



ЖУРНАЛ
БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ГЕОГРАФИЯ ГЕОЛОГИЯ

JOURNAL
OF THE BELARUSIAN STATE UNIVERSITY

GEOGRAPHY and GEOLOGY

Издается с января 1969 г.
(до 2017 г. – под названием «Вестник БГУ.
Серия 2, Химия. Биология. География»)

Выходит один раз в полугодие

2

2017

МИНСК
БГУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- Главный редактор** **АНТИПОВА Е. А.** – доктор географических наук, профессор; заведующий кафедрой экономической географии зарубежных стран географического факультета Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь.
E-mail: antipova@bsu.by
- Заместитель
главного
редактора** **КЛЕБАНОВИЧ Н. В.** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент; декан географического факультета Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь.
E-mail: n_klebanovich@inbox.ru
- Ответственный
секретарь** **ГАГИНА Н. В.** – кандидат географических наук, доцент; доцент кафедры географической экологии географического факультета Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь.
E-mail: hahina@bsu.by
- Балтрунас В.* Центр изучения природы, Вильнюс, Литва.
Витченко А. Н. Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
Донерт К. Европейский центр качества, Европейская ассоциация географов, Зальцбург, Германия.
Калицкий Т. Институт географии в Кельцком университете им. Я. Кохановского, Кельце, Польша.
Карabanов А. К. Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь.
- Катровский А. П.* Смоленский гуманитарный университет, Смоленск, Россия.
Маркс Л. Варшавский университет, Варшава, Польша.
Пирожник И. И. Поморский университет, Слупск, Польша.
Родионова И. А. Российский университет дружбы народов, Москва, Россия.
Руденко Л. Г. Институт географии Национальной академии наук Украины, Киев, Украина.
Санько А. Ф. Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.

EDITORIAL BOARD

- Editor-in-chief** **АНТИПОВА Е. А.**, doctor of science (geography), full professor; head of the department of economic geography of foreign countries of the faculty of geography of the Belarusian State University, Minsk, Belarus.
E-mail: antipova@bsu.by
- Deputy
editor-in-chief** **KLEBANOVICH N. V.**, doctor of science (agriculture), docent; dean of the faculty of geography of the Belarusian State University, Minsk, Belarus.
E-mail: n_klebanovich@inbox.ru
- Executive
secretary** **HAHINA N. V.**, PhD (geography), docent; associate professor at the department of geographical ecology of the faculty of geography of the Belarusian State University, Minsk, Belarus.
E-mail: hahina@bsu.by
- Baltrūnas V.* Nature Research Centre, Vilnius, Lithuania.
Vitchenko A. N. Belarusian State University, Minsk, Belarus.
Donert K. European Centre of Excellence, EUROGEO, Salzburg, Germany.
Kalicki T. Institute of Geography of the Jan Kochanowski University in Kielce, Kielce, Poland.
Karabanov A. K. Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus.
- Katrovskii A. P.* Smolensk University of Humanities, Smolensk, Russia.
Marks L. University of Warsaw, Warsaw, Poland.
Pirozhnik I. I. Akademia Pomorska, Slupsk, Poland.
Rodionova I. A. Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia.
Rudenko L. G. Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine.
Sanko A. F. Belarusian State University, Minsk, Belarus.

УДК 582.47:634.0.56(476)

ПРОДУКЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЕЛИ ДЛЯ НАРАСТАНИЯ СТВОЛОВОЙ МАССЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Е. В. МАТЮШЕВСКАЯ¹⁾, В. Н. КИСЕЛЁВ²⁾, А. Е. ЯРОТОВ¹⁾, П. А. МИТРАХОВИЧ¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

²⁾Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка,
ул. Советская, 18, 220030, Минск, Беларусь

Приведены результаты исследования динамики радиального прироста ели в зональных эдафических и климатических условиях Беларуси. Установлено, что ель реализует свой продукционный потенциал в увеличении максимального индивидуального радиального прироста независимо от изменчивости климатических условий как при похолодании, так и при потеплении, за исключением погодных экстремумов, в возрастной асинхронности с погодичной динамикой. Сделан вывод о том, что этот фактор обеспечивает ее устойчивость в непостоянных климатических условиях с оптимальным использованием ресурсов среды произрастания.

Ключевые слова: Республика Беларусь; ель; климат; радиальный прирост.

Образец цитирования:

Матюшевская Е. В., Киселёв В. Н., Яротов А. Е., Митрахович П. А. Продукционный потенциал ели для нарастания стволочной массы в условиях изменяющегося климата // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 3–12.

For citation:

Matsiusheuskaya K. V., Kisialiou V. N., Jarotau A. E., Mitrachovich P. A. The potential productivity of spruce to rise of mass of tree trunk in a changing climate. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 3–12 (in Russ.).

Авторы:

Екатерина Викторовна Матюшевская – кандидат географических наук, доцент; доцент кафедры общего землеведения и гидрометеорологии географического факультета.
Виктор Никифорович Киселёв – доктор географических наук, профессор; руководитель временного научного коллектива «Дендрэкология».

Алексей Евгеньевич Яротов – кандидат географических наук, доцент; доцент кафедры физической географии мира и образовательных технологий географического факультета.

Петр Анисимович Митрахович – кандидат биологических наук, доцент; доцент кафедры физической географии мира и образовательных технологий географического факультета.

Authors:

Katsiaryna Matsiusheuskaya, PhD (geography), docent; associate professor at the department of the general geography and hydrometeorology, faculty of geography.

katerina.vn@icloud.com

Victar Kisialiou, doctor of science (geography), full professor; head of the temporary scientific team «Dendroecology».

kiselev-vn@yandex.ru

Alaksey Jarotau, PhD (geography), docent; associate professor at the department of physical geography of the world and educational technologies, faculty of geography.

dehrono@mail.ru

Petr Mitrachovich, PhD (biology), docent; associate professor at the department of physical geography of the world and educational technologies, faculty of geography.

mitrakhovichpa@mail.ru

THE POTENTIAL PRODUCTIVITY OF SPRUCE TO RISE OF MASS OF TREE TRUNK IN A CHANGING CLIMATE

K. V. MATSIUSHEUSKAYA^a, V. N. KISIALIOU^b, A. E. JAROTAU^a, P. A. MITRACHOVICH^a

^a*Belarusian State University, Niezaliežnasci Avenue, 4, 220030, Minsk, Belarus*

^b*Belarusian State Pedagogical University named Maxim Tank,
Sovetskaya Street, 18, 220030, Minsk, Belarus*

Corresponding author: katerina.vm@icloud.com

The results of the study of the dynamics of radial growth of spruce in the zonal edaphic and climatic conditions of Belarus. It was found that spruce realize its potential productivity in the growth of the individual maximum radial growth is not dependent on climate variability, as in cold weather, and when warming, excluding weather extremes, in the age of asynchrony year-dynamics. This ensures its stability in unstable environments with optimal use of resources growing environment.

Key words: Republic of Belarus; spruce; climate; tree ring.

Введение

Среди экологических проблем современности возник потенциальный риск снижения устойчивости биосферы при изменяющихся климатических условиях, имеющий пространственное содержание. Состояние лесов умеренного климатического пояса служит симптомом современных изменений в биосфере. Динамичные процессы в лесах Беларуси могут отражать ситуацию с деградацией и отмиранием лесов Северного полушария в целом, занимающими заметное место в перечне экологических проблем планетарного масштаба начиная с 1980-х гг. До настоящего времени нет единого понимания причин этой деградации. О причинах деградации и отмирания лесов в Евразии и Северной Америке выдвинуто множество рабочих гипотез, в числе которых гелио- и геофизическая, погодно-климатическая, гидро-геологическая, озонная, эдафическая, ценотическая, биотическая, фитопатологическая, паразитальная, бактериальная, вирусная, антропогенно-экологическая и др., но ни одна из них не получила всеобщего признания [1; 2]. Большинство гипотез не подтверждены фактическим материалом или отвергнуты в результате проведенных другими авторами исследований [3].

Новые данные о состоянии лесов на региональном уровне следует рассматривать как очень важный этап в изучении происходящих в них динамичных процессов. Выявление всех причастных к усыханию факторов и сбор новых сведений служат базой для познания этого феномена.

Современные динамичные климатические реалии Беларуси на фоне периодических изменений климата в Северном полушарии должны отразиться на состоянии природной среды, прежде всего на устойчивости лесов в настоящее время и ближайшей перспективе. Под устойчивостью лесов следует понимать сохранение ими способности реагировать на регулярную изменчивость погодно-климатических факторов в процессе реализации биопродукционного потенциала в нарастании стволовой массы (радиальном приросте).

Благодаря географическому положению Беларуси в лесной зоне умеренного климатического пояса существует возможность организовывать и проводить дендроиндикационные исследования, результаты которых способствуют расширению знаний о сущности временной и пространственной изменчивости природной среды, а также пониманию роли антропогенных факторов в ее динамике.

Наиболее сложным и слабо разработанным вопросом является оценка ресурсных и экологических последствий для лесов под влиянием современных климатических изменений. Чтобы определить способности лесных биогеоценозов сохранять ресурсный потенциал в условиях изменяющегося климата и антропогенных воздействий, необходим надежный индикатор. Таким индикатором служит годовое кольцо, позволяющее обнаруживать закономерности роста и развития лесных биогеоценозов в современных климатических и антропогенно-экологических реалиях.

Изменчивости прироста деревьев в настоящее время посвящено множество публикаций, однако некоторые вопросы остаются дискуссионными или слабоосвещенными, что связано с разнообразием как лесных биогеоценозов, так и характера экологических воздействий на них, а также подходов исследователей к поставленной задаче. Есть ли общие закономерности в ритмике роста деревьев, присутствуют ли в ней строго детерминированные компоненты и какова их природа – однозначного ответа на эти вопросы пока нет [4].

При сравнительно небольшой площади равнинной территории (протяженность с запада на восток составляет 650 км, с севера на юг – 560 км) климатические условия Беларуси, несмотря на пространственную и временную изменчивость, характеризуются относительной однородностью. Горизонтальный градиент температуры в восточном направлении составляет $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, в южном направлении достигает $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 100 км. Согласно концепции дендроклиматического мониторинга [5] результаты изучения связи «климат – радиальный прирост» на тест-полигоне в центральной части Беларуси на плакоре, где растительность реализует климатический потенциал, отражают динамические процессы в лесах на равнинной территории с удалением до 250 км, т. е. на расстоянии, в пределах которого изменение метеорологических величин незначительно.

Материалы и методика исследования

Согласно климатогенно-ривалитатной теории В. С. Гельмана [6] в качестве эдификатора евразийского доминиона темнохвойных лесов на территории Беларуси привлечена ель европейская (*Picea abies* L.). Исследование выполнялось на тест-полигоне в Логойском лесхозе, расположенном на локальной платообразной возвышенности в пределах Белорусской гряды (Минская возвышенность), в 22 км северо-северо-восточнее Минска и в 5 км южнее Логойска. Влияние антропогенных факторов, кроме тех, которые непосредственно связаны с ведением лесного хозяйства, здесь исключается. Существовавшие по склонам и в овражно-балочной сети с весенними временными водотоками ключи и выходы верховодки за последние 15 лет исчезли (высохли).

Абсолютные отметки плакора с исследованным лесным массивом составляют 278 м. Локальная возвышенность окружена имеющей временные водотоки овражно-балочной сетью с глубиной вреза до 20–30 м. Покровными породами являются лессовидные суглинки мощностью 0,3–0,5 м, ниже сменяемые моренными супесями и суглинками. Почва дерново-палево-подзолистая; дифференцирована на следующие горизонты:

- A_0 (0–4 см, лесная подстилка с грубым гумусом);
- A_1 (4–7 см, темно-серый суглинок, рыхлый);
- A_2 (7–41 см, лессовидный суглинок серовато-палевый, непрочный-комковатый, влажный);
- B_2 (41–100 см, суглинок моренный с валунами и галькой, красновато-бурый, сверху – с серовато-палевыми включениями).

Типы леса – ельник мшистый и ельник кисличный. Древостой – бонитета I^a .

Образцы древесины ели отобраны у 64 деревьев в 2015 г. возрастным буровом на высоте 1,3 м. После измерения ширины годовых колец они были объединены в возрастные группы (серии): 75 лет (20 деревьев); 85 лет (14 деревьев) и 105 лет (15 деревьев). Кроме того, привлечена дендрометрическая информация по 90-летнему сухостою (15 деревьев; образцы древесины отобраны после его усыхания в 2002 г.). Средний диаметр стволов по данным группам составил 20 и 51 см (наибольший), 30 и 30 см соответственно. Причиной усыхания ели стали аномальные морозы декабря 2002 г. (среднемесячная температура зафиксирована на отметке $-9,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, в отдельные сутки температура опускалась до $-37,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). При малом количестве осадков в ноябре (27 мм) и декабре (14 мм) в условиях жаркого и сухого вегетационного периода наступило крупномасштабное усыхание ельников на лессовидно-суглинистом плакоре [7].

Согласно рабочей гипотезе для выполнения исследования принято, что продукционный потенциал ели для увеличения стволовой массы в условиях изменяющегося климата определяется наиболее высокими значениями радиального прироста отдельного (главного) дерева по сравнению с другими в одно-возрастной группе. Поэтому наша задача заключалась в выявлении этого показателя в годичной привязке как потенциала нарастания стволовой массы. В остальные годы значение радиального прироста не должно было превышать его наибольших показателей по данной возрастной группе. Нами определялись годичный максимальный индивидуальный (по одному дереву) радиальный прирост за время роста и развития насаждения и его значение по серии в сравнении со средним (табл. 1).

Таблица 1

Годичный* и сериальный** максимальный индивидуальный радиальный прирост деревьев, мм

Table 1

Definition of the annual* and serial** individual maximum tree ring growth, mm

Год	Номер дерева										Прирост за год	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Максимальный	Средний
2014	1,5	1,3	1,2	1,5	1,1	1,9	1,4	2,0	1,7	0,9	2,0	1,4
2013	2,0	2,1	2,7	1,6	2,7	1,8	3,1	3,6	2,3	1,7	3,6	2,4

Год	Номер дерева										Прирост за год	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Максимальный	Средний
2004	3,4	6,0	3,7	1,5	5,5	2,7	3,9	3,2	3,7	1,8	6,0	3,5
2003	2,7	4,4	3,4	1,2	1,5	3,5	1,6	1,0	2,2	2,6	4,4	2,4
1995	5,5	4,6	4,5	3,4	4,1	3,8	2,5	5,6	2,7	2,5	5,6	3,9
1983	7,2	7,4	5,0	6,2	4,3	2,8	4,1	5,1	3,5	3,0	7,4	4,9
1892	6,4	6,0	3,7	4,3	4,1	4,1	5,8	4,7	3,3	5,9	6,4	4,8
1968	7,8	6,2	2,6	5,0	4,9	6,1	3,3	3,4	5,0	6,8	7,8	5,1
1959	8,2	5,4	3,5	5,0	5,1	4,4	3,2	4,5	3,8	5,6	8,2	4,9
1958	5,9	6,0	3,5	5,5	5,1	3,7	4,2	4,4	5,5	5,9	6,0	5,0
1957	4,1	6,2	3,9	4,0	3,2	3,6	4,6	5,5	6,4	3,2	6,4	4,6
1956	4,4	11,0	9,5	3,7	3,7	5,0	5,1	3,2	2,8	3,9	11,0	5,2
1955	4,3	8,0	4,5	3,9	4,0	2,8	1,6	4,3	2,8	2,6	8,0	3,9
Максимальный прирост	8,2	11,0	9,5	6,2	5,5	6,1	5,8	5,6	6,4	6,8	–	–

*Выделен полужирным прямым шрифтом; **выделен полужирным курсивом.

Представлялось также необходимым исследовать многолетний ход изменчивости наибольшего (по сравнению с другими деревьями) радиального прироста конкретного дерева на фоне осредненной регулярной изменчивости ширины годичных колец всей группы деревьев. Важно было выяснить, какие климатические условия могут приводить к подавлению продукционного потенциала ели.

Рост и развитие насаждения происходили при нестабильной климатической обстановке двух эпох: влажной (до 1940 г.) и неустойчиво влажной (после 1940 г.), разделенных краткосрочным похолоданием с самыми холодными в XX в. 1941–1943 гг. [6]. Вторая эпоха началась с незначительного похолодания и сокращения осадков в 1941–1976 гг. по сравнению с предыдущим периодом (табл. 2). Ее 20-летнее продолжение (1977–1997) с относительным потеплением и увеличением осадков сменило это похолодание. При существенном потеплении климата с предыдущей позиции до 1998 г. месяцы вегетационного (май – сентябрь) и безлиственного (октябрь – апрель) периодов и гидрологический год в целом сопровождался повышением температуры и увеличением осадков.

Таблица 2

Среднестатистические показатели изменчивости климата (по наблюдениям на метеостанции Минска)

Table 2

Average statistical indicators of climate variability (according to observations at the weather station Minsk)

Год	Температура, °С				Осадки, мм			
	Октябрь – апрель	Май – июнь	Май – сентябрь	Среднегодовое значение	Октябрь – апрель	Май – июнь	Май – сентябрь	Среднегодовое значение
1892–1906	–1,1	14,5	15,0	5,7	341	143	363	704
1907–1940	–1,3	14,7	15,0	5,4	348	149	397	741
1941–1976	–1,3	14,0	14,8	5,4	286	140	353	639
1977–1997	–0,2	14,6	15,0	5,7	312	142	366	678
1998–2014	0,7	15,1	16,1	6,7	345	159	373	718
За период наблюдений								
1892–2014	–0,8	14,5	15,0	5,8	330	146	371	701

Анализ изменчивости максимального индивидуального радиального прироста, отражающего биопродукционный потенциал ели при разных климатических условиях, охватывал период до 1998 г., когда наблюдались относительно однородные климатические условия, и после этого года, когда наступило

заметное потепление. Представлялось также необходимым исследовать многолетний ход изменчивости наибольшего (по сравнению с другими деревьями) радиального прироста конкретного дерева на фоне осредненной регулярной изменчивости ширины годичных колец всей возрастной группы деревьев.

Обсуждение результатов

В многолетнем ходе изменчивости сериального прироста ели вне антропогенного влияния его максимальные индивидуальные (одного дерева) значения не приурочены к одному конкретному году с оптимальными параметрами погодно-климатических условий, а проявляются в течение всего периода роста и развития насаждения (рис. 1). Возраст древостоя, при котором происходило максимальное нарастание стволовой массы, не совпадал: у 105-летних деревьев он составлял от 45 до 75 лет; 75-летних – от 15 до 50 лет; 85- и 90-летних – почти одинаков: от 30 до 65 и от 35 до 75 лет соответственно.

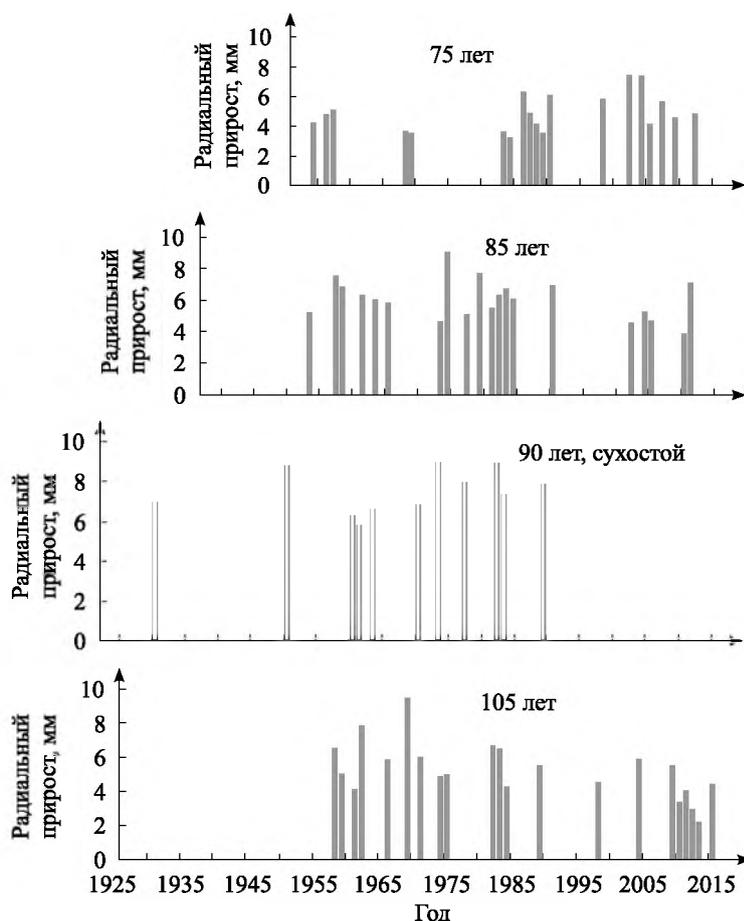


Рис. 1. Многолетний ход изменчивости сериального максимального индивидуального прироста ели вне техногенного загрязнения на логойском тест-полигоне
Fig. 1. Long-term variation of the serial maximum individual tree-ring growth of spruce outside man-made contamination at the Logoisk test-site

Ель реализовывала свой биопродукционный потенциал в радиальном приросте независимо от изменчивости погодно-климатических условий. До 1998 г. в сравнительно однородном климате диапазон максимального индивидуального радиального прироста в трех возрастных группах, кроме 75-летней, изменялся в относительно однозначных показателях: 4,1–9,5 мм (105 лет); 4,6–9,0 мм (85 лет) и 5,8–9,0 мм (90 лет). При этом показатели среднего по серии радиального прироста отличались незначительно: 3,0–3,9; 2,9–4,5 и 3,4–4,5 мм. Деревья 75-летнего возраста по нарастанию стволовой массы существенно уступали деревьям старших возрастных групп: 3,3–5,9 мм при диапазоне среднего значения по серии от 1,5 до 3,1 мм, также наименьшего в насаждении (табл. 3).

С потеплением климата после 1998 г. ситуация изменилась: уже 75-летние деревья демонстрируют наибольшую энергию в реализации биопродукционного потенциала по сравнению с более возрастными группами. Их максимальный индивидуальный радиальный прирост варьируется в диапазоне

от 3,9 до 7,2 мм при среднем значении по серии от 2,9 до 4,2 мм. У 85-летних деревьев он близок к этим показателям (4,1–6,9 мм при среднем диапазоне 2,9–3,8 мм). Наименьшее значение прироста – у 105-летних деревьев (3,1–6,0 мм при среднем диапазоне 2,2–3,4 мм), в этом случае не исключается влияние возраста. Максимальный радиальный прирост деревьев в одной возрастной группе не имеет одного года привязки, а «кочует» во времени.

Таблица 3

Максимальный индивидуальный радиальный прирост
ели на логойском тест-полигоне, мм

Table 3

Years with the maximum individual tree-ring growth
of spruce at the Logoisk test-site, mm

Возрастная группа деревьев, лет											
105			85			75			90, сухостой		
Возраст древостоя в годы максимального радиального прироста до 1998 г., кол-во лет											
45–75			30–65			15–50			35–75		
Год	Прирост		Год	Прирост		Год	Прирост		Год	Прирост	
	Максимальный	Средний по группе		Максимальный	Средний по группе		Максимальный	Средний по группе		Максимальный	Средний по группе
<i>До 1998 г.</i>											
1958	6,5	3,4	1953	5,2	3,3	1954	4,1	1,6	1950	8,8	3,4
1961	4,1	3,6	1957	7,4	3,9	1956	4,7	1,5	1960	6,3	3,7
1962	7,8	3,7	1958	6,8	4,4	1957	5,0	1,8	1961	5,8	3,9
1966	5,8	3,7	1961	6,3	4,0	1968	3,6	2,2	1963	6,6	3,6
1969	9,5	3,7	1963	6,0	4,5	1969	3,4	2,2	1970	6,9	4,1
1971	6,0	3,9	1965	5,8	3,7	1983	3,5	–	1973	8,9	–
1974	4,9	3,6	1973	4,6	3,8	1984	3,1	2,7	1977	8,0	3,4
1975	5,0	3,4	1974	9,0	3,6	1988	4,0	2,8	1982	9,0	3,9
1982	6,7	3,4	1977	5,0	3,3	1989	3,3	3,1	1983	7,4	4,5
1983	6,5	3,9	1979	7,6	3,9	1990	5,9	3,3	1989	7,9	3,5
1984	4,3	3,5	1981	5,2	3,4	–	–	–	–	–	–
1989	5,6	3,0	1982	6,2	4,1	–	–	–	–	–	–
–	–	–	1983	6,6	4,0	–	–	–	–	–	–
–	–	–	1990	6,8	2,9	–	–	–	–	–	–
Диапазон	4,1–9,5	3,0–3,9	–	4,6–9,0	2,9–4,5	–	3,3–4,7	1,5–3,1	–	5,8–9,0	3,4–4,5
<i>После 1998 г.</i>											
1998	4,6	2,2	2002	4,4	2,9	1998	4,0	2,9	–	–	–
2004	6,0	3,1	2004	5,1	3,4	2002	7,0	3,5	–	–	–
2005	4,6	3,3	2005	4,5	3,8	2004	7,2	4,2	–	–	–
2009	5,6	3,4	2010	4,1	3,0	2005	3,9	3,4	–	–	–
2010	3,5	3,0	2011	6,9	2,4	2007	5,4	3,1	–	–	–
2011	4,2	2,7	–	–	–	2012	4,6	3,0	–	–	–
2012	3,1	2,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2013	4,0	2,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Диапазон	3,1–6,0	2,2–3,4	–	4,1–6,9	2,4–3,8	–	3,9–7,2	2,9–4,2	–	–	–

Диапазон изменчивости годовых метеорологических значений климата, при которых формировался максимальный прирост, колебался в существенных пределах, хотя его средние показатели в целом за эти годы мало отличались от среднееголетних (табл. 4). Следовательно, максимально возможная

реализация биопродукционного потенциала ели осуществляется при любых метеорологических условиях (за исключением экстремальной погодной обстановки) без одновременной годичной привязки.

Таблица 4

Динамика метеорологических условий по годам с максимальным индивидуальным радиальным приростом ели вне техногенного загрязнения воздушной среды на логойском тест-полигоне

Table 4

Meteorological conditions for years with the maximum individual tree-ring growth of spruce without technogenic contamination of the air environment at the Logoisk test-site

Год	Температура, °С				Осадки, мм			
	Октябрь – апрель	Май – июнь	Май – сентябрь	Среднее значение	Октябрь – апрель	Май – июнь	Май – сентябрь	Среднее значение
<i>До 1998 г.</i>								
1950	-0,1	14,2	14,2	5,8	246	80	372	618
1953	-1,6	14,2	15,0	5,3	290	116	263	553
1954	-3,4	16,5	16,0	4,7	133	114	370	503
1956	-3,0	15,0	14,0	4,1	280	163	382	662
1957	-0,2	13,6	14,4	5,9	248	109	389	662
1958	-1,1	16,8	14,1	5,2	348	173	333	691
1960	-2,3	14,6	14,8	4,8	278	151	434	712
1961	1,5	14,5	14,7	7,0	373	147	361	734
1962	0,6	12,6	13,4	5,2	214	213	518	732
1963	-3,2	15,7	16,8	5,2	256	161	308	564
1965	-1,1	11,9	13,6	5,0	329	152	342	671
1966	-0,8	15,8	15,4	5,9	355	158	326	681
1969	-3,2	13,6	14,4	4,1	274	165	354	628
1970	-2,0	14,6	14,9	5,0	390	92	318	708
1971	-0,8	15,0	15,3	5,9	332	90	207	539
1973	-0,8	16,0	16,3	6,3	296	130	377	673
1974	0,5	14,3	14,5	6,3	303	212	546	849
1975	-0,4	12,4	14,0	5,6	236	184	431	667
1977	-0,7	14,8	13,9	5,4	366	139	494	860
1979	-1,7	17,0	15,6	5,5	283	50	366	649
1981	-0,5	16,1	15,8	6,3	313	196	351	664
1982	-0,5	13,1	14,8	5,9	397	230	419	816
1983	1,8	15,8	16,2	7,8	385	103	229	614
1984	0,7	14,0	14,5	6,5	259	229	402	661
1988	-0,2	15,8	16,0	6,6	325	158	359	684
1989	1,7	15,5	15,6	7,5	312	184	417	729
1990	2,7	14,0	14,0	7,4	314	88	446	760
Среднее значение	-0,7	14,7	14,9	5,8	301	148	375	676
Диапазон	-3,4...+2,7	12,4...16,8	13,4...16,8	4,1...7,5	133...397	50...230	207...518	503...860
<i>После 1998 г.</i>								
1998	0,9	15,4	15,0	6,8	614	278	364	978
2002	1,5	16,2	17,2	8,1	325	120	227	552

Год	Температура, °С				Осадки, мм			
	Октябрь – апрель	Май – июнь	Май – сентябрь	Среднее значение	Октябрь – апрель	Май – июнь	Май – сентябрь	Среднее значение
2004	0,2	12,4	14,5	6,2	405	110	408	813
2005	0,6	13,8	15,6	6,9	313	210	456	769
2007	2,5	16,6	16,7	7,5	269	121	284	553
2009	1,4	14,2	15,6	6,5	259	254	519	778
2010	-0,3	16,5	17,7	6,4	385	272	537	922
2011	-0,4	16,2	16,8	6,4	265	148	407	672
2012	0,4	15,1	16,5	6,5	360	176	372	732
2013	-0,4	18,0	16,9	6,7	385	156	320	703
Среднее значение	0,6	15,4	16,2	6,8	358	184	389	747
Диапазон	-0,4...+2,5	12,4...18,0	14,5...17,7	6,2...8,1	259...614	110...278	227...537	552...978

Изменение климата в тех параметрах, в которых оно произошло, не следует рассматривать как угрожающий для этой древесной породы фактор. Более того, потепление климата после 1998 г. оказало благоприятное воздействие на ель наиболее молодого возраста в исследованном насаждении (75 лет) в плане радиального прироста: рост температуры сопровождался увеличением осадков в годы его наибольшего значения.

Максимальный радиальный прирост у дерева ели может формироваться при разных, необязательно оптимальных, метеорологических условиях [8]. В 105-летней динамике индивидуального максимального радиального прироста до 1998 г. выделяется его выявленное выдающееся значение (9,5 мм) в 1969 г., которое можно рассматривать как возможный потенциал стволовой продуктивности ели в качестве эдификатора природной зоны на территории Беларуси.

По сравнению со среднемноголетними значениями этот год был одним из самых холодных в XX в. (4,1 °С) – с холодным безлиственным периодом (-3,2 °С), месяцами активного роста в мае и июне (13,6 °С) и месяцами вегетации в целом (14,4 °С) при относительно небольшом недоборе осадков (за год выпало 628 мм).

Несколько меньшее значение (9,0 мм) определено у 85-летнего поколения в 1974 г. и 90-летней сухостойной группы в 1982 г. Их ведущая отличительная особенность заключается в большом количестве осадков, выпавших за два этих года: 849 и 816 мм соответственно (при среднем значении 676 мм), из них в вегетационные месяцы – 546 мм (рекордное значение) и 419 мм, за безлиственные периоды – 303 и 397 мм соответственно.

С потеплением климата максимальная ширина годичного кольца (7,2 мм) сформировалась у 75-летнего дерева в 2004 г. с самыми низкими параметрами температуры, свойственными месяцам активного роста (12,4 °С), вегетационному (14,5 °С) и безлиственному (0,2 °С) периодам и году в целом (6,2 °С), но с большим количеством осадков (813 мм).

Погодичный ход изменчивости индивидуального максимального прироста (рис. 2) синхронен с динамикой среднего прироста по каждой группе: для 105-летней группы коэффициент корреляции r равен 0,75; 85-летней – 0,76; 75-летней – 0,82 и усохшей 90-летней – 0,65.

Динамика этого реализованного потенциала продуктивности ели была синхронной не для всех серий. Ее синхронность выявлена только для 105-летней группы с 85-летней ($r = 0,57$) и 90-летней ($r = 0,85$) группами, а также для 85- и 90-летней групп ($r = 0,63$). Погодичная изменчивость максимального радиального прироста 75-летней группы не была синхронна с его значениями для 85-летней группы ($r = 0,11$) и была асинхронна с 90-летней группой ($r = -0,32$). Наблюдается следующая тенденция: возраст древостоя имеет значение для синхронной изменчивости максимальной индивидуальной стволовой продуктивности ели.

С уменьшением возраста синхронность сокращается и может трансформироваться в асинхронность. Причины этого неясны, для их обнаружения требуются дополнительные исследования. Однако данное явление привело к тому, что с потеплением климата после 1998 г. у 75-летних деревьев максимальный индивидуальный радиальный прирост увеличился, а у деревьев старших возрастных групп – сократился, хотя различия в возрасте не существенны. Таким образом, подтверждается вывод о том, что реакция ели на потепление климата, как и на его похолодание, зависит от возраста древостоя.

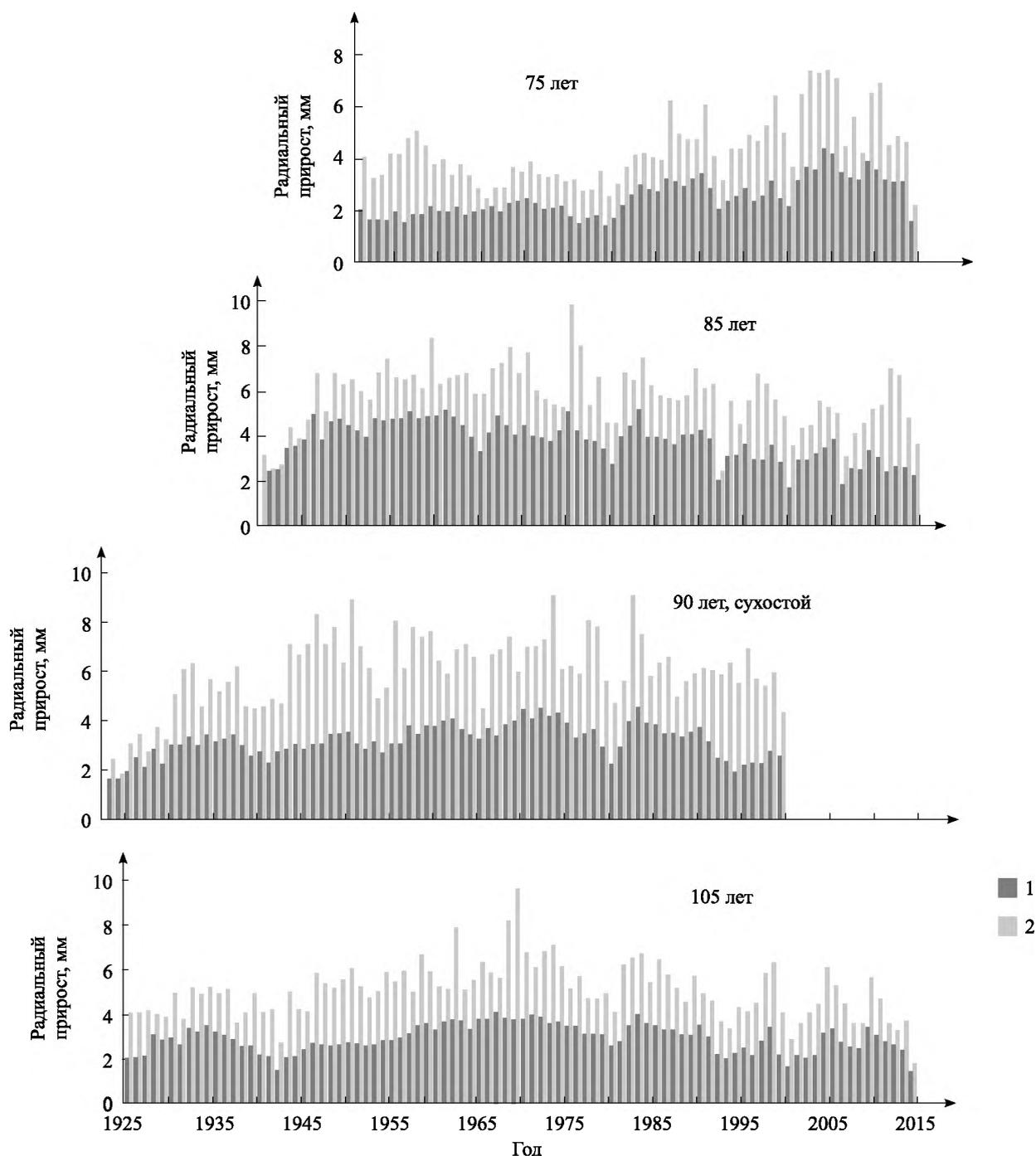


Рис. 2. Погодичный ход изменчивости максимального индивидуального (1) и среднего (2) радиального прироста возрастных групп ели на логойском тест-полигоне

Fig. 2. Annual variability of the maximum individual (1) and average (2) tree-ring growth of age series of spruce at the Logoisk test-site

Корреляционный анализ выявил неоднозначность реакции возрастных групп на изменчивость климатических факторов. Похолодание 1941–1976 гг. поставило максимальный индивидуальный радиальный прирост 85-летнего поколения в статистически значимую прямую зависимость при $n = 36$ от температуры безлиственного периода ($r = 0,56$; $p = 0,001$), мая и июня ($r = 0,57$; $p = 0,001$), вегетационного периода ($r = 0,43$; $p = 0,01$); гидрологического года в целом ($r = 0,55$; $p = 0,001$) и осадков безлиственного периода ($r = 0,50$; $p = 0,001$), но при этом в обратную зависимость от осадков месяцев вегетации ($r = -0,41$; $p = 0,01$ и $r = -0,51$; $p = 0,001$). Осадки безлиственного периода при потеплении климата в 1977–1997 гг. были более значимы для погибшего древостоя ($r = 0,61$ при $n = 21$; $p = 0,01$), чем для выжившего, после экстремальных морозов декабря 2002 г.

