'niye tekhnologii i obshchestvo* [Education Technologies and Society], 2020, 23, 1, pp. 3–11.

Поступила в редакцию 13.01.2023

Адрес для корреспонденции: e-mail: alizarchik@tut.by – Ализарчик Л.Л.

УДК 378.146:004.42

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОНЛАЙН-ТЕСТИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ WOLFRAM MATHEMATICA В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

М.А. Гундина, О.В. Юхновская

Учреждение образования «Белорусский национальный технический университет»

Рассмотрим альтернативные формы проведения экзамена, такие как электронный экзамен. Его проведение возможно с использованием мобильного телефона или ноутбука.

Целью исследования является разработка онлайн-тестов, позволяющих студентам заочного отделения производить самоконтроль знаний и оценивать степень усвоения определенной темы из разделов высшей математики. Организация тестирования осуществляется с помощью компьютерной системы Wolfram Mathematica. Преимуществом использования разработанных тестов является автоматическая проверка результатов при отсутствии необходимости ввода ключа к тестам преподавателем.

Материал и методы. *В работе рассмотрено применение системы Wolfram Mathematica при организации онлайн-тестирования в университете, ее основная особенность – наличие бесплатной онлайн-версии, не требующей установки на компьютер. Интерфейс разрабатывался как наиболее минималистичный для простоты освоения системы тестирования студентом.*

WolframCloud сочетает в себе современный интерфейс, позволяющий разрабатывать программы в режиме онлайн с непосредственным доступом к встроенным алгоритмам Wolfram Mathematica. WolframCloudBasic предлагает бесплатный доступ для знакомства с возможностями системы.

Результаты и их обсуждение. *Данная компьютерная система позволила реализовать различные типы вопросов. Было рассмотрено применение этой системы для разработки теста по математике для студентов первого курса, осваивающих эту дисциплину как общеобразовательную. Наибольший интерес в этом случае вызывали альтернативные и открытые вопросы.*

Заключение. *Применение онлайн-тестирования позволяет разнообразить процесс получения знаний, сделать его увлекательным, повысить мотивацию студентов к изучению учебного материала. Автоматическая система подсчета баллов способствует ускорению процесса оценки знаний студентов.*

Ключевые слова: *экзамен, тестирование, компьютерная система, самоконтроль, успеваемость.*

ORGANIZATION OF ONLINE TESTING SYSTEM WITH THE HELP OF WOLFRAM MATHEMATICA AT TECHNICAL UNIVERSITY

M.A. Gundina, O.V. Yukhnovskaya

Education Establishment “Belarusian National Technical University”

The alternative forms of examinations, such as an e-exam, are considered. It can be carried out using a mobile phone or laptop.

The purpose of the study is to develop online tests that allow extramural students to exercise self-control of knowledge and assess the degree of mastering a certain topic from the sections of higher mathematics. Testing is organized using the Wolfram Mathematica computer system. The advantage of using the developed tests is the automatic verification of the results without the need for the lecturer to enter the key to the tests.

Material and methods. *In the paper we discussed the use of the Wolfram Mathematica system in organizing online testing at the university, its main feature being the availability of a free online version that does not require installation on a computer. The interface was developed in the most minimalistic way for ease of mastering the testing system by the student.*

WolframCloud combines a modern interface for online development with direct access to Wolfram Mathematica built-in algorithms. WolframCloudBasic offers free access to explore the capabilities of the system.

Findings and their discussion. *This computer system made it possible to implement various types of questions. The application of this system for the development of a test in mathematics for first-year students studying this discipline as a general education one was considered. The greatest interest in this case was aroused by alternative and open questions.*

Conclusion. *The use of online testing makes it possible to diversify the process of acquiring knowledge, make it exciting, and increase the motivation of students to study academic material. An automatic scoring system allows us to speed up the process of assessing students' knowledge.*

Key words: *exam, testing, computer system, self-control, academic performance.*

Как основные формы сдачи экзамена и в настоящее время служат устная и письменная. Результаты экзаменов в такой форме являются фундаментом для принятия важных решений об образовательном и профессиональном будущем обучающихся. Преимущества данных форм проведения экзамена заключаются в следующем:

– студент может допустить несколько незначительных ошибок, наличие которых помогает получить положительную отметку на экзамене;

– наличие одинаковых условий для каждого студента: регламентированное время на подготовку и время, затрачиваемое на ответ, степень сложности вопросов в билете.

К традиционно воспринимаемым недостаткам, связанным с указанными формами, можно отнести недостаточное время на проверку работ и опрос каждого студента, что не позволяет составить полную картину многогранности знаний обучающегося, необъективность выставленной отметки из-за возможности списывания, предвзятое отношение преподавателя к студенту.

Для устранения выявленных недостатков необходимо обратить внимание на альтернативные формы проведения экзамена, которые позволят определить уровень профессиональных умений и навыков, будут способствовать активной систематической работе преподавателей и студентов над решением проблем по вопросам к экзамену на протяжении всего срока обучения.