Таким образом, реакция ели на плакоре с зональными эдафическими и климатическими условиями вне антропогенного влияния (осушительная мелиорация, техногенное загрязнение), по-разному проявленная на похолодание (1941–1977) и потепление (после 1998 г.), зависит от возрастных поколений древостоя.

Заключение

Ель на плакоре с зональными эдафическими и климатическими условиями на территории Беларуси реализует свой продукционный потенциал в увеличении максимального индивидуального радиального прироста независимо от изменчивости климатических величин как при похолодании, так и при потеплении, за исключением погодных экстремумов, в возрастной асинхронности с погодичной динамикой. Этот фактор обеспечивает ее устойчивость в непостоянных климатических условиях с оптимальным использованием ресурсов среды произрастания.

Библиографические ссылки

1. Манько Ю. И., Гладкова Г. А. Усыхание ели в свете глобального ухудшения темнохвойных лесов. Владивосток, 2001.
2. Schmidt-Vogt H. Die Fichte. Hamburg ; Berlin, 1989. Bd. 2/2 : Krankheiten. Schaden. Fichtensterben.
3. Rehfuess K. E. Review of forest decline research activities and results in the Federal Republic of Germany // *J. Environ. Sci. Health*. 1991. Vol. 26, № 3. P. 415–445.
4. Демаков Ю. П. Диагностика устойчивости лесных экосистем (методологические и методические аспекты). Йошкар-Ола, 2004.
5. Ваганов Е. А., Шиятов С. Г., Мазепа С. П. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской субарктике. Новосибирск, 1996.
6. Гельтман В. С. Географический и типологический анализ лесной растительности Беларуси. Минск, 1982.
7. Киселев В. Н., Матюшевская Е. В. Экология ели. Минск, 2004.
8. Казимиров Н. И. Ельники Карелии. Л., 1971.

References

1. Manko Y. I., Gladkova G. A. [Drying of spruce in the light of the global deterioration of dark coniferous forests]. Vladivostok, 2001 (in Russ.).
2. Schmidt-Vogt H. Die Fichte. Hamburg ; Berlin, 1989. Bd. 2/2 : Krankheiten. Schaden. Fichtensterben (in Ger.).
3. Rehfuess K. E. Review of forest decline research activities and results in the Federal Republic of Germany. *J. Environ. Sci. Health*. 1991. Vol. 26, No. 3. P. 415–445.
4. Demakov Y. P. [Diagnosis of forest ecosystems stability (methodological and methodical aspects)]. Ioshkar-Ola, 2004 (in Russ.).
5. Vaganov E. A., Shiyatov S. G., Mazepa S. P. [Dendroclimatic research Uralo-Siberian sub-arctic]. Novosibirsk, 1996 (in Russ.).
6. Gel'tman V. S. [Geographical and typological analysis of forest vegetation in Belarus]. Minsk, 1982 (in Russ.).
7. Kiselev V. N., Matyushevskaya E. V. [Ecology of spruce]. Minsk, 2004 (in Russ.).
8. Kazimirov N. I. [Spruce forests of Karelia]. Leningrad, 1971 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 25.11.2016.
Received by editorial board 25.11.2016.

ГОРНО-ЛУГОВО-БУРОЗЕМНЫЕ ПОЧВЫ (*CAMBIC UMBRISOLS*) УКРАИНСКИХ КАРПАТ

А. В. БАРАННЫК¹⁾, С. П. ПОЗНЯК¹⁾

¹⁾Львовский национальный университет им. Ивана Франко, ул. Университетская, 1, 79000, г. Львов, Украина

Исследуются горно-лугово-буроземные почвы (*Cambic Umbrisols*), распространенные в высокогорьях Украинских Карпат. Обнаружено, что буроземный процесс почвообразования под пологом травянистой растительности дополняется дерновым. В целях изучения особенностей пространственной дифференциации почвенного покрова высокогорий проведены детальные исследования в пределах Свидовецкого и Черногорского массивов в разных высотных зонах. Физические и физико-химические свойства анализировались с использованием общепринятых методик. Согласно полученным результатам сделан вывод о том, что горно-лугово-буроземные почвы альпийской и субальпийской зон имеют неглубокий, щебнистый почвенный профиль, в морфологическом строении которого выделяются следующие горизонты: дернина (Ad); гумусово-аккумулятивный (A); переходный гумусированный (B) и переходный слабогумусированный (BC). Установлено, что в высокогорных районах Украинских Карпат почвы сильноокислые, богатые гумусом, не насыщены основаниями. Отмечается, что почвы альпийской зоны характеризуются высоким содержанием гумуса, аморфных форм гидроокиси железа и обменного алюминия, более низкой концентрацией обменного кальция и более низкой степенью насыщенности основаниями по сравнению с почвами субальпийской зоны. Выявлено, что отличия в морфологическом строении и физико-химических свойствах между почвами являются следствием интенсивности протекания биологических и химических процессов в разных высокогорных зонах. С учетом особенностей горно-лугово-буроземных почв обосновывается целесообразность отнесения их в новой субстантивно-генетической классификации Украины в классе постлитогенных почв к самостоятельному типу перегнойно-буроземных почв.

Ключевые слова: горно-лугово-буроземные почвы; Украинские Карпаты; морфологическое строение; физические свойства; физико-химические свойства.

THE MOUNTAINOUS MEADOWY BROWN SOILS (*CAMBIC UMBRISOLS*) OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS

A. V. BARANNYK^a, S. P. POZNIAK^a

^aIvan Franko National University of Lviv, Universitetskaya Street, 1, 79000, Lviv, Ukraine

Corresponding author: A. V. Barannyk (andruha.geograph@gmail.com)

The article is devoted to the mountainous meadowy brown soils (*Cambic Umbrisols*), that widespread in the highlands of the Ukrainian Carpathians. Installed, that the process of brunification under herbaceous vegetation is supplemented with sod-formation process, which greatly affects the formation of soil. In order to study the features of the spatial differentiation

Образец цитирования:

Бараннык А. В., Позняк С. П. Горно-лугово-буроземные почвы (*Cambic Umbrisols*) Украинских Карпат // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 13–21.

For citation:

Barannyk A. V., Pozniak S. P. The mountainous meadowy brown soils (*Cambic Umbrisols*) of the Ukrainian Carpathians. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 13–21 (in Russ.).

Авторы:

Андрей Викторович Бараннык – аспирант кафедры почвоведения и географии почв географического факультета. Научный руководитель – С. П. Позняк.
Степан Павлович Позняк – доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения и географии почв географического факультета.

Authors:

Andrii Barannyk, postgraduate student at the department of soil science and geography of soils, faculty of geography. andruha.geograph@gmail.com
Stepan Pozniak, doctor of science (geography), full professor; head of the department of soil science and geography of soils, faculty of geography. kfgeogrunt@franko.lviv.ua

of the soil cover of highlands, detailed studies have been made within the Chornogora and Sydovets range in different bioclimatic zones. All laboratory tests were carried out according to conventional techniques. The study of the macromorphological features of the formation and structure of the genetic profile of *Cambic Umbrisols* showed, that soil profiles have such genetic horizons. Under which a deep humus-accumulative horizon (Umbric) is formed. The next horizons are transitional horizon Cambic. The conclusion is drawn, that *Cambic Umbrisols* are characterized by high exchange and hydrolytic acidity. Studying of the results of exchange acidity and its distribution indicates that the top genetic horizons are characterized by the lowest rate of highly acidic reaction. The deeper it is, the higher pH rates are, belong to the high humusness soils. A group of fulvic acids dominates in the composition of humus. *Cambic Umbrisols* are characterized by undifferentiated profile distribution of particle-size fractionation. One of the peculiarities of the particle-size distribution is the high content of fine sand and fine dust. Accumulation of clay elements in soil is absent. The differences in morphological structure and physico-chemical properties between soils are the result of the intensity biological and chemical processes in different bioclimatic zones. Considering features of studied soils, we consider it correct in the new substantive-genetic classification of Ukraine in the class post-lithogenic soil to give them as a separate type of humic-brown soil.

Key words: mountainous meadowy brown soils; Ukrainian Carpathians; morphological structure; physical properties; physico-chemical properties.

Введение

Горно-луговые почвы выделяются в качестве самостоятельного и наиболее распространенного типа в высокогорной зоне различных горных систем [1]. Они формируются в условиях повышенной влажности на продуктах выветривания различных плотных осадочных и метаморфических пород. В мировой классификационной почвенной системе WRB горно-луговые почвы рассматриваются в составе реферативной почвенной группы умбризолой (*Umbrisols*).

Украинские Карпаты относятся к горной почвенной провинции Западной буроземно-лесной области суббореального пояса [2]. В Карпатском регионе буроземным почвообразованием охвачена территория площадью 2979 тыс. га. Орографическая, климатическая неоднородность и функционально связанный с ней растительный покров обусловили различный характер его проявления, поэтому вся буроземная территория четко делится на две почвенно-экологические зоны: горно-луговую ультравлажную и лесную ультравлажную [3, с. 16].

Площадь горно-луговой зоны составляет около 55 тыс. га [3, с. 16]. Она охватывает территории, приуроченные к субальпийской и альпийской зонам, расположена на плоских вершинах гор и их склонах на высоте свыше 1300–1400 м над уровнем моря (н. у. м.). Горно-луговая зона не образует сплошного массива, а залегает отдельными участками, которые называют полонинами. Большое количество полонин приурочены к Свидовецкому и Черногорскому массивам. Почвенный покров представлен горно-лугово-буроземными и горно-торфянисто-буроземными почвами. Понятие «горно-лугово-буроземные почвы» верно отражает их генетическую природу, подчеркивая лесное происхождение, о чем свидетельствуют строение профилей и физико-химические свойства, идентичные бурым лесным почвам горно-лесных поясов. В то же время в этом термине находят отражение современные почвообразовательные процессы, протекающие под пологом луговой растительной формации [4, с. 110].

В Украинских Карпатах горно-луговые почвы занимают наивысшее положение в системе вертикальной зональности. Они развиваются на территориях под густой травянистой растительностью, где в условиях холодного климата четко выделяются две зоны: альпийская и субальпийская.

Актуальность исследования

Несмотря на множество работ, посвященных горно-луговым почвам, сущность происходящего в них почвообразовательного процесса изучена недостаточно, а классификации горных почв Украины не могут считаться удовлетворительными. Именно поэтому вопрос о специфике горного почвообразования до сих пор остается дискуссионным. Между тем почвы горных вершин и склонов все интенсивнее вовлекаются в хозяйственную деятельность. По этой причине исследование характера горного почвообразования и особенностей дифференциации почвенного покрова в горах, анализ изменений свойств почв в результате хозяйственной деятельности представляются весьма актуальными.

Целью настоящей статьи является изучение особенностей пространственной дифференциации почвенного покрова высокогорий Украинских Карпат.

Анализ литературных источников

Высокогорные почвы впервые были описаны в Крыму Н. А. Богословским в 1897 г. Позднее В. В. Докучаев во время путешествия на Кавказ в 1900 г. охарактеризовал эйлажные почвы (горно-луговые и отдельно рендины, горно-луговые черноземовидные) [6, с. 17].

Особенности формирования и генезиса буроземов Украинских Карпат освещены в многочисленных публикациях Н. Б. Вернандер, Е. М. Рудневой, М. И. Герасимовой, Ф. Ф. Топольного, Г. А. Андрущенко и других ученых. Горно-лугово-буроземные почвы Украинских Карпат всегда исследовались в комплексе с изучением иных почв буроземного типа различных почвенно-климатических зон. Большое внимание анализу почвенного покрова полонин и горно-лугово-буроземных почв начали уделять украинские специалисты. Физико-химические свойства и характер их минералогического и валового химического состава были подробно описаны в работах И. Н. Гоголева, В. И. Канивца, П. С. Пастернака, С. П. Позняка, П. С. Войткива.

Методика исследований

В целях изучения специфики и различий в морфологии, составе и свойствах горно-лугово-буроземных почв, которые сформировались на продуктах выветривания карпатского флиша в пределах высокогорий Свидовецкого и Черногорского массивов, нами проведены детальные почвенные исследования на различных гипсометрических уровнях альпийской и субальпийской зон. В основе настоящей работы лежит метод модальных (ключевых) участков (каждый из них представлен ключевым почвенным разрезом).

Детальная характеристика ключевых участков изложена в табл. 1.

Таблица 1

Общая характеристика ключевых участков, заложенных в пределах высокогорий Свидовецкого и Черногорского массивов Украинских Карпат

Table 1

General characteristics of the modal areas laid down within the Sydovets and Chornogora arrays of the Ukrainian Carpathians

Номер ключевого участка	Почвенный разрез	Горный массив	Вершина, полонина	Высота н. у. м., м	Биоклиматическая зона	Координаты
1	ЧГ-1	Черногорский	Окрестности вершины г. Говерлы	1995	Альпийская	48° 09' 44" с. ш. 24° 30' 17" в. д.
2	ЧГ-3		Полонина Шешул	1553	Субальпийская	48° 08' 29" с. ш. 24° 21' 47" в. д.
3	СВ-1	Свидовецкий	Окрестности вершины г. Близниці	1880	Альпийская	48° 12' 59" с. ш. 24° 14' 13" в. д.
4	СВ-3		Полонина Стремчеська	1420	Субальпийская	48° 11' 46" с. ш. 24° 15' 29" в. д.

С помощью общепринятых методов исследования в отобранных почвенных образцах мелкозема были определены следующие показатели:

- гигроскопическая влага – термостатно-весовым методом (высушивание при температуре 105 °С);
- плотность сложения – буровым методом;
- плотность твердой фазы – пикнометрическим методом;
- гранулометрический состав мелкозема – по методике Н. А. Качинского с подготовкой почвы пирофосфатным методом (ГОСТ 4728 : 2007);
- рН солевой вытяжки – потенциометрически, на рН-метре (рН-150М) (ISO 10390 : 2005);
- гидролитическая кислотность – по методу Г. Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212–91);
- содержание общего гумуса – по методу И. В. Тюрина в модификации В. Н. Симакова (ISO 14235 : 1998);
- поглощенные катионы: кальций и магний – комплексонометрическим методом (ГОСТ 26487–85); алюминий и водород – по методу А. В. Соколова;
- валовой химический состав – по общепринятой методике Е. В. Аринушкиной;
- групповой и фракционный состав гумуса – по методу И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой (ГОСТ 4289 : 2004);
- скелетность исследуемых почв – рассчитывалась по отношению содержания щебнистых частей к общему весу сухой почвы.

Результаты исследования и их обсуждение

Горно-лугово-буроземные почвы занимают наивысшее положение в системе вертикальной зональности Украинских Карпат и развиваются в субальпийской и альпийской зонах под густой травянистой растительностью.

Морфологическое строение горно-лугово-буроземных почв характеризуется присутствием дернины, темно-коричневой окраской верхних горизонтов и бурой (палевой) – нижних горизонтов, зернистой структурой гумусовых горизонтов, малой мощностью и слабой дифференциацией почвенного профиля, сильной скелетностью, большим накоплением органического вещества в виде корневых остатков и торфянистой массы.

Далее приведено морфологическое описание наиболее типичных горно-лугово-буроземных почв субальпийской зоны.

Почвенный разрез ЧГ-3 заложен в пределах полонины Шешул на склоне юго-западной экспозиции крутизной 7°. Растительность представлена злаково-разнотравным лугом. Общее покрытие составляет от 65 до 75 %. Высота – 1553 м н. у. м. В его строении выделяются следующие горизонты (глубина, см):

- Hd (Ad) – дернина темно-бурая, порошистая, свежая 0–5 см
- H (A) – гумусово-аккумулятивный: свежий, темно-серый с хорошо заметным бурым оттенком (10YR4/4), зернистой структурой, среднеуплотненный, тяжелый суглинок, пронизанный корнями травянистой растительности, присутствуют гравийные включения исходной почвообразующей породы. Переход в следующий генетический горизонт постепенный, заметен по цвету 6–20 см
- H_p (B) – верхний переходный гумусированный: неоднородный по цвету, в верхней части серый с буроватым оттенком, книзу интенсивность бурого оттенка увеличивается (10YR4/3), с комковато-ореховатой структурой, уплотнен, тяжелый суглинок, влажный, присутствуют гравийные и щебнистые включения исходной породы, редко встречаются корни растений. Переход в следующий горизонт постепенный, заметен по цвету 21–43 см
- Ph (BC) – нижний переходный слабогумусированный: влажный, цвет неоднородный – светло-бурый с легким оливковым оттенком (10YR6/5), комковато-ореховатой структурой, по граням структурных отдельностей встречаются ржавые пятна и гумусные натёки, сильно уплотнен, тяжелый суглинок, очень щебнистый. Переход в почвообразующую породу резкий 44–72 см
- P (C) – почвообразующая порода, сформированная продуктами выветривания карпатского флиша, что представляет собой ритмичное чередование массивных пачек песчаников, алевролитов и аргиллитов с 72 см

Значительные отличия в морфологическом строении горно-лугово-буроземных почв альпийской и субальпийской зон отсутствуют. Разница заключается лишь в мощности почвенного профиля: в альпийской зоне она редко превышает 50 см, в субальпийской зоне достигает 70–80 см, а в отдельных случаях – свыше 80 см, если почвы формируются в условиях более спокойного рельефа. Почвы отличаются по степени задернованности: в альпийской зоне отмечается сильная заторфованность дернового горизонта – примерно 2 см верхнего слоя дерна состоят из слабооторфованной массы, что свидетельствует о формировании специфического горизонта Hdt (Adt), который отсутствует в почвах субальпийской зоны.

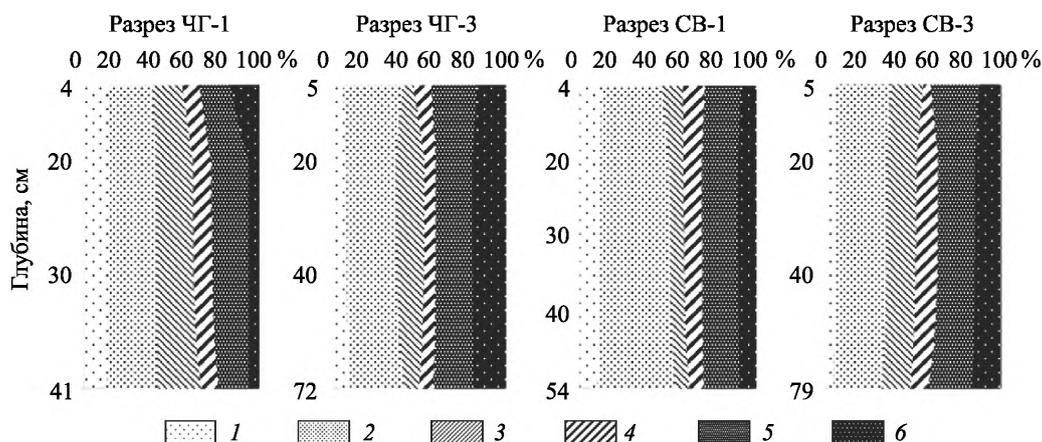
По гранулометрическому составу горно-лугово-буроземные почвы представлены в разной степени скелетными средне- и тяжелосуглинистыми разновидностями.

Из фракций гранулометрического состава мелкозема в горно-лугово-буроземных почвах Украинских Карпат преобладают мелкий песок (частицы диаметром 0,25–0,05 мм), крупная (0,05–0,01 мм) и мелкая (0,005–0,001 мм) пыль. Обнаружена общая тенденция к уменьшению содержания ила (частицы диаметром менее 0,001 мм) в почвах альпийской зоны (см. рисунок). Легко- и среднесуглинистые почвы чаще встречаются в альпийской зоне, где они обычно приурочены к коре выветривания массивно-кристаллических горных пород.

Присутствие значительного количества физической глины (<0,01 мм) в мелкоземе горно-лугово-буроземных почв свидетельствует о существенной роли химического (наравне с физическим) выветривания в процессах формирования толщи почвы.

Дифференциация высокогорных почв по гранулометрическому составу является результатом закономерного в условиях исследуемой зоны изменения в профиле активности химического и физического выветривания и соотношения между ними.

Исследование общих физических свойств показало, что горно-лугово-буроземные почвы относятся к категории среднещебнистых (альпийская зона) и сильнощебнистых (субальпийская зона) (табл. 2). Общая скелетность горно-лугово-буроземных почв увеличивается с глубиной, обеспечивая их высокую теплопроводность, способствующую быстрому оттаиванию всего профиля, и высокую водопроницаемость, предотвращающую развитие процессов сильного сезонного переувлажнения и оглеения.



Гранулометрический состав мелкозема горно-лугово-буроземных почв Украинских Карпат: фракции, мм:

1 – от 1,0 до 0,25; 2 – от 0,25 до 0,05; 3 – от 0,05 до 0,01; 4 – от 0,01 до 0,005; 5 – от 0,005 до 0,001; 6 – менее 0,001

Granulometric composition of the fine earth of the mountainous meadowy brown soils of the Ukrainian Carpathians: fractions, mm: 1 – from 1.0 to 0.25; 2 – from 0.25 to 0.05; 3 – from 0.05 to 0.01; 4 – from 0.01 to 0.005; 5 – from 0.005 to 0.001; 6 – less than 0.001

Таблица 2

Общие физические свойства горно-лугово-буроземных почв Украинских Карпат

Table 2

Physical properties of mountainous meadowy brown soils of the Ukrainian Carpathians

Генетический горизонт	Глубина, см	Скелетность, %	Плотность строения, г/см ³	Плотность твердой фазы, г/см ³	Общая пористость, %
Альпийская зона (разрез ЧГ-1)					
Н (А)	5–11	3,80	0,81	2,07	60,87
Нp (В)	12–20	8,60	1,00	2,27	55,95
Ph (BC)	21–41	18,40	1,10	2,44	54,92
Альпийская зона (разрез СВ-1)					
Н (А)	5–20	5,80	0,84	2,03	58,62
Нp (В)	21–36	11,20	0,99	2,27	56,39
Ph (BC)	37–54	21,50	1,11	2,43	54,51
Субальпийская зона (разрез ЧГ-3)					
Н (А)	6–20	18,43	1,05	2,29	54,15
Нp (В)	21–43	24,65	1,30	2,30	43,48
Ph (BC)	44–72	35,64	1,47	2,41	39,00
Субальпийская зона (разрез СВ-3)					
Н (А)	6–26	20,85	1,07	2,28	53,07
Нp (В)	27–50	28,00	1,26	2,34	46,15
Ph (BC)	51–79	35,00	1,34	2,42	44,63

Плотность строения почвенных агрегатов является наименьшей в верхнем гумусово-аккумулятивном горизонте и постепенно возрастает с увеличением глубины. Та же закономерность характерна и для показателей плотности твердой фазы, что обусловлено снижением содержания органического вещества. В горно-лугово-буроземных почвах однородного гранулометрического состава пористость определяется плотностью строения, поэтому с повышением последней в почве общая пористость закономерно уменьшается (см. табл. 2).

Горно-лугово-буроземные почвы Украинских Карпат характеризуются сильной выщелоченностью и ненасыщенностью основаниями (насыщенность составляет менее 10 %), а также сильной кислотностью (рН солевой вытяжки – менее 4,5) (табл. 3). Условиями формирования горно-луговых почв

являются очень влажный климат и промывной тип водного режима, приводящие к убыванию из почвенного профиля оснований. В связи с недостатком нейтрализующих катионов растительные частицы разлагаются с образованием органических кислот. Поэтому наибольшие показатели кислотности приурочены к горизонту А, нижнему слою дерна. В верхний гумусово-аккумулятивный горизонт, перенасыщенный мелкими корешками растений, поступает значительный объем водорода в процессе обменных реакций между корневой системой и коллоидной частью почвы. Кислотность почв уменьшается вниз по профилю. Наблюдается следующая закономерность: с увеличением абсолютной высоты значение рН уменьшается, реакция почвенного раствора становится более кислой, что обусловлено изменением растительности и повышением гумидности климата. Почвы альпийской зоны являются более кислыми за счет высокой концентрации обменного алюминия и водорода (см. табл. 3). При этом сильная кислотность почвенного раствора не вызывает подзолообразования [2].

Таблица 3

Физико-химические свойства горно-лугово-буроземных почв Украинских Карпат

Table 3

Physicochemical properties of mountainous meadowy brown soils of the Ukrainian Carpathians

Генетический горизонт	Величина pH_{KCl}	Гумус, %	Сумма обменных оснований	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	Поглощенные катионы, ммоль/100 г почвы				
			ммоль/100 г почвы			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	Сумма
Альпийская зона (разрез ЧГ-1)										
Н (А)	3,77	11,96	1,81	34,36	5,00	4,20	3,50	10,96	0,44	19,10
Нр (В)	3,80	5,68	1,42	22,89	5,84	4,00	3,00	9,65	0,20	16,85
Ph (BC)	3,86	3,48	1,16	15,28	7,05	3,75	3,00	5,80	0,15	12,70
Альпийская зона (разрез СВ-1)										
Н (А)	3,42	16,61	1,75	34,48	4,83	3,50	2,50	12,00	1,33	19,33
Нр (В)	3,66	7,46	1,55	24,19	6,02	3,00	1,50	8,40	0,70	13,60
Ph (BC)	4,00	2,82	1,19	11,67	9,25	2,50	0,50	3,20	0,10	6,30
Субальпийская зона (разрез ЧГ-3)										
Н (А)	3,80	7,76	1,94	18,25	7,64	7,00	4,50	7,25	0,30	19,05
Нр (В)	4,00	4,33	1,44	17,40	7,66	5,00	2,50	7,20	0,22	14,92
Ph (BC)	4,20	2,72	1,18	14,22	9,61	4,50	2,50	6,15	0,15	13,30
Субальпийская зона (разрез СВ-3)										
Н (А)	3,56	6,83	1,36	21,86	5,85	4,00	1,50	8,90	0,70	15,10
Нр (В)	3,74	4,17	0,58	17,82	8,14	3,25	0,75	7,40	0,20	11,60
Ph (BC)	4,00	2,18	0,19	12,31	8,81	2,75	0,75	4,50	0,10	8,10

Горно-лугово-буроземные почвы обладают наименьшей среди почв Украинских Карпат степенью насыщенности основаниями. Почвы, развитые в субальпийской зоне, характеризуются более высокой насыщенностью основаниями по сравнению с их аналогами в альпийской зоне.

Органические кислоты и прикорневые выделения обуславливают присутствие ионов водорода (протонов), преобразующих минеральную часть почвы вследствие кислотного гидролиза алюмосиликатов. При этом освобождающиеся кальций и магний в значительной степени вымываются, алюминий накапливается в обменном состоянии. В горно-лугово-буроземных почвах его содержание довольно высокое. Максимальная концентрация обменного алюминия приурочена к горизонту А, поскольку его появление связано преимущественно с результатами биологических процессов. Доминирование трехвалентных ионов алюминия определяется кислотным гидролизом алюмосиликатов, который приводит к накоплению значительного количества подвижного (обменного) алюминия, что является следствием специфики преобразования органических остатков микроорганизмами в условиях сильного выщелачивания почвообразующих пород. Насыщение поглотительного коллоидного комплекса алюмином – результат биологических процессов при буроземообразовании.

Горно-лугово-буроземным почвам свойственны высокое содержание гумуса в верхнем горизонте А и резкое снижение его концентрации в нижележащих переходных горизонтах (см. табл. 3). Почвы высокогорий Свидовецкого и Черногорского массивов Украинских Карпат сильно гумусированы по причине сочетания низких температур и гумидного климата. Процессы разложения органического вещества в таких условиях заторможены – накапливается полуразложившееся органическое вещество. Те же причины лежат в основе различий по степени гумусированности горно-луговых альпийских и субальпийских почв. Количество гумуса варьирует в зависимости от особенностей растительности.

Вследствие изменения климатических особенностей местности и растительного покрова с увеличением абсолютной высоты горно-лугово-буроземные почвы делятся по степени гумусированности профиля на альпийские и субальпийские. Относительно более глубокое проникновение корневой системы субальпийской растительности, по сравнению с альпийской, и лучшие условия гумификации и минерализации органических веществ обуславливают уменьшенное содержание гумуса в субальпийских почвах и его более равномерное распределение в профиле [5, с. 1435].

Однако наибольшие запасы гумуса в гумусово-аккумулятивном горизонте сосредоточены в почвах, сформировавшихся в средней и нижней частях склонов – в субальпийской зоне, что объясняется увеличением мощности почвенного профиля и повышением показателей плотности строения почвы по сравнению с почвами верхней части склонов альпийской зоны.

Исследования показали, что по характеру профильного распределения содержания гумуса горно-лугово-буроземные почвы Свидовецкого и Черногорского массивов Украинских Карпат относятся к регрессивно-аккумулятивному подтипу аккумулятивного типа, которому свойственно резкое снижение концентрации гумуса с увеличением глубины – от гумусово-аккумулятивного горизонта до почвообразующей породы.

Информативность гумусового профиля, касающаяся данных об онтогенетических стадиях и фазах развития почв, базируется на том, что гумус, обладая свойствами сенсорности и рефлекторности по отношению к природной среде, является открытой естественной системой гумусовых веществ, которая формируется по законам термодинамики и способна к саморегуляции и самовосстановлению. Таким образом, все стадии и фазы фиксируются в процессе гумусообразования.

Для обобщающей характеристики почв и группового состава гумуса используется система показателей гумусового состояния, позволяющая выявить направление и темпы гумификации, оценить качественный состав гумуса, который описывается показателями группового и фракционного строения.

Результаты изучения фракционно-группового состава гумуса горно-лугово-буроземных почв Свидовецкого и Черногорского массивов Украинских Карпат представлены в табл. 4.

Таблица 4

Фракционно-групповой состав гумуса горно-лугово-буроземных почв Украинских Карпат

Table 4

Fractional and group composition of humus of mountainous meadowy brown soils of the Ukrainian Carpathians

Разрез	Горизонт	Гуминовые кислоты, %				Фульвокислоты, %					Гумин, %	Сгк : сфк	Степень гумификации, %
		Фракция			Сумма	Фракция				Сумма			
		1	2	3		1a	1	2	3				
ЧГ-1	А	12,00	–	1,15	13,15	6,00	10,73	2,20	7,52	26,45	60,40	0,50	13,15
	В	10,34	–	2,24	12,58	11,32	18,10	4,70	13,50	47,62	39,80	0,26	12,58
ЧГ-3	А	11,20	–	1,60	12,80	10,90	17,55	3,10	11,65	43,20	44,00	0,30	12,80
	В	8,80	–	2,20	11,00	16,82	18,93	6,45	16,80	59,00	30,00	0,19	11,00
СВ-1	А	12,37	–	1,13	13,50	5,40	11,00	2,10	7,00	25,50	61,00	0,53	13,50
	В	11,00	–	2,00	13,00	9,50	17,00	3,50	12,00	42,00	45,00	0,31	13,00
СВ-3	А	10,87	–	1,76	12,63	9,21	12,23	3,58	11,15	36,17	51,20	0,35	12,63
	В	9,60	–	2,10	11,70	15,80	19,65	5,54	17,11	58,10	30,20	0,20	11,70

Проведенные исследования позволили обнаружить в гумусе горно-лугово-буроземных почв преобладание группы фульвокислот над гуминовыми (их соотношение (сгк : сфк) варьирует в пределах от 0,53 до 0,19), большую подвижность гуминовых кислот, очень низкую оптическую плотность. Им свойственна высокая растворимость гумусовых веществ, связанная с незначительным содержанием обменного кальция.

В составе гуминовых кислот явно преобладает фракция 1, состоящая из наиболее молодых, слабодегидратированных, свободных либо связанных с подвижными формами R_2O_3 бурых гуминовых или ульминовых кислот и их полимерных комплексов с фульвокислотами, относительное содержание которой уменьшается вниз по профилю. Фракция 2, связанная с кальцием, вовсе отсутствует – это полностью согласуется с тем, что горно-лугово-буроземные почвы бедны обменным кальцием. В значительно меньшей концентрации (до 3 %) в гумусе содержатся гуминовые кислоты и их полимерные комплексы с фульвокислотами, связанные с устойчивыми гидратами R_2O_3 .

В составе фульвокислот доминируют фракции 1 (до 20 %) и 1а (до 17 %), доля которых с увеличением глубины повышается. В небольшом количестве присутствует фракция 2 – около 5 % в горизонте А с увеличением вниз по профилю до 10 %.

По показателю гумификации горно-лугово-буроземные почвы относятся к почвам с низкой ее степенью. Количество негидролизуемого остатка (гумина) колеблется в довольно широком диапазоне – от 40 до 60 % общего углерода. Негидролизуемый остаток в основном состоит из не полностью гумифицированных растительных частиц.

Почвенная толща, сформированная на некарбонатных породах карпатского флиша, характеризуется обеднением (по сравнению с плотной почвообразующей породой) кремнеземом, серой, щелочными элементами и обогащением алюминием, железом, магнием, титаном, кальцием и марганцем (табл. 5).

Таблица 5

Валовой состав мелкозема горно-лугово-буроземной почвы Украинских Карпат

Table 5

Gross composition of the fine earth of mountainous meadowy brown soils of the Ukrainian Carpathians

Горизонт	Валовой состав, % прокаленной навески									Молярные соотношения			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	SiO ₂ : Al ₂ O ₃	SiO ₂ : Fe ₂ O ₃	SiO ₂ : R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ : Fe ₂ O ₃
Субальпийская зона (разрез ЧГ-3)													
A	77,69	11,41	5,57	0,69	0,33	1,19	0,13	1,75	1,24	11,58	37,27	8,83	3,22
B	77,43	11,71	5,62	0,76	0,33	1,09	0,10	1,78	1,18	11,24	36,82	8,61	3,27
BC	76,93	12,24	5,52	0,76	0,39	1,17	0,03	1,75	1,21	10,69	37,23	8,30	3,48
C	70,13	16,31	6,21	0,98	0,67	2,20	0,07	2,28	1,21	7,31	30,15	5,88	4,12

Для горно-лугово-буроземных почв характерна высокая интенсивность выноса щелочных и других подвижных элементов за пределы почвенного профиля без образования иллювиально-аккумулятивного горизонта. Это обусловлено присутствием в профиле почв агрессивного подвижного фульватного ненасыщенного гумуса, повышенной кислотностью среды и промывным водным режимом. Вынос кремнезема способствует относительному обогащению почвы алюминием и железом. В распределении оксидов алюминия и железа на фоне общего обогащения толщи почвы наблюдаются снижение их концентрации в верхних горизонтах и аккумуляция в средних или нижних переходных горизонтах, о чем свидетельствует сужение молярных отношений $SiO_2 : Al_2O_3$ и $SiO_2 : Fe_2O_3$ (см. табл. 5). Полуторные оксиды накапливаются на некоторой глубине от поверхности за счет повышения интенсивности внутрипочвенного выветривания. Отчетливо заметна биогенная концентрация в верхнем гумусово-аккумулятивном горизонте А соединений марганца, серы и натрия.