Экзамен должен носить интегративный характер, объединяя полученные знания в их практической направленности. Разработка интегрированного содержания экзамена неминуемо ведет к поиску творческих, мобильных форм их проведения [1].

Для этого обратим внимание на стремительно развивающиеся новые средства обучения, которые используются в высшей школе. Электронные экзамены с использованием собственного устройства на данном этапе развития информационных технологий не кажутся фантазией. Такие экзамены приходят на смену классическим формам организации итогового контроля знаний обучающихся. При новом типе оценивания студенты сдают экзамен на собственном ноутбуке или телефоне. Подобная практика применяется уже в некоторых зарубежных университетах [2].

При такой организации контроля специальное программное обеспечение ограничивает доступ студентов к некоторым функциям и файлам компьютера и предоставляет доступ к необходимым ресурсам или программному обеспечению, одобренным экзаменатором.

При развитии этого направления проведения зачетно-экзаменационной сессии требует разработки система тестов, которой студент может воспользоваться при подготовке к экзамену и для осуществления самоконтроля усвоения учебного материала [3]. Одним из преимуществ рассматриваемой системы тестов является повсеместная доступность к тестам в любом месте и в любое время, поскольку они могут быть загружены на персональный телефон и компьютер.

Свою эффективность предложенный подход к промежуточному контролю подтвердил не только в технических, но и в медицинских и гуманитарных университетах разных стран [4]. В этом случае стратегии оценивания соответствовали желаемым результатам обучения. Такое тестирование, особенно вопросы с множественным выбором, позволило разнообразить подходы к оценке обучающихся на первой и второй ступенях обучения.

«Электронные» экзамены, которые соответствуют результатам обучения, могут использоваться для эффективной оценки успеваемости студентов, способствуют своевременной обратной связи и благотворно влияют на процесс самообучения студентов заочной формы обучения.

Применение системы онлайн-тестов в современном университете. Требуется серьезная подготовка системы тестов и тщательный анализ эффективности описываемого формата экзаменов. Их применение должно быть целесообразно. Только правильно составленные «электронные» экзамены эффективны, объективны [4].

В настоящее время в практике преподавания иностранного языка такая компьютерная технология, как тестирование, является одной из наиболее распространенных [5; 6].

Один из аргументов в пользу регулярного онлайн-тестирования студентов с низкими баллами – наблюдаемое повышение уровня успеваемости студентов ввиду своевременного выявления пробелов в знаниях и их устранения. Подобные выводы описаны в работе преподавателя математики Университета Нового Южного Уэльса, крупнейшего в Австралии [7]. Появляется возможность контролировать сформированные умения и навыки на всех этапах обучения, а также усилия и посещаемость обучающихся. Основной результат описан в статье С.Д. Ангуса и Дж. Уотсона «Улучшает ли регулярное онлайн-тестирование при обучении студентов математическим наукам? Надежные доказательства для большого набора данных». Он заключается в том, что более широкое использование онлайн-тестирования приводит к более высокому усвоению учебного материала студентами при прочих равных условиях [7]. При этом наблюдаются повышение мотивации и возрастание интереса студентов к изучению дисциплины.

Вторым аргументом в пользу онлайн-тестирования выступает тот факт, что наиболее востребованными сейчас становятся такие способы обучения, которые максимально приближены к внутренним потребностям обучаемого, а также привычны для него по способу взаимодействия с окружающим миром [8; 9]. Еще в школе будущие студенты получают подготовку в области компьютерной грамотности. Реальность современного студента неразрывно связана с миром информационных и телекоммуникационных технологий. На примере технического университета применение информационных технологий в учебном процессе неразрывно связано с уровнем сформированности профессиональных компетенций у будущих инженеров, таких как анализ программных инженерных задач; проектирование и разработка программных инженерных решений; оценка инженерной деятельности; при помощи средств вычислительной техники и программного обеспечения разработка технологии решения задач по обработке информации; определение структуры информации, схемы ее ввода и обработки; осуществление сопровождения использования готовых программных продуктов; разработка инструкции по работе с компьютерными программами; оформление необходимой технической документации и др. [10].

В сегодняшней практике преподавания такая компьютерная технология, как тестирование, проводимая с определенной периодичностью и выполняющая как обучающую, так и контролирующую функцию, является одной из наиболее часто используемых [10].

Остается нерешенным вопрос обеспечения индивидуального подхода к каждому обучаемому при организации онлайн-тестирования. Поскольку преподаватель не имеет возможности объективно оценить степень усвоения проверяемого материала каждым студентом, подобную систему рекомендуется применять для студентов заочного отделения и предусмотреть большой набор задач, позволяющих обучающемуся идти в индивидуальном темпе. Одному студенту нужно решить тест по теме единой, другому надо решать большее количество однотипных задач [11].

Целью исследования является разработка онлайн-тестов, позволяющих студентам заочного отделения производить самоконтроль знаний и оценивать степень усвоения определенной темы из разделов высшей математики. Организация тестирования осуществляется с помощью компьютерной системы *Wolfram Mathematica*.