Выводы

В высокогорных районах Украинских Карпат под пологом альпийской и субальпийской травянистой растительности в сочетании с буроземным типом почвообразования горно-лугово-буроземные почвы специфические неглубокие, щебнистые, сильнокислые, богатые гумусом, не насыщены основаниями. Буроземообразование под травянистой растительностью обусловлено высокой гумидностью климата и значительной дренированностью почвообразующих пород.

Отличия в морфологическом строении и физико-химических характеристиках между альпийскими и субальпийскими горно-лугово-буроземными почвами являются следствием особенностей и интенсивности протекания биологических и химических процессов в разных биоклиматических зонах Украинских Карпат. Горно-лугово-буроземные почвы альпийской зоны характеризуются наиболее высоким содержанием гумуса, аморфных форм гидроокиси железа и обменного алюминия, более низкой концентрацией обменного кальция и более низкой степенью насыщенности основаниями по сравнению с почвами субальпийской зоны.

Учитывая особенности морфологии, физико-химических свойств и вещественного состава горно-луговых почв, считаем целесообразным отнести горно-лугово-буроземные почвы в новой субстантивно-генетической классификации Украины в классе постлитогенных почв к самостоятельному типу перегнойно-буроземных почв с выделением внутри его подтипа наиболее широко распространенных метаморфизированных почв (имеющих слабые признаки структурного метаморфизма), а также подтипа обычных, или типичных, почв (в которых эти признаки отсутствуют).

Библиографические ссылки

1. Классификация и диагностика почв СССР. М., 1977.
2. Гоголев И. Н. Почвы Украинских Карпат. Природа Украинской ССР. Киев, 1986. С. 145–171.
3. Полупан М. І., Величко В. А., Соловей В. Б. Ґрунтово-екологічне районування Карпатського буроземного регіону // Землеробство, ґрунтознавство, агрохімія. 2006. № 10. С. 16–31.
4. Гоголев И. Н. Бурые горно-лесные почвы советских Карпат : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.01. Львов, 1965.
5. Молчанов Э. Н. Горно-луговые почвы высокогорий Западного Кавказа // Почвоведение. 2010. № 12. С. 1433–1448.
6. Яшвиллин Н. Н., Макеева В. И. Горно-луговые и бурые лесные почвы Сванетии // Почвоведение. 1987. № 4. С. 17–27.

References

1. [Classification and diagnostic soil of the USSR]. Moscow, 1977 (in Russ.).
2. Gogolev I. N. [Soils of the Ukrainian Carpathians. Nature of the Ukrainian SSR]. Kyiv, 1986. P. 145–171 (in Russ.).
3. Polupan M. I., Velychko V. A., Solovei V. B. [Soil-ecological zoning of brown Carpathian region]. *Agriculture, soil science, agricultural chemistry*. 2006. No. 10. P. 16–31 (in Ukrainian).
4. Gogolev I. N. [Brown mountain-forest soils of the Soviet Carpathians] : avtoreferat dissertatsii doktora sel'sko-khozjajstvennyh nauk : 06.01.01. Lviv, 1965 (in Russ.).
5. Molchanov E. N. [Mountain-meadow soil of highlands of the Western Caucasus]. *Pochvovedenie*. 2010. No. 12. P. 1433–1448 (in Russ.).
6. Yashvilin N. N., Makeeva V. I. [The mountain-meadow and brown forest soils of the Svaneti]. *Pochvovedenie*. 1987. No. 4. P. 17–27 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 10.12.2016.
Received by editorial board 10.12.2016.

УДК 631.416(477:292.485)

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА АГРОЧЕРНОЗЕМОВ ТИПИЧНЫХ (*HAPLIC CHERNOZEMS*) ЗАПАДНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

И. Я. ПАПИШ¹⁾

¹⁾Львовский национальный университет им. Ивана Франко,
ул. Университетская, 1, 79000, г. Львов, Украина

В ходе исследований установлено, что почвообразование в условиях влажной атлантической фации черноземов лесостепной зоны Украины приводит к вертикальному перераспределению почвенного вещества и формированию дифференцированного по карбонатам, илу и химико-минералогическому составу профиля почв. Анализ показал, что агрочерноземам типичным присущ слабо дифференцированный по илу профиль, а также противоположный характер профильного распределения слюда-сметитовой и иллитовой фаз глинистого материала. Сделан вывод о том, что степень вертикальной дифференциации минерального профиля прямо пропорциональна интенсивности развития процессов выщелачивания и оглеения. Обращается внимание на то, что почвенные процессы вызывают вертикальное перераспределение разных фаз глинистого вещества, идентифицированного методами химического и минералогического анализа. Отмечается, что в юго-восточном направлении профиль распределения иллитовой фракции изменяется от элювиально-иллювиального к слабоаккумулятивному типу строения. На фоне несбалансированных потерь части глинистой плазмы гумусового горизонта выявлены процессы его относительной иллитизации за счет элювирования смектита и относительного накопления иллита, каолинита и тонкодисперсного кварца. Определено, что в минеральном профиле агрочерноземов типичных вертикальное перераспределение глинистого материала осуществляется преимущественно за счет фракции размером менее 0,02 мкм.

Ключевые слова: почвенный профиль; агрочерноземы; карбонаты; ил; смектит; иллит.

DIFFERENTIATION OF SUBSTANCE COMPOSITION IN THE TYPICAL AGROCHERNOZEMS (*HAPLIC CHERNOZEMS*) OF THE WESTERN UKRAINIAN FOREST-STEPPE

I. Y. PAPISH^a

^aIvan Franko National University of Lviv, Universitetskaya Street, 1, 79000, Lviv, Ukraine

The study found in the Wet Atlantic facies of the Forest-Stepper Chernozems of Ukraine soil formation leads to the vertical redistribution of Chernozem soil substance and formation of the mineral soil profile differentiated to varying degrees by carbonates, clay, and chemico-mineralogical composition. *Haplic Chernozems* is characterized by the poorly differentiated profile by clay. The degree of vertical differentiation clay profile is directly proportional to the intensity of the processes of leaching and gleyzation. The whole complex of soil processes involved in the vertical redistribution of various clay phases has been identified using methods of chemical and mineralogical analyses. To the south-eastern

Образец цитирования:

Папиш И. Я. Дифференциация вещественного состава агрочерноземов типичных (*Haplic Chernozems*) Западной лесостепи Украины // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 22–30.

For citation:

Papish I. Y. Differentiation of substance composition in the Typical Agrochernozeems (*Haplic Chernozems*) of the Western Ukrainian Forest-Steppe. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 22–30 (in Russ.).

Автор:

Игорь Ярославович Папиш – кандидат географических наук; доцент; доцент кафедры почвоведения и географии почв географического факультета.

Author:

Ihor Papish, PhD (geography), docent; associate professor at the department of soil science and soil geography, faculty of geography.
igorpapish@gmail.com

direction the differentiation of the clay fraction in soil profile is changing from elluvio-accumulative type construction to poor accumulative once. In clay profiles of *Haplic Agrochernozems* the vertical redistribution of clay material is mainly due fraction smaller than 0.02 μm . The opposite character of profile distribution of mica-smectite and illite phases of clay minerals was discovered. Against the unbalanced losses of a part of clay plasma in the humus horizon the process of relative illitization was detected due to smectite eluviation and accumulation of illite, kaolinite and finely dispersed quartz.

Key words: soil profile; Agrochernozems; carbonates; clay; smectite; illite.

Введение

В процессе изучения генезиса почв важно выявить степень дифференциации почвенного профиля, которая служит одним из основных типодиагностических признаков почв. Тип почвообразования, определяющий дифференциацию почвенного вещества, зависит от климата, возраста почвы и почвообразующей породы. Молодая почва всегда будет менее дифференцированной, нежели зрелая. В одинаковых условиях почвенной среды наиболее дифференцированной будет почва, формирующаяся на средних по гранулометрическому составу почвообразующих породах. Радиоуглеродный возраст гумуса черноземов лугово-степных экосистем увеличивается вниз по профилю и в иллювиально-карбонатном горизонте составляет до 7 тыс. лет [1]. За это время образовался зрелый, на первый взгляд очень простого строения, генетический профиль, под интенсивной гумусовой окраской и рыхлым сложением которого скрывается истинная природа формирования минерального профиля, а также характер распределения разных минеральных фаз глинистого вещества.

Черноземы традиционно причисляют к почвам, не дифференцированным по вещественному составу. Это утверждение является справедливым для агрочерноземов типичных Западной лесостепи Украины только частично. В условиях циркулирующего в черноземах гидрокарбонатно-кальциевого раствора его агрессивности достаточно только для выщелачивания и перераспределения в почвенном профиле карбонатов кальция. В то же время почвенные процессы, активно разрушающие и перераспределяющие силикатную часть минерального вещества агрочерноземов, на современной стадии почвообразования отсутствуют или слабо выражены (выщелачивание, оглеение, лессиваж, зоотурбация). Однако наши исследования показывают, что минеральный профиль агрочерноземов типичных Западной лесостепи Украины дифференцирован за счет не только солевой, но и силикатной составляющей. Природа данного процесса весьма сложная и по-разному проявилась на различных геоморфологических поверхностях, этапах и стадиях почвообразования.

Актуальность исследования

Агрочерноземы типичные (*Haplic Chernozems*) Западной лесостепи Украины, особенно их незначительные по площади целинные аналоги (степь Пантелиха в Стрыпа-Серетском междуречье, степь Косова Гора возле г. Бурштын), изучены крайне поверхностно и фрагментарно. С начала 1990-х гг. полностью прекратились крупномасштабные почвенно-картографические работы, а вместе с ними и почвенно-генетические исследования агрочерноземов. В условиях бурного развития аграрного сектора Украины и растущей доли в сельскохозяйственном производстве западных областей страны технологий возделывания нетрадиционных для региона культур, прежде всего таких почвоистощающих, как подсолнечник и рапс, повышается физическая, химическая и биологическая нагрузка на почвы. Как следствие такого воздействия, возрастает интенсивность протекания биологических и почвенно-геохимических процессов в агрочерноземах. В таких условиях преобразуется состав почвенного вещества, а также характер его поведения. Это, в свою очередь, может привести к необратимым эволюционным изменениям строения глинистого профиля агрочерноземов типичных, что напрямую отразится на плодородии почв.

Анализ литературных источников

Общие сведения о вещественном составе черноземов типичных влажной атлантической фации лесостепной зоны Украины на примере единичных разрезов содержатся в работах Г. А. Андрущенко и Д. И. Ковалишина [2; 3]. Комплексная характеристика (в том числе химический анализ минеральной части почв) свойств агрочерноземов типичных Приднестровского Подолья представлена в работах А. С. Лисовского [4]. Однако эти сведения являются неполными и главным образом односторонними. Свойства минерального вещества почв описаны в целом, без анализа химико-минералогических особенностей высокодисперсной минеральной части. Направление и характер развития минерального профиля агрочерноземов типичных в голоцене почти не вызывают дискуссий. Неоспоримо утверждение

об элювиальной природе солевого и карбонатного профиля агрочерноземов Западной лесостепи Украины. Однако возможные пути формирования и последующей эволюции глинистого профиля почв, и в первую очередь поведение его основных минеральных фаз и процессы их образования, требуют дополнительного изучения и аналитического подтверждения.

Объект, цель и методы исследования

Черноземы типичные Западной лесостепи Украины сформировались в условиях влажной атлантической фации черноземов лесостепной зоны между предгорьями Украинских Карпат и выходами на дневную поверхность пород Украинского кристаллического щита (по линии Полонное – Новая Ушица). Они представлены малогумусными глубокими и среднеглубокими, преимущественно глубинно-глееватыми почвами на лессовидных суглинках легкого, среднего и тяжелого гранулометрического состава водораздельной и террасовой фаций Грядового Побужья, Тернопольского плато, Волынской, Верхнебугской, Приднестровской и Прут-Днестровской возвышенностей. В почвенном покрове образуются сложные древовидно-эрозионные сочетания-пятнистости с реградированными черноземами на водоразделах и лугово-черноземными и черноземно-луговыми почвами в нижних частях склонов и на террасах. Влажный климат фации способствует глубокому промыванию почв, развитию процессов профильного и глубинного оглеения. Географически анализированные разрезы агрочерноземов сменяют друг друга в юго-восточном направлении в сторону усиления относительной континентальности климата. Номенклатура почв и система индексации почвенных горизонтов для большей объективности и лучшего понимания заимствованы из российской классификации почв [5].

Для качественной диагностики процессов дифференциации минерального профиля исследуемых агрочерноземов применен комплекс общих (гумус, карбонатность, гранулометрический состав) и специальных (минералогический и валовой химический состав почвы и илистой фракции) методов количественного анализа почв. Образцы илистой фракции выделены из агрочерноземов типичных в лаборатории физико-химических анализов почв по общепринятой методике подготовки почв, грунтов, взвесей рек и осадков морей к минералогическому анализу [6]. Рентгенодифрактометрический анализ образцов илистой фракции почв сделан в лаборатории минералогии почв Ягеллонского университета (Краков, Польша). Рентгеносъемка проведена на дифрактометре PHILIPS X'Pert APD (с генератором PW-1870 и вертикальным гониометром PW-3020). Валовой химический состав илистой фракции агрочерноземов исследован в химической лаборатории Института геологии и геохимии горючих полезных ископаемых Национальной академии наук Украины (Львов). Содержание гумуса, гранулометрический состав и карбонатность почв определены в лаборатории физико-химических анализов почв Львовского национального университета имени Ивана Франко по стандартным методикам.

Целью настоящей работы является определение степени дифференциации разных фаз минерального вещества агрочерноземов, направления развития и эволюции глинистого профиля почв, а также качественная диагностика процессов вертикального перераспределения почвенного вещества на основании количественных показателей дифференциации почвенного профиля.

Результаты исследований и их обсуждение

Данные гранулометрического анализа агрочерноземов типичных Западной лесостепи Украины (табл. 1) позволяют сделать два важных предварительных заключения. Во-первых, равномерное распределение по профилю почв крупных фракций гранулометрических элементов (частицы размером $>0,01$ мм) свидетельствует о вертикальной литологической однородности почвообразующих пород. Этот факт позволяет применить метод прямого сравнения для выявления потерь и аккумуляций минерального вещества в почвах.

Во-вторых, профильное распределение илистой фракции (частицы размером $<0,001$ мм) указывает на незначительное уменьшение содержания ила в гумусово-аккумулятивном горизонте (0–40 см) и его относительное увеличение по сравнению с почвообразующей породой в переходном гумусовом горизонте (40–90 см). Процентные изменения содержания ила в профиле агрочерноземов кажутся незначительными, однако они выдержаны в пространстве и существенны в пересчете на запасы данного вещества и безгумусную навеску, что свидетельствует о его вертикальном перераспределении [7].

Эти обстоятельства позволяют на основе данных гранулометрического и валового химического анализа почв с помощью методов сравнения и стабильного компонента рассчитать количественные показатели степени дифференциации почвенного профиля: общую дифференциацию профиля, молярные отношения основных окислов, фактор выщелачивания и элювиально-аккумулятивный коэффициент [8; 9, с. 20–30; 10].

Таблица 1

Содержание гумуса, карбонатов и гранулометрический состав агрочерноземов типичных Западной лесостепи Украины, %

Table 1

Humus and carbonate contents and particle size distribution in *Haplic Agrochernoze*ms of the Western Ukraine Forest-Stepper, %

Глубина, см	Гумус	CaCO ₃	Размер частиц, мм						
			1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01
Агрочернозем среднеглубокий легкосуглинистый Волинской возвышенности (разрез СП-2)									
0–20	3,5	0,0	0,0	8,4	64,4	4,0	11,2	12,0	27,2
30–40	2,0	0,0	0,0	10,8	61,6	7,2	8,0	12,4	27,6
43–53	1,3	8,9	0,0	10,8	59,2	8,0	6,0	16,0	30,0
57–67	1,0	10,2	0,0	9,6	59,2	6,4	10,8	14,0	31,2
72–82	–	13,0	0,0	12,8	58,4	6,0	7,6	15,2	28,8
Агрочернозем среднеглубокий легкосуглинистый Грядового Побужья (разрез ВГ-1)									
0–20	3,2	0,0	0,4	16,2	58,9	5,7	5,6	13,2	25,8
30–40	2,9	0,0	0,7	16,1	62,0	3,1	4,8	13,3	26,5
50–60	2,4	0,0	0,4	16,4	60,7	3,7	4,0	14,8	23,6
90–100	1,1	0,0	1,0	17,0	60,6	2,6	3,3	15,5	27,6
190–200	0,1	0,0	1,8	14,6	55,5	5,3	7,9	14,9	29,9
Агрочернозем глубокий среднесуглинистый Верхнебугской возвышенности (разрез В-36)									
0–20	4,8	0,0	0,0	10,2	47,0	10,8	11,2	20,8	42,8
40–50	4,2	0,0	0,0	10,8	48,8	13,2	9,2	18,0	40,4
70–80	3,4	4,1	0,0	10,0	47,6	11,2	13,6	17,6	42,4
120–130	1,6	13,2	0,0	13,2	46,4	9,6	10,0	20,8	40,4
190–200	0,7	10,7	0,0	12,5	47,0	10,2	13,3	17,0	40,5
Агрочернозем глубокий тяжелосуглинистый Приднестровской возвышенности (разрез П-171)									
0–20	4,8	0,0	0,0	4,8	46,8	9,2	10,4	28,8	48,4
40–50	4,5	0,0	0,0	7,2	39,6	12,8	10,8	29,6	53,2
70–80	3,0	1,8	0,4	4,0	45,2	8,8	12,4	29,2	50,4
120–130	2,0	4,0	0,0	5,6	43,6	10,0	14,0	26,8	50,8
190–200	0,7	4,7	0,0	4,8	40,8	13,2	17,6	23,6	54,4

Агрочерноземам влажной атлантической фации свойствен в разной степени дифференцированный по илу профиль. Согласно показателю общей дифференциации почвенного профиля (*S*) агрочерноземы типичные относятся к слабо дифференцированным по илу почвам (0,95–1,30) с коэффициентом оглинивания 1,08–1,12 и более равномерным накоплением ила в гумусовом горизонте. Исключение составляют агрочерноземы террасовых местностей, имеющие среднедифференцированный профиль (1,34). Повышенная миграционная активность ила в почвах террасовых местностей подтверждается глубоким элювиированием соединений Fe₂O₃ в составе ила агрочерноземов типичных глубоковскипающих I надпойменной террасы р. Западный Буг (разрез БГ-1) (табл. 2).

Валовой химический состав агрочерноземов типичных Западной лесостепи Украины

Table 2

Total chemical composition in *Haplic Agrochernozems* of the Western Ukraine Forest-Stepper

Генетический горизонт	Глубина отбора образцов, см	CO ₂ карбонатов, %	% на прокаленную навеску							S	Молярные отношения основных оксидов				Элювиально-аккумулятивные коэффициенты		
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O		SiO ₂ : R ₂ O ₃	SiO ₂ : Fe ₂ O ₃	SiO ₂ : Al ₂ O ₃	B	Er _{Fe}	EAt	EAm
Агрочернозем типичный глееватый среднеглубокий легкосуглинистый Волынской эрозионной возвышенности (разрез СП-2)																	
PU	0–10	–	81.77	9.42	3.01	1.06	0.54	2.24	1.07	1.04	12.2	14.7	72.4	0.4	0.07	–0.14	–0.46
AU	30–40	–	82.00	9.44	2.96	1.11	0.59	2.09	1.08		12.3	14.8	73.9	0.4	0.05	–0.14	–0.47
AUb(ca)	60–70	1.28	81.11	8.96	2.87	1.01	0.73	2.24	1.15		12.8	15.4	75.4	0.5	0.03	–0.13	–0.44
BCAmc.g	100–110	10.94	64.12	7.02	2.44	10.40	1.43	1.95	0.86		12.7	15.5	70.1	1.5	0.11	0.10	0.34
Cca.g	140–150	7.25	70.62	7.48	2.42	7.30	1.63	1.95	0.83		13.3	16.0	77.8	1.0	0.00	0.00	0.00
Агрочернозем типичный глубокий легкосуглинистый II надпойменной террасы р. Западный Буг (разрез БТ-1)																	
PU	0–20	–	84.34	6.98	2.18	1.69	0.60	1.79	0.88	1.34	17.1	20.5	103.2	0.3	–0.10	–0.15	–0.54
AU	40–50	–	84.19	6.79	2.18	2.60	0.33	1.69	0.84		17.5	21.1	103.0	0.5	–0.09	–0.15	–0.53
AUb(ca)	90–100	3.50	79.34	6.94	2.47	2.75	0.52	1.97	0.88		15.8	19.4	85.7	0.5	0.09	–0.10	–0.39
BCAca	150–160	2.34	81.67	7.21	2.24	2.01	0.62	0.99	0.89		16.1	19.3	97.2	0.4	–0.04	–0.13	–0.44
Cca	210–220	6.92	71.34	6.68	2.04	7.85	1.33	1.89	0.95		15.2	18.2	93.2	1.0	0.00	0.00	0.00
Агрочернозем типичный глееватый глубоковскипающий среднеглубокий среднесуглинистый Грядового Побужья (разрез ВГ-1)																	
PU	0–20	–	83.92	8.21	2.69	1.20	0.32	2.27	0.77	1.26	14.4	17.4	83.2	0.3	0.43	–0.04	–0.20
AU	30–40	–	82.85	8.48	2.86	1.04	0.75	2.41	0.83		13.7	16.5	77.2	0.6	0.54	–0.03	–0.13
AUb	60–70	–	81.44	9.09	3.18	1.01	0.73	2.84	0.98		12.4	15.2	68.3	0.6	1.74	–0.01	–0.05
BCAca.g	120–130	–	81.59	9.96	2.97	1.19	0.75	2.13	0.68		11.7	13.9	73.3	0.6	0.62	–0.01	–0.06
Cca.g	190–200	2.79	80.68	6.48	1.81	4.10	0.87	1.98	0.71		18.0	21.2	118.9	1.0	0.00	0.00	0.00
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубоковскипающий глубокий среднесуглинистый Тернопольского плато (разрез ОЛ-1)																	
PU	0–15	–	75.04	11.38	4.25	1.34	0.96	2.56	0.94	1.30	9.1	11.3	48.1	0.4	–0.01	–0.016	–0.44
AU	25–35	–	75.22	11.26	4.22	1.34	0.96	2.40	0.97		9.2	11.4	48.2	0.4	–0.02	–0.17	–0.45
AUb	60–70	–	74.50	11.32	4.22	1.31	0.84	2.49	0.93		9.1	11.2	47.8	0.4	–0.01	–0.16	–0.42

Генетический горизонт	Глубина отбора образцов, см	СО ₂ карбонатов, %	% на прокаленную навеску							S	Молярные отношения основных оксидов				Элювиально-аккумулятивные коэффициенты		
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O		SiO ₂ : R ₂ O ₃	SiO ₂ : Fe ₂ O ₃	SiO ₂ : Al ₂ O ₃	B	E _{rFe}	E _{At}	E _{Am}
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий среднесуглинистый Верхнебугской возвышенности (разрез В-36)																	
PU	0–20	–	85,91	6,95	1,99	1,03	0,42	2,04	1,11	1,20	17,8	21,0	115,1	0,9	0,43	0,02	0,13
AU	40–50	–	86,24	7,64	1,68	0,81	0,58	1,79	1,07		16,8	19,2	136,9	0,9	0,21	0,01	0,10
AUb.ca	70–80	0,21	85,50	7,79	2,01	0,77	0,56	2,01	1,08		16,0	18,7	113,4	0,9	0,46	0,02	0,17
BCAmc	120–130	0,24	85,31	7,68	1,88	0,77	0,55	2,11	1,11		16,3	18,9	121,0	1,0	0,35	0,02	0,19
Cca.nc.g	190–200	0,29	87,35	6,01	1,41	0,77	0,55	2,06	1,17		21,5	24,7	165,2	1,0	0,00	0,00	1,00
<i>Илистая фракция почвы, < 0,001 мм</i>																	
PU	0–20	–	73,64	13,10	6,72	1,82	1,30	1,84	0,68	–	7,2	9,6	29,2	1,0	–0,53	–0,21	–0,50
AU	40–50	–	65,95	18,57	9,49	0,88	1,38	2,23	0,51		4,5	6,0	18,5	1,0	–0,27	–0,12	–0,28
AUb.ca	70–80	0,25	76,39	12,40	6,45	0,32	1,23	1,50	0,51		7,9	10,5	31,6	0,6	–0,57	–0,24	–0,57
BCAmc	120–130	0,25	60,51	22,52	11,49	0,18	0,69	2,70	0,25		3,4	4,6	14,0	0,7	–0,03	–0,04	–0,09
Cca.nc.g	190–200	0,11	58,29	23,23	11,43	0,42	1,40	2,34	0,26		3,2	4,3	13,6	1,0	0,00	0,00	1,00
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий тяжелосуглинистый Приднестровской возвышенности (разрез П-171)																	
<i>Илистая фракция почвы, < 0,001 мм</i>																	
PU	0–20	–	59,60	23,76	10,68	0,36	2,44	2,63	0,28	0,95	3,2	4,2	14,7	1,1	–0,01	0,00	0,01
AU	40–50	–	58,42	23,93	10,82	0,36	2,38	2,80	0,23		3,2	4,1	14,4	1,2	0,03	0,02	0,06
AUb.ca	70–80	0,38	58,05	23,33	11,22	0,33	2,38	2,74	0,30		3,2	4,2	13,8	1,2	0,07	0,03	0,07
BCAmc	120–130	Сл.	59,32	23,04	11,15	0,17	2,70	2,48	0,25		3,3	4,4	14,2	1,2	0,04	0,01	0,02
Cca.nc.g	190–200	0,73	59,74	22,89	10,78	0,17	2,23	2,29	0,23		3,4	4,4	14,8	1,0	0,00	0,00	1,00
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий среднесуглинистый Прут-Днестровской возвышенности (разрез КЦ-1)																	
PU	0–15	–	73,19	12,04	4,36	1,31	1,32	2,30	1,02	1,28	8,4	10,3	45,2	0,4	–0,23	–0,18	–0,44
AU	30–40	–	73,25	11,85	4,37	1,53	1,35	2,34	0,97		8,5	10,5	46,9	0,4	–0,23	–0,18	–0,45
BCAca	82–92	4,26	68,28	11,46	4,15	2,91	1,26	2,36	0,97		8,2	10,2	43,8	0,6	–0,21	–0,12	–0,29

Примечание. S – показатель общей дифференциации профиля; B – фактор выщелачивания; E_{At} – общий элювиально-аккумулятивный коэффициент; E_{Am} – элювиально-аккумулятивный коэффициент мобильных сесквиоксидов; E_{rFe} – элювиально-аккумулятивный коэффициент по Fe₂O₃.

Характер распределения карбонатов кальция в агрочерноземах Западной лесостепи Украины свидетельствует об элювиальном (Грядовое Побужье, Западное Подолье, Предкарпатье) и элювиально-иллювиальном (Волинская, Верхнебугская и Приднестровская возвышенности) типах строения карбонатного профиля почв. В некоторых почвах процессы выщелачивания (декальцификация) затрагивают также силикатную часть почвенного профиля. Подтверждением сказанного являются абсолютные значения (преимущественно отрицательные) и характер профильного распределения показателей фактора выщелачивания B , общего элювиально-аккумулятивного коэффициента EAt и элювиально-аккумулятивного коэффициента мобильных окислов EAm . Их значения четко соотносятся с типом карбонатного профиля почв. При интенсивном и глубоком выщелачивании углекислых солей наблюдаются незначительные потери всех оксидов, в том числе оксида-свидетеля SiO_2 , относительно оксидов породы. Только в почвах некоторых участков Верхнебугской и Приднестровской почвенной провинции, имеющих выразительный иллювиально-карбонатный горизонт, почти отсутствуют потери оснований и силикатного железа, а в некоторых случаях даже наблюдается их относительная аккумуляция. Причем данная закономерность сохраняется и в илистой части минерального профиля почв.

Характер распределения индексов молярных отношений оксида-свидетеля SiO_2 к сесквиоксидам Al_2O_3 и Fe_2O_3 , особенно к оксидам железа, также имеет выразительную региональную специфику. На территориях с относительно высоким коэффициентом увлажнения (Грядовое Побужье, Западное Подолье, Прут-Днестровская возвышенность) и в специфических геоморфологических условиях террасовых местностей отмечается отсутствие постоянства этих соотношений в профиле агрочерноземов, характерного для аналогичных почв восточных провинций лесостепной зоны Украины. В данных условиях наблюдаются незначительные потери оксидов железа в пределах всего гумусового горизонта и оглинивание нижней части почвенного профиля. По химическому составу силикатный профиль почвы практически двухкомпонентный, а в иле – трехкомпонентный. Он состоит преимущественно из кремнекислоты и сесквиоксидов Al , а в иле – дополнительно Fe . В нем доминируют (в порядке уменьшения содержания) SiO_2 , Al_2O_3 и Fe_2O_3 . Относительное содержание остальных оксидов в сумме не превышает 5 %. В почвах отсутствуют процессы глубокого кислотного разрушения силикатной части профиля. Одновременно отрицательные показатели элювиально-аккумулятивных коэффициентов гумусового горизонта свидетельствуют об активных в прошлом процессах выщелачивания и декальцинации, что стимулировало мобильность коллоидной фракции ила. Следствием этого является слабо дифференцированный по илу профиль исследуемых агрочерноземов.

Минералогический состав илистой фракции агрочерноземов типичных Западной лесостепи Украины подтверждает данное заключение (табл. 3). Качественный состав глинистой фракции в лессах разных палеогеографических областей и географических зон приблизительно одинаков, но количественные соотношения разных минеральных фаз, соотношения числа пакетов в смешаннослойных слюда-сметкитовых образованиях, а также структурное состояние минералов будут иметь отличительные черты [12].

Таблица 3

Количественные соотношения основных минеральных фаз глинистого вещества (частицы размером <1 мкм) агрочерноземов типичных Западной лесостепи Украины

Table 3

Quantities correlation of the main mineral phases in the fraction <1 μm separated from *Haplic Chernozems* of the Western Ukraine Forest-Stepper

Генетический горизонт (глубина отбора образцов, см)	Содержание слоистых силикатов, %			Кварц
	Смешаннослойные образования слюда – сметкит	Иллит	Каолинит + хлорит	
Агрочернозем типичный глубинно-глеватый глубокий малогумусный крупнопылевато-среднесуглинистый Верхнебугской возвышенности (разрез В-36)				
PU (0–20)	33	52	15	+++
AU (40–50)	45	45	10	++
AUb,ca (70–80)	53	39	8	+
BCA (120–130)	54	42	8	+
Cca,g (190–200)	63	33	4	+

Генетический горизонт (глубина отбора образцов, см)	Содержание слоистых силикатов, %			Кварц
	Смешаннослойные образования слода – смектит	Иллит	Каолинит + хлорит	
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий малогумусный крупнопылевато-тяжелосуглинистый Приднестровской возвышенности (разрез П-171)				
PU (0–20)	46	46	7	+
AU (40–50)	53	42	5	–
AUb,ca (70–80)	56	40	4	–
BСA (120–130)	60	37	3	–
Cca,g (190–200)	74	23	3	+

Примечание. Наличие кварца: очень низкое (+); низкое (++); заметное (+++).

Агрочерноземам типичным влажной атлантической фации свойственно увеличение содержания иллита вверх по профилю. Подтверждением этого служит повышенная концентрация в иле Al_2O_3 и K_2O . Как следствие, присутствует вертикальный профиль распределения гидрослюдистых минералов аккумулятивного типа. Содержание набухающих слоуда-смектитовых глинистых минералов в агрочерноземах типичных увеличивается вглубь по профилю, формируя элювиальный тип распределения данного глинистого вещества [13].

Выводы

Карбонатный профиль исследуемых почв относится к элювиальному и элювиально-иллювиальному типам строения. Агрочерноземы типичные принадлежат к слабо дифференцированным по илу почвам. В юго-восточном направлении, в сторону относительного уменьшения коэффициента увлажнения территории, в профиле распределение иллитной фракции изменяется от элювиально-иллювиального к слабоаккумулятивному типу строения. Силикатный профиль имеет противоположный характер распределения относительно крупных (иллит, каолинит) и комплекса высокодисперсных лабильных (смектит, иллит-смектитовые образования) фракций глинистого материала. Вертикальное перераспределение глинистого вещества в почвах осуществляется преимущественно за счет лабильной смектитовой (частицы размером < 0,02 мкм) и иллит-смектитовой (с преобладанием смектитовых пакетов) фракций, следствием чего является относительная аккумуляция иллита, каолинита и кластогенных минералов (кварц, К-полевые шпаты, плагиоклазы).

Библиографические ссылки

1. Марголина Н. Я., Александровский А. Л., Ильичев Б. А. и др. Возраст и эволюция черноземов. М., 1988. С. 123–127.
2. Андрущенко Г. О. Грунти західних областей УРСР. Львів ; Дубляни, 1970. Ч. 1.
3. Ковалишин Д. І., Гулик С. В. Контактно-лугові чорноземи Західного Поділля та їх місце в класифікації // Агротехніка і ґрунтознавство : міжвід. темат. наук. зб. 2008. № 69. С. 42–46.
4. Лисовский А. С. Валовой химический состав агрочерноземов типичных Приднестровского Подолья // Журн. науч. публикаций аспирантов и докторантов. Курск, 2014. № 3. С. 231–236.
5. Классификация почв России. М., 2000. С. 41–62.
6. Горбунов Н. И. Методика подготовки почв, грунтов, взвесей рек и осадков морей к минералогическому анализу // Почвоведение. 1960. № 11. С. 79–84.
7. Патіш І. Я., Позняк С. П. Проблеми генези чорноземів Галичини // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геогр. 2010. Вип. 38. С. 271–280.
8. Розанов Б. Г. Генетическая морфология почв. М., 1975.
9. Мякина Н. Б., Арипушкина Е. В. Методическое пособие для чтения результатов химических анализов почв. М., 1979.
10. Роде А. А. Система методов исследования в почвоведении. Новосибирск, 1971.
11. Носко Б. С., Левенец П. П. Эффективность минеральных удобрений на черноземах Украины // Черноземы СССР (Украина). М., 1981. С. 230–235.
12. Chizhikova N. P., Gradusov V. P. Mineralogical composition of the fine-dispersed fraction of loess and soil processes developed in them // Geojournal. 1995. Vol. 36, № 2/3. P. 1343–1354.
13. Патіш І. Я. Типологические и географические особенности формирования глинистого профиля агрочерноземов Западно-Украинского края // Науч. вед. БелГУ. Сер.: Естеств. науки. 2014. Вып. 26, № 3. С. 137–147.

References

1. Margolina N. Y., Aleksandrovskii A. L., Il'ichev B. A., et al. [Age and evolution of Chernozems]. Moscow, 1988. P. 123–127 (in Russ.).
2. Andrushchenko G. O. [Soils of the Western regions of the UkSSR]. L'viv ; Dubliany, 1970. Part 1 (in Ukrainian).
3. Kovalyshyn D. I., Gulik S. V. Contact-Pratal Black-Earth of Western Podillja and their place in classification. *AgroChemistry and Soil Science*. 2008. No. 69. P. 42–46 (in Ukrainian).
4. Lisovskii A. S. [Total chemical composition of Haplic Chernozems of the Pre-Dnisterian Podollia]. *Zh. nauchn. publ. aspirantov i doktorantov*. Kursk, 2014. No. 3. P. 231–236 (in Russ.).
5. [Soil Classification of Russia]. Moscow, 2000. P. 41–62 (in Russ.).
6. Gorbunov N. I. [Methods of preparation of soils, grounds, suspensions of rivers and sediments of seas to mineralogical analyses]. *Pochvovedenie*. 1960. No. 11. P. 79–84 (in Russ.).
7. Papish I. Y., Pozniak S. P. Genetic problems of Chernozems of the Galicia. *Visnyk Lviv. Univ. Ser. Geogr.* 2010. Issue 38. P. 271–280 (in Ukrainian).
8. Rozanov B. G. [Genetic Morphology of Soils]. Moscow, 1975 (in Russ.).
9. Myakina N. B., Arinushkina E. V. [Methodological manual on reading results of soil chemical analysis]. Moscow, 1979 (in Russ.).
10. Rode A. A. [System of research methods in Pedology]. Novosibirsk, 1971 (in Russ.).
11. Nosko B. S., Levenets P. P. [Effectiveness of the mineral fertilizes of Chernozems of the Ukraine]. *Chernozemy SSSR (Ukraine)*. Moscow, 1981. P. 230–235 (in Russ.).
12. Chizhikova N. P., Gradusov V. P. Mineralogical composition of the fine-dispersed fraction of loess and soil processes developed in them. *Geojournal*. 1995. Vol. 36, No. 2/3. P. 1343–1354.
13. Papish I. Y. Typological and geographical peculiarities of Agrochernozem clay profile formation in the West-Ukrainian region. *Belgorod State Univ. Sci. Bull. Nat. sci. ser.* 2014. Issue 26, No. 3. P. 137–147 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 27.12.2016.
Received by editorial board 27.12.2016.

УДК 574.42(476.7)+598.2

СУКЦЕССИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ В ХОДЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СМЕНЫ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

И. В. АБРАМОВА¹⁾

¹⁾Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина,
буль. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь

Прослежены изменения структуры населения птиц в процессе восстановительной сукцессии на месте вырубки еловых лесов в юго-западной части Беларуси. Сбор материалов проводился в 1992–2012 гг. Во время наблюдений применялись общепринятые методы учета птиц. Установлено, что в ходе сукцессии (6 стадий, возраст – от 1 года до 100 лет) видовое разнообразие населения птиц увеличивается от 10 до 59 видов; суммарное обилие – от 137,1 до 689,5 ос./км²; суммарная биомасса – от 3,68 до 47,70 кг/км². В орнитокомплексе представлены 6 типов фауны. Выявлено, что на начальных стадиях сукцессии население птиц формируют представители европейского, европейско-туркестанского и палеарктического типов фауны. Определено, что на стадиях в возрасте от 50 до 80 и от 90 до 100 лет птицы палеарктического типа фауны доминируют в видовой структуре (54,2–55,2 %) и населении (46,7–49,1 % суммарного обилия; 66,0–66,3 % суммарной биомассы).

Ключевые слова: сукцессия; еловые леса; орнитокомплекс; доминант; редкие виды птиц; Республика Беларусь.

SUCCESSION OF BIRD POPULATION IN THE COURSE OF SECONDARY SPRUCE FOREST SUCCESSION IN SOUTH-WESTERN BELARUS

I. V. ABRAMOVA^a

^aBrest State University named after A. S. Pushkin, Kosmonavtov Boulevard, 21, 224016, Brest, Belarus

The article tracks the changes in the bird population during secondary succession of cleared spruce forest in South-Western Belarus. The field work was performed in the years 1992–2012 applying the conventional bird count methods. The study revealed that the bird species diversity in the course of succession (6 stages, 1–100 years old) increased from 10 to 59 species, overall abundance – from 137.1 to 689.5 birds/km², overall biomass – from 3.68 to 47.70 kg/km². The ornithological variety included six fauna types. At the initial stages of succession the bird population comprised the European, European-Turkestan and Palaearctic types of fauna. At the stages of 50–80 and 90–100 years old the species structure (54.2–55.2 %) and the bird population (46.7–49.1 % of the overall abundance; 66.0–66.3 % of the overall biomass) were dominated by the Palaearctic types of fauna.

Key words: succession; spruce forest; ornithological variety; dominant; rare bird species; Republic of Belarus.

Введение

Известно, что самые значительные изменения в жизни сообщества птиц наблюдаются при смене жизненных форм доминирующих растений – трав, кустарников и деревьев. На данный момент наиболее полно изучены вторичные сукцессии лесных экосистем и их орнитофауны. После свежей вырубки

Образец цитирования:

Абрамова И. В. Сукцессия населения птиц в ходе восстановительной смены еловых лесов в юго-западной части Беларуси // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 31–39.

For citation:

Abramova I. V. Succession of bird population in the course of secondary spruce forest succession in South-Western Belarus. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 31–39 (in Russ.).

Автор:

Ирина Васильевна Абрамова – кандидат биологических наук, доцент, декан географического факультета.

Author:

Irina Abramova, PhD (biology), docent; dean of the faculty of geography.
iva.abramova@gmail.com

или пожара происходит пространственное перераспределение дендрофильных видов, населявших леса до их сведения, птиц открытых ландшафтов (луговых, полевых, кустарниковых), а также опушечных, которые появляются после вырубки леса уже в первый год существования либо на разных стадиях сукцессии. Смена населения птиц в лесах обусловлена последовательной сукцессией лесных растительных сообществ, главной причиной которой в настоящее время являются антропогенные факторы (лесохозяйственная деятельность, мелиорация прилегающих к лесам сельскохозяйственных угодий) [1; 2]. Рубка деревьев на широких площадях коренным образом преобразовывает среду обитания птиц. Для дендрофильных видов (рябчик, дятлы, дрозды, синицы) такие изменения катастрофичны – птицы исчезают с данной территории. На вырубках встречаются только те виды, жизнедеятельность которых связана с опушками: лесной конек, обыкновенная овсянка, жулан. Напротив, свежая вырубка служит удобным местообитанием для птиц открытых пространств – полевого жаворонка, перепела, куропатки. Многие птицы прилетают сюда в поисках корма.

И хотя работ, посвященных вторичным сукцессиям орнитофауны, немного, они свидетельствуют о параллельном с сукцессией фитоценозов увеличении разнообразия птиц [1; 3–12].

В Беларуси сукцессию птиц на примере вырубок сосны в Березинском биосферном заповеднике изучали И. И. Бышнёв [12] и автор настоящей работы. Учитывая то, что сообщества птиц, сменяющиеся в процессе сукцессий лесных экосистем в разных регионах, различны, эта проблема требует дальнейшего исследования.

Изменения орнитокомплексов в ходе сукцессии в различных экосистемах Беларуси и других регионов изучены недостаточно. Сукцессия орнитофауны еловых лесов прослежена Н. Н. Даниловым на Среднем Урале [3], А. А. Иноземцевым – в подзоне южной тайги на Восточно-Европейской равнине [1], Е. С. Преображенской и Б. И. Борисовым – в Костромской области [7], В. В. Гридневой и В. Н. Мельниковым – в восточном Верхневолжье [11].

Настоящее исследование проведено в северной части Белорусского Полесья, где проходит южная граница сплошного распространения обыкновенной ели (*Picea abies* L.).

Материалы и методы исследования

Сбор данных проводился в течение 1992–2012 гг. в Ивацевичском лесхозе (Ивацевичское и Бронногорское лесничества), где ель занимает 4,5 тыс. га (около 5 % площади лесхоза). При изучении орнитокомплексов на разных стадиях сукцессии ельников на месте вырубок применялись общепринятые методы учета птиц [13–15]. Наблюдения велись на маршрутах, которые были заложены в экосистемах, находящихся на разных стадиях сукцессионного ряда (на свежих вырубках, в молодых посадках, жердняках, приспевающем и спелом лесах). Общая протяженность пройденных маршрутов составила 140 км. Учет птиц в каждом из сообществ, находящихся на разных стадиях сукцессии, проводился не менее 5 раз с 15 мая по 15 июня, когда практически все особи участвуют в размножении. Наблюдения осуществлялись в ясную погоду в утреннее (спустя час после восхода) и вечернее (прекращались за один-два часа до захода) время, когда птицы наиболее активны. Пересчет обилия птиц велся отдельно по средним дальностям обнаружения (по голосу, визуально). В основу расчета биомассы были положены литературные данные [16; 17]. Доминантами считались те виды, которые в орнитоценозе преобладали количественно (более 10 % суммарной плотности или суммарной биомассы населения птиц). Первые три стадии сукцессии прослежены на одних и тех же площадках, более поздние – на площадках с однотипными условиями, отличающихся возрастом еловых фитоценозов.

В сборе материалов существенную помощь оказал профессор кафедры зоологии и генетики Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина В. Е. Гайдук, за что автор выражает ему искреннюю признательность.

Результаты исследования и их обсуждение

Современная концепция экологических сукцессий заключается в том, что климакс, как завершающая стадия, является лишь временным состоянием [4; 18–20]. Показано, что воздействие многих факторов на ход сукцессии может приводить к формированию нескольких типов биоценозов, устойчивых в данной географической обстановке. В определенных условиях сукцессия может быть агрессивной, когда сообщества обедняются и упрощаются. Такие сукцессии обычно возникают в результате антропогенных воздействий на биоценоз, нарушающих нормальные условия существования тех или иных видов и сообществ.

Однако на данный момент недостаточно публикаций, в которых рассматривается динамика орнитофауны в конкретных экосистемах. Так, Ю. Одум [20] изучил сукцессию сообществ птиц в процессе зарастания залежей в США (стадия однолетних сорняков, многолетних трав и кустарников, лесных сообществ на ранних, средних и поздних этапах сукцессий).

Немногочисленные работы [1; 3; 7; 11], посвященные изменению орнитофауны в процессе сукцессии еловых лесов, свидетельствуют о параллельном изменении видового разнообразия и плотности населения птиц.

Богато население птиц на разных стадиях в ходе восстановительной смены растительности на месте сведенных ельников в подзоне южной тайги европейской части России. В ходе исследований в западном Подмоскowie А. А. Иноземцевым [1] были выявлены 6 стадий вторичной сукцессии еловых лесов, которая развивается после сплошных рубок. Установлено, что основные параметры орнитоценозов (количество видов, суммарная плотность населения) вначале быстро возрастают (от 5 видов и 0,5–0,8 гнездящейся пары на 2–3-летней вырубке до 27 видов и 1,5–2,0 пары – на 10-летней), а затем снижаются (в загущенных мелколиственных молодняках) до 15–17 видов и 1,0–1,3 пары на 1 га. В дальнейшем количество видов и плотность населения птиц вновь начинают расти. В старых ельниках Московской области гнездятся до 75 видов птиц с населением до 3,9 пары на 1 га. Было показано, что изменения разнообразия и обилия птиц в не затронутых или слабо затронутых хозяйственной деятельностью человека древостоях, где процессы развития биоценоза протекают с естественной скоростью, в целом невелики. При этом амплитуда межгодовых колебаний разнообразия и обилия птиц в более сложных фитоценозах меньше, чем в более простых.

В хвойных лесах южной тайги (Костромская область) смена птичьего населения в ходе зарастания различных типов вырубок сходна [7]. На вырубках обитают 5–8 фоновых видов с обилием более 1 пары на 10 га и плотностью 3–5 пар на ту же площадь. Эти показатели в ходе сукцессии на последующих стадиях увеличиваются в 2–4 раза.

Довольно беден видовой состав птиц на разных стадиях сукцессии сосновых, сосново-еловых и еловых лесов Среднего Урала [3]. Количество видов птиц в сосновых лесах варьирует от 13 (возраст составляет 1–10 лет) до 30 (спелый сосняк), в сосново-еловых лесах – от 5 до 27, ельниках – от 10 до 13 соответственно.

В последние 50 лет в юго-западной части Беларуси леса возобновляются, как правило, искусственным образом, что значительно ускоряет сукцессию. При этом на месте одного типа сведенного древостоя высаживаются определенные виды деревьев, чаще всего те, которые были вырублены. Как показали наши исследования и работы других авторов [1], формирование и смена сообществ птиц в таких лесных посадках отличаются от естественного возобновления ускоренными темпами протекания и в конечном итоге – конкретным орнитокомплексом. В лесах регулярно проводятся санитарные рубки, рубки в целях ухода за молодняками, убираются сухостой и валежник, расчищаются ветровалы.

После вырубки начинается последовательная смена биоценозов, как правило способствующая восстановлению леса. В течение первых трех лет на месте сведенного леса развивается светолюбивая травянистая растительность. Свежую вырубку осваивают птицы опушек и открытых пространств, гнездящиеся на земле (полевой и лесной жаворонки, белая трясогузка, обыкновенная овсянка, серая куропатка и др.), а также дуплогнездники, которые используют пни для устройства гнезд. Некоторые птицы (дрозды) посещают вырубки как кормовые станции. На свежих вырубках обитают 10 видов птиц. По обилию доминируют лесной и полевой жаворонки, лесной конек и обыкновенная овсянка. Они составляют 81,9 % суммарного обилия (230,3 ос./км²) (табл. 1 и 2). По биомассе преобладают полевой жаворонек, лесной конек, обыкновенная овсянка и серая куропатка (40 % видового состава). Их вклад в суммарную биомассу (7,41 кг/км²) достигает 80,2 % (табл. 3).

Таблица 1

Население птиц в ходе вторичной сукцессии елового леса (Ивацевичский лесхоз), ос./км²

Table 1

Abundance the bird population during secondary succession of spruce forest (Ivatsevichsky forestry enterprise), individuals/km²

Вид	Возраст сукцессии, кол-во лет					
	1–3	4–9	10–15	20–30	50–80	90–100
Серая куропатка (<i>Perdix perdix</i>)	4,0	1,2	–	–	–	–
Луговой чекан (<i>Saxicola rubetra</i>)	17,4	23,0	–	–	–	–
Обыкновенная каменка (<i>Oenanthe oenanthe</i>)	3,6	4,8	–	–	–	–
Полевой жаворонек (<i>Alauda arvensis</i>)	25,0	12,0	–	–	–	–
Обыкновенная овсянка (<i>Emberiza citrinella</i>)	48,5	52,0	16,0	–	–	–

Вид	Возраст сукцессии, кол-во лет					
	1-3	4-9	10-15	20-30	50-80	90-100
Лесной жаворонок (<i>Lullula arborea</i>)	30,6	34,5	14,6	–	2,8	3,0
Лесной конек (<i>Anthus trivialis</i>)	84,4	80,5	15,5	–	22,6	30,0
Белая трясогузка (<i>Motacilla alba</i>)	10,2	12,6	2,5	–	–	–
Певчий дрозд (<i>Turdus philomelos</i>)	2,0	2,6	6,8	6,6	11,2	9,5
Обыкновенная горихвостка (<i>Phoenicurus phoenicurus</i>)	4,6	8,0	–	–	10,4	10,0
Зарянка (<i>Erithacus rubecula</i>)	–	8,0	9,6	6,2	7,3	5,2
Серая славка (<i>Sylvia communis</i>)	–	10,8	17,8	2,0	–	8,2
Садовая славка (<i>Sylvia borin</i>)	–	8,5	12,0	–	1,0	3,6
Ястребиная славка (<i>Sylvia nisoria</i>)	–	0,8	1,0	–	2,0	4,0
Славка-завирушка (<i>Sylvia curruca</i>)	–	12,8	17,8	–	0,8	1,6
Малая мухоловка (<i>Muscicapa parva</i>)	–	5,8	6,0	2,0	1,5	4,4
Серая мухоловка (<i>Muscicapa striata</i>)	–	7,8	5,0	–	10,8	2,6
Коноплянка (<i>Carduelis cannabina</i>)	–	12,4	1,2	–	–	–
Черноголовый щегол (<i>Carduelis carduelis</i>)	–	0,8	2,4	–	–	–
Зеленушка (<i>Carduelis chloris</i>)	–	0,4	4,2	–	1,2	3,0
Жулан (<i>Lanius collurio</i>)	–	2,6	2,0	–	–	–
Черноголовая славка (<i>Sylvia atricapilla</i>)	–	10,0	12,0	–	24,0	26,8
Длиннохвостая синица (<i>Aegithalos caudatus</i>)	–	1,4	2,0	–	2,0	2,5
Пестрый дятел (<i>Dendrocopos major</i>)	–	–	4,5	4,6	23,2	24,0
Зяблик (<i>Fringilla coelebs</i>)	–	–	16,0	50,0	130,6	130,4
Пеночка-весничка (<i>Phylloscopus trochilus</i>)	–	–	3,0	12,0	20,0	20,0
Пеночка-теньковка (<i>Phylloscopus collybita</i>)	–	–	3,8	7,6	50,5	50,6
Пеночка-трещотка (<i>Phylloscopus sibilatrix</i>)	–	–	6,4	7,2	55,5	58,0
Большая синица (<i>Parus major</i>)	–	–	8,8	15,5	40,5	45,0
Буроголовая гаичка (<i>Parus montanus</i>)	–	–	2,0	4,8	46,0	45,6
Московка (<i>Parus ater</i>)	–	–	1,2	3,4	5,6	8,0
Черноголовая гаичка (<i>Parus palustris</i>)	–	–	0,8	2,4	3,6	0,6
Хохлатая синица (<i>Parus cristatus</i>)	–	–	–	4,0	28,0	22,0
Обыкновенная пищуха (<i>Certhia familiaris</i>)	–	–	–	3,0	7,3	5,4
Сойка (<i>Garrulus glandarius</i>)	–	–	5,0	4,2	8,5	10,2
Черный дрозд (<i>Turdus merula</i>)	–	–	1,2	–	1,8	4,8
Деряба (<i>Turdus viscivorus</i>)	–	–	–	0,8	6,0	12,4
Белобровик (<i>Turdus iliacus</i>)	–	–	–	0,8	3,0	4,0
Черный аист (<i>Ciconia nigra</i>)*	–	–	–	–	1,5	2,0
Обыкновенный осоед (<i>Pernis apivorus</i>)	–	–	–	–	1,2	2,0
Перепелятник (<i>Accipiter nisus</i>)	–	–	–	–	1,2	2,4
Обыкновенный канюк (<i>Buteo buteo</i>)	–	–	–	–	1,6	2,0
Малый подорлик (<i>Aquila pomarina</i>)*	–	–	–	–	0,5	1,0
Чеглок (<i>Falco subbuteo</i>)*	–	–	–	–	1,5	1,0
Рябчик (<i>Bonasa bonasia</i>)	–	–	–	–	5,0	8,6
Глухарь (<i>Tetrao urogallus</i>)	–	–	–	–	1,4	2,0

Окончание табл. 1
Ending table 1

Вид	Возраст сукцессии, кол-во лет					
	1–3	4–9	10–15	20–30	50–80	90–100
Клинтух (<i>Columba oenas</i>)	–	–	–	–	0,8	2,0
Обыкновенная кукушка (<i>Cuculus canorus</i>)	–	–	–	–	1,0	2,5
Филин (<i>Bubo bubo</i>)*	–	–	–	–	1,0	1,6
Воробьиный сыч (<i>Glaucidium passerinum</i>)*	–	–	–	–	0,5	1,6
Серая неясыть (<i>Strix aluco</i>)	–	–	–	–	1,4	2,0
Бородатая неясыть (<i>Strix nebulosa</i>)	–	–	–	–	0,5	1,0
Ушастая сова (<i>Asio otus</i>)	–	–	–	–	0,8	1,0
Обыкновенный козодой (<i>Caprimulgus europaeus</i>)	–	–	–	–	2,5	3,0
Черный стриж (<i>Apus apus</i>)	–	–	–	–	1,0	5,0
Желна (<i>Dryocopus martius</i>)	–	–	–	–	2,0	1,0
Малый дятел (<i>Dendrocopos minor</i>)	–	–	–	–	1,0	1,6
Трехпалый дятел (<i>Picoides tridactylus</i>)*	–	–	–	–	0,8	1,2
Крапивник (<i>Troglodytes troglodytes</i>)	–	–	–	–	1,6	2,0
Зеленая пересмешка (<i>Hipollais icterina</i>)	–	–	–	–	4,2	7,8
Мухоловка-пеструшка (<i>Ficedula hypoleuca</i>)	–	–	–	–	18,0	15,2
Желтоголовый королек (<i>Regulus regulus</i>)	–	–	–	–	20,2	38,0
Поползень (<i>Sitta europaea</i>)	–	–	–	–	8,5	15,0
Серая ворона (<i>Corvus corone</i>)	–	–	–	–	1,0	2,4
Ворон (<i>Corvus corax</i>)	–	–	–	–	1,0	1,4
Чиж (<i>Carduelis spinus</i>)	–	–	–	–	0,8	2,6
Обыкновенный клест (<i>Loxia curvirostra</i>)	–	–	–	–	0,6	1,2
Обыкновенный снегирь (<i>Pyrrhula pyrrhula</i>)	–	–	–	–	2,8	4,0
Количество видов	10	23	29	18	58	59
Суммарное обилие, ос./км ²	230,3	313,3	201,1	137,1	613,6	689,5
Суммарная биомасса, кг/км ²	7,41	7,55	5,29	3,68	35,09	47,70

*Вид, включенный в Красную книгу Республики Беларусь в 2015 г.

Таблица 2

Динамика доминирования видов птиц в еловых лесах летом в процессе сукцессии, % суммарного обилия

Table 2

Dynamic of dominant bird species during secondary succession of spruce forest, % from overall abundance

Вид	Возраст сукцессии, кол-во лет					
	1–3	4–9	10–15	20–30	50–80	90–100
Полевой жаворонок	10,9	–	–	–	–	–
Лесной жаворонок	13,3	11,0	–	–	–	–
Лесной конек	36,6	25,7	–	–	–	–
Обыкновенная овсянка	21,1	16,6	–	–	–	–
Большая синица	–	–	–	11,3	–	–
Зяблик	–	–	–	36,5	21,3	18,9
Всего	81,9	53,3	0	47,8	21,3	18,9

Динамика доминирования видов птиц в еловых лесах летом
в процессе сукцессии, % суммарной биомассы

Table 3

Dynamic of dominant bird species during secondary succession
of spruce forest, % from overall biomass

Вид	Возраст сукцессии, кол-во лет					
	1-3	4-9	10-15	20-30	50-80	90-100
Серая куропатка	21,6	–	–	–	–	–
Полевой жаворонок	12,8	–	–	–	–	–
Обыкновенная овсянка	19,6	20,7	–	–	–	–
Лесной конек	26,2	24,5	–	–	–	–
Лесной жаворонок	–	10,1	–	–	–	–
Сойка	–	–	15,1	18,1	–	–
Певчий дрозд	–	–	–	13,2	–	–
Зяблик	–	–	–	29,6	–	–
Пестрый дятел	–	–	–	10,5	–	–
Черный аист	–	–	–	–	12,8	12,6
Глухарь	–	–	–	–	12,3	12,9
Всего	80,2	55,3	15,1	71,4	25,1	25,5

В течение последующих 4–9 лет травянистая растительность постепенно сменяется зарослями кустарников, подростом березы, осины и других лиственных деревьев. Параллельно формируется связанное с луговой и кустарниковой растительностью сообщество птиц. В это время многочисленными видами становятся садовая и серая славки, пеночки, обыкновенный жулан, певчий дрозд, устраивающие гнезда в кустарниках. Количество видов возрастает до 23. Суммарное обилие на этой стадии достигает 313,3 ос./км², что значительно выше, чем на свежей вырубке. Суммарная биомасса (7,55 кг/км²) несколько увеличивается. Участие доминирующих видов птиц в суммарных показателях остается существенным (они составляют 53,3 % суммарного обилия и 55,3 % биомассы орнитокомплекса) (см. табл. 2 и 3).

В молодых насаждениях (10–15 лет) видовое разнообразие орнитокомплекса продолжает увеличиваться (29 видов), при этом снижается обилие тех птиц, которые были многочисленными на предыдущей стадии сукцессии (лесной конек, лесной жаворонок, обыкновенная овсянка и др.). У видов открытых пространств обилие резко падает, или они вовсе выпадают из орнитокомплекса. В этот период сукцессии здесь обитают зяблик, пеночки, славки, синицы и другие кустарниковые и дендрофильные птицы. Суммарное обилие (201,1 ос./км²), по сравнению с предыдущей стадией, уменьшается на 35,7 %. Высокие показатели плотности населения характерны для серой славки, славки-завирушки, зяблика, пеночки-веснички, лесного конька и лесного жаворонка. На них приходится 48,8 % суммарного обилия (см. табл. 1). Суммарная биомасса орнитокомплекса на этой стадии сукцессии составляет 5,29 кг/км². По этому показателю доминирует сойка – 15,1 % (см. табл. 3), значительный вклад вносят зяблик, певчий дрозд и пестрый дятел.

Спустя 20–30 лет на месте вырубки развивается мелколиственный лес. Видовое разнообразие орнитокомплекса в целом уменьшается (18 видов). Птицы открытых пространств здесь уже не встречаются, а для лесных видов молодые деревья не создают хороших укрытий и мест для устройства гнезд. В этот период в орнитокомплексе появляются хохлатая синица, обыкновенная пищуха и др. Суммарное обилие (137,1 ос./км²) продолжает снижаться. На долю доминирующих видов (зяблик и большая синица) приходится 47,8 % общей плотности населения птиц (см. табл. 2). Суммарная биомасса на этой стадии достигает наименьших значений (3,68 кг/км²). По этому показателю доминируют зяблик, сойка, певчий дрозд и пестрый дятел (см. табл. 3).

В возрасте 50–80 лет ель входит в первый ярус, лиственные деревья начинают выпадать из фитоценоза, лес становится смешанным. Сообщество птиц обогащается новыми видами, резко возрастает видовое разнообразие (58 видов) и суммарное обилие населения птиц (613,6 ос./км²). Доминирующим видом на этой стадии является зяблик (21,3 % суммарного обилия) (см. табл. 2). На порядок возрастает суммарная биомасса (35,09 кг/км²).

В течение последующих 20–30 лет ель поднимается над мелколиственными породами и угнетает их. В возрасте 90–100 лет на месте вырубленного леса восстанавливается ельник с соответствующим населением птиц. В спелом еловом лесу птицы заселяют все ярусы. Присутствуют виды, которые гнездятся на земле (пеночки, лесной конек); часть птиц устраивают гнезда на кустарниковом подлеске, валежнике, в дуплах, кронах деревьев и пнях. Кроны деревьев заселяют типичные лесные виды: перепелятник, пестрый дятел, желна, большая синица, буроголовая гаичка, обыкновенная пищуха, обыкновенный поползень и др. Всего в старых ельниках летом обитает 59 видов птиц, их суммарное обилие достигает 689,5 ос./км². Наибольшая плотность населения характерна для зяблика (18,9 % суммарного обилия), пеночки-теньковки (8,4 %) и пеночки-трещотки (7,3 %) (см. табл. 1 и 2). Суммарная биомасса достигает наибольших значений – 47,7 кг/км². По этому показателю, как и на предыдущей стадии, доминируют глухарь и черный аист (см. табл. 3). В приспевающих и спелых ельниках выявлены 7 редких и исчезающих видов птиц, включенных в Красную книгу Республики Беларусь [21], обилие которых составляет не более 2 ос./км² (см. табл. 1).

Рассмотрим фаунистическую структуру орнитокомплексов на разных стадиях сукцессии. Типизация орнитофауны приведена по Фоусу [22]. На стадии свежей вырубке (1–3 года) преобладают представители европейского и палеарктического (по 40 % общего количества видов) типов фауны (табл. 4). На первых двух стадиях в населении птиц доминируют птицы палеарктического (32,3–37,9 %) и европейско-туркестанского (38,4–43,2 %) типов фауны. Эти две группы доминируют и по биомассе (36,3 и 42,8 % соответственно). Доля населения птиц европейского типа фауны не превышает 25 % (см. табл. 4). На стадии сукцессии в возрасте 10–15 лет в видовой структуре преобладает комплекс видов палеарктического типа фауны (51,7 %), по доле в населении птиц (35,2 %) он уступает европейско-туркестанскому (45,0 %) типу, доля населения птиц европейского типа составляет менее 20 %. На четвертой стадии (20–30 лет) по количеству видов доминирует комплекс палеарктических птиц (55,6 %), в населении птиц два типа фауны имеют примерно равное представительство: палеарктический (43,4 %) и европейско-туркестанский (43,0 %). Доля птиц европейского типа фауны ниже, чем на предыдущей стадии, сибирский тип представлен одним видом (белобровик). По биомассе преобладают птицы палеарктического типа (46,7 %). На двух последующих стадиях комплекс палеарктического типа фауны птиц доминирует по трем параметрам: в видовой структуре (54,2–55,2 %), населении птиц (46,7–49,1 %), биомассе (66,0–66,3 %). Доля птиц европейско-туркестанского комплекса составляет около 1/3 суммарного обилия (31,1–32,6 %). Участие птиц голарктического, сибирского и сибирско-канадского типов фауны в видовой структуре составляет не более 5,2 %, в населении птиц не превышает 2,0 % (см. табл. 4).

Таблица 4

Структура орнитокомплексов на разных стадиях сукцессий
еловых лесов по типам фауны, %

Table 4

Faunistic structure of bird communities at different stages
of succession of spruce forests, %

Тип фауны (по Voous, 1962)	Возраст сукцессии, кол-во лет					
	1–3	4–9	10–15	20–30	50–80	90–100
Европейский	$\frac{23,7}{15,7}$	$\frac{24,4}{20,9}$	$\frac{19,8}{20,9}$	$\frac{13,0}{16,2}$	$\frac{18,6}{8,2}$	$\frac{16,8}{7,1}$
Европейско-туркестанский	$\frac{38,4}{47,7}$	$\frac{43,2}{42,8}$	$\frac{45,0}{32,3}$	$\frac{43,0}{35,7}$	$\frac{32,6}{14,1}$	$\frac{31,3}{13,0}$
Голарктический	–	–	–	–	$\frac{0,5}{4,1}$	$\frac{0,6}{3,8}$
Палеарктический	$\frac{37,9}{36,6}$	$\frac{32,3}{36,3}$	$\frac{35,2}{46,8}$	$\frac{43,4}{46,7}$	$\frac{46,7}{66,0}$	$\frac{49,1}{66,3}$
Сибирский	–	–	–	$\frac{0,6}{1,4}$	$\frac{1,4}{7,3}$	$\frac{2,0}{9,4}$
Сибирско-канадский	–	–	–	–	$\frac{0,2}{0,3}$	$\frac{0,4}{0,4}$

Примечание. В числителе – доля в населении птиц, в знаменателе – доля в суммарной биомассе.

Таким образом, смена большинства видов птиц при вторичных сукцессионных процессах связана с преобразованием растительности и (на поздних стадиях сукцессии) прежде всего ростом главного лесобразующего вида – ели, появлением или исчезновением экологических ниш определенных видов. Основные суммарные показатели населения птиц в еловых лесах по мере развития сукцессии вначале возрастают, со стадии молодых культур (10–15 лет) начинается снижение суммарного обилия и биомассы. Эта тенденция сохраняется и на стадии насаждений в возрасте 20–30 лет, когда видовое разнообразие и другие показатели достигают наименьших значений. В процессе сукцессии данной экосистемы от стадии свежей вырубki до спелого леса в возрасте 90–100 лет количество видов орнитокомплекса увеличивается в 6 раз, суммарного обилия – в 3 раза, биомассы – в 6,5 раза.

Библиографические ссылки

1. Иноземцев А. А. Птицы и лес. М., 1987.
2. Абрамова И. В. Структура и динамика населения птиц экосистем юго-запада Беларуси. Брест, 2007.
3. Данилов Н. Н. Изменения в орнитофауне зарастающих вырубок на Среднем Урале // Зоол. журн. 1958. Т. 37, вып. 12. С. 1898–1903.
4. Новиков Г. А. Экология зверей и птиц лесостепных дубрав. Л., 1959.
5. Владышевский Д. В. Экология лесных птиц и зверей (кормодобывание и его биоценотическое значение). Новосибирск, 1980.
6. Беднорз Я., Богдацкий З. Вторичная сукцессия сообществ птиц, гнездящихся в сухих сосновых лесах в Польше // XVIII Междунар. орнитол. конгр. : тез. докл. М., 1982. С. 171–172.
7. Преображенская Е. С., Борисов Б. И. Смены птичьего населения в ходе зарастания различных типов вырубок Приветлужья // Влияние антропогенной трансформации ландшафта на население наземных позвоночных животных : тез. Всесоюз. совещ. : в 2 ч. М., 1987. Ч. 2. С. 157–158.
8. Glowaciński Z. Some ecological parameters of avian communities in the successional series of a cultivated pine forest // Bull. Acad. Pol. Sci. Ser. Sci. Biol. 1979. Vol. 27, № 3. P. 169–177.
9. Glowaciński Z. Succession of bird communities in the Niepolomice Forest (Southern Poland) // Ecol. Pol. 1975. Vol. 23, № 2. P. 231–263.
10. Glowaciński Z. Stability in bird communities during the secondary succession of a forest ecosystem // Ecol. Pol. 1981. Vol. 29, № 1. P. 73–95.
11. Гриднева В. В., Мельников В. Н. Динамика населения птиц в ходе сукцессионных изменений после рубок различного типа в Восточном Верхневолжье // Вестн. ТГУ. 2013. Т. 18, вып. 6. С. 3227–3230.
12. Бынинев И. И. Структура и динамика населения птиц Березинского биосферного заповедника : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.08. Минск, 1999.
13. Равкин Ю. С. К методике учета птиц лесных ландшафтов // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск, 1967. С. 66–75.
14. Бибби К., Джонс М., Марсен С. Методы полевых экспедиционных исследований. Исследования и учеты птиц. М., 2000.
15. Jarvinen O., Väisänen R. Finnish line transect censuses // Ornis fenn. 1976. Vol. 53, № 4. P. 115–118.
16. Птицы Советского Союза : в 6 т. М., 1951–1954. 6 т.
17. Федюшин А. В., Долбик М. С. Птицы Белоруссии. Минск, 1967.
18. Наумов Н. П. Экология животных. М., 1963.
19. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. М., 1989. Т. 2.
20. Одум Ю. Основы экологии. М., 1975.
21. Красная книга Республики Беларусь. Животные. Минск, 2015.
22. Voous K. H. Die Vogelwelt Europas und ihre Verbreitung : ein tiergeographischer Atlas über die Lebensweise aller in Europa brütenden Vogel. Hamburg, 1962.

References

1. Inozemcev A. A. [Birds and forest]. Moscow, 1987 (in Russ.).
2. Abramova I. V. [Structure and dynamics of the bird population of the ecosystems of the South-West of Belarus]. Brest, 2007 (in Russ.).
3. Danilov N. N. [Changes of the avifauna overgrown felling in the Middle Urals]. *Zool. Zh.* 1958. Vol. 37, issue 12. P. 1898–1903 (in Russ.).
4. Novikov G. A. [Ecology of animals and birds of forest-steppe oak forests]. Leningrad, 1959 (in Russ.).
5. Vladyshevskii D. V. [Ecology of forest birds and animals (foraging and its biocenotic significance)]. Novosibirsk, 1980 (in Russ.).
6. Bednorz Y., Boguiskii Z. [Secondary succession of breeding bird communities in dry pine-forests in Poland]. *XVIII Mezhdunar. ornitol. kongr. : tezisy dokl.* Moscow, 1982. P. 171–172 (in Russ.).
7. Preobrazhenskaya E. S., Borisov B. I. [Change of bird population during the overgrowing of different types felling Privetluzhja]. *Vliyaniye antropogennoi transformatsii landshafta na naselenie nazemnykh pozvonochnykh zhivotnykh : tezisy Vsesoyuznogo soveshchaniya* : in 2 parts. Moscow, 1987. Part 2. P. 157–158 (in Russ.).
8. Glowaciński Z. [Some ecological parameters of avian communities in the successional series of a cultivated pine forest]. *Bull. Acad. Pol. Sci. Ser. Sci. Biol.* 1979. Vol. 27, No. 3. P. 169–177.
9. Glowaciński Z. [Succession of bird communities in the Niepolomice Forest (Southern Poland)]. *Ecol. Pol.* 1975. Vol. 23, No. 2. P. 231–263.