Особенности системы дают возможность ее использовать для тестирования и по другим учебным дисциплинам. Преимуществом использования разработанных тестов является автоматическая проверка результатов при отсутствии необходимости ввода ключа к тестам преподавателем.

Материал и методы. В исследовании рассмотрено применение системы *Wolfram Mathematica* при организации онлайн-тестирования в университете, ее основная особенность – наличие бесплатной онлайн-версии, не требующей установки на компьютер. Интерфейс разрабатывался как наиболее минималистичный для простоты освоения системы тестирования студентом.

WolframCloud сочетает в себе современный интерфейс, позволяющий разрабатывать программы в режиме онлайн с непосредственным доступом к встроенным алгоритмам *Wolfram Mathematica*. *WolframCloudBasic* предлагает бесплатный доступ для знакомства с возможностями системы.

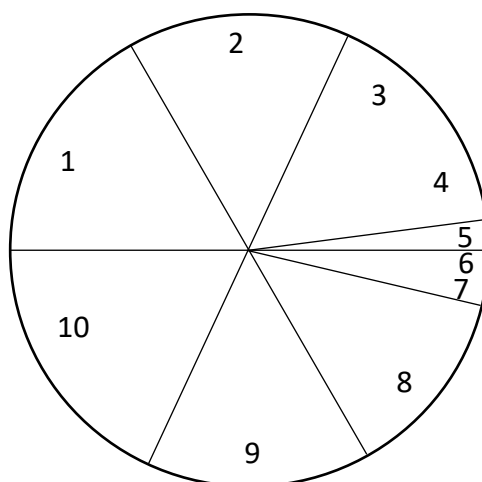
Результаты и их обсуждение. Преимущества онлайн-тестирования. Под педагогическим тестированием будем понимать форму измерения знаний обучающихся, основанную на применении педагогических тестов. Такая форма включает в себя подготовку качественных тестов, проведение тестирования и последующую обработку результатов, которая даёт оценку уровня успеваемости тестируемых

студентов [12]. Педагогический тест – инструмент оценивания успеваемости студентов, состоящий из системы тестовых заданий, стандартизированной процедуры проведения, обработки и анализа результатов.

Особенностью онлайн-тестирования является то, что определение степени усвоения учебного материала студентами осуществляется с помощью информационных технологий через сеть Интернет.

В зависимости от специфики преподаваемой дисциплины онлайн-тестирование может принимать формы анкет, языковых и числовых тестов, абстрактно-логических задач. Методики зависят также и от целей, которые ставятся в образовательном процессе.

На наш взгляд, преимуществ подобного тестирования достаточно (рис. 1).



1. Возможность многократно проходить тесты в знакомых условиях.
2. Индивидуальное тестирование.
3. Автоматическое мгновенное выставление отметки.
4. Показатели индивидуального роста обучающегося.
5. Раскрывает мышление обучающегося.
6. Вовлечение.
7. Аналитика для преподавателя и обучающегося.
8. Большое количество тестовых заданий.
9. Помощь обучающимся с ограниченными возможностями.
10. Использование разнообразных типов вопросов.

Рис. 1. Преимущества онлайн-тестирования

Специфика структуры онлайн-теста. Составление тестовых заданий – один из важных этапов в процессе создания теста. На этом этапе необходимо четко представлять, какой конкретный элемент содержания или умение проверяет каждое задание.

При создании теста могут использоваться разные типы вопросов. Открытые вопросы сформулированы так, что студенту следует ввести ответ в редактируемое поле на электронной форме. В закрытых вопросах формулировка не позволяет ответить развернуто, собеседник отвечает односложно, только «Да» или «Нет». В альтернативных вопросах студенту предлагаются варианты ответа.

Существует и другая классификация вопросов в тесте: одиночный; множественный; вопрос со свободным ответом; вопрос на упорядочение; вопрос на классификацию; вопрос на сопоставление; выбор на картинке и др.

Для каждого из типов вопросов есть свои особенности реализации в компьютерной системе. Остановимся подробнее на некоторых из них.

Применение системы Wolfram Mathematica при организации онлайн-тестирования в университете. Особенностью организации системы онлайн-тестирования с помощью системы Wolfram Mathematica является наличие бесплатной онлайн-версии, не требующей установки на компьютер. Интерфейс разрабатывается как наиболее минималистичный для простоты освоения системы тестирования студентом.

Данная компьютерная система позволяет реализовать различные типы вопросов. Рассмотрим применение этой системы для разработки теста по математике для студентов первого курса, изучающих указанную дисциплину как общеобразовательную. Наибольший интерес в подобном случае вызывают альтернативные и открытые вопросы.

WolframCloud сочетает в себе современный интерфейс, позволяющий разрабатывать программы в режиме онлайн с непосредственным доступом к встроенным алгоритмам Wolfram Mathematica. WolframCloudBasic предлагает бесплатный доступ для знакомства с возможностями системы.

Описание процесса создания теста с альтернативными вопросами в компьютерной системе Wolfram Mathematica. Для наглядности рассмотрим процесс создания теста по теме «Определенный интеграл» для проведения практического занятия на первичное закрепление изученного материала.

Для того чтобы в вопросе интеграл не вычислялся автоматически, а был воспринят системой как изображение, воспользуемся функцией *HoldForm*, а затем применим к результату функцию *Rasterize*. Результат выполнения следующей команды представлен на рис. 2.

$$Rasterize[HoldForm[\int_2^{2\sqrt{2}} \frac{x}{\sqrt{x^2-2}} dx].$$

$$\int_2^{2\sqrt{2}} \frac{x}{\sqrt{x^2-2}} dx$$

Рис. 2. Результат выполнения команды

Далее необходимо добавить условие задачи, позволяющее понять студенту, что нужно делать в этом задании. Создаем таблицу, содержащую текст задания и интеграл, с помощью следующей команды:

```
f11=Rasterize[Grid[{"Вычислить интеграл", HoldForm[\int_2^{2\sqrt{2}} \frac{x}{\sqrt{x^2-2}} dx]}].
```

Данное задание направлено на закрепление навыков осуществления замены в определенном интеграле. Аналогично задается список всех вопросов теста:

```
f1={f11,f12,f13,...,f110}.
```

Для разработки альтернативного вопроса, содержащего два варианта ответа, воспользуемся категорией инструментов, называемых ассоциациями. Применим краткую запись функции *Association*:

```
f21=<|"Interpreter"->
  {Rasterize[Grid[{{HoldForm[\sqrt{2}(-1 + \sqrt{3})]}]}]->1,
  Rasterize[Grid[{{HoldForm[\sqrt{2}(-1 - \sqrt{3})]}]}]->2}, "Control" ->
  RadioButtonBar|>
```

Аналогично задается список всех вариантов ответов для вопросов.

```
f2={f21,f22,f23,...,f210}.
```

Список, содержащий ключ теста, сохраним в переменную *f3*. Для создания формы воспользуемся следующей командой:

```
CloudDeploy[FormFunction[{"name"->"String",{"x1",f1[[1]]->f2[[1]],
  {"x2",f1[[2]]->f2[[2]],...,"x10",f1[[10]]->f2[[10]]},
  StringJoin[#name," Ваш результат",
  ToString[Count[{{#x1==f3[[1]],#x2==f3[[2]],...,#x10==f3[[10]]},True]]&,
  PageTheme -> "Blue",
  AppearanceRules -> <|"Title" -> "Тема 1. Определенный интеграл",
  "Description" -> "Введите варианты ответов, которые считаете правильными.", "SubmitLabel" -> "
  Проверка"|>]]
```

Функция *CloudDeploy* позволила сгенерировать ссылку на разработанный нами тест. Функция *FormFunction* помогает организовать интерактивную форму. Функция *StringJoin* объединяет строки. Опция *PageTheme* заменяет цвет формы на заданный разработчиком цвет. *AppearanceRules* предоставляет возможность использовать дополнительные опции интерфейса.

Опция "Title" задает заголовок теста. Опция "Description" необходима для представления описания теста. Опция "SubmitLabel" позволяет заменить название кнопки.

Описание процесса создания теста с открытыми вопросами в компьютерной системе Wolfram Mathematica. Задаем переменную t1, которая генерирует случайное число. Оно нам требуется для создания однотипных заданий с различными подынтегральными функциями.

$$t1=RandomInteger[10]+1.$$

Изображение интеграла, который зависит от переменной t1, может быть задано следующим образом:

$$Rasterize[Part[Function[{t1},Defer[\int_1^2 t1 dx]]/@{t1},1]].$$

Тогда открытый вопрос, содержащий этот интеграл, будет задан так:

$$Ask[{"n1",Rasterize[Part[Function[{t1},Defer[\int_1^2 t1 dx]]/@{t1},1], RasterSize->150,ImageSize->200]}->"Real"].$$

Ключ теста, содержащего открытые вопросы, можно не задавать вручную, а определять автоматически с помощью функции N. Тогда результат, который должен будет ввести студент, нужно предварительно округлять до 2 знаков после запятой:

$$N[\int_1^2 t1 dx,2].$$

Булева функция, определяющая правильность выполнения задания, выглядит так:

$$Ask[{"n1",Rasterize[Part[Function[{t1},Defer[\int_1^2 t1 dx]]/@{t1},1], RasterSize->150,ImageSize->200]}->"Real"]==N[\int_1^2 t1 dx,2].$$

На рис. 3 представлен внешний вид вопроса:

Рис. 3. Внешний вид вопроса на форме

Тогда общий код, генерирующий форму, может выглядеть следующим образом:

```
CloudDeploy[t1=RandomInteger[10]+1;t2=RandomInteger[10]+1;
AskFunction[StringJoin[Ask[{"name", "Введите ФИО. Значение интегралов вводите как округленное
действительное число с 2 знаками после запятой"}->"String"],", Ваш результат ",
ToString[Count[{Ask[{"n1",Rasterize[Part[Function[{t1},
Defer[\int_1^2 t1 dx]]/@{t1},1],RasterSize->150,ImageSize->200]}->"Real"]=
=N[\int_1^2 t1 dx,2],
Ask[{"n2",Rasterize[Part[Function[{t2},
Defer[\int_1^2 (t2 - x) dx]]/@{t2},1],RasterSize->150,ImageSize->200]}->"Real"]==N[\int_1^2 (t2 - x) dx,2]},True]]]]]
```

Заключение. Применение онлайн-тестирования несомненно разнообразит процесс получения знаний, делает его увлекательным, повышает мотивацию студентов к изучению учебного материала. Автоматическая система подсчета баллов способствует ускорению процесса оценки знаний студентов.