10. Głowaciński Z. [Stability in bird communities during the secondary succession of a forest ecosystem]. *Ecol. Pol.* 1981. Vol. 29, No. 1. P. 73–95.
11. Gridneva V. V., Mel'nikov V. N. Dynamic of birds' communities in the course of serial changes after different types of fellings in Eastern part of upper Volga. *Vestnik TGU.* 2013. Vol. 18, issue 6. P. 3227–3230 (in Russ.).
12. Byshnev I. I. [Structure and dynamics of birds of Berezinsky biosphere reserve] : avtoreferat dissertatsii... kandidata biol. nauk : 03.00.08. Minsk, 1999 (in Russ.).
13. Ravkin Y. S. [To the method of recording birds in forest landscapes]. *Priroda ochagov kleshchevogo enzefalita na Altae.* Novosibirsk, 1967. P. 66–75 (in Russ.).
14. Bibbi K., Jones M., Marsden S. [Methods of field expeditionary research. Studies and bird counting. Research and bird counting]. Moscow, 2000 (in Russ.).
15. Järvinen O., Väisänen R. Finnish line transect censuses. *Ornis fenn.* 1976. Vol. 53, No. 4. P. 115–118.
16. [Birds of the USSR] : in 6 vol. Moscow, 1951–1954. 6 vol. (in Russ.).
17. Fedyushin A. V., Dolbik M. S. [Birds of Belarus]. Minsk, 1967 (in Russ.).
18. Naumov N. P. [Ecology of animals]. Moscow, 1963 (in Russ.).
19. Bigon M., Harper J., Taunsend C. [Ecology: individuals, populations and communities]. Moscow, 1989. Vol. 2 (in Russ.).
20. Odum Y. [Basic Ecology]. Moscow, 1975 (in Russ.).
21. [Red Book of the Republic of Belarus. Animals]. Minsk, 2015 (in Russ.).
22. Voous K. H. Die Vogelwelt Europas und ihre Verbreitung : ein tiergeographischer Atlas über die Lebensweise aller in Europa brütenden Vögel. Hamburg, 1962.

Статья поступила в редколлегию 16.01.2017.
Received by editorial board 16.01.2017.

УДК 911.7+339.5(476.2+470.57)

СРАВНИТЕЛЬНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛИ ТОВАРАМИ РЕГИОНОВ БЕЛАРУСИ И РОССИИ (на примере Гомельской области и Республики Башкортостан)

И. В. ЗАКИРОВ¹⁾, А. Н. ШАВЕЛЬ²⁾

¹⁾Башкирский государственный университет, ул. Заки Валиди, 32, 450076, г. Уфа, Россия

²⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Проведен сравнительно-географический анализ территориально-структурных особенностей внешней торговли товарами Гомельской области и Республики Башкортостан за 2005–2015 гг. в условиях мирового экономического кризиса и региональной интеграции в рамках Таможенного союза, Единого экономического пространства и Евразийского экономического союза. Обоснована методика сравнительно-географического анализа внешней торговли регионов, предусматривающая оценку общих показателей (экспорт, импорт, сальдо), выявление особенностей товарной и географической структуры с использованием индексов концентрации Херфиндаля – Хиршмана (I_{HH}) и структурных сдвигов Рябцева (I_R), а также формирование предложений по оптимизации внешнеэкономической деятельности. Определены факторы развития, диверсификация и динамика товарной и географической структуры, выявлены черты сходства и различия внешней торговли Гомельской области и Республики Башкортостан. Разработанная методика может быть использована при сравнительно-географическом изучении внешней торговли стран и регионов. Полученные результаты исследования могут учитываться при выработке управленческих решений, направленных на оптимизацию внешнеэкономической деятельности.

Ключевые слова: внешняя торговля; экспорт; импорт; сальдо; сравнительно-географический анализ; Гомельская область; Республика Башкортостан; товарная и географическая структура; индекс Херфиндаля – Хиршмана; индекс Рябцева.

COMPARATIVE GEOGRAPHICAL ANALYSIS OF FOREIGN TRADE IN GOODS OF BELARUSIAN AND RUSSIAN REGIONS (by the example of Gomel oblast and the Republic of Bashkortostan)

I. V. ZAKIROV^a, A. N. SHAVEL^b

^aBashkir State University, Zaki Validzi Street, 32, 450076, Ufa, Russia

^bBelarusian State University, Niezaliežnasci Avenue, 4, 220030, Minsk, Belarus

Corresponding author: A. N. Shavel (alexshavel@gmail.com)

The article gives a comparative geographical analysis of the territorial and structural features of foreign trade of Gomel oblast and the Republic of Bashkortostan for 2005–2015 in the context of the global economic crisis and

Образец цитирования:

Закиров И. В., Шавель А. Н. Сравнительно-географический анализ внешней торговли товарами регионов Беларуси и России (на примере Гомельской области и Республики Башкортостан) // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 40–51.

For citation:

Zakirov I. V., Shavel A. N. Comparative geographical analysis of foreign trade in goods of Belarusian and Russian regions (by the example of Gomel oblast and the Republic of Bashkortostan). *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 40–51 (in Russ.).

Авторы:

Ильнур Вагизович Закиров – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры экономической географии географического факультета.

Алексей Николаевич Шавель – старший преподаватель кафедры экономической географии Беларуси и государств Содружества географического факультета.

Authors:

Ilnur Zakirov, PhD (geography), docent, associate professor at the department of economic geography, faculty of geography. ziw69@rambler.ru

Aliaksei Shavel, senior lecturer at the department of economic geography of Belarus and the States of Commonwealth, faculty of geography. alexshavel@gmail.com

regional integration within the Customs Union, the Common Economic Space and the Eurasian Economic Union. The methodology of comparative geographical analysis of region foreign trade is grounded. It involves the assessing of overall foreign trade indicators (export, import, balance), the definition of its commodity and geographical structure features by using Herfindahl – Hirschman index (I_{HH}) of concentration and Riabtsev's index (I_R) of structural shifts and the selection of proposals for the foreign trade optimization. It has been identified the factors of development, diversification and dynamics of commodity and geographical structure and highlights similarities and differences in foreign trade of Gomel oblast and the Republic of Bashkortostan. The developed methodology can be used for comparative geographical study of foreign trade of the countries and regions. Received results and elaborated proposals necessary for making management decisions to the optimization of foreign trade activity of the Gomel oblast and the Republic of Bashkortostan.

Key words: foreign trade; export; import; balance; comparative geographical analysis; Gomel oblast; Republic of Bashkortostan; commodity and geographical structure; Herfindahl – Hirschman index; Riabtsev index.

Введение

В последние годы наблюдалось резкое замедление развития международной торговли товарами. Так, в 2015 г. отмечено сокращение объема мировой торговли на 13,2 %. Причинами этого являются мировой экономический кризис, низкие цены на нефть и, возможно, снижение эффекта от участия в глобальных цепочках добавленной стоимости [1]. Возросло влияние на развитие международной торговли политических факторов, таких как введение экономических санкций по отношению к России, референдум о выходе Великобритании из Европейского союза (ЕС), выход США из Транстихоокеанского партнерства и т. п.

В то же время региональные интеграционные объединения остаются акторами мировых хозяйственных процессов. На постсоветском пространстве важное значение придается Евразийскому экономическому союзу (ЕАЭС), однако сложившаяся геополитическая и экономическая ситуация требует интенсификации интеграционных процессов и повышения эффективности функционирования данной организации. У стран, входящих в нее, имеется ряд до сих пор не решенных общих проблем, появившихся еще на этапе создания Таможенного союза: отсутствие полной свободы движения товаров и услуг, не унифицированность цен и таможенных пошлин на товары, трудности с распределением доходов от импортных пошлин, миграция рабочей силы и бизнеса, протекционизм в отношении производителей [2].

Решение накопившихся проблем требует не только правильного оформления институтов интеграционной организации и совершенствования механизмов сотрудничества, но и поиска внутренних резервов в каждой стране ЕАЭС. Рациональная территориальная организация внешнеэкономических связей, оптимальная пространственная и товарная структура внешней торговли регионов, эффективная трансформация их внешнеэкономических комплексов, учет сходств и различий при проведении единой внешнеэкономической политики – вот возможные пути повышения эффективности функционирования ЕАЭС [3–5]. Этим обусловлена актуальность экономико-географических исследований в данной сфере.

Целью настоящей работы является анализ территориально-структурных особенностей внешней торговли товарами регионов Беларуси и России и изменений в этой сфере в результате образования и функционирования ЕАЭС для принятия практических решений.

В качестве объекта исследования выбраны два региона ЕАЭС – Гомельская область (Республика Беларусь) и Республика Башкортостан (Российская Федерация). Поскольку важную роль в структуре экономики обоих субъектов играют добывающая промышленность, нефтепереработка и химическое производство, машиностроение и агропромышленный комплекс, регионы в некоторой степени схожи. Их сравнительно-географический анализ позволит достичь поставленной цели.

Гомельская область – это регион, расположенный на юго-востоке Беларуси. По площади (40,4 тыс. км²) он является крупнейшим в стране (19,5 % всей территории), а по численности населения (1422,9 тыс. человек) занимает 2-е место с долей 15,0 %.

Данному региону принадлежит 3-е место в республике по объему валового регионального продукта (ВРП), достигшему 9,767 млрд бел. руб. в 2016 г., или 4,9 млрд долл. США (10,4 % объема ВВП Беларуси) [6]. При этом ВРП на душу населения составляет 3452 долл. США. В структуре ВРП Гомельской области лидирует промышленность (33,2 %), что обуславливает лидерство региона по объему промышленного производства в стране (19,3 %) [7]. Отраслями специализации являются нефтепереработка, пищевая промышленность с развитым сельским хозяйством, металлургическо-машиностроительный комплекс.

В общереспубликанском объеме внешней торговли в 2015 г. Гомельская область заняла 3-е место как по экспорту (с долей 11,9 %), так и по импорту (с долей 12,9 %). В том же году экспортная квота региона составила 53,3 %, при этом сформировалось отрицательное сальдо внешней торговли товарами в размере 735,2 млн долл. США.

Республика Башкортостан расположена на Урале на стыке западной и восточной экономических зон России. По площади (143,6 тыс. км²) она занимает 27-е место в стране (0,8 % всей территории РФ), а по численности населения (4071,1 тыс. человек) находится на 7-й позиции (2,8 %).

Башкортостан является одним из достаточно развитых регионов России: по объему ВРП ему принадлежит 10-е место среди 85 субъектов РФ (1,421 трлн рос. руб. в 2015 г., или 23,2 млрд долл. США), при этом ВРП на душу населения составляет 349,9 тыс. рос. руб., или 5708 долл. США [8]. Республика отличается многоотраслевым промышленным производством и развитым сельским хозяйством. Отраслями ее специализации в территориальном разделении труда выступают химическая и нефтехимическая промышленность, топливно-энергетический, машиностроительный и агропромышленный комплексы.

Будучи крупным участником внешнеэкономических связей России, Республика Башкортостан обладает экспортной квотой в размере более 45 %. На ее долю в 2015 г. приходилось 2,2 % общероссийского экспорта (8-е место в РФ) и 0,4 % импорта.

Материалы и методика исследования

Фундаментальные принципы внешнеторговой деятельности стран и регионов разработаны в трудах классиков политической экономии (А. Смит, Д. Рикардо, А. Маршалл) и работах современных экономистов (П. Самуэльсон, Э. Хекшер, Б. Олин, В. Леонтьев, П. Кругман, С. Линдер, М. Портер, Д. Стиглиц). Анализ складывающейся в мировой экономике пространственной системы потоков товаров и услуг не столько разрушает взгляды классических теорий, сколько дополняет их в плане определения факторов и условий, формирующих тренды и механизм внешней торговли отдельных стран и регионов.

Рефлексия над экономическими теориями внешней торговли обусловила направления экономико-географических исследований этой сферы в советской, а также современной российской и белорусской географии. В основе их теоретико-методологической базы лежат труды Н. Н. Баранского, И. А. Витвера, Э. Б. Алаева, И. М. Маергойза, В. П. Максаковского, Н. С. Мироненко. Широко используются результаты научных работ Н. В. Алисова, Е. А. Антиповой, Л. Б. Вардомского, Е. А. Грицаенко, С. И. Жукова, Г. Д. Музловой, Е. В. Носовой, в которых изучена внешнеэкономическая деятельность регионов и отдельных стран [9; 10]. Выявлению закономерностей территориальной организации внешней торговли и оценке экспортного потенциала регионов Беларуси посвящены работы А. Н. Шавеля, Республики Башкортостан – И. В. Закирова.

Основной проблемой теоретико-методологического характера является адаптация теории П. Кругмана и М. Портера к сложившимся в экономико-географической науке представлениям о механизмах развития и углубления территориального разделения труда. Прикладное значение экономико-географического исследования внешней торговли обусловлено возможностью синтеза регионального и отраслевого подходов. Характер и эффективность внешней торговли, ее роль в качестве существенного фактора социально-экономического развития стран и регионов определяются как формирующимися региональными кластерными структурами, так и механизмом их интернационализации через вхождение в уже существующие в мирохозяйственной системе транснациональные структуры [11].

Методика исследования внешней торговли региона основана на сочетании системно-структурного подхода и экономико-статистических методов. Важную роль в решении поставленных задач играют экономико-географические методы: описательный, сравнительно-географический, картографический и геоинформационный. Методическая схема сравнительного изучения внешней торговли регионов заключается в последовательном выполнении нескольких этапов:

1) оценка динамики объемов внешнеторгового оборота и сальдо, экспорта и импорта, темпов их роста и выявление факторов изменения данных показателей;

2) изучение особенностей и динамики товарной структуры внешней торговли, выступающей ключевым фактором устойчивости объемов внешней торговли и обуславливающей территориальные особенности ее распределения. Ключевыми параметрами являются удельный вес товарной группы в объемах экспорта и импорта и его динамика;

3) анализ территориальной (географической) структуры внешней торговли изучаемых регионов. При этом в исследованиях внимание, как правило, акцентируется на степени диверсификации экспорта и импорта стран и регионов. Диверсификация внешнеторговой деятельности рассматривается как способ сохранения социально-экономической устойчивости стран и регионов. Практическая значимость географического изучения внешней торговли определяется возможностью оптимизации пространственной структуры внешнеторговой деятельности, приводящей к увеличению ее эффективности;

4) математико-статистический анализ товарной и географической структуры внешней торговли для оценки величины ее динамики и диверсификации. Для оценки устойчивости товарной и географической структуры внешней торговли региона может быть использован индекс структурных сдвигов Рябцева (I_R) [12]:

$$I_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i^1 - d_i^0)^2}{\sum_{i=1}^n (d_i^1 + d_i^0)^2}}$$

где d_i^1 и d_i^0 – удельный вес признаков в совокупностях; i – число градаций в структурах.

Шкала оценивания различий структур по индексу Рябцева выглядит следующим образом:

- тождественность структур (0,000–0,030);
- весьма низкий уровень различий (0,031–0,070);
- низкий (0,071–0,150);
- существенный (0,151–0,300);
- значительный (0,301–0,500);
- весьма значительный (0,501–0,700);
- противоположный тип (0,701–0,900);
- полная противоположность структур (0,901 и выше).

Для оценки диверсификации товарной и географической структуры внешней торговли возможно использование индекса Херфиндаля – Хиршмана (I_{HH}):

$$I_{HH} = \sum_{i=1}^n S_i^2,$$

где S_i – удельный вес признака в совокупности; i – число градаций в структурах. Для более удобной оценки степени диверсификации товарной и географической структуры экспорта и импорта шкала оценивания индекса Херфиндаля – Хиршмана была преобразована нами следующим образом:

- высокая степень диверсификации (менее 1000);
- средняя (1000–1800);
- низкая (1800 и более).

Итогом сравнительно-географического анализа территориально-структурных особенностей внешней торговли товарами Республики Башкортостан и Гомельской области является обнаружение общих закономерностей, схожих механизмов и принципиальных различий в развитии внешнеэкономических связей регионов России и Беларуси, влияния интеграционных процессов в ЕАЭС на внешнюю торговлю, а также выработка практических рекомендаций для повышения эффективности внешнеэкономической деятельности.

Результаты исследования и их обсуждение

Сравнительный анализ динамики внешней торговли Гомельской области и Республики Башкортостан. Для исследуемых регионов характерны общие особенности и закономерности развития внешней торговли Беларуси и России. В начале 1990-х гг. из-за значительных различий внутренних и мировых цен на основные товары вывоза экспортные операции на постсоветской территории характеризовались чрезвычайно высокой прибыльностью. Внешнеторговый оборот регионов начал стремительно расти. Например, с 1993 по 1996 г. в Башкортостане он увеличился более чем в 2,5 раза. Динамика объемов экспорта и импорта Гомельской области практически полностью зависела от ситуации в России. На фоне снижения производства ВРП роль внешнеэкономического комплекса в хозяйствах Гомельской области и Республики Башкортостан повышалась. Рост объемов внешней торговли, и прежде всего экспорта, стал одним из важнейших факторов остановки падения ВРП, его последующего подъема и относительно стабильной социально-экономической ситуации в изучаемых регионах. После кризисных 1997–1998 гг. на мировом рынке сложилась благоприятная конъюнктура для экспортеров Гомельской области и Республики Башкортостан: цены на основную экспортную продукцию выросли, а следовательно, увеличились и внешнеторговые показатели (это наблюдалось вплоть до 2008 г.) (рис. 1 и 2).

Однако в 2009 г. (пик мирового экономического кризиса) цена за баррель нефти снизилась до 34 долл. США, в результате чего объемы внешней торговли в обоих регионах резко упали. В Гомельской области в 2008–2010 гг. экспорт снизился в 2,7 раза, а импорт – всего в 1,2 раза. Главная причина такого спада заключается в остановке экспорта собственной нефти и нефтепродуктов в условиях отсутствия договоренностей с Россией по импорту нефти и экспортным пошлинам на нефть и нефтепродукты.

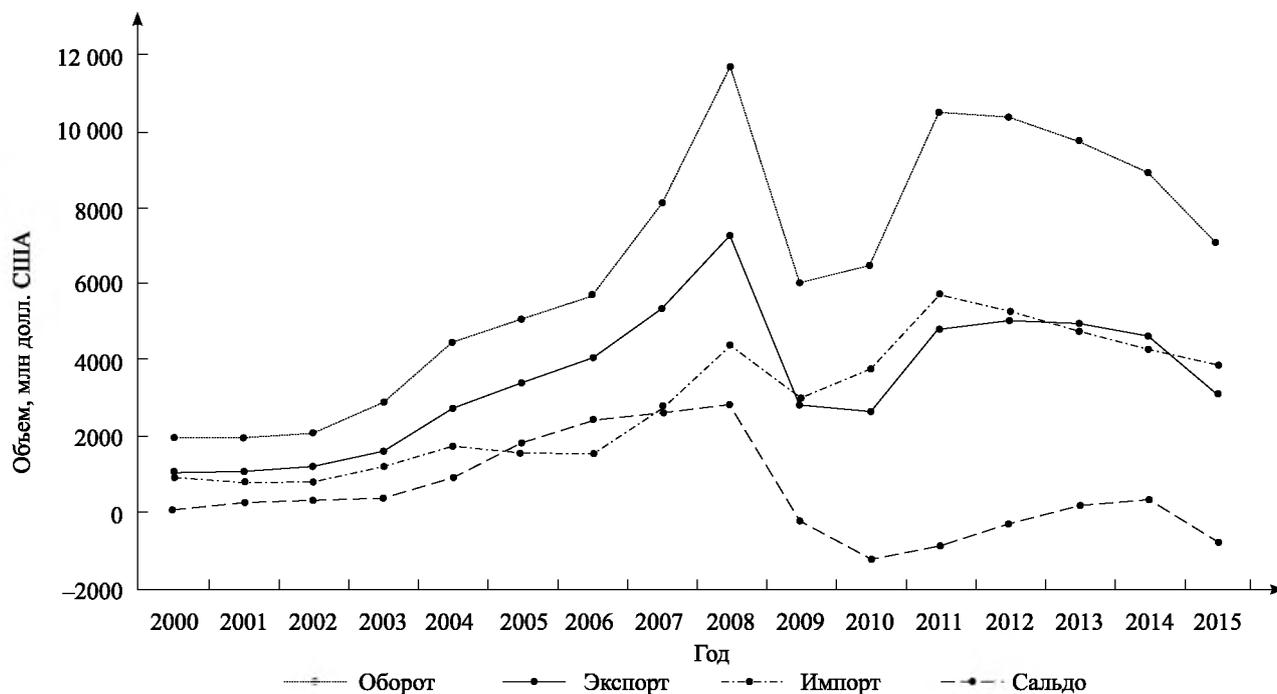


Рис. 1. Динамика внешней торговли товарами Гомельской области (составлено авторами по [7])
Fig. 1. Dynamics of the Gomel region foreign trade in goods (compiled by the authors of [7])

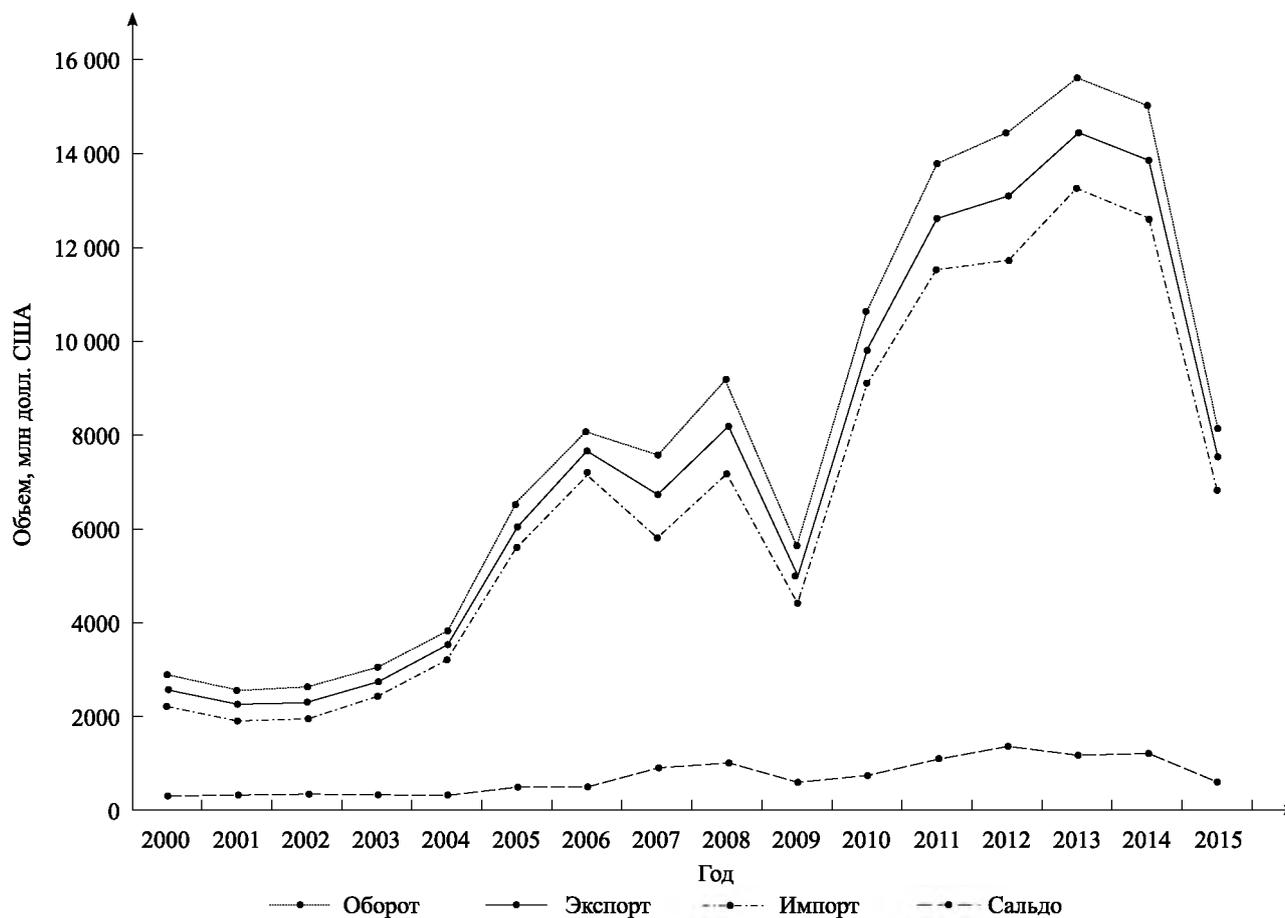


Рис. 2. Динамика внешней торговли товарами Республики Башкортостан (составлено авторами по [13; 14])
Fig. 2. Dynamics of the Republic of Bashkortostan foreign trade in goods (compiled by the authors of [13; 14])

Внешнеторговые показатели Республики Башкортостан в 2009 г. значительно снизились – в 1,6 раза. Причиной этого стало сокращение выручки за вывоз нефти и нефтепродуктов из-за падения мировых цен на них.

Во второй половине 2009 г. цена на нефть начала расти. В дальнейшем ситуация во внешней торговле Гомельской области определялась колебаниями мировых цен на нефть и черные металлы, а также положением в экономике России, которая выступает для региона основным рынком сбыта несырьевого экспорта. До 2012 г. денежный объем экспорта области рос, достигнув значения 5057,1 млн долл. США, но к 2015 г. сократился в 1,6 раза. Объем импорта обуславливался ценой на нефть и объемами ее ввоза, поэтому в последние годы наблюдалась тенденция к снижению: в 2011 г. его величина составила 5653,7 млн долл. США, а в 2015 г. – 3897,1 млн долл. США, что не позволило удержать положительным сальдо внешней торговли региона (–735,2 млн долл. США). Одной из причин сложившейся ситуации является тот факт, что значительные объемы нефтепродуктов, реализуемых за рубеж, экспортируются через ЗАО «Белорусская нефтяная компания» (Минск).

С 2009 г. начался рост внешнеторговых показателей Башкортостана, который продолжился до 2013 г. Вторая волна экономического кризиса, повторное снижение цен на нефть (до 28 долл. США в январе 2016 г.) и геополитические факторы привели к резкому падению экспорта и импорта в регионе (на 46 % в 2014–2015 гг.).

Поскольку объемы экспорта товаров Гомельской области и Республики Башкортостан определяются мировыми ценами на сырье (нефть и черные металлы) и продукцию его переработки вследствие специализации регионов, эти показатели подвержены серьезным колебаниям. Для Гомельской области важным фактором поддержания объемов внешней торговли является ситуация в экономике России, куда поставляется основной объем несырьевого экспорта. Объемы импорта для Гомельской области обусловлены сырьевым фактором, в то время как остальной импорт обоих регионов зависит, как правило, от ввоза машин и оборудования. Стоимость импорта Республики Башкортостан гораздо ниже аналогичного показателя по Гомельской области и незначительно влияет на товарооборот и внешнеторговое сальдо.

Сравнительный анализ товарной структуры внешней торговли исследуемых регионов, оценка ее диверсифицированности и структурных сдвигов. Товарная структура экспорта Гомельской области (табл. 1) и Республики Башкортостан (табл. 2) определяется их специализацией. Экспорт каждого из регионов носит ярко выраженный сырьевой характер. Две основные статьи экспорта Гомельской области обеспечивали 57,3 % его объема и связаны с добычей и переработкой сырья. Речь идет о минеральных продуктах (практически полностью представлены нефтью и нефтепродуктами) и черных металлах и изделиях из них. Значительную часть экспорта Республики Башкортостан (около 50–80 % ежегодно) составляют четыре продукта: нефть, дизельное топливо, мазут и бензин. Такая «монополизация» экспорта далеко не безобидна: эти товары являются сырьевыми или полуобработанными и в их цене невелика добавленная стоимость, что снижает эффективность экспорта исследуемых регионов.

Таблица 1

Товарная структура экспорта и импорта Гомельской области в 2005–2015 гг., %

Table 1

Commodity structure of the Gomel region exports and imports in 2005–2015, %

Товарная группа	Год					
	2005	2010	2015	2005	2010	2015
	Экспорт			Импорт		
Металлы и изделия из них	23,4	48,6	33,7	24,6	23,7	14,1
Минеральные продукты	58,9	3,3	23,6	34,9	44,2	44,0
Продовольствие и сельскохозяйственное сырье	2,9	11,1	14,0	3,5	2,0	2,4
Химические продукты	3,4	10,9	10,9	9,0	7,8	8,2
Машины, оборудование, транспортные средства	3,1	13,3	7,4	20,0	17,1	26,4
Древесина и целлюлозно-бумажные изделия	3,2	3,1	2,7	3,2	1,6	1,3
Текстиль, одежда и обувь	1,6	3,0	2,3	1,5	0,7	0,7
Другие виды продукции	3,5	6,7	5,4	3,3	2,9	2,9

Примечание. Составлено авторами на основе [15].

Товарная структура экспорта и импорта Республики Башкортостан в 2005–2014 гг., %

Table 2

Commodity structure of the Republic of Bashkortostan exports and imports in 2005–2014, %

Товарная группа	Год					
	2005	2010	2014	2005	2010	2014
	Экспорт			Импорт		
Минеральные продукты	80,1	82,9	85,6	7,7	1,4	1,4
Продукция машиностроения	4,7	5,9	5,8	74,4	64,6	58,6
Химические продукты	10,9	7,4	5,3	6,5	17,9	20,4
Металлы и изделия из них	2,7	2,6	2,0	2,3	7,2	13,4
Древесина и целлюлозно-бумажные изделия	0,6	0,5	0,6	0,1	0,4	0,4
Продовольствие и сельскохозяйственное сырье	0,1	0,1	0,2	5,5	3,2	2,6
Текстиль, одежда и обувь	0,0	0,0	0,0	0,3	2,4	1,3
Другие товары	0,9	0,6	0,5	3,2	2,9	1,9

Примечание. Составлено авторами на основе [14].

По сравнению с 2005 г. доля минеральных продуктов в товарной структуре экспорта Гомельской области значительно сократилась (на 35,3 %), что обусловлено перераспределением экспорта нефтепродуктов в ЗАО «Белорусская нефтяная компания». По причине существенных денежных объемов сырьевого экспорта доля других товарных групп остается незначительной. За 2005–2015 гг. выделяется рост в экспорте доли продуктов питания (с 2,9 до 14,0 %) и доли продукции химической промышленности (с 3,4 до 10,9 %). Самой неустойчивой товарной позицией экспорта являются машины, оборудование и транспортные средства, удельный вес которых за исследуемый период колебался в диапазоне от 3,1 до 13,3 %, что определялось спросом на данную продукцию на российском и украинском рынках.

Динамика же товарной структуры экспорта Республики Башкортостан характеризовалась, наоборот, укреплением позиций товарной группы минеральных продуктов (рост на 5,5 %) и снижением удельного веса химических продуктов (на 5,6 %). Позитивным изменением в товарной структуре стало повышение доли продукции машиностроения (на 1,1 %), однако удельный вес данной товарной группы в целом остается низким.

Ассортимент импортируемых товаров Гомельской области и Республики Башкортостан различен (см. табл. 1 и 2). В товарной структуре импорта Гомельской области в 2015 г. доминируют минеральные продукты (44,0 %), высока доля импорта машин, оборудования и транспортных средств, а также компонентов для их производства (26,4 %). Кризисными явлениями, сохраняющимися в машиностроительной отрасли, обусловлены значительные объемы закупок Республикой Башкортостан за рубежом продукции машиностроения (более половины импорта региона).

Серьезных сдвигов в товарной структуре импорта Гомельской области за 2005–2015 гг. не произошло: все изменения определяются динамикой объемов и цен на импортируемые товары, прежде всего за счет увеличения объемов ввоза нефти на переработку. Значительное преобразование в товарной структуре импорта Республики Башкортостан связано с сокращением доли продукции машиностроения (на 15,8 %). Причинами этого стали повышение курса российского рубля к доллару США, снижение доходов от экспорта нефти, экономический кризис, антироссийские экономические санкции. Наметившийся подъем в агропромышленном секторе Башкортостана и экономические санкции способствовали уменьшению удельного веса продовольствия и сельскохозяйственного сырья в импорте.

В целом товарные структуры экспорта и импорта Гомельской области схожи: для них характерна высокая доля минеральных и химических продуктов и металлов, а различия выражаются в объемах торговли машинами, оборудованием и продуктами питания. Товарные структуры экспорта и импорта Республики Башкортостан, наоборот, отличаются: вывозятся в основном минеральные продукты, а ввозится продукция машиностроения.

Статистические величины диверсифицированности товарной структуры внешней торговли Гомельской области и Республики Башкортостан и происходящих в ней сдвигов рассчитаны в табл. 3.

Таблица 3

Динамика значений I_{HH} и I_R для товарной структуры экспорта и импорта
Гомельской области и Республики Башкортостан

Table 3

Dynamics of the I_{HH} and I_R values for the commodity structure of exports and imports
of the Gomel region and the Republic of Bashkortostan

Внешняя торговля	Показатели					
	I_{HH}			I_R		
	Год					
	2005	2010	2015	2005–2010	2010–2015	2005–2015
Гомельская область						
Экспорт	4071	2854	2103	0,633	0,271	0,379
Импорт	2339	2884	2915	0,100	0,125	0,153
Республика Башкортостан						
Экспорт	6565	6969	7394	0,028	0,021	0,048
Импорт	5683	4572	4044	0,122	0,070	0,181

Примечание. Рассчитано авторами по данным табл. 1 и 2.

Товарная структура внешней торговли Гомельской области и Республики Башкортостан характеризуется слабой степенью диверсификации, причем значение индекса гораздо выше у российского региона, что позволяет сделать вывод о монопрофильности его импорта и особенно экспорта. Наблюдаются разнонаправленные тенденции в динамике товарных структур внешней торговли изучаемых регионов. В экспорте Гомельской области происходит увеличение степени диверсифицированности, в импорте нарастает ее концентрация. В Республике Башкортостан, наоборот, сузилась диверсифицированность товарной структуры экспорта на фоне уменьшения монопрофильности импорта.

Динамика сдвигов в товарной структуре внешней торговли Гомельской области и Республики Башкортостан отличалась в отдельные периоды. В Гомельской области в импорте структурные сдвиги были незначительными для всего исследуемого периода, а товарная структура экспорта подвергалась серьезным изменениям (за 2005–2015 гг. $I_R = 0,379$). Наиболее значительные структурные сдвиги в экспорте наблюдались в 2005–2010 гг. ($I_R = 0,633$) по причине снижения вывоза нефти и нефтепродуктов.

В Республике Башкортостан до 2010 г. значения индексов по экспорту и импорту несколько снизились, в 2005–2014 гг. – возросли. В целом за 2005–2015 гг. товарная структура экспорта претерпела весьма незначительный сдвиг ($I_R = 0,048$). За это время закрепилась сырьевая специализация внешней торговли республики. В импорте региона за 2005–2015 гг. произошли существенные сдвиги ($I_R = 0,181$): доля продукции машиностроения уменьшилась, а доля химической продукции увеличилась.

Сравнительный анализ географии внешней торговли Гомельской области и Республики Башкортостан. География международной торговли изучаемых регионов расширилась. Если в 1990-х гг. они поддерживали внешнеторговые связи с 60–80 странами ежегодно, то в последние годы речь можно вести о 100 странах мира.