Чтобы оценка каждого ученика была объективной, важно организовать тестирование с неповторяющимися в вариантах заданиями, исключить субъективное мнение преподавателя о том или ином студенте. С помощью системы онлайн-тестирования можно использовать методы, которые не дадут студентам делиться ответами. Эффективным будет также предложить студентам решать открытые и альтернативные задания.

Большое преимущество дает возможность бесплатного доступа к разработанным тестам через WolframCloud.

Перспективным направлением дальнейшего развития этого направления является создание набора тестов, в которых сложность заданий меняется в зависимости от правильности ответов испытуемого. Задания могут автоматически усложняться или упрощаться в зависимости от правильности ответа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Политехнический университет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sel-politeh.ru/sites/default/files/%20день%20Экзамен.pdf>. – Дата доступа: 09.04.2021.
2. Dawson, P. Five ways to hack and cheat with bring-your-own-device electronic examinations / P. Dawson // *British Journal of Educational Technology*. – 2016. – No. 47(4). – Pp. 592–600.
3. Boitshwarelo, B. Envisioning the use of online tests in assessing twenty-first century learning: a literature review / B. Boitshwarelo, A.K. Reedy, T. Billany // *Res. Pract. Technol. Enhanc. Learn.* – 2017. – Vol. 12, № 1. – P. 16.
4. Brady, A.M. Assessment of learning with multiple-choice questions / A.M. Brady // *Nurse Education in Practice*. – 2015. – No. 5(4). – Pp. 238–242.
5. Самылкина, Н.Н. Современные средства оценивания результатов обучения / Н.Н. Самылкина. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 172 с.
6. Кондратьева, Н.А. Автоматическое создание индивидуальных заданий по высшей математике / Н.А. Кондратьева, М.А. Гундина // *Инновационные технологии обучения физико-математическим и профессионально-техническим дисциплинам: материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., Мозырь, 5–6 марта 2020 г.: в 2 ч. Ч. 1 / Мозырск. гос. пед. ун-т имени И.П. Шамякина; редкол.: И.Н. Ковальчук (отв. ред.) [и др.]. – Мозырь, 2020. – С. 51–53.*
7. Angus, S.D. Does regular online testing enhance student learning in the numerical sciences? Robust evidence from a large data set / S.D. Angus, J. Watson // *British Journal of Educational Technology*. – 2009. – No. 40(2). – Pp. 255–272.
8. Маслова, О.В. Трудности использования online-тестирования как формы контроля знаний / О.В. Маслова, Т.Е. Медведева, А.Г. Пятков // *Тенденции, наработки, инновации, практика в науке: сб. – Гданьск, 2014. – С. 124–128.*
9. Маслова, О.В. Индивидуальный подход при проведении online-тестирования на занятиях по иностранному языку / О.В. Маслова // *Решетневские чтения*. – 2016. – № 2(20). – С. 528–530.
10. Burganova, N.T. Professional competence of an engineer / N.T. Burganova // *Socio-Economic and Technical Systems: Research, Design, Optimization*. – 2016. – No. 3. – Pp. 42–48.
11. Gipps, C.V. What is the role for ICT-based assessment in universities? / C.V. Gipps // *Studies in Higher Education*. – 2005. – No. 30(2). – Pp. 171–180.
12. Аванесов, В.С. Композиция тестовых заданий / В.С. Аванесов. – М.: Центр тестирования, 2002. – 240 с.

REFERENCES

1. *Politehnikheski universitet* [Polytechnical University]. – Available at: <http://sel-politeh.ru/sites/default/files/%20день%20Экзамен.pdf>. – Accessed: 09.04.2021.
2. Dawson, P. Five ways to hack and cheat with bring-your-own-device electronic examinations / P. Dawson // *British Journal of Educational Technology*. – 2016. – No. 47(4). – Pp. 592–600.
3. Boitshwarelo, B. Envisioning the use of online tests in assessing twenty-first century learning: a literature tests review / B. Boitshwarelo, A.K. Reedy, T. Billany // *Res. Pract. Technol. Enhanc. Learn.* – 2017. – Vol. 12, № 1. – P. 16.
4. Brady, A.M. Assessment of learning with multiple-choice questions / A.M. Brady // *Nurse Education in Practice*. – 2015. – No. 5(4). – Pp. 238–242.
5. Samylkina N.N. *Sovremenniyе sredstva otsenivaniya rezultatov obucheniya* [Contemporary Means of Assessment of Teaching Results], M.: BINOM. Laboratoriya znani, 2007, 172 p.
6. Kondratyeva N.A., Gundina M.A. *Innovatsionniye tekhnologii obucheniya fiziko-matematicheskim i professionalno-tekhnicheskim distsiplinam: materialy XII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Mozyr, 5–6 marta 2020 g.: v 2 ch.* [Innovation Technologies of Teaching Physical-Mathematical and Vocational Disciplines: Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference, Mozyr, March 5–6, 2020], Mozyr, 2020, pp. 51–53.
7. Angus, S.D. Does regular online testing enhance student learning in the numerical sciences? Robust evidence from a large data set / S.D. Angus, J. Watson // *British Journal of Educational Technology*. – 2009. – No. 40(2). – Pp. 255–272.
8. Maslova O.V., Medvedeva T.E., Piatkov A.G. *Tendentsii, narabotki, innovatsii, praktika v nauke: sbornik* [Tendencies, Experience, Innovations, Practice in Science: a Collection], Gdansk, 2014, pp. 124–128.
9. Maslova O.V. *Reshetnevskiyе chteniya* [Reshetnev Readings], 2016, 2(20), pp. 528–530.
10. Burganova, N.T. Professional competence of an engineer / N.T. Burganova // *Socio-Economic and Technical Systems: Research, Design, Optimization*. – 2016. – No. 3. – Pp. 42–48.
11. Gipps, C.V. What is the role for ICT-based assessment in universities? / C.V. Gipps // *Studies in Higher Education*. – 2005. – No. 30(2). – Pp. 171–180.
12. Avanesov V.S. *Kompozitsiya testovyykh zadani* [Composition of Test Tasks], M.: Tsentr testirovaniya, 2002, 240 p.

Поступила в редакцию 17.05.2021

Адрес для корреспонденции: e-mail: maryanatolevna@mail.ru – Гундина М.А.

ЗВЕСТКІ ПРА АЎТАРАЎ

АЛІЗАРЧЫК Лілія Львоўна – дацэнт кафедры матэматыкі ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат педагогічных навук, дацэнт.

АРШАНСКІ Яўгеній Якаўлевіч – прарэктар па навуковай рабоце ВДУ імя П.М. Машэрава, доктар педагогічных навук, прафесар.

БАРЫСЕВІЧ Ірына Станіславаўна – дацэнт кафедры хіміі і прыродазнаўчай адукацыі ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат педагогічных навук, дацэнт.

ВОЛКАВА Кацярына Дзмітрыеўна – аспірант кафедры матэматыкі ВДУ імя П.М. Машэрава.

ВЫСОЦКІ Юрый Іванавіч – старшы навуковы супрацоўнік навукова-даследчага сектара ВДУ імя П.М. Машэрава.

ГАДЖЫЕВА Фэрыдэ Сулейман Кызы – выпускніца магістратуры ВДУ імя П.М. Машэрава.

ГАЛКІН Аляксандр Мікалаевіч – прафесар кафедры экалогіі і геаграфіі ВДУ імя П.М. Машэрава, доктар геолога-мінэралагічных навук, прафесар.

ГАЛКІН Павел Аляксандравіч – старшы выкладчык кафедры інфармацыйных тэхналогій УА “Віцебскі дзяржаўны ордэна Дружбы народаў медыцынскі ўніверсітэт”, магістр геаграфічных навук.

ГУНДЗІНА Марыя Анатольеўна – дацэнт кафедры “Інжынерная матэматыка” Беларускага нацыянальнага тэхнічнага ўніверсітэта, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт.

КАРЧЭЎСКАЯ Алена Аляксеўна – дацэнт кафедры прыкладнога і сістэмнага праграмавання ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт.

КУЧАРАЎ Юрый Юр’евіч – аспірант кафедры тэорыі і методыкі фізічнага выхавання УА “Магілёўскі дзяржаўны ўніверсітэт імя А.А. Куляшова”.

ЛАКОТКА Анатоль Аркадзевіч – старшы выкладчык кафедры экалогіі і геаграфіі ВДУ імя П.М. Машэрава.

ЛОСЕЎ Вадзім Аляксандравіч – дацэнт кафедры фізічнага выхавання і спорту ВДУ імя П.М. Машэрава.

МАЛАДЗЕЧКІН Мікалай Андрэевіч – выкладчык кафедры інфармацыйных тэхналогій і кіравання бізнесам ВДУ імя П.М. Машэрава.

МУРЗАЛІЕЎ Ілімбек Джолдашбекавіч – загадчык кафедры заалогіі УА “Віцебская ордэна «Знак Пашаны» дзяржаўная акадэмія ветэрынарнай медыцыны”, доктар ветэрынарных навук, прафесар.

НІКАНАВА Таццяна Віктараўна – загадчык кафедры матэматыкі і інфармацыйных тэхналогій УА “ВДТУ”, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт.

НІКАНАЎ Мікіта Дзмітрыевіч – аспірант Федэральнай дзяржаўнай аўтаномнай адукацыйнай установы вышэйшай адукацыі “Нацыянальны даследчы ўніверсітэт ІТМО”.