Важными торговыми партнерами обоих регионов являются страны СНГ. При этом именно Гомельская область гораздо больше зависит от объемов внешней торговли со странами СНГ (прежде всего с Россией), удельный вес которых в экспорте и импорте области составляет от 1/2 до 3/4 и более. Удельный вес стран СНГ в экспорте Республики Башкортостан в некоторые годы доходил до 1/4, а в импорте – до 1/3. Внешняя торговля со странами СНГ у обоих исследуемых регионов подвержена серьезным колебаниям.

Для экспорта Гомельской области характерна более высокая страновая концентрация, чем у Республики Башкортостан: на пять первых ключевых партнеров в 2015 г. приходилось 78,2 % объема экспорта (у Башкортостана – 61,5 %) (табл. 4 и 5). В последние годы ключевым партнером по экспорту Гомельской области является Россия, доля которой в 2015 г. составляла 37,5 %. Главными контрагентами Республики Башкортостан по экспорту являются Нидерланды и Латвия, в порты которых вывозится основной объем нефти и нефтепродуктов.

Таблица 4

Динамика объемов экспорта и импорта Гомельской области
с ключевыми внешнеторговыми партнерами в 2005–2015 гг.

Table 4

Dynamics of the Gomel region exports and imports
for key foreign trade partners in 2005–2015

Страна	2005 г.		Страна	2010 г.		Страна	2015 г.	
	Объем			Объем			Объем	
	млн долл. США	%		млн долл. США	%		млн долл. США	%
Экспорт								
Нидерланды	862,4	25,1	Россия	1293,7	48,3	Россия	1185,9	37,5
Россия	722,8	21,0	Украина	203,4	7,6	Германия	743,1	23,5
Германия	370,5	10,8	Польша	142,2	5,3	Украина	208,2	6,6
Польша	316,0	9,2	Латвия	109,4	4,1	Польша	188,5	6,0
Великобритания	262,2	7,6	Германия	106,2	4,0	Литва	146,3	4,6
Первая пятерка	2553,9	73,7	Первая пятерка	1854,9	69,3	Первая пятерка	2472,0	78,2
Всего	3437,2	100,0	Всего	2677,6	100,0	Всего	3161,9	100,0
Импорт								
Россия	1160,0	71,8	Россия	2679,8	70,9	Россия	2507,0	64,3
Германия	112,3	7,0	Германия	259,5	6,9	Китай	661,0	17,0
Украина	80,1	5,0	Украина	210,3	5,6	Германия	168,1	4,3
Италия	52,1	3,2	Китай	66,3	1,8	Украина	103,0	2,6
Франция	22,3	1,4	Италия	65,1	1,7	Италия	77,1	2,0
Первая пятерка	1426,8	88,4	Первая пятерка	3281,0	86,9	Первая пятерка	3516,2	90,2
Всего	1614,6	100,0	Всего	3780,6	100,0	Всего	3897,1	100,0

Примечание. Составлено авторами на основе [15]. Строка «Всего» отражает суммарный объем экспорта и импорта региона.

Таблица 5

Динамика объемов экспорта и импорта Республики Башкортостан
с ключевыми внешнеторговыми партнерами в 2005–2014 гг.

Table 5

Dynamics of the Republic of Bashkortostan exports and imports
for key foreign trade partners in 2005–2014

Страна	2005 г.		Страна	2010 г.		Страна	2014 г.	
	Объем			Объем			Объем	
	млн долл. США	%		млн долл. США	%		млн долл. США	%
Экспорт								
Виргинские острова (Британия)	840,8	13,9	Нидерланды	1550,0	15,7	Нидерланды	2848,5	20,6
Швейцария	530,5	8,8	Латвия	1054,4	10,7	Латвия	2033,3	14,7
Нидерланды	494,1	8,2	Франция	761,2	7,7	Италия	1669,1	12,0
Казахстан	424,6	7,0	Чехия	667,2	6,7	Венгрия	1217,2	8,8
Италия	345,9	5,7	Беларусь	536,8	5,4	Казахстан	753,7	5,4
Первая пятерка	2635,9	43,6	Первая пятерка	4569,6	46,2	Первая пятерка	8521,8	61,5
Беларусь (23-е место)	45,0	0,7	–	–	–	Беларусь (9-е место)	329,6	2,4
Всего	6059,0	100,0	Всего	9890,8	100,0	Всего	13 854,2	100,0

Окончание табл. 5
Ending table 5

Страна	2005 г.		Страна	2010 г.		Страна	2014 г.	
	Объем			Объем			Объем	
	млн долл. США	%		млн долл. США	%		млн долл. США	%
Импорт								
Германия	117,1	24,7	Беларусь	127,0	17,0	Япония	178,8	15,1
Узбекистан	107,4	22,6	Украина	80,2	10,7	Германия	157,9	13,3
Китай	53,2	11,2	Китай	73,2	9,8	Китай	143,6	12,1
Казахстан	36,0	7,6	Германия	71,3	9,5	Беларусь	129,3	10,9
Бельгия	17,7	3,7	Узбекистан	68,2	9,1	Великобритания	77,4	6,5
Первая пятерка	331,4	69,8	Первая пятерка	419,9	56,1	Первая пятерка	687,0	57,9
Всего	474,4	100,0	Всего	749,2	100,0	Всего	1186,5	100,0

Примечание. Составлено авторами на основе [14]. Строка «Всего» отражает суммарный объем экспорта и импорта региона.

В импорте Гомельской области безоговорочным лидером остается Россия, доля которой немного снизилась в 2005–2015 гг. (см. табл. 4). В импорте Республики Башкортостан такого лидера нет: в разные годы наибольший объем ввоза товаров исходил из Германии, Беларуси, Казахстана, Украины, Японии и Узбекистана (см. табл. 5).

Значительный объем импорта товаров осуществляется исследуемыми регионами из Германии, Украины и Италии. В последние годы расширение экономических отношений с Китаем привело к увеличению его доли в импорте изучаемых регионов (в основном Китай поставляет промышленное оборудование и потребительские товары). Если Китай регулярно попадал в число трех крупнейших импортеров продукции Республики Башкортостан, то к 2015 г. он оказался в такой же тройке и по Гомельской области.

Уровень географической диверсификации внешней торговли товарами у Гомельской области значительно ниже по сравнению с Республикой Башкортостан (табл. 6). Особенно выделяется в белорусском регионе высокая концентрация импорта ($I_{HH} = 4460$ в 2015 г.). Низкий уровень структурных сдвигов в импорте Гомельской области свидетельствует о стабильности его географической структуры. В то же время значительный уровень структурных сдвигов в экспорте ($I_R = 0,434$ за 2005–2015 гг.) подтверждает воздействие на нее мирового экономического кризиса. В целом анализ позволяет утверждать, что Гомельская область сильно зависит во внешней торговле от состояния российского рынка и спроса на производимые регионом нефтепродукты.

Таблица 6

Динамика значений I_{HH} и I_R для географической структуры экспорта и импорта товаров Гомельской области и Республики Башкортостан

Table 6

Dynamics of the I_{HH} and I_R values for the geographical structure of exports and imports of goods of the Gomel region and the Republic of Bashkortostan

Внешняя торговля	Показатели					
	I_{HH}			I_R		
	Год					
	2005	2010	2015	2005–2010	2010–2015	2005–2015
Гомельская область						
Экспорт	1408	2553	2137	0,490	0,247	0,434
Импорт	5304	5164	4460	0,020	0,126	0,133
Республика Башкортостан						
Экспорт	590	655	966	0,612	0,334	0,581
Импорт	1381	826	849	0,505	0,408	0,502

Примечание. Рассчитано авторами по данным табл. 4 и 5.

Республика Башкортостан относится к регионам с высокодиверсифицированной географической структурой как в экспорте ($I_{HH} = 966$), так и в импорте ($I_{HH} = 849$). Однако весьма значительные структурные сдвиги произошли за 2005–2014 гг. и в экспорте ($I_{HH} = 0,581$), и в импорте ($I_{HH} = 0,502$). Причем тренды имели противоположную направленность: в экспорте территориальная концентрация увеличилась, в импорте – уменьшилась.

Заключение

По итогам проведенного исследования сделаны следующие выводы:

1) совместные международные исследования территориально-структурных особенностей внешней торговли позволяют получить комплексные результаты развития интеграционных процессов и выявить их механизмы, лучше понять пространственную организацию внешнеэкономических связей регионов по сравнению с отдельными изысканиями заинтересованных сторон;

2) участие Гомельской области и Республики Башкортостан (как отдельных административно-территориальных единиц стран) в ЕАЭС пока не привело к заметным качественным изменениям в отраслевой и пространственной структуре экономик данных регионов. Однако для регионов России и Беларуси имеются выгоды от участия в интеграционном процессе: свободное перемещение факторов производства внутри общего рынка, единый свод таможенных тарифов в отношении третьих стран, отказ участвующих сторон от использования в дальнейшем национальных категорий в пользу наднациональных путем выработки унифицированных подходов, нормативов при создании единых отраслевых рынков и инструментов их регулирования [5];

3) выявлена монопрофильность товарной структуры импорта и особенно экспорта Республики Башкортостан. В последнее десятилетие ярко проявилась зависимость внешнеэкономических связей Башкортостана от мировой конъюнктуры. Резкое падение внешнеторговых показателей в кризисные годы происходило при значительном снижении цен на нефть и нефтепродукты, являющиеся основной экспортной позицией республики. Сказалась односторонняя сырьевая ориентация экспорта региона, что привело к кризису на внутреннем рынке;

4) отмечается географическая сверхконцентрация экспорта и особенно импорта Гомельской области в российском направлении. Несмотря на некоторые преимущества долгосрочного сотрудничества, возрастают зависимость внешнеэкономических связей региона от состояния только одного рынка и вероятность ухудшения внешнеторговых показателей в периоды кризисов. В рамках ЕАЭС наблюдается явный перекос во взаимной торговле стран в пользу товаропотоков с участием России. По статистическим данным ЕАЭС, на две главные пары стран организации (Россия – Беларусь и Россия – Казахстан) приходится более 90 % объема взаимной торговли;

5) в современном международном географическом разделении труда интенсивно развивается внутриотраслевая торговля между территориями с близким уровнем экономического развития, что дает значительные преимущества. Речь идет об экспорте и импорте продукции одинаковых отраслей. Развитие внутриотраслевой торговли свидетельствует о том, что в результате интеграции сформировался емкий общий рынок, присутствует инновационный тип производства и отрасль конкурентоспособна на мировом уровне. Для Гомельской области и Республики Башкортостан такими сферами, в которых в дальнейшем необходимо развивать взаимовыгодные связи, могут стать научно-техническое сотрудничество, нефтепереработка, машиностроительный и агропромышленный комплексы.

Результаты настоящего исследования могут учитываться при выработке управленческих решений, направленных на оптимизацию внешнеторговой деятельности.

Библиографические ссылки

1. Шуйский В. П. Международная торговля товарами: сохранение нынешних тенденций или начало разворота? // Рос. внешне-экон. вестн. 2016. № 7. С. 53–59.
2. Шавель А. Н. Экономико-географические аспекты внешнеторгового взаимодействия Беларуси в рамках Таможенного союза и Единого экономического пространства // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. 2015. № 1. С. 81–87.
3. Закиров И. В., Ахунов А. Р. Современные особенности международной торговли: экономико-географические аспекты // Вестн. Башкир. ун-та. 2013. Т. 18, № 4. С. 1099–1104.
4. Закиров И. В. Группировка регионов России по показателю стоимости экспорта в расчете на душу населения // Районирование в современной экономической, социальной и политической географии: потенциал, теория, методы, практика : тез. докл. Всерос. науч. конф. с междунар. участием / под ред. А. Г. Дружинина, В. Е. Шувалова (Ростов-на-Дону, 24–26 сент. 2004 г.). Ростов н/Д., 2004. С. 53–57.
5. Сафиуллин Р. Г., Закиров И. В., Тельнова Т. П. Экономико-географический анализ интеграции России в рамках Евразийского экономического союза // Докл. Башкир. ун-та. 2016. Т. 1, № 2. С. 302–307.

6. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. URL: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/> (дата обращения: 18.02.2017).
7. Главное статистическое управление Гомельской области [Электронный ресурс]. URL: <http://gomel.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/> (дата обращения: 20.02.2017).
8. Регионы России. Социально-экономические показатели – 2016 : стат. сб. М., 2016.
9. Озем Г. З., Шавель А. Н. Теоретико-методологические аспекты географического исследования внешней торговли // Эволюция общественно-географической мысли : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 29–30 сент. 2012 г.) / под ред. А. Г. Дружинина, А. И. Чистобаева. СПб., 2012. С. 207–216.
10. Озем Г. З., Шавель А. Н., Сидоренко В. П. Новые аспекты экономико-географического изучения внешней торговли // Географические науки в обеспечении стратегии устойчивого развития в условиях глобализации (к 100-летию со дня рожд. проф. Н. Т. Романовского) : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 25–28 окт. 2012 г.) / редкол.: И. И. Пирожник (гл. ред.) [и др.]. Минск, 2012. С. 114–117.
11. Озем Г. З., Шавель А. Н., Сидоренко В. П. Новые подходы к экономико-географическому изучению внешней торговли Республики Беларусь // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. 2012. № 3. С. 66–71.
12. Региональная статистика / под ред. В. М. Рябцева, Г. И. Чудилина. М., 2001. С. 46–47.
13. Внешняя торговля субъектов Приволжского федерального округа Республики Башкортостан // Приволжское таможенное управление Федеральной таможенной службы [Электронный ресурс]. URL: http://ptu.customs.ru/index.php?option=com_content&view=category&id=154&Itemid=93 (дата обращения: 19.02.2017).
14. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Башкортостан [Электронный ресурс]. URL: http://bashstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/bashstat/ru/statistics/ (дата обращения: 19.02.2017).
15. Статистический ежегодник Гомельской области, 2016. Гомель, 2016.

References

1. Shuyskiy V. P. International trade in goods: presistent current trends or a turning-point? *Russ. foreign econ. bull.* 2016. No. 7. P. 53–59 (in Russ.).
2. Shavel A. N. Economy-geographical aspects of foreign trade interaction between Belarus within the Customs Union and Common Economic Space. *Vestnik BSU. Ser. 2, Khim. Biol. Geogr.* 2015. No. 1. P. 81–87 (in Russ.).
3. Zakirov I. V., Akhunov A. R. [Modern features of international trade: economic and geographical aspects]. *Vestnik Bashkir. univ.* 2013. Vol. 18, No. 4. P. 1099–1104 (in Russ.).
4. Zakirov I. V. The Grouping of Russian regions in terms of the value per capita of the population. *Raionirovanie v sovremennoy ekonomicheskoy, sotsial'noy i politicheskoy geografii: potentsial, teoriya, metody, praktika : tezisy dokl. Vseross. nauchn. konf. s mezhdunar. uchastiyem* (Rostov-on-Don, 24–26 Sept., 2004). Rostov-on-Don, 2004. P. 53–57 (in Russ.).
5. Safiullin R. G., Zakirov I. V., Tel'nova T. P. Economic-geographical analysis of Russia's integration into the Eurasian Economic Union. *Dokl. Bashkir. univ.* 2016. Vol. 1, No. 2. P. 302–307 (in Russ.).
6. National Statistical Committee of the Republic of Belarus. URL: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/> (date of access: 18.02.2017) (in Russ.).
7. Central Statistical Office of the Gomel region. URL: <http://gomel.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/> (date of access: 20.02.2017) (in Russ.).
8. [Regions of Russia. Socio-economic indicators – 2016] : stat. sb. Moscow, 2016 (in Russ.).
9. Ozem G. Z., Shavel A. N. [Theoretical and methodological aspects of geographical study of foreign trade]. *Evolutsiya obshchestvenno-geograficheskoy mysli* : materialy Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. (Saint Petersburg, 29–30 Sept., 2012). Saint Petersburg, 2012. P. 207–216 (in Russ.).
10. Ozem G. Z., Shavel A. N., Sidorenko V. P. [New aspects of economic-geographical study of foreign trade]. *Geograficheskie nauki v obespechenii strategii ustoychivogo razvitiya v usloviyakh globalizatsii (k 100-letiyu so dnya rozhdeniya professora N. T. Romanovskogo)* : materialy Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. (Minsk, 25–28 Okt., 2012). Minsk, 2012. P. 114–117 (in Russ.).
11. Ozem G. Z., Shavel A. N., Sidorenko V. P. New approaches to economic-geographical study of the foreign trade of the Republic of Belarus. *Vestnik BSU. Ser. 2, Khim. Biol. Geogr.* 2012. No. 3. P. 66–71 (in Russ.).
12. Ryabtsev V. M., Chudilin G. I. (eds.). [Regional statistics]. Moscow, 2001. P. 46–47 (in Russ.).
13. [Foreign trade of Privolzhskiy Federal District subjects: the Republic of Bashkortostan]. *Privolzhskoe tamozhennoe upravlenie Federal'noi tamozhennoy sluzhby*. URL: http://ptu.customs.ru/index.php?option=com_content&view=category&id=154&Itemid=93 (date of access: 19.02.2017) (in Russ.).
14. [Territorial body of the Federal Service of Statistics for the Republic of Bashkortostan]. URL: http://bashstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/bashstat/ru/statistics/ (date of access: 19.02.2017) (in Russ.).
15. [Statistical Yearbook of the Gomel oblast, 2016]. Gomel, 2016 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 03.03.2017.
Received by editorial board 03.03.2017.

ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕК МИНСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРОФИЛИРУЮЩИЕ ВИДЫ И ЛИМИТИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ

Н. С. ШЕВЦОВА¹⁾, О. Н. ГОРДЕЙЧУК¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

На основе методики комплексной туристско-рекреационной оценки природного потенциала, методов математической статистики и картографических методов с использованием ГИС-технологий MapInfo изучен природный потенциал 29 рек Минской области. По результатам исследования установлено, что из 74 участков, выделенных на 29 реках, в числе профилирующих доминируют промысловые виды отдыха – любительская охота и любительское рыболовство. Определено, что благоприятными условиями для реализации гребли на лодках располагают 18 участков, а для катания на яхтах – 4 участка. Обнаружено, что весьма ограничен природный потенциал акваторий рек для купания и подводного плавания. Не выявлено участков рек, в пределах которых возможно катание на водных лыжах. Дифференциация 74 участков Минской области по трем типам туристско-рекреационного использования показала, что максимальная доля участков рек, которые относятся к ограниченно-полифункциональному типу, составляет 93,2 %, на втором месте – полифункциональный тип (4,1 %), на третьем – монофункциональный (2,7 %). На реках Минской области не выявлено участков, которые не используются для водного туризма и отдыха, что свидетельствует об эффективном задействовании их туристско-рекреационного природного потенциала.

Ключевые слова: туристско-рекреационный природный потенциал; участки рек; комплексная туристско-рекреационная оценка; виды туристско-рекреационного использования; целевые показатели и нормативы; профилирующие виды; полифункциональный, ограниченно-полифункциональный, монофункциональный и непригодный типы туристско-рекреационного использования.

TOURIST AND RECREATIONAL USE OF THE RIVERS IN MINSK REGION: PROFILING TYPES AND LIMITING FACTORS

N. S. SHEVTSOVA^a, O. N. GORDEYCHUK^a

^aBelarusian State University, Niezaliežnasci Avenue, 4, 220030, Minsk, Belarus

Corresponding author: N. S. Shevtsova (shevtsova-ns@yandex.ru)

On the basis of the methodology of the complex tourist and recreational evaluation of natural potential, mathematical statistics methods and mapping methods using GIS technology of MapInfo the natural potential of the 29 rivers of Minsk region is assessed. The results of a complex assessment of the tourist and recreational natural potential of rivers in Minsk region have shown that from 74 areas located on 29 rivers amateur hunting and recreational fishing stable dominate

Образец цитирования:

Шевцова Н. С., Гордейчук О. Н. Туристско-рекреационное использование рек Минской области: профилирующие виды и лимитирующие факторы // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 52–62.

For citation:

Shevtsova N. S., Gordeychuk O. N. Tourist and recreational use of the rivers in Minsk region: profiling types and limiting factors. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 52–62 (in Russ.).

Авторы:

Наталья Сергеевна Шевцова – кандидат географических наук, доцент, доцент межкафедрального центра – кафедры ЮНЕСКО по естественно-научному образованию.

Оксана Николаевна Гордейчук – магистрант кафедры экономической географии зарубежных стран географического факультета. Научный руководитель – Н. С. Шевцова.

Authors:

Natali Shevtsova, PhD (geography), docent; associate professor at the inter-departmental center – UNESCO department in natural science education.

shevtsova-ns@yandex.ru

Oksana Gordeychuk, graduate student at the department of economic geography of foreign countries, faculty of geography.

oksanagord93@gmail.com

among other profiling types of recreational activities. There are favorable conditions for realization of rowing by boats on 18 areas, and for driving on yachts on 4 areas. Natural potential of rivers for swimming and snorkeling is very limited. River areas which have opportunities for water skiing aren't revealed. Typification of 74 river areas of the Minsk region on 3 types of tourist and recreational use has shown that maximum share of this areas is used by limited multifunctional type – 93.2 %, on the second place – by multifunctional type – 4.1 %, and on the third place – by monofunctional type – 2.7 %. In addition, there are no river areas in Minsk region which aren't used for water tourism and rest, demonstrating effective use of tourist and recreational natural potential.

Key words: tourist and recreational natural potential; river areas; tourism and recreation complex assessment; types of tourist-recreational use; targets and standards; profiling types; multifunctional, limited-multifunctional, monofunctional and unsuitable types of tourist and recreational use.

Введение

На протяжении всей истории существования человеческой цивилизации наиболее привлекательной частью туристско-рекреационного природного потенциала (далее – ТРПП) мира, регионов и отдельных стран служили водные ресурсы. В условиях глобализации и интернационализации мирового хозяйства роль сферы услуг и (в ее составе) рекреационной отрасли неуклонно возрастает в экономике не только развитых, но и развивающихся стран, а также государств с переходным типом экономики, к числу которых относится Республика Беларусь. Установлено, что водные ресурсы Беларуси являются самой перспективной частью ее природно-рекреационного потенциала, поскольку из 18 зон отдыха более 50 % приурочены к рекам, а 26 % – к крупным озерным системам [1]. Приоритетность потребительских запросов населения в отдыхе у воды стимулировала необходимость выявить условия для развития видов водного туризма и отдыха на водотоках Республики Беларусь.

С учетом постоянно нарастающего антропогенного воздействия на водную среду, а точнее, роста концентрации промышленного производства и урбанизированности территорий, сопровождающихся активизацией миграционной способности населения, важным стало развитие менеджмента индустрии отдыха и туризма, связанного с оказанием качественных туристско-рекреационных услуг в области водного туризма. Это было обусловлено несколькими факторами. Во-первых, ухудшение гидрохимического и микробиологического качества вод привело к возникновению антропогенных заболеваний человека, что вызвало необходимость регламентирования водных ресурсов нормами экологического законодательства как одним из элементов экологической политики. Во-вторых, введение соответствующих стандартов качества водной среды на основе нормирования позволило ограничить степень антропогенного воздействия до уровня, обеспечивавшего ее приемлемое для отдыха и туризма качество. В-третьих, нормирование и стандартизация определили появление системы менеджмента качества в рекреационной отрасли, устанавливающей стандарты оказания туристско-рекреационных услуг.

Однако до настоящего момента объектами менеджмента качества в сфере туризма выступали туристско-экскурсионное обслуживание, гостинично-ресторанное хозяйство, трансфер и иные услуги, соответствующие современным требованиям отдыхающих, предъявляемым к их уровню. Между тем количественная оценка природного потенциала водотоков с позиции их безопасного медико-биологического и технического использования для водного туризма и отдыха при параллельном сохранении целостности экосистем является научной проблемой как в нашей стране, так и за рубежом [2–7].

В 2005 г. данную научно-практическую проблему своевременно оценило руководство Министерства спорта и туризма Республики Беларусь в связи с поставленной президентом задачей сформировать Государственный кадастр туристических ресурсов (ГКТР) страны как стандарт учета количества, качества, динамики, формы и степени использования природно-ресурсного потенциала территории. В целях выполнения этой задачи были разработаны и реализованы национальные программы по развитию туризма в Республике Беларусь на 2006–2010 и 2011–2015 гг., а в 2016 г. утверждена государственная программа «Беларусь гостеприимная» на 2016–2020 гг.¹ При этом важнейшей задачей каждой из программ было и остается формирование ГКТР в рамках административно-территориальных единиц (районов) на общей нормативно-правовой, методической и информационной основе.

¹Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 24.08.2005 г. № 927 «Об утверждении Национальной программы развития туризма в Республике Беларусь на 2006–2010 годы»; постановление Совета Министров Республики Беларусь от 24.03.2011 г. № 373 «Об утверждении Государственной программы развития туризма в Республике Беларусь на 2011–2015 годы»; постановление Совета Министров Республики Беларусь от 23.03.2016 г. № 232 «Об утверждении Государственной программы “Беларусь гостеприимная” на 2016–2020 годы».

Правовая база разработана Министерством спорта и туризма Республики Беларусь и опирается на Закон Республики Беларусь «О туризме» и другие документы¹.

В качестве информационной основы используются предметные базы данных, ведомственные материалы по природным ресурсам Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, Министерства здравоохранения и иных государственных органов и ведомств Республики Беларусь.

В то же время до начала формирования ГКТР отсутствовала методология, включая методику оценки ТРПП акваторий водотоков, которая позволяла бы определять возможность их использования для различных видов туризма и отдыха. В связи с этим была создана соответствующая методика, применение которой позволит выявить ТРПП водотоков; обнаружить особенности состава профилирующих видов водного туризма и отдыха и провести их типизацию; установить структуру и характеристики географии размещения лимитирующих факторов для видов водного туризма и отдыха, реализация которых невозможна на современном этапе; разработать адресные мероприятия по минимизации воздействия указанных ограничивающих факторов, благодаря чему будет оптимизирована география размещения рекреационной инфраструктуры путем установления ее соответствия возможностям туристско-рекреационного использования (ТРИ) водотоков [8; 9].

Апробация методики комплексной оценки ТРПП на водных акваториях Брестской, Гродненской, Витебской и Могилёвской областей позволила выявить профилирующие виды водного туризма и отдыха для 155 участков 71 реки, а также идентифицировать лимитирующие факторы для тех видов ТРИ, реализация которых невозможна в настоящее время [8–13]. Результаты исследования послужили информационной базой для формирования и наполнения водного блока природной составляющей в разрезе районов указанных областей ГКТР Министерства спорта и туризма Республики Беларусь.

Однако на данный момент в целом для страны работа не завершена. Неохваченными остались Минская и Гомельская области, в границах которых расположено около 50 водных объектов, потенциально значимых и активно используемых для целей водного туризма и отдыха.

В настоящей работе представлены результаты комплексной оценки ТРПП 29 акваторий рек Минской области (Неман, Березина, Бобр, Вилия, Гайна, Илия, Свислочь, Сервечь, Исlochь, Двиноса, Волма, Вяча, Морочь, Нарочь, Плиса, Сула, Уса, Уша, Уша (приток р. Вилии), Случь, Узлянка, Птичь, Оресса, Западная Березина, Северная Цна, Черница, Усяжа, Турья, Лань), расположенных в 21 районе: Минском, Смолевичском, Борисовском, Червенском, Пуховичском, Молодечненском, Березинском, Крупском, Вилейском, Воложинском, Логойском, Узденском, Столбцовском, Несвижском, Клецком, Слуцком, Копыльском, Солигорском, Мядельском, Стародорожском, Любанском) [14].

Методика исследования

Для идентификации возможности туристско-рекреационного использования природного потенциала акваторий рек Беларуси разработана одноименная структурная модель оценки, ключевыми элементами которой являются следующие:

- характер рекреационного освоения (интенсивный, экстенсивный);
- структура видов ТРИ: контактные (купание, подводное плавание, катание на водных лыжах), бесконтактные (катание на яхтах, гребля на лодках), промысловые (любительская охота, любительское рыболовство);
- система целевых показателей и регламентирующих их нормативов (общие, особые, специфические, индивидуальные);
- процедура комплексной оценки акваторий для конкретных видов ТРИ (профилирующие виды, типы, лимитирующие факторы и показатели);
- функциональное туристско-рекреационное зонирование акваторий (по профилирующим видам и типам ТРИ, структуре лимитирующих факторов и показателей);
- система адресных организационно-технических мероприятий по минимизации воздействия лимитирующих факторов [8].

Основные положения методики и этапы проведения комплексной оценки ТРПП рек в полном объеме представлены в работах [8; 9].

Применение модели комплексной оценки ТРПП водотоков позволяет выявить структуру профилирующих видов туризма и отдыха на основе установления соответствия между нормативами, регламентирующими возможность реализации конкретного вида ТРИ, и существующими условиями для его организации в сочетании с обеспечением безопасности для здоровья отдыхающих. В дальнейшем

¹Закон Республики Беларусь от 16.06.2010 г. № 139-З «О внесении изменений и дополнений в Закон Республики Беларусь «О туризме»»; постановление Совета Министров Республики Беларусь от 18.06.2004 г. № 730 «Об утверждении Положений о порядке создания туристических зон и ведения Государственного кадастра туристических ресурсов Республики Беларусь».

на акватории реки согласно структуре профилирующих видов ТРИ выделяются участки, в пределах каждого из которых может быть реализован конкретный набор видов туризма и отдыха. По сочетанию профилирующих видов ТРИ конкретный участок реки был отнесен к одному из четырех типов [12]:

- не используемому в целях туризма и отдыха;
- монофункциональному;
- ограниченно-полифункциональному;
- полифункциональному.

Одновременно в процессе оценки выявляется структура лимитирующих факторов для видов ТРИ, реализация которых невозможна на конкретном участке реки.

Результаты комплексной оценки ТРПП и функционального туристско-рекреационного зонирования акваторий рек оформляются в виде текстовых материалов и именных паспортов, а также картографического материала и являются неотъемлемой частью ГКТР. Форма паспорта ГКТР представлена в работах [10–12]. В качестве картографической основы послужили электронные карты в масштабе 1 : 200 000 формата ГИС MapInfo, а также электронные карты в масштабе 1 : 100 000 формата ГИС Panorama.

По окончании оценки на перспективу разрабатывается система адресных организационно-технических мероприятий, направленных на минимизацию воздействия ограничивающих факторов, в целях последующего расширения спектра услуг, предоставляемого населению на данном участке реки, которая оформляется в форме рекомендаций для Министерства спорта и туризма Республики Беларусь.

Обсуждение результатов исследования

По итогам комплексной оценки ТРПП 29 рек Минской области выявлена неидентичность их природного потенциала для различных видов ТРИ, что позволило выделить 74 участка, отличающихся возможностью их использования для каждого вида водного туризма и отдыха.

Результаты комплексной оценки ТРПП показывают, что организация купания возможна на 3 участках 2 рек: 1–2-м участках Усы и 1-м участке Черницы. Для подводного плавания пригоден только 2-й участок Птичи (рис. 1).



Рис. 1. Доля пригодных участков рек Минской области для контактных видов туризма и отдыха:
а – купания; б – подводного плавания

Fig. 1. The proportion of suitable river sections of the Minsk region for contact types of tourism and recreation:
а – swimming; б – scuba diving

Гребля на лодках может быть реализована на 18 участках 12 рек. В их числе 1–2-е участки 3 рек – Березины, Сервечи и Морочи; 2-е участки 3 рек – Птичи, Западной Березины и Северной Цны; 2–3-й участки Плисы; 3-и участки 4 рек – Морочи, Илии, Свислочи и Лани; 4-й участок Гайны; 5–6-й участки Волмы.

Организация катания на водных лыжах не представляется возможной ни на одной из исследуемых рек (рис. 2).

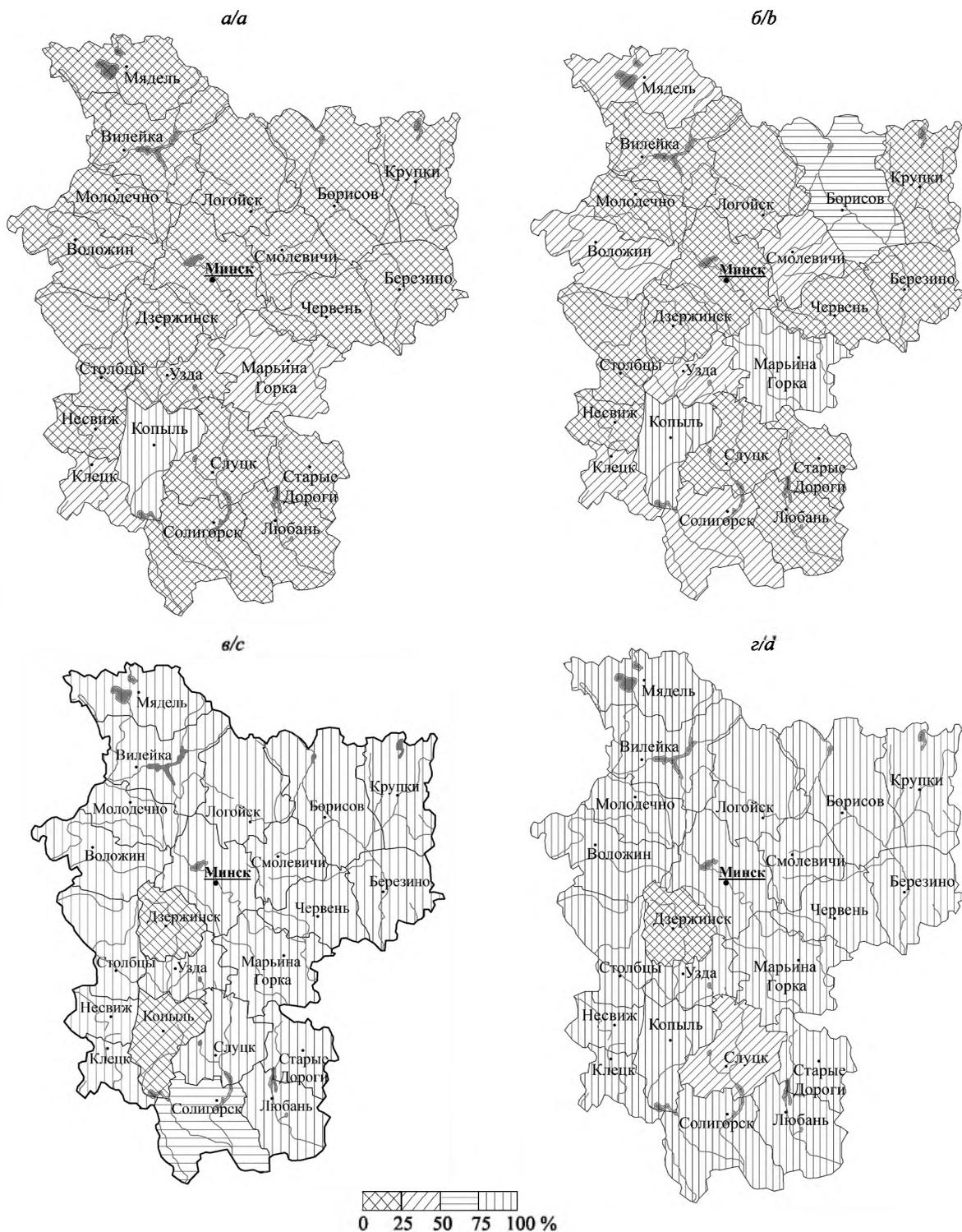


Рис. 2. Доля пригодных участков рек Минской области для бесконтактных (а – катание на яхтах; б – гребля на лодках) и промысловых (в – любительское рыболовство; г – любительская охота) видов туризма и отдыха

Fig. 2. The proportion of suitable river sections of the Minsk region for non-contact (a – skating on yachts; b – boating) and fishing types of tourism and recreation (c – fishing; d – hunting)

Благоприятными условиями для катания на яхтах располагают 4 участка 3 рек: 1–2-й участки Морочи, 6-й участок Волмы и 3-й участок Лани.