РУБАНИК Аксана Яўгеньеўна – старшы выкладчык кафедры матэматыкі і інфармацыйных тэхналогій УА “ВДТУ”.

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.

ХОМІЧ Валерый Сцяпанавіч – галоўны навуковы супрацоўнік Інстытута прыродакарыстання НАН Беларусі, доктар геаграфічных навук.

ШАТАВА Алена Аляксеўна – старшы выкладчык кафедры хіміі і прыродазнаўчай адукацыі ВДУ імя П.М. Машэрава, магістр біяхімічных навук.

ЮХНОЎСКАЯ Вольга Вітальеўна – асістэнт кафедры “Інжынерная матэматыка” Беларускага нацыянальнага тэхнічнага ўніверсітэта, магістр тэхнічных навук.

ЯНОЎСКАЯ Вікторыя Уладзіміраўна – дацэнт кафедры экалогіі і геаграфіі ВДУ імя П.М. Машэрава, кандыдат біялагічных навук, дацэнт.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ALYZARCHYK Liliya Lvouna – Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Mathematics, PhD ((Education), Assistant Professor.

ARSHANSKI Yaugeni Yakaulevich – Vice-Rector for Research of Vitebsk State P.M. Masherov University, Dr.Sc. ((Education), Professor.

BARYSEVICH Iryna Stanislavauna – Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Chemistry and Nature Studies Education, PhD (Education), Assistant Professor.

VOLKAVA Katsiaryna Dzmitriyeuna – postgraduate student of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Mathematics.

VYSOTSKI Yury Ivanavich – Senior Researcher of Vitebsk State P.M. Masherov University Research Center.

GADZHIYEVA Feryde Suleiman Kyzy – Vitebsk State P.M. Masherov University Master Graduate.

GALKIN Aliaksandr Mikalayevich – Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Ecology and Geography, Dr.Sc. (Geology and Mineralogy), Professor.

GALKIN Pavel Aliksandravich – Senior Lecturer of Vitebsk State Order of Peoples Friendship Medical University Department of Information Technologies, Master of Science (Geography).

GUNDZINA Mariya Anatolyeuna – Assistant Professor of Belarusian National Technical University Department of Engineer Mathematics, PhD (Physics and Mathematics), Assistant Professor.

KARCHEUSKAYA Alena Aliakseyeuna – Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Applied and System Programming, PhD (Physics and Mathematics), Assistant Professor.

KUCHARAU Yury Yuryevich – postgraduate student of Magileu State A.A. Kuliashou University Department of Theory and Methods of Physical Education.

LAKOTKA Anatol Arkadzevich – Senior Lecturer of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Ecology and Geography.

LOSEU Vadzim Aliksandravich – Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Physical Education and Sports.

MALADZECHKIN Mikalai Andreyevich – Lecturer of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Information Technologies and Business Management.

MURZALIYEU Ilimbek Dzholdashbekavich – Head of Department of Zoology of Vitebsk Order of Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine, Dr.Sc. (Veterinary), Professor.

NIKANOVA Tatsiana Viktarauna – Head of Department of Mathematics and Information Technologies of Vitebsk State Technological University, PhD (Physics and Mathematics), Assistant Professor.

NIKANAU Mikita Dzmitriyevich – postgraduate student of Federal State Autonomous Establishment of Education “National Research University ITMO”.

RUBANIK Aksana Yaugenyeuna – Senior Lecturer of Department of Mathematics and Information Technologies of Vitebsk State Technological University.

SUSHKO Genadzii Genadziyevich – Head of Department of Ecology and Geography of Vitebsk State P.M. Masherov University, Dr.Sc. (Biology), Professor.

KHAKHLOVA Aksana Igarauna – Senior Lecturer of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Ecology and Geography, PhD (Biology).

KHOMICH Valery Stsiapanavich – Senior Researcher of the Institute of Nature Use of the NAS of Belarus, Dr.Sc. (Geography).

SHATAVA Alena Aliakseyeuna – Senior Lecturer of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Chemistry and Nature Studies Education, Master of Science (Biochemistry).

YUKHNOUSKAYA Volga Vitalyeuna – Assistant of Belarusian National Technical University Department of Engineer Mathematics, Master of Science (Technology).

YANOUSKAYA Viktoriya Uladzimirauna – Assistant Professor of Vitebsk State P.M. Masherov University Department of Ecology and Geography, PhD (Biology), Assistant Professor.

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 дазволіць індэксаваць артыкул.

2.4. Ва ўводзінах даецца кароткі агляд літаратуры па праблеме, указваюцца не вырашаныя раней пытанні, фармулюецца і абгрунтоўваецца мэта, падаюцца спасылкі на працы іншых аўтараў за апошнія гады, а таксама на замежныя публікацыі.

2.5. Раздзел «Матэрыял і метады» ўключае апісанне метадыкі, тэхнічных сродкаў, аб’ектаў і зместу даследаванняў, праведзеных аўтарам (аўтарамі).

2.6. У раздзеле «Вынікі і іх абмеркаванне» аўтар павінен зрабіць высновы з пункту гледжання іх навуковай навізны і супаставіць з адпаведнымі вядомымі дадзенымі. Гэты раздзел можа дзяліцца на падраздзелы з паясняльнымі падзаглаўкамі.

2.7. У заключэнні ў сціслым выглядзе павінны быць сфармуляваны атрыманыя вынікі, з указаннем на дасягненне пастаўленай мэты, навізну і магчымасці прымянення на практыцы.

2.8. Спіс літаратуры павінен уключаць не больш за 12 спасылак. Спасылкі нумаруюцца адпаведна з парадкам іх цытавання ў тэксце. Парадкавыя нумары спасылак пішуцца ў квадратных дужках па схеме: [1], [2]. Спіс літаратуры афармляецца ў адпаведнасці з патрабаваннямі ДАСТ – 7.1-2003. Спасылкі на неапублікаваныя працы, дысертацыі не дапускаюцца. Указваюцца поўная назва аўтарскага пасведчання і дэпаніраванага рукапісу, а таксама арганізацыя, якая прад’явіла рукапіс да дэпаніравання.

2.9. Артыкулы падаюцца ў рэдакцыю аб’ёмам не менш за 0,35 аўтарскага аркуша 14000 друкаваных знакаў, з прабеламі паміж словамі, знакамі прыпынку, лічбамі і інш.), надрукаваных праз адзін інтэрвал, шрыфт Times New Roman памерам 11 пт. У гэты аб’ём уваходзяць тэкст, табліцы, спіс літаратуры. Колькасць малюнкаў не павінна перавышаць трох. Малюнкi і схемы павінны падавацца асобнымі файламі ў фармаце jpg. Фатаграфіі ў друку не прымаюцца. Артыкулы павінны быць падрыхтаваны ў рэдактары Word для Windows. Простыя формулы і літарныя абазначэнні велічынь трэба ўстаўляць, выкарыстоўваючы Symbol (напрыклад, ∞ , A_1 , β^k , $^{\circ}C$). Складаныя формулы набіраюцца тым жа шрыфтам і памерам, што і асноўны тэкст, пры дапамозе рэдактара формул Equation.

2.10. У дадатак да папяровай версіі артыкула ў рэдакцыю здаецца электронная версія матэрыялаў. Электронная і папяровая версіі артыкула павінны быць ідэнтычнымі. Адрас электроннай пошты ўніверсітэта (наука@vsu.by).

3. Да артыкула дадаюцца наступныя матэрыялы (на асобных лістах):

- рэферат (100–250 слоў), які павінен дакладна перадаваць змест артыкула і быць прыдатным для апублікавання ў анатацыях да часопісаў асобна ад артыкула, і ключавыя словы на мове арыгінала. Ён павінен мець наступную структуру: уводзіны, мэту, матэрыял і метады, вынікі і іх абмеркаванне, заключэнне;
- назва артыкула, прозвішча, імя, імя па бацьку аўтара (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 , °C). Complicated formulas are typed by the same point and size as the basic text with the help of formula's editor Equation.

2.10. The electronic version should be attached to the paper copy of the article submitted to the editorial board. The electronic and the paper copies of the article should be identical. The university e-mail address is nauka@vsu.by).

3. Following materials (on separate sheets) are attached to the article:

- summary (100–250 words), which should precisely present the contents of the article, should be liable for being published in magazine summaries separately from the article as well as the key words in the language of the original. The structure of the summary is the following: introduction, objective, material and methods, findings and their discussion, conclusion;
- title of the article, surname, first and second names of the author (without being shortened), place of work, summary, key words and the list of literature should be in English;
- author's telephone number, e-mail address;
- recommendation of the department (scientific laboratory) to publish the article;
- expert conclusion on the feasibility of the publication;
- brief information about the author in Belarusian and Russian: the author's surname, name, patronymic; position, employment place; degree, title; post address (e-mail preferably).

4. All articles submitted to the editorial office of the journal are subject to mandatory verification of originality and correctness of borrowings by the Antiplagiat.VUZ system. For original scientific articles the degree of originality should be at least 85%, for reviews – at least 75%.

5. On the decision of the editorial board the article is sent for a review, and then it is signed by the members of the editorial board. If the article is sent back to the author for improvement it doesn't mean that it has been accepted for publication. The improved variant of the article is reconsidered by the editorial board. The article is considered to be accepted on the day when the editorial office receives the final variant.

6. Earlier published articles as well as articles accepted for publication in other editions are not admitted.

7. The authors carry responsibility for the facts provided in the articles, the content and the accuracy of the information.

Выдавец і паліграфічнае выкананне – установа адукацыі
«Віцебскі дзяржаўны ўніверсітэт імя П.М. Машэрава».

Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі ў якасці выдаўца,
вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў
№ 1/255 ад 31.03.2014.

Надрукавана на рызографе ўстановы адукацыі
«Віцебскі дзяржаўны ўніверсітэт імя П.М. Машэрава».
210038, г. Віцебск, Маскоўскі праспект, 33.

Пры перадрукаванні матэрыялаў спасылка
на «Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта» з’яўляецца абавязковай.