Реализация любительской охоты возможна на 71 участке 27 рек. Исключение составляют 1-й участок Немана и 1–2-й участки Случи.

Для любительского рыболовства благоприятными условиями располагают 71 участок 28 рек (кроме 1–3-го участков Морочи).

В результате комплексной оценки ТРПП 29 акваторий рек в их границах выделены 74 участка, которые были дифференцированы по трем типам:

- монофункциональный (на 2 участках 2 рек);
- ограниченно-полифункциональный (на 69 участках 26 рек);
- полифункциональный (на 3 участках 3 рек).

Структура монофункционального типа представлена любительским рыболовством на 2 участках 2 рек: 1-х участках Немана и Случи.

Самую крупную группу образуют 69 участков на 26 реках, в пределах которых в настоящее время существуют благоприятные условия для занятий двумя-тремя видами туристско-рекреационной деятельности, что соответствует ограниченно-полифункциональной структуре. К местам, на которых возможна организация двух профилирующих видов туристско-рекреационной деятельности в составе любительской охоты и любительского рыболовства, относятся 47 участков на 23 реках: 1-е участки 5 рек – Западной Березины, Плисы, Сулы, Птичи и Северной Цны; 2-й участок Усяжи; 1–2-е участки 10 рек – Вячи, Илии, Нарочи, Свислочи, Уши (приток р. Вилии), Узлянки, Ислочи, Орессы, Двиносы и Лани; 2–3-й участки Немана; 1-е–3-и участки 2 рек – Бобр и Гайны; 3–4-й участки Случи; 1–4-е участки 2 рек – Вилии и Волмы; 3–5-й участки Березины. Ограниченно-полифункциональный тип со специализацией в виде гребли на лодках и любительской охоты выявлен на 1 участке 1 реки: 3-м участке Морочи.

Комбинация из трех профилирующих видов в трех вариантах ТРИ в составе купания, любительского рыболовства и любительской охоты выявлена на 3 участках 2 рек: 1-м участке Черницы, 1–2-м участках Усы; со специализацией в виде гребли на лодках, любительского рыболовства и любительской охоты – на 13 участках 10 рек. В их числе 1–2-е участки 2 рек – Березины и Сервечи; 2-е участки 2 рек – Западной Березины и Северной Цны; 3-и участки 3 рек – Илии, Свислочи и Лани; 2–3-й участки Плисы; 4-й участок Гайны; 5-й участок Волмы. Возможность реализации таких приоритетных видов ТРИ, как катание на яхтах, гребля на лодках и любительская охота, выявлена на 2 участках 1 реки: 1–2-м участках Морочи.

Структура полифункционального типа представлена на 3 участках 3 рек. В их числе четыре профилирующих вида туризма и отдыха в двух вариантах:

- гребля на лодках, катание на яхтах, любительская охота и любительское рыболовство – на 1 участке 1 реки (6-м участке Волмы);
- подводное плавание, гребля на лодках, любительская охота и любительское рыболовство – на 2 участках 2 рек (2-м участке Птичи и 3-м участке Лани).

К лимитируемым видам туризма и отдыха на большинстве участков рек Минской области относятся контактные виды ТРИ в составе купания, подводного плавания и катания на водных лыжах; на отдельных участках рек в эту категорию входит такой бесконтактный вид туризма, как гребля на лодках. В пределах Минской области не выявлено ни одного участка, пригодного для катания на водных лыжах. Минимально количество участков, располагающих благоприятными условиями для купания (3 участка), подводного плавания (2 участка), катания на яхтах (1 участок), что связано как с наличием водораздела на данной местности, так и с отрицательным воздействием отраслей промышленного производства и урбанизированных территорий на гидрохимическое и микробиологическое качество вод в реках Минской области.

Лимитирующие факторы для различных видов ТРИ достаточно разнообразны и зависят от приоритетных требований конкретного вида водного туризма и отдыха к качеству природной среды.

Купание для 54 участков 18 рек лимитируется гидрохимическим качеством вод в составе следующих характеристик:

- прозрачность и цветность – на 22 участках 9 рек (1–2-х участках 3 рек – Нарочи, Сервечи и Северной Цны; 3-м участке Плисы; 1–3-х участках 2 рек – Илии и Морочи; 2–3-м участках Немана; 3–4-м участках Вилии; 1–5-м участках Березины);
- исключительно прозрачность – на 25 участках 10 рек (1-м участке Сулы; 1–2-х участках 5 рек – Вячи, Уши, Плисы, Западной Березины и Уши (приток р. Вилии); 1–3-х участках рек Бобр и Свислочи; 1–4-м участках Гайны, 2–6-м участках Волмы);
- уровень бихроматной окисляемости – на 7 участках 3 рек (1–2-х участках Нарочи и Сервечи, 1–3-м участках Морочи).

Микробиологическое качество вод является ограничивающим фактором для купания на 3 участках 2 рек (1-м участке Немана и 1–2-м участках Случи).

На 28 участках 10 рек лимитирующим является гидрологический фактор в следующем сочетании:

- высокий уровень колебания вод и скорость течения зафиксированы на 8 участках 4 рек (2-м участке Свислочи, 2–3-м участках Немана, 1–3-м участках Вилии, 4–5-м участках Березины);
- исключительно высокая скорость течения – на 8 участках 5 рек (1–2-м участках Нарочи и Узлянки, 2-м участке Исlochи, 2–3-м участках Немана, 4-м участке Вилии).

Неблагоприятным гидрологическим режимом, связанным с высоким уровнем колебания вод, характеризуются 8 участков 3 рек: 1–3-й участки р. Бобр, 2–3-й участки р. Неман и 2–4-й участки р. Случи); недостаточная водообеспеченность зафиксирована на 1–4-м участках Гайны (рис. 3).

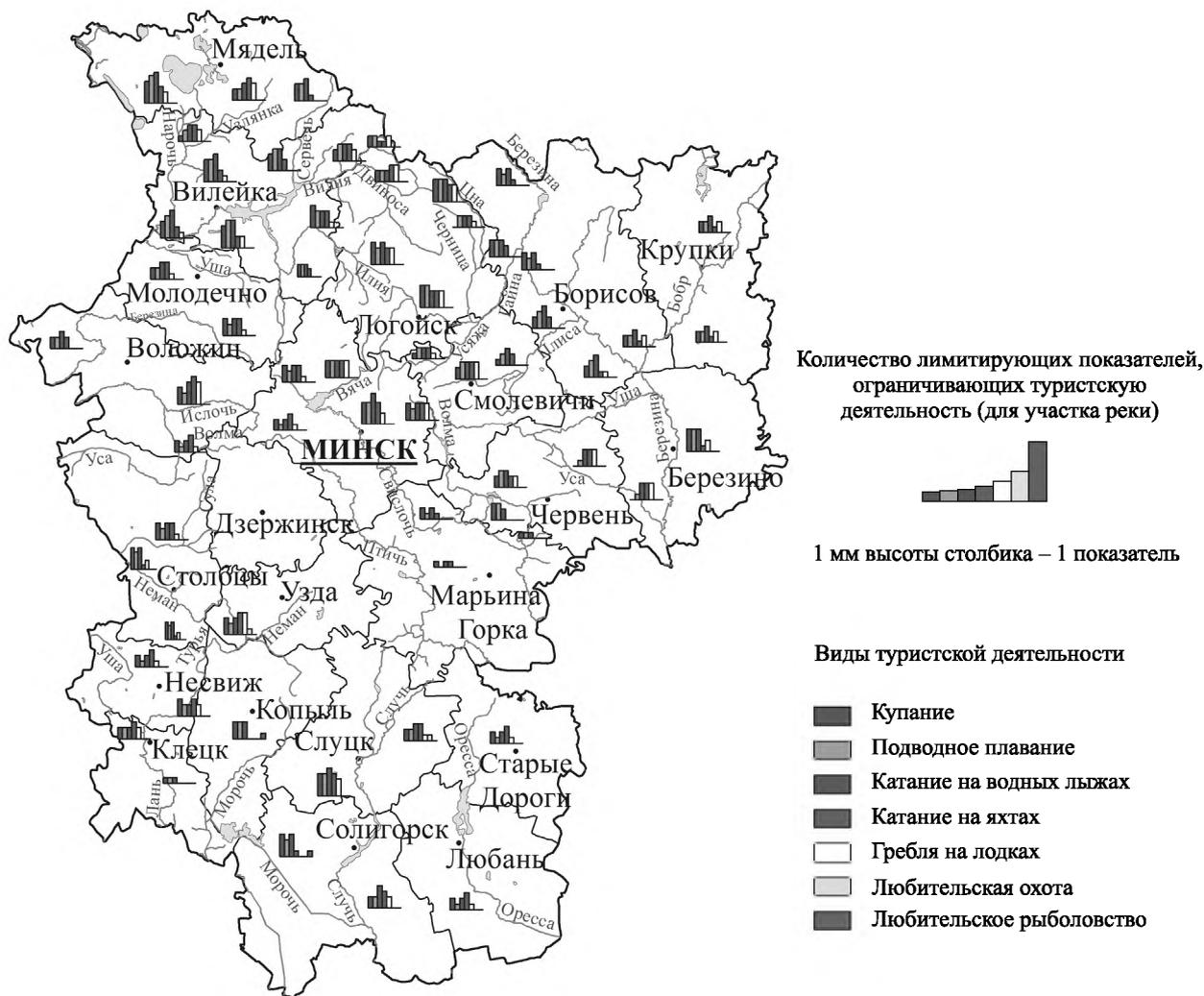


Рис. 3. Структура лимитирующих факторов участков рек Минской области
Fig. 3. Structure of the limiting factors of the rivers in the Minsk region

Купание также ограничено тремя обстоятельствами:

- ландшафтным фактором (на 43 участках 17 рек), действие которого проявляется в отсутствии пляжей вдоль русел рек (на 1-м участке Сулы; 1–2-х участках 8 рек – Березины, Вячи, Птичи, Исlochи, Орессы, Западной Березины, Двиносы и Северной Цны; 3-м участке Морочи; 1–3-х участках 4 рек – Илии, Немана, Свислочи и Лани; 1–4-х участках 2 рек – Гайны и Случи; 1–5-м участках Волмы);
- морфометрическими особенностями русел, заключающимися в высоком продольном уклоне, на 29 участках 18 рек (1-х участках 8 рек – Немана, Плисы, Свислочи, Сулы, Узлянки, Птичи, Западной Березины и Северной Цны; 1–2-х участках 9 рек – Вячи, Илии, Исlochи, Орессы, Двиносы, Лани, Уши, Уши (приток р. Вилии), Волмы; 1–3-м участках Гайны);

- морфологическим свойством дна – на 3 участках 3 рек (1-м участке Лани, а также 2-х участках Случи и Усяжи).

Для подводного плавания структура гидрохимических и микробиологических факторов, а также география их локализации по участкам идентичны выявленным выше для купания. Из гидрологических показателей, зафиксированных в качестве лимитирующих на 25 участках 11 рек, выявлены следующие:

- высокая скорость течения и высокий уровень колебания вод – на 8 участках 4 рек (2-м участке Свислочи, 2–3-м участках Немана, 1–3-м участках Вилии, 4–5-м участках Березины);
- исключительно высокая скорость течения – на 7 участках 5 рек (1-м участке Сервечи, 2-м участке Исlochи, 3-м участке Березины, 1–2-х участках Нарочи и Узлянки);
- высокий уровень колебания вод – на 6 участках 2 рек (1–3-м участках р. Бобр, 2–4-м участках р. Случи);
- недостаточная водообеспеченность – на 4 участках 1 реки (1–4-м участках Гайны).

Глубина является единственным морфометрическим фактором, ограничивающим подводное плавание на 54 участках 25 рек (1-х участках 5 рек – Немана, Нарочи, Сулы, Птичи и Черницы; 2-х участках 2 рек – Сервечи и Усяжи; 1–2-х участках 12 рек – Вячи, Свислочи, Усы, Уши, Узлянки, Исlochи, Орессы, Западной Березины, Двиносы, Северной Цны, Лани и Уши (приток р. Вилии); 1–3-х участках 2 рек – Илии и Плисы; 1, 2, 4-м участках Случи; 1–4-м участках Гайны; 2–4-м участках Вилии; 1–5-м участках Волмы), а отсутствие ландшафтного разнообразия побережья – на 13 участках 7 рек (1-х участках 3 рек – Плисы, Северной Цны и Черницы; 1–2-х участках 2 рек – Вячи и Двиносы; 1–4-м участках Гайны; 4–5-м участках Волмы).

Особенности морфологического характера дна являются препятствием для реализации подводного плавания на 3 участках 3 рек: 1-м участке Лани, 2-х участках Случи и Усяжи.

Для катания на водных лыжах структура гидрохимических и микробиологических факторов, а также география их распределения по участкам аналогичны выявленным для купания.

На 66 участках 29 рек в качестве лимитирующего для данного вида туризма выявлен морфометрический фактор в составе следующих характеристик:

- недостаточная ширина и глубина для судоходства – на 54 участках 26 рек (1-х участках 6 рек – Нарочи, Немана, Сулы, Птичи, Черницы и Турьи, 2-м участке Сервечи; 1–2-х участках 13 рек – Вячи, Свислочи, Усы, Уши, Узлянки, Исlochи, Орессы, Западной Березины, Двиносы, Северной Цны, Усяжи, Лани и Уши (приток р. Вилии); 1–3-х участках 2 рек – Илии и Плисы; 1–4-м участках Гайны; 1, 2, 4-м участках Случи; 2, 3, 4-м участках Вилии; 1–5-м участках Волмы);
- исключительно ширина – на 12 участках 9 рек (1-м участке Сервечи; 2-х участках 2 рек – Нарочи и Птичи; 3-х участках 4 рек – Морочи, Лани, Свислочи и Случи; 2–3-х участках Немана; 1–3-м участках Березины).

Для катания на водных лыжах гидрологический фактор является ограничивающим на 41 участке 12 рек в следующем составе. Недостаточный уровень водообеспеченности выявлен на 22 участках 9 рек (1–2-х участках 5 рек – Нарочи, Усы, Узлянки, Двиносы и Березины; 2–3-м участках р. Неман; 1–3-м участках р. Бобр; 1–4-м участках р. Вилии; 3–5-м участках р. Березины); высокая скорость течения – на 1 участке 1 реки (2-м участке Нарочи). Сочетание недостаточного расхода воды при высокой скорости течения обнаружено на 4 участках 3 рек (2-х участках Свислочи и Исlochи, 4–5-м участках Березины), а комбинация из высокой скорости течения и уровня колебания вод – на 3 участках 1 реки (2–4-м участках Случи). Недостаточный расход воды и высокий уровень колебания вод зафиксированы на 10 участках 4 рек (4–5-м участках р. Березины, 1–3-м участках р. Бобр, 2–3-м участках р. Неман, 2–4-м участках р. Случи), а сочетание недостаточного расхода воды, высокой скорости течения и колебания уровня вод – на 1 участке 1 реки (2-м участке Свислочи).

Для катания на яхтах на 72 участках из 74 выявлены два фактора, ограничивающих реализацию данного вида туризма, в следующем сочетании: гидрологический режим (недостаточная водообеспеченность) и морфометрические особенности русла (недостаточность ширины, глубины и высокий продольный уклон русла).

Катание на яхтах невозможно на 22 участках 10 рек, в том числе на 1-м участке р. Нарочи, 1–2-х участках рек Усы и Узлянки, 2–3-м участках р. Неман, 1–3-м участках р. Бобр, 2–4-м участках р. Случи, 1–4-м участках р. Вилии, 3–5-м участках р. Березины, по причине гидрологического режима из-за недостаточного расхода, а на 2 участках 2 рек (2-х участках Свислочи и Исlochи) – из-за высокой скорости течения и низкой водообеспеченности.

При этом доминирующим по доле участков рек (61 участок на 27 реках), непригодных для катания на яхтах, является морфометрический фактор в составе следующих лимитирующих показателей. Недостаточность ширины выявлена на 9 участках 8 рек (1-м участке Сервечи, 2-х участках 2 рек – Птичи и Нарочи; 1–2-м участках Березины; 3-х участках 4 рек – Морочи, Случи, Свислочи и Лани);

недостаточность глубины – на 2 участках 1 реки (3–4-м участках Вилии). Несоответствие параметров ширины и глубины судоходным нормативам выявлено на 26 участках 18 рек (1-х участках 3 рек – Нарочи, Турьи и Черницы; 2-х участках 6 рек – Ислочи, Северной Цны, Вилии, Сервечи, Западной Березины и Свислочи; 1–2-х участках 3 рек – Усы, Уши и Усяжи; 2-м участке Узлянки; 3-м участке Илии; 2–3-м участках Плисы; 1, 2, 4-м участках Случи; 4-м участке Гайны; 3–5-м участках Волмы). Для 24 участков 16 рек (1-х участков 9 рек – Немана, Плисы, Свислочи, Сулы, Узлянки, Птичи, Западной Березины, Северной Цны и Лани; 1–2-х участков 6 рек – Волмы, Вячи, Илии, Ислочи, Орессы, Двиносы; 1–3-го участков Гайны) установлено несоответствие параметров продольного уклона, ширины и глубины нормам технического регламента.

Для гребли на лодках лимитирующие факторы выявлены на 60 участках 27 рек. В их числе неблагоприятный гидрологический режим зафиксирован на 23 участках 10 рек. При этом в структуре ограничивающих гидрологических показателей выделяют высокую скорость течения на 3 участках 2 рек (1–2-м участках Нарочи и 3-м участке Березины); недостаточный уровень расхода – на 2 участках 1 реки (1–2-м участках Усы). Одновременно сочетание недостаточного расхода и высокого уровня колебания вод выявлено для 3 участков 1 реки (2–4-го участков Случи); высокой скорости течения и недостаточности расхода – для 3 участков 2 рек (1–2-го участков Узлянки, 2-го участка Ислочи); высокой скорости течения и колебания уровня – на 12 участках 5 рек (2-м участке р. Свислочи, 2–3-м участках р. Неман, 1–3-м участках р. Бобр, 1–4-м участках р. Вилии, 4–5-м участках р. Березины).

Доминирующим по количеству участков рек (39 участков 24 рек), непригодных для гребли на лодках, является морфометрический фактор в составе следующих лимитирующих показателей:

- продольный уклон, ширина и глубина – на 14 участках 11 рек (1-х участках 7 рек – Немана, Плисы, Уши, Вячи, Илии, Северной Цны и Вилии; 1–2-х участках 3 рек – Волмы, Ислочи и Двиносы; 3-м участке Гайны);
- продольный уклон, уклон и ширина – на 4 участках 3 рек (1-м участке Гайны, 2-м участке Вячи, 1–2-м участках Лани);
- ширина и глубина – на 5 участках 2 рек (1–2-м участках Усы, 3–5-м участках Волмы);
- продольный уклон – на 11 участках 10 рек (1-х участках 5 рек – Свислочи, Сулы, Узлянки, Птичи и Западной Березины; 2-х участках 4 рек – Гайны, Илии, Уши и Вилии; 1–2-м участках Орессы);
- ширина – на 4 участках 4 рек (1-х участках Нарочи, Черницы, Усяжи и Турьи);
- глубина – на 1 участке 1 реки (2-м участке Усяжи).

Невозможность организации гребли на лодках на 3 участках 2 рек (1-м участке Немана, 1–2-м участках Случи) связана с низким микробиологическим качеством вод.

Невозможность организации любительской охоты выявлена на 2 участках 2 рек (1-х участках Немана и Случи) и связана с аграрно-селитебными ландшафтами побережья, не располагающими необходимыми условиями для данного вида туризма.

Любительское рыболовство неосуществимо на 3 участках 1 реки (1–3-м участках Морочи). Единственным лимитирующим фактором для данного вида отдыха является высокий уровень БПК₅ из числа гидрохимических показателей.

Выводы

Результаты комплексной оценки ТРПГ 74 участков 29 рек Минской области показали, что в числе профилирующих устойчиво доминируют промысловые виды отдыха (любительская охота и любительское рыболовство), возможность реализации которых выявлена на 72 участках (97,3 %) и 71 участке (95,9 %) соответственно. Из бесконтактных приоритетных видов туризма лидирует гребля на лодках. Благоприятные условия для ее организации зафиксированы на 18 участках (24,3 %), а количество мест, пригодных для катания на яхтах, минимально – 4 участка (5,4 %). Минимально и количество участков рек, входящих в категорию пригодных для контактных видов ТРИ: купания – 2 участка (2,7 %) и подводного плавания – 1 участок (1,4 %). В то же время в Минской области не выявлено участков рек, которые располагают благоприятными условиями для катания на водных лыжах.

Дифференциация 74 участков 29 рек Минской области по уровню представленности различного сочетания видов ТРИ их акваторий позволила выделить три типа. Максимальная доля участков рек, используемых по ограниченно-полифункциональному типу, составляет 93,2 %, на втором месте – полифункциональный тип (4,1 %), на третьем – монофункциональный (2,7 %). В границах акваторий рек Минской области не выявлено участков, непригодных для ТРИ, что свидетельствует о наиболее эффективном задействовании их туристско-рекреационного потенциала.

Анализ причин, не позволяющих в полной мере реализовывать полифункциональный режим туристско-рекреационной деятельности, привел к разработке системы организационно-технических

мероприятий, использование которой поможет расширить состав профилирующих видов туризма и отдыха до максимально возможного. Так, поскольку купанию препятствует отсутствие пляжей, необходимо формировать искусственные насыпные пляжи. Влияние неблагоприятного микробиологического и гидрохимического качества вод может быть преодолено путем оптимизации системы единого контроля в процессе мониторинга, своевременного выявления источников загрязнения вод с их последующим выносом за пределы прибрежной полосы и водоохранной зоны водотока. Благодаря организационно-техническим мероприятиям спектр профилирующих видов отдыха расширится за счет включения в их состав купания и любительского рыболовства. Корректировка морфометрических параметров в случае признания целесообразности проведения дноуглубительных работ и мероприятий по расширению русла позволит обеспечить технически безопасные условия для подводного плавания, гребли на лодках, катания на яхтах и водных лыжах. Повысить эстетическое разнообразие ландшафтов в условиях доминирования аграрных и селитебных территорий поможет создание искусственных лесопосадок вдоль побережья.

Результаты выделения профилирующих видов ТРИ и типизация участков рек Минской области при одновременной идентификации структуры лимитирующих факторов для видов водного туризма и отдыха, реализация которых невозможна в настоящее время, послужат основой для приведения в соответствие природных возможностей использования акваторий географии размещения объектов рекреационной инфраструктуры вдоль водных артерий.

Библиографические ссылки

1. Пирожник И. И. Курортно-рекреационные ресурсы Беларуси и проблемы их рационального использования // Географические проблемы природопользования в условиях антропогенной деятельности. Минск, 1996. С. 64–72.
2. Веденин Ю. А., Мирошниченко Н. Н. Оценка природных условий для организации отдыха // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1969. № 4. С. 51–60.
3. Мироненко Н. С., Твердохлебов И. Т. Рекреационная география. М., 1981.
4. Шарыгин М. Д. Природно-ресурсный потенциал и его оценка. Эколого-экономические районы / М. Д. Шарыгин [и др.]. Пермь, 1995. С. 108–118.
5. Худеньких Ю. А. Подходы к оценке туристского потенциала территории на примере районов Пермского края // География и туризм : сб. науч. тр. Пермь, 2006. Вып. 2. С. 217–230.
6. Чуб М. А. Природно-рекреационные ресурсы Амурской области и их использование. Благовещенск, 2010.
7. Саранча М. А. Потенциал и организация развития культурного туризма в Республике Удмуртия. Ижевск, 2011.
8. Шевцова Н. С. Структура модели комплексной туристско-рекреационной оценки природного потенциала рек // Региональная физическая география в новом столетии : сб. деп. в ГУ «БелИСА» 06.09.11, № Д201139. Минск, 2011. Вып. 5. С. 283–290.
9. Шевцова Н. С. Функционально-временное зонирование акватории озер по количественным и качественным критериям рекреационной пригодности // Природ. ресурсы. 1998. № 2. С. 34–46.
10. Шевцова Н. С., Юргенсон Н. А., Марцинкевич Г. И. и др. Оценка природного туристско-рекреационного потенциала рек Гродненской области // Природ. ресурсы. 2010. № 2. С. 96–105.
11. Шевцова Н. С., Марцинкевич Г. И., Дроздова Е. В. и др. Туристско-рекреационный потенциал малых рек Витебской области // Природ. ресурсы. 2013. № 2. С. 42–51.
12. Шевцова Н. С., Марцинкевич Г. И., Дроздова Е. В. и др. Функциональное туристско-рекреационное зонирование малых и средних рек Брестской области // Природ. ресурсы. 2015. № 2. С. 107–116.
13. Шульга Ч. К., Шевцова Н. С. Проблемы и перспективы туристско-рекреационного использования рек Могилевской области // Весці БДПУ. Сер. 3, Фізика. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. 2015. № 3. С. 42–47.
14. Шевцова Н. С., Юревич С. Е., Гордейчук О. Н. Туристско-рекреационный природный потенциал рек Минской области // Туризм и региональное развитие : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. (Смоленск, 1 дек. 2016 г.). Смоленск, 2016. С. 123–130.

References

1. Pirozhnik I. I. [Resort-recreational resources of Belarus and problems of their rational use]. *Geograficheskie problemy prirodopol'zovaniya v usloviyakh antropogennoi deyatel'nosti*. Minsk, 1996. P. 64–72 (in Russ.).
2. Vedenin Y. A., Miroshnichenko N. N. [Estimation of natural conditions for the organization of leisure]. *Izv. AN SSSR. Ser. Geogr.* 1969. No. 4. P. 51–60 (in Russ.).
3. Mironenko N. S., Tverdokhlebov I. T. [Recreational geography]. Moscow, 1981 (in Russ.).
4. Sharygin M. D. [Natural-resource potential and its evaluation]. In: Sharygin M. D., Fominykh S. B., Zyryanov A. I., et al. *Ekologo-ekonomicheskie raiony*. Perm, 1995. P. 108–118 (in Russ.).
5. Hudenkikh Y. A. [Approaches to the assessment of the tourist potential of the territory by the example of the Perm region]. *Geogr. i turizm* : sb. nauchn. trudov. Perm, 2006. Issue 2. P. 217–230 (in Russ.).
6. Chub M. A. [Natural and recreational resources of the Amur Region and their use]. Blagoveshchensk, 2010 (in Russ.).

7. Sarancha M. A. [Potential and organization of the development of cultural tourism in the Republic of Udmurtia]. Izhevsk, 2011 (in Russ.).
8. Shevtsova N. S. [The structure of the model of comprehensive tourist and recreational evaluation of natural potential of the rivers]. *Regional'naya fizicheskaya geografiya v novom stoletii* : sb. deponirovan v GU «BellISA» 06.09.11, No. D201139. Minsk, 2011. Issue 5. P. 283–290 (in Russ.).
9. Shevtsova N. S. The Quantitative and Qualitative Criteria of recreational fitness of lakes as a basis for spatial and functional zoning of water surfaces. *Nat. Res.* 1998. No. 2. P. 34–46 (in Russ.).
10. Shevtsova N. S., Jurgenson N. A., Marcinkewich G. I., et al. [Evaluation of recreational natural resource potential of the rivers in Grodno region]. *Nat. Res.* 2010. No. 2. P. 96–105 (in Russ.).
11. Shevtsova N. S., Marcinkewicz G. I., Drozdova Y. V., et al. [The tourist and recreational potential of the middle and small rivers in Vitebsk region]. *Nat. Res.* 2013. No. 2. P. 42–51 (in Russ.).
12. Shevtsova N. S., Marcinkewicz G. I., Drozdova Y. V., et al. [The functional tourist-recreational zoning of medium and small rivers in Brest region]. *Nat. Res.* 2015. No. 2. P. 107–116 (in Russ.).
13. Shul'ga C. K., Shevtsova N. S. [Problems and prospects of tourist-recreational use of rivers in Mogilev region]. *Věsti BDPU. Ser. 3, Fizika. Matjematyka. Infarmatyka. Bijalogija. Geografija.* 2015. No. 3. P. 42–47 (in Russ.).
14. Shevtsova N. S., Yurevich S. E., Gordeychuk O. N. [Tourist and recreational natural potential of the rivers in Minsk region]. *Turizm i regionalnoye razvitiye* : materialy IX Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. (Smolensk, 1 Dec., 2016). Smolensk, 2016. P. 123–130 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 03.03.2017.
Received by editorial board 03.03.2017.

УДК 911.3:332.1(476)

РЕГИОНАЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ УРОВНЯ
ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВИТИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬВ. П. СИДОРЕНКО¹⁾, И. И. ЗАПРУДСКИЙ¹⁾¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Анализируется региональная дифференциация уровня промышленного развития в Республике Беларусь. Обосновывается ведущее положение промышленности в экономике страны, подтверждающее актуальность данного исследования. Отмечается нарастание асимметрии промышленного развития между крупными городами и аграрными регионами, неблагоприятно сказывающееся на экономическом потенциале периферийных территорий. Описываются методики выявления территориальной дифференциации социально-экономического развития регионов. Использован рейтинговый анализ регионов Беларуси по уровню промышленного развития, которое рассматривается как сложное понятие, отражающее масштаб и эффективность производства, достигнутые к настоящему времени. Уровень развития промышленного производства определялся с помощью шести показателей (рассчитанных коэффициентов), объединенных в три группы. Оценивались объемы, географическая концентрация и эффективность промышленного производства. В результате проведенного исследования составлена классификация регионов Беларуси по уровню промышленного развития. Обосновано выделение четырех классов регионов: I, II, III и IV. Особое внимание уделено изучению территориальной концентрации производства в стране. Полученные данные позволили создать картосхему региональной дифференциации уровня промышленного развития в Республике Беларусь. Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования региональной и промышленной политики в стране.

Ключевые слова: экономическая география; география промышленности; промышленность; региональное развитие; территориальная дифференциация; классификация; территориальная концентрация; региональная политика.

REGIONAL DISPARITY OF THE INDUSTRIAL DEVELOPMENT LEVEL
IN THE REPUBLIC OF BELARUSV. P. SIDORENKO^a, I. I. ZAPRUDSKI^a^aBelarusian State University, Niezaliežnasci Avenue, 4, 220030, Minsk, Belarus

Corresponding author: I. I. Zaprudski (albarutenicageo@gmail.com)

The article is devoted to the regional disparity of the industrial development level in the Republic of Belarus. The report gives ground for the leading position of the industry in the national economy, which proves the relevance of this research. Researchers note an increase in the asymmetry of industrial development between large cities and agrarian

Образец цитирования:

Сидоренко В. П., Запрудский И. И. Региональная дифференциация уровня промышленного развития в Республике Беларусь // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 63–72.

For citation:

Sidorenko V. P., Zaprudski I. I. Regional disparity of the industrial development level in the Republic of Belarus. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 63–72 (in Russ.).

Авторы:

Валерий Петрович Сидоренко – кандидат географических наук; доцент кафедры экономической географии Беларуси и государств Содружества географического факультета.

Илья Игоревич Запрудский – ассистент кафедры экономической географии Беларуси и государств Содружества географического факультета.

Authors:

Valery Sidorenko, PhD (geography); associate professor at the department of economical geography of Belarus and the States of Commonwealth, faculty of geography.

rema47@gmail.com

Ilya Zaprudski, assistant at the department of economical geography of Belarus and the States of Commonwealth, faculty of geography.

albarutenicageo@gmail.com

regions, which adversely affects the economic potential of peripheral territories. The authors analyze the existing methodology for the identification of territorial disparity of socio-economic development of the regions. The paper uses the rating analysis of the Belarusian regions in terms of industrial development level. In the article, industrial development is viewed as a complex concept, reflecting both the scale and the efficiency of production, which are achieved at the time under research. Based on the findings of economic geographers in assessing the development level by industrial production, 6 indicators were used, which are the calculated coefficients. These indicators were collected in 3 groups: an estimation of volumes, of a geographical concentration and of efficiency of industrial production. Based on this research the classification of Belarusian regions by level of industrial development has been made. In the article has been proved the selection of 4 classes of the regions by industrial development level: I, II, III and IV order. Particular attention was paid to the territorial concentration of production in the country. As a result, the map of the regional disparity of the industrial development level has been created. This article substantiates the necessity of state regulation of the regional development and reform of the public industrial administration system.

Key words: economic geography; geography of industry; industry; regional development; territorial disparity; classification; territorial concentration; regional policy.

Введение

По классификации Всемирного банка Республика Беларусь представляет собой индустриальную постсоциалистическую страну с переходной экономикой. Материальное производство в общем и промышленность в частности являются основной отраслью экономики как всей страны, так и отдельных регионов (областей). По статистическим данным Всемирного банка, в 2014 г. доля промышленного производства в ВВП страны составила около 42 %, а доля занятого населения в промышленности приблизилась к отметке 33 %¹. В 2013 г. Республика Беларусь заняла 37-е место в рейтинге развития промышленного производства ЮНИДО (*CIP rank*) и попала в группу развитых индустриальных стран [1]. Следовательно, территориальная структура промышленности формирует экономический ландшафт Беларуси и служит его производственным каркасом.

В то же время в соответствии с проведенной И. И. Запрудским классификацией государств Центральной и Восточной Европы по уровню промышленного развития Беларусь вошла в класс государств со средним уровнем развития промышленности. В него также попали такие страны, как Венгрия, Латвия, Литва, Польша, Россия, Хорватия и Эстония [2]. Кроме того, под воздействием внутренних и внешних факторов отчетливо прослеживается тенденция к постепенному снижению роли промышленности в республике. По данным Национального статистического комитета Беларуси (Белстат), за последнее десятилетие доля промышленного производства сократилась с 31,1 % в 2005 г. до 21,3 % в 2015 г., доля занятого населения в промышленности – с 27,5 до 23,4 % соответственно². Следствием этой тенденции является то, что экономический рост в республике осуществляется в основном на устаревшей технологической и научно-технической базе, при этом он не сопровождается масштабным перевооружением и модернизацией производства. Структурные сдвиги в экономике характеризуются увеличением доли сырьевых отраслей в общем объеме промышленного производства, значительным уменьшением доли машиностроения, металлообработки наукоемких и технологичных производств в целом, что говорит о примитивизации структуры промышленности.

С точки зрения стадийно-эволюционного подхода период с 2010 по 2015 г. особенно интересен в экономической истории Беларуси в плане исследования территориально-отраслевой и региональной трансформации промышленного производства. Указанный отрезок времени совпадает с кульминационной точкой (пиком) пятой кондратьевской волны³, которая характеризуется кризисом перепроизводства, поиском путей решения проблемы повышения конкурентоспособности промышленности и попытками выхода на новые рынки сбыта для белорусской продукции [3].

Масштабные изменения, происходящие с промышленным производством, не могли не отразиться на его региональной структуре. Так, еще Ю. Г. Саушкин отмечал, что существует тесная взаимозависимость темпов экономического развития и организации экономики в пространстве [4, с. 7]. В условиях финансового кризиса и формирования рыночных отношений резко нарастают региональные диспропорции в экономическом развитии. Свыше 70 % всего промышленного производства в настоящее время сконцентрировано в 14 крупнейших городах республики, а в средних и малых городах оно стремительно сокращается. Как отмечает Л. В. Козловская, дифференциация в уровнях промышленного развития

¹Официальный сайт Всемирного банка [Электронный ресурс]. URL: <http://data.worldbank.org/> (дата обращения: 04.03.2017).

²Официальный сайт Национального статистического комитета Республики Беларусь [Электронный ресурс]. URL: belstat.gov.by (дата обращения: 03.03.2017).

³Циклы Кондратьева – периодические волны сменяющихся подъемов и спадов современной мировой экономики продолжительностью 48–55 лет, описанные в 1920-х гг. Н. Д. Кондратьевым.

усилилась как между регионами, так и особенно между городами разной величины, городскими поселениями и сельскими территориями. Более высокими темпами росло и продолжает расти промышленное производство в давно сложившихся крупных центрах, по-прежнему остается актуальной задача промышленного развития малых и средних городов [5, с. 463]. Данные обстоятельства обуславливают актуальность исследования региональной дифференциации по уровню промышленного развития в Беларуси на современном этапе. Методологические основы изучения территориальной организации хозяйства и методика исследования территориальной дифференциации и концентрации субъектов экономической системы лежат в прикладной области общественной географии. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования региональной и промышленной политики в стране.

Материалы и методика исследования

Современная географическая наука выработала ряд методик для оценки дифференциации уровня развития регионов, отличающихся между собой как перечнем частных показателей, так и подходами. Применяемые для решения представленной исследовательской задачи методы в общественной географии и региональной экономике можно объединить в несколько групп:

- сравнительно-географический;
- количественные (статистический метод, метод баллов, балансовый метод и др.);
- математические (кластерный анализ, математическое моделирование, метод матриц и др.).

К первой из них относится общегеографический метод сравнения разнообразных территорий и географических явлений с выделением сходств и различий между ними. Он является традиционным для географии и предположительно впервые был использован К. Риттером и А. Гумбольдтом [6, с. 207]. Впоследствии этот метод стал широко применяться в общественной географии при сравнительной характеристике регионов и стран.

Вторую группу представляют количественные методы, опирающиеся на статистико-математический аппарат. В региональном анализе чаще всего используют статистические методы – совокупность количественных методов сбора и обработки массовых исходных данных. Самыми известными из них стали такие, как расчет средних величин, метод группировки, индексный, корреляционный анализ и балансовый метод. Наиболее простыми показателями, которые применяются при изучении территориальной дифференциации, являются коэффициенты региональных различий [7, с. 165], специализации и локализации. Для анализа динамики межрегионального экономического неравенства Р. М. Мельников предлагает использовать индекс Тейла и концепцию β -конвергенции Р. Барро и Х. Сала-и-Мартина [8].

Третью группу составляет совокупность методов, предназначенных для исследования экономических систем и процессов с помощью математических моделей. При составлении классификаций регионов по уровню развития географы чаще всего используют кластерный анализ – математическую процедуру многомерного анализа, разбивающую выборку на группы (кластеры) таким образом, чтобы объекты, входящие в один кластер, были более однородными, сходными по сравнению с объектами, входящими в другие кластеры. В подобных исследованиях, как правило, применяют алгоритмы средней связи агломеративной кластер-процедуры в сочетании с компонентным анализом [9, с. 148].

Наиболее распространенным методом, с помощью которого можно охарактеризовать уровень социально-экономического развития регионов, является рейтинговая оценка. Именно она в совокупности с индексным методом и была использована в настоящем исследовании. Рейтинговая оценка, позволяющая достоверно анализировать статистические показатели и проводить ранжирование регионов, активно применяется при составлении классификации объектов по изучаемому признаку.

С точки зрения экономической географии уровень развития промышленности выступает одним из основных критериев, на которые опираются при анализе территориальной организации производства стран и макрорегионов. По мнению А. Т. Хрущева, уровень развития промышленности отражает как масштаб, так и эффективность производства, достигнутые к конкретному моменту. При этом объем и эффективность производства во многом зависят от величины и состава природных, материальных и трудовых ресурсов, степени, а также экономичности их промышленного использования [10, с. 7]. Масштаб производства определяется не только объемом, но и уровнем концентрации промышленности. Как отмечает Л. В. Козловская, общий уровень территориальной концентрации непосредственно влияет на территориальную организацию промышленности [11, с. 3]. Следовательно, территориальная концентрация промышленности может служить одним из критериев оценки уровня развития производства в регионах.

Дифференциация уровня промышленного развития регионов Беларуси (административных районов, включая города областного подчинения и столицу) оценивалась с помощью методики расчета интегрального показателя по определенному перечню, которая применялась в статьях С. С. Балюк

и И. И. Пирожника [12; 13]. Поскольку регионы Республики Беларусь отличаются масштабностью, площадью территории, численностью населения и количеством занятых в промышленном комплексе, многие показатели, входящие в компоненты интегрального уровня состояния промышленного производства, получены с учетом численности населения или числа занятых в экономике. Отбор частных показателей осуществлялся на основе принципов необходимого разнообразия и минимальной достаточности с учетом статистической базы.

Наработки экономикогеографов послужили фундаментом для оценки уровня развития промышленного производства. При этом были использованы шесть показателей (рассчитанных коэффициентов), объединенных в три группы, для оценки объемов (X_1), географической концентрации (X_2) и эффективности (X_3) промышленного производства.

Благодаря этому могут быть достигнуты максимальная объективность и достоверность результирующей информации. Используемые в исследовании показатели и формулы коэффициентов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Комплекс индикаторов, используемых для оценки дифференциации уровня промышленного развития регионов Беларуси

Table 1

A group of indicators to measure differentiation of the industrial development level of Belarusian regions

Группа показателей	Показатели	Формула
Оценка объемов промышленного производства (X_1)	1. Коэффициент локализации (K_{Li})	$K_{Li} = \frac{N_{ij} / N_j}{N_i / N}$
	2. Доля j -го региона в объеме промышленного производства страны (Y_j)	$Y_j = (IP_j / IP) \cdot 100$
Оценка географической концентрации промышленного производства (X_2)	3. Коэффициент средней масштабности промышленных предприятий (K_f)	$K_f = \frac{IP_j / N_{ij}}{IP / N_j}$
	4. Коэффициент промышленного потенциала региона (K_{pi})	$K_{pi} = \frac{IP_j / S_j}{IP / S}$
Оценка эффективности промышленного производства (X_3)	5. Экспортная квота промышленности (EQ_i)	$EQ_i = E_{ij} / IP_j$
	6. Производительность труда в промышленности (P)	$P = IP_j / N_{ij}$

Примечания: 1. Составлено авторами. 2. N_{ij} – среднегодовая численность занятых в промышленности в j -м регионе (чел.); N_i – среднегодовая численность занятых в промышленности в стране (чел.); N_j – среднегодовая численность занятого населения j -го региона (чел.); N – среднегодовая численность занятого населения в стране (чел.); IP_j – объем промышленного производства j -го региона (долл. США); IP – объем промышленного производства Беларуси (долл. США); S_j – площадь j -го региона (км^2); S – площадь Республики Беларусь (км^2); N_{ij} – число промышленных организаций j -го региона; N_j – число промышленных организаций Республики Беларусь; Y_j – доля j -го региона в объеме промышленного производства страны; E_{ij} – экспорт товаров j -го региона (долл. США).

Оценка объемов промышленного производства (X_1) базируется на двух показателях: коэффициенте локализации (K_{Li}) и доле j -го региона в объеме промышленного производства страны (Y_j). Они отражают основные стороны величины промышленного производства по отношению к неравномерности регионов с точки зрения численности трудовых ресурсов и их производственному потенциалу. Коэффициент локализации давно применяется в экономической географии для анализа структуры хозяйственного комплекса региона в целях определения эффективности, устойчивости, конкурентоспособности региональной экономики в плане экономического роста и воспроизводственного процесса. Обычно он рассчитывается либо по численности занятых в отрасли, либо по объему произведенной продукции. В настоящей работе выбран первый вариант.

Территориальная концентрация промышленности представляет собой процесс сосредоточения промышленных предприятий на ограниченной территории (в пределах географического пункта, центра). По мнению Л. В. Козловской, территориальная концентрация промышленности имеет очевидные

преимущества при прочих равных условиях крупного производства перед мелким, крупных промышленных центров перед одиночным, рассредоточенным размещением предприятий [11, с. 9]. Следовательно, оценка географической концентрации промышленного производства (X_2) на региональном уровне должна учитывать, с одной стороны, значение региона в промышленном производстве страны либо макрорегиона, а с другой – производственную мощность промышленных предприятий региона. Коэффициент средней масштабности промышленных предприятий (K_p) составлен авторами на основе коэффициента децентрализации, предложенного С. Г. Гродским и описанного Л. В. Козловской в [11, с. 32]. Чтобы коэффициент можно было использовать для ранжирования регионов, из формулы был удален показатель радиуса района, благодаря чему она приняла упрощенный вид. Предложенный коэффициент может быть применен для определения средней производственной мощности предприятий региона и его сопоставления со средней мощностью предприятий страны. Коэффициент промышленного потенциала региона (K_{pi}) также предложен авторами и может быть использован для определения степени интенсификации промышленного использования странами потенциала их территорий. Данный показатель отражает величину промышленного производства по отношению к неравномерности регионов с точки зрения физических размеров территорий.

Оценка эффективности промышленного производства (X_3) базировалась на вычислении экспортной квоты промышленности (EQ_i) и производительности труда (P). Экспортная квота промышленности была предложена в [14, с. 60] и рассчитывается на основе часто применяемого экономистами коэффициента региональной товарности для определения интенсификации промышленного производства и использования его экспортного потенциала. Данный показатель отражает уровень конкурентоспособности промышленного производства региона на внешних рынках, благодаря чему может быть использован для косвенного анализа эффективности работы промышленных предприятий. Производительность труда (P) – один из наиболее распространенных показателей для оценки эффективности производства. В основу анализа производительности труда в промышленности лег показатель выработки одним работником промышленной продукции за год.

При расчете показателей, примененных в настоящем исследовании, были использованы данные Белстата и статистических сборников «Промышленность Республики Беларусь» и «Регионы Республики Беларусь». Каждый из приведенных выше показателей был рассчитан за пятилетний период (с 2011 по 2015 г.).

Результаты исследования и их обсуждение

Для определения относительного уровня развития промышленных комплексов регионов первоначальные данные были переведены в индикаторы (X_{jn} , где j – номер региона, а n – номер показателя) методом максимума/минимума, который преобразовывает все данные в диапазон от 0 до 1 по следующей формуле:

$$X_{jn} = \frac{A_{jn} - \min(A_{jn})}{\max(A_{jn}) - \min(A_{jn})},$$

где $\min(A_n)$ и $\max(A_n)$ – нижняя и верхняя границы для показателя A_n за исследуемый период. Вариант нормирования первичных данных позволяет составлять тренды индикатора во времени. Введенное преобразование остается устойчивым, если данные для всех моментов попадают в интервал $[\max(A_n); \min(A_n)]$.

Приведенная формула является одной из наиболее удобных для ранжирования объектов по показателям. Она наглядно отражает не только место регионов (метод суммы мест), но и дифференциацию между ними, что и является главной целью данного исследования. Формула позволяет оперировать как положительными, так и отрицательными значениями и использовать показатели с большим диапазоном вариаций.

Эконометрическая модель исследования состоит из нескольких этапов. На первом из них были собраны первичные статистические показатели, переведенные в условные единицы (пересчитаны в доллары США по средневзвешенному годовому курсу белорусского рубля). На втором этапе собранные статистические показатели были математически преобразованы и переведены в соответствующие коэффициенты и индексы (см. табл. 1). На третьем этапе с помощью упомянутой формулы данные показатели были переведены в индексный вид для всех административных районов Беларуси, включая города областного подчинения и Минск (X_1, X_2, X_3). Кроме того, были подсчитаны среднее арифметическое индексов за пятилетний период и, соответственно, сумма интегральных индексов (X). На последнем этапе интегральный индекс был агрегирован методом среднего арифметического в стандартизированный показатель (X_{cp}), отражающий развитие промышленного комплекса регионов республики (табл. 2).

Результаты комплексной оценки
промышленного развития регионов Беларуси

Table 2

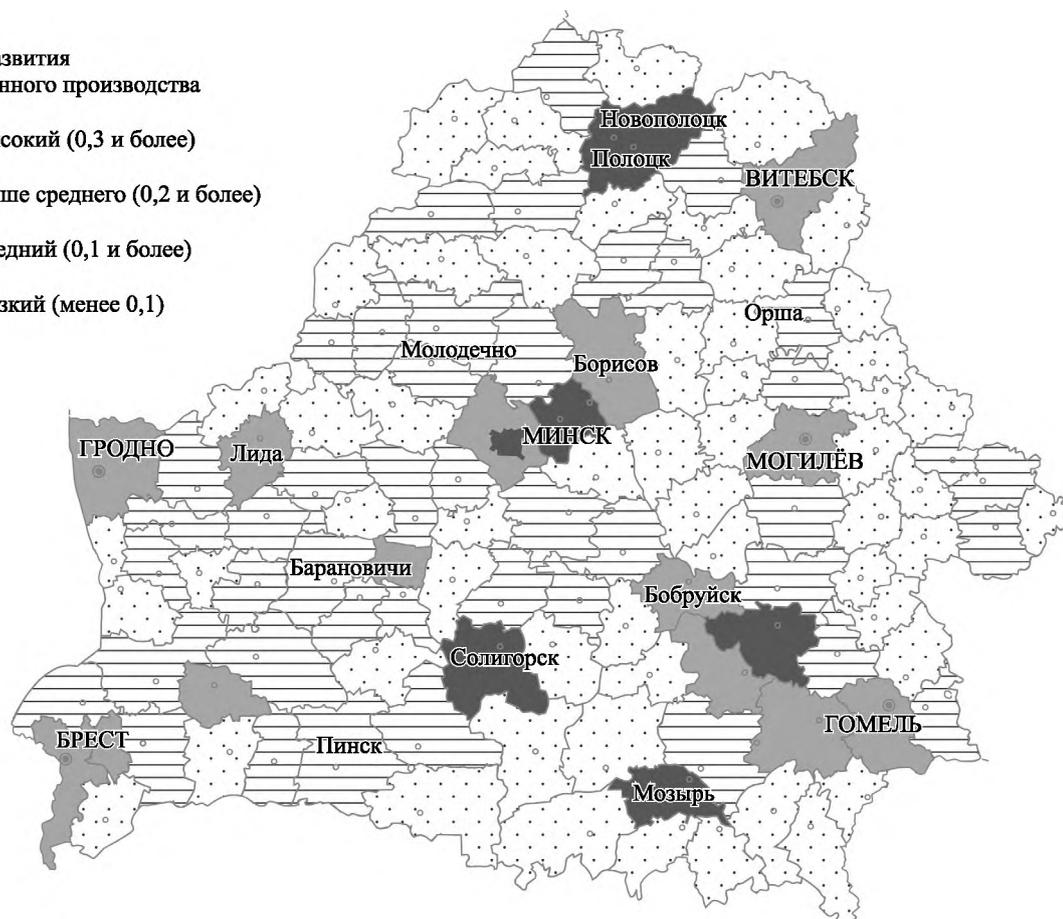
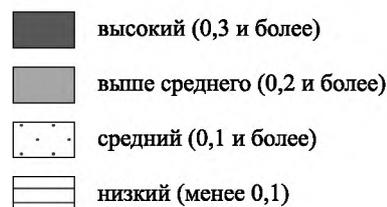
Findings of the comprehensive assessment
of the industrial development level of Belarusian regions

Регион	X_{cp}	Регион	X_{cp}	Регион	X_{cp}
Барановичский	0,16	Ивацевичский	0,12	Оршанский	0,17
Бельничский	0,06	Ивьевский	0,06	Осиповичский	0,17
Березинский	0,09	Калинковичский	0,16	Островецкий	0,04
Березовский	0,23	Каменецкий	0,13	Ошмянский	0,12
Берестовицкий	0,06	Кировский	0,05	Петриковский	0,06
Бешенковичский	0,06	Клецкий	0,12	Пинский	0,17
Бобруйский	0,28	Климовичский	0,12	Полоцкий	0,51
Борисовский	0,23	Кличевский	0,07	Поставский	0,13
Брагинский	0,02	Кобринский	0,15	Пружанский	0,14
Браславский	0,04	Копыльский	0,07	Пуховичский	0,17
Брестский	0,22	Кореличский	0,04	Речицкий	0,20
Буда-Кошелевский	0,11	Кормянский	0,04	Рогачевский	0,19
Быховский	0,11	Костюковичский	0,19	Россонский	0,08
Верхнедвинский	0,12	Краснопольский	0,03	Светлогорский	0,22
Ветковский	0,04	Кричевский	0,17	Свислочский	0,02
Вилейский	0,11	Круглянский	0,04	Сенненский	0,04
Витебский	0,20	Крупский	0,08	Славгородский	0,05
Волковысский	0,18	Лельчицкий	0,06	Слонимский	0,16
Воложинский	0,09	Лепельский	0,12	Слуцкий	0,18
Вороновский	0,02	Лидский	0,21	Смолевичский	0,30
Ганцевичский	0,06	Лиозненский	0,04	Сморгонский	0,16
Глубокский	0,15	Логойский	0,10	Солигорский	0,46
Глусский	0,06	Лоевский	0,04	Стародорожский	0,11
Гомельский	0,28	Лунинецкий	0,15	Столбцовский	0,15
Горецкий	0,08	Любанский	0,09	Столинский	0,05
Городокский	0,08	Ляховичский	0,11	Толочинский	0,09
Гродненский	0,24	Малоритский	0,06	Узденский	0,08
Дзержинский	0,18	г. Минск	0,51	Ушачский	0,04
Добрушский	0,14	Минский	0,22	Хойникский	0,07
Докшицкий	0,05	Миорский	0,06	Хотимский	0,04
Дрибинский	0,04	Могилёвский	0,24	Чаусский	0,06
Дрогичинский	0,07	Мозырский	0,68	Чашникский	0,14
Дубровенский	0,05	Молодечненский	0,19	Червенский	0,09
Дятловский	0,12	Мостовский	0,14	Чериковский	0,03
Ельский	0,05	Мстиславский	0,09	Чечерский	0,03
Жабинковский	0,20	Мядельский	0,04	Шарковщинский	0,03
Житковичский	0,09	Наровлянский	0,07	Шкловский	0,17
Жлобинский	0,38	Несвижский	0,20	Шумилинский	0,11
Зельвенский	0,01	Новогрудский	0,16	Щучинский	0,14
Ивановский	0,10	Октябрьский	0,09	Среднее значение	0,13

Примечание. Составлено авторами на основе данных Белстата.

Современное положение белорусских регионов по уровню развития промышленного производства отражено на рисунке. В промышленном производстве Беларуси вес имеют 20 первых регионов рейтинга (около 80 % всего промышленного производства в 2015 г.). Пять административных районов (Мозырский, г. Минск, Полоцкий, Солигорский и Жлобинский), индексы которых существенно превышают показатели остальных регионов, сосредоточены на экспортно ориентированном крупном промышленном производстве и имеют преимущественно сырьевую специализацию. В свою очередь, Минск исторически является важным промышленным центром страны. Высокий показатель индекса – у Смолевичского, Гомельского и Бобруйского районов, обладающих крупной диверсифицированной машиностроительной индустрией. В географическом положении наибольший вес принадлежит Минской и Гомельской областям: 10 из 20 первых в рейтинге административных районов относятся к данным мезорегионам (по 5 соответственно).

Уровень развития
промышленного производства



Картограмма региональной дифференциации уровня промышленного развития в Республике Беларусь
(составлено авторами на основе данных Белстата)

Map of regional differentiation of the industrial development level in the Republic of Belarus
(compiled by the authors based on data of the National Statistical Committee of the Republic of Belarus)

По результатам рейтинга регионы Республики Беларусь были сгруппированы в классы в зависимости от уровня развития промышленного производства.

I. Регионы с высоким уровнем развития промышленности ($X_{cp} \geq 0,30$). К ним относятся Мозырский, Полоцкий, Солигорский, Жлобинский, Смолевичский районы и г. Минск. Коэффициент локализации у всех представленных регионов, кроме столицы, превышает 1, отражая тем самым их промышленную специализацию. Данный класс составляет всего около 5 % общего количества регионов в республике. При этом на его долю в 2015 г. приходилось около 44 % всего промышленного производства, что говорит о высокой географической концентрации промышленности в Беларуси. Для регионов I класса характерны высокие показатели производительности труда в промышленности (в среднем более 100 тыс. долл. США на одного занятого в производстве в 2015 г.) и экспортной квоты промышленности, часто превышающей их объемы производства. Это отражает зависимость регионов

от конъюнктуры внешних рынков, поскольку по специализации экспорта они являются монопрофильными: Полоцкий (включая Новополоцк) и Мозырский районы экспортируют нефтепродукты, Солигорский – калийные удобрения, Жлобинский – черные металлы и изделия из них, Смолевичский (вместе с Жодиной) – карьерные самосвалы [14, с. 60]. И хотя спрос на продукцию данных регионов на внешних рынках весьма устойчив, их монопрофильный характер оборачивается главным недостатком, который свойствен регионам данного класса. Современные подходы к промышленной политике требуют инвестиций для диверсификации промышленности и создания новых производств на сложившейся промышленной и инфраструктурной базе. Исключением является только промышленный узел столицы, который представляет собой диверсифицированный, наукоемкий и инновационно-активный производственный комплекс, сформированный на машиностроительном фундаменте.

II. Регионы с уровнем развития промышленности выше среднего ($0,30 > X_{cp} \geq 0,20$). Данный класс состоит из 14 районов, занимающих около 12 % общего количества регионов Беларуси. В 2015 г. на них приходилось более 36 % объема всего промышленного производства страны. В представленный класс входят регионы, которые относятся к разным функционально-планировочным типам, формируя подклассы:

- **IIa** – *регионы административных центров областей* (Брестский, Витебский, Гомельский, Гродненский, Могилевский) представляют собой высокоурбанизированные территории, которые характеризуются широким развитием третичного сектора и постепенным отходом роли промышленного производства на второй план. Регионы данного подкласса отличаются диверсифицированным производством с развитыми машиностроительной и химической отраслями, коэффициентом локализации, близким к 1,0, и средней производительностью труда в 2015 г. около 50 тыс. долл. США. В областных городах существует ряд проблем, связанных с устаревшей технологической базой производства, падением общего уровня конкурентоспособности машиностроительной продукции и высокой экологической нагрузкой промышленности на окружающую среду;

- **IIb** – *регионы на базе крупных промышленных центров* (Бобруйский, Борисовский, Лидский, Речицкий и Светлогорский) представляют собой специализированные производства с развитой отраслевой структурой. Бобруйск специализируется на производстве шин и других резинотехнических изделий, Речица – на обработке древесины и производстве изделий из металлов, Светлогорск – на целлюлозно-бумажном производстве, Борисов и Лида имеют машиностроительную направленность. Коэффициент локализации у регионов данного подкласса составляет более 1,1, а средняя производительность труда в 2015 г. достигла приблизительно 35 тыс. долл. США, что отражает их промышленную специализацию;

- **IIc** – *сельскохозяйственные регионы с высокоинтенсивным промышленным производством* (Березовский, Минский, Жабинковский и Несвижский районы), ориентированные на переработку местного сырья. Они известны в первую очередь производством пищевых продуктов. Здесь особенно выделяются Жабинковский и Несвижский районы, где расположены крупные сахарные комбинаты. Коэффициент локализации у регионов данного подкласса находится в пределах от 0,8 до 1,4, а производительность труда в промышленности в 2015 г. составляла от 50 до 80 тыс. долл. США.

III. Регионы со средним уровнем развития промышленного производства ($0,20 > X_{cp} \geq 0,10$). Они занимают около 36 % общего количества регионов и формируют до 15 % объема промышленного производства страны. В данный класс вошли как районы, включающие в свой состав крупные промышленные центры (IIIa – Барановичский, Молодечненский, Оршанский, Пинский, Слуцкий и др.), так и сельскохозяйственные районы с развитым производством (IIIb – Быховский, Волковысский, Кричевский, Пружанский и др.), перерабатывающим местное сырье. Коэффициент локализации у регионов данного класса преимущественно менее 1,1, а производительность труда в промышленности составила в 2015 г. менее 50 тыс. долл. США.

IV. Регионы с низким уровнем развития промышленности ($X_{cp} < 0,10$). На их долю приходится около 47 % общего числа регионов республики (5 % всего промышленного производства). Производительность труда в промышленности не превышала здесь в 2015 г. 40 тыс. долл. США, а коэффициент локализации составлял 1,0. Несмотря на низкое развитие промышленного производства, именно оно может позитивно повлиять на экономическую и социальную ситуацию в большинстве представленных регионов: снизить отток населения, изменить характер депопуляционных тенденций и оживить инвестиционную привлекательность данных территорий.

Выводы

К основным закономерностям региональной дифференциации уровня промышленного развития в Республике Беларусь можно отнести:

- высокую географическую концентрацию промышленного производства, при которой на 16 % регионов страны приходится более 80 % всего промышленного производства;

- преобладание в территориальной структуре промышленности монопрофильных регионов, основанных на переработке минерального сырья (Мозырский, Полоцкий, Солигорский районы);
- стабильно высокое положение диверсифицированных в отраслевой структуре регионов, основанных на функционировании промышленных узлов с активизацией развития в них третичного сектора (Бобруйский, Брестский, Витебский, Гомельский, Гродненский, Могилёвский районы и г. Минск);
- постепенное снижение влияния традиционных многоотраслевых регионов, ориентированных на формирование промышленных центров с машиностроительной специализацией (Барановичский, Молодечненский, Оршанский, Пинский и другие районы);
- незначительное влияние в промышленности аграрных, рекреационных и природоохранных регионов, которые занимают преобладающую часть площади страны и специализируются на переработке местного сырья.

Таким образом, Республика Беларусь характеризуется существенной территориальной неравномерностью в уровне промышленного развития. Данное обстоятельство вызвано высокой концентрацией производства в крупнейших городах страны и территориальным рассредоточением мелких производств на огромной по площади периферии. Территориальная асимметрия промышленного развития негативно влияет на социально-экономическое положение периферийных регионов и отражает недостаточное использование промышленного потенциала площади страны. Результаты исследования региональных особенностей развития промышленности в Беларуси свидетельствуют о необходимости совершенствовать региональную и промышленную политику в области государственного регулирования и инвестиционной поддержки регионов.

Библиографические ссылки

1. Отчет о промышленном развитии ЮНИДО за 2012/13 г. [Электронный ресурс]. URL: http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/PSD/Competitive_Industrial_Performance_Report_UNIDO_2012_2013.PDF (дата обращения: 03.03.2017).
2. Запрудский И. И. Классификация государств Центральной и Восточной Европы по уровню промышленного развития // Демографические риски XXI века (к Международному дню народонаселения) : материалы III межвуз. студ. конф. с междунар. участием (Минск, 13 мая 2016 г.). Минск, 2016. С. 24–25.
3. Запрудскі І. І. Прамысловасць Рэспублікі Беларусь у пераходны перыяд (стадыйна-эвалюцыйны падыход) // X Ма-шэраўскія чытанні : матэрыялы Міжнар. навук.-практ. канф. студэнтаў, аспірантаў і маладых вучоных (Віцебск, 14 кастр. 2016 г.). Віцебск, 2016. С. 49–51.
4. Саушкин Ю. Г. Экономическая география: история, теория, методы и практика. М., 1973.
5. Козловская Л. В. Территориальная организация хозяйственного комплекса и экономико-географическое районирование Беларуси // Выбранные науч. пр. Беларус. дзярж. ун-та : у 7 т. Минск, 2001. Т. 7 : Біялогія. Геаграфія. С. 462–681.
6. Максаковский В. Л. Географическая культура. М., 1998.
7. Дмитриева О. Г. Региональная экономическая диагностика. СПб., 1992.
8. Мельников Р. М. Анализ динамики межрегионального экономического неравенства: зарубежные подходы и российская практика // Регион: экономика и социология. 2005. № 4. С. 3–18.
9. Хацкевич Г. А., Мороз А. И. Методы исследования территориальной дифференциации // Теоретичні та прикладні питання економіки : зб. наук. праць. 2013. Вип. 28, т. 1. С. 136–150.
10. Хрущев А. Т. География промышленности СССР. М., 1969.
11. Козловская Л. В. Территориальная концентрация промышленности. Минск, 1975.
12. Балюк С. С. Сравнительная оценка состояния народнохозяйственных комплексов регионов Республики Беларусь // Весн. БДГУ. Сер. 3, Гісторыя. Філасофія. Псіхалогія. Паліталогія. Сацыялогія. Эканоміка. Права. 2010. № 3. С. 67–70.
13. Пирожник И. И. Региональное развитие и типология регионов Беларуси по уровню социально-экономического потенциала // АГС. 2014. С. 57–71.
14. Шавель А. Н., Запрудский И. И. Экспортный потенциал промышленности регионов Беларуси // Весці БДПУ. Сер. 3, Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. 2016. № 1. С. 57–64.

References

1. Industrial Development Report 2013 – UNIDO. URL: http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/PSD/Competitive_Industrial_Performance_Report_UNIDO_2012_2013.PDF (date of access: 03.03.2017).
2. Zaprudski I. I. [Classification of the Central and Eastern European countries by industrial development level]. *Demograficheskie riski XXI veka (k Mezhdunarodnomu dnyu narodonaseleniya)* : materialy III mezhvuz. stud. konf. s mezhdunar. uchastiem (Minsk, 13 May, 2016). Minsk, 2016. P. 24–25 (in Russ.).
3. Zaprudski I. I. [Industry of the Republic of Belarus during the transition period (stage-evolutionary approach)]. *X Mashjerawskija chytanni* : materyjaly Mizhnarodnaj navuk.-praktychnaj kanferencyi studjentaŭ, aspirantaŭ i maladyih vuchonyh (Vitsebsk, 14 Okt., 2016). Vitsebsk, 2016. P. 49–51 (in Russ.).
4. Saushkin J. G. [Economic Geography: history, theory, methods and practice]. Moscow, 1973 (in Russ.).
5. Kozlovskaya L. V. [Territorial organization of the economic sector and economic-geographical zoning of Belarus]. *Iybranyja navuk. pr. Belaruskaga dzjarzhawnaga wniversitjeta* : in 7 vol. Minsk, 2001. Vol. 7 : Bijalogija. Geagrafija. P. 462–681 (in Russ.).

6. Maksakovskii V. L. [Geographic culture]. Moscow, 1998 (in Russ.).
7. Dmitrieva O. G. [Regional economic diagnostics]. Saint Petersburg, 1992 (in Russ.).
8. Mel'nikov R. M. [Analysis of the dynamics of interregional economic inequality: foreign approaches and Russian practice]. *Region: econ. i sotciol.* 2005. No. 4. P. 3–18 (in Russ.).
9. Khatskevich G. A., Moroz A. I. [Methods of research of territorial differentiation]. *Teoretichni ta prikladni pitannja ekonomiki* : zb. nauk. prats. 2013. Issue 28, vol. 1. P. 136–150 (in Russ.).
10. Khrushchev A. T. [Geography of industry of the USSR]. Moscow, 1969 (in Russ.).
11. Kozlovskaya L. V. [Territorial concentration of industry]. Minsk, 1975 (in Russ.).
12. Balyuk S. S. A comparative estimation of the Belarus regions' development state. *Vesnik BDU. Ser. 3, Gist. Filas. Psihal. Palit. Sacyjal. Jekan. Prava.* 2010. No. 3. P. 67–70 (in Russ.).
13. Pirozhnik I. I. Regional development and typology of the regions of the Belarusian regions according of socio-economic potential. *AGS.* 2014. P. 57–71 (in Russ.).
14. Shavel' A. N., Zaprudski I. I. Export potential of industrial regions of Belarus. *Vestsi BDPU. Ser. 3, Fizika. Matematyka. Infarmatyka. Biyalogija. Geografija.* 2016. No. 1. P. 57–64 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 06.03.2017.
Received by editorial board 06.03.2017.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
ПОТЕНЦИАЛА ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ БЕЛАРУСИД. С. ВОРОБЬЁВ¹⁾¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Представлены результаты геоэкологической оценки энергетического потенциала древесного сырья Республики Беларусь. Выявлены существенные территориальные различия его размещения и использования в энергетических целях. Приведена типизация административных районов Беларуси по величине потенциала древесного сырья как источника возобновляемой энергии и уровню его использования. Определены перспективные направления рационального использования ресурсов древесной биомассы в энергетических целях. По результатам исследования даны рекомендации, касающиеся соответствующего применения древесного потенциала в зависимости от структуры лесопользования территориальных единиц. Предлагаются пути повышения потенциала древесной растительности. Результаты настоящего исследования могут быть использованы при планировании дальнейшего развития и оптимизации территориального размещения объектов малой теплоэнергетики, функционирующих на древесной биомассе, а также для ведения Государственного кадастра возобновляемых источников энергии в целях оценки энергетического потенциала территории административных районов республики, учета возобновляемых источников энергии и анализа эффективности их использования.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии; древесное топливо; древесная щепа; древесные pellets; биоэнергетика.

GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF ENERGY POTENTIAL
OF WOOD RAW MATERIALS OF BELARUSD. S. VOROBYOV^a^aBelarusian State University, Niezaliežnasci Avenue, 4, 220030, Minsk, Belarus

The results of geoeological assessment of the energy potential of raw wood Belarus are provided. Significant territorial differences in its location and use for energy purposes have been revealed. Typology of administrative districts of Belarus by total potential of raw wood as a renewable energy source energy and the level of its use is given. Prospective directions of rational use of resources of wood biomass for energy purposes are determined. According to the results of the research recommendations for the appropriate use of wood potential depending on the structure of forest management units are given. Directions for increasing of potential of woody vegetation are proposed. The results of the research can be used in planning the further development and optimization of the territorial location of small power system functioning on wood biomass as well as for maintaining the State inventory of renewable energy sources for an assessment of energy potential of the territory of the administrative regions of the republic, register renewable energy sources and analysis the efficiency of their use.

Key words: renewable energy; fuelwood; wood chips; wood pellets; bioenergy.

Образец цитирования:

Воробьёв Д. С. Геоэкологическая оценка энергетического потенциала древесного сырья Беларуси // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 73–81.

For citation:

Vorobyov D. S. Geoeological assessment of energy potential of wood raw materials of Belarus. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 73–81 (in Russ.).

Автор:

Дмитрий Сергеевич Воробьёв – кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры географической экологии географического факультета.

Author:

Dmitry Vorobyov, PhD (geography), senior lecturer at the department of geographical ecology, faculty of geography. dzm.varabyou@gmail.com

Введение

Максимальное вовлечение в энергетический баланс местных видов топлива и возобновляемых источников энергии является первостепенной задачей для Беларуси, особенно в контексте обеспечения энергетической безопасности, выступающей фактором устойчивого развития государства. Согласно Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь (2015) в области энергосбережения и использования возобновляемых источников энергии поставлены задачи снизить энергоемкость внутреннего валового продукта, обеспечить экономию энергоресурсов и увеличить долю потребления собственных энергоресурсов для производства тепловой и электрической энергии¹. Геоэкологическая оценка энергетического потенциала древесного сырья как источника возобновляемой энергии служит основой оптимального территориального размещения и дальнейшего развития сети объектов малой энергетики республики, а также повышения энергетической безопасности государства.

Методика исследования

В Беларуси вопросам потребления древесного сырья в энергетических целях посвящены исследования преимущественно специалистов в области лесоводства и экономики природопользования. Методические подходы к оценке потенциала древесного сырья как источника энергии базируются на статистических показателях и заключаются в определении его объема на основе данных о планируемых лесозаготовительных работах, породном составе древостоев и их теплотворной способности (В. Ф. Багинский, А. И. Ковалевич, С. П. Кундас, А. В. Ледницкий, А. П. Матвейко, В. В. Усень, А. С. Федоренчик и др.). Помимо ресурсной оценки значительное внимание уделено технологии и эффективности создания энергетических плантаций древесных пород (П. И. Волович, О. И. Родькин, А. И. Русаленко, С. С. Штукин и др.), различным аспектам использования в качестве источника энергии древесного отпада, малопродуктивных насаждений мягколиственных пород и порубочных остатков (В. Ф. Багинский, М. Ф. Исайчиков, В. А. Скригаловская, Н. В. Толкачева, В. Г. Шатравко и др.), а также другим технологическим и экономическим проблемам развития биоэнергетики на древесной биомассе (В. П. Баранчик, А. В. Вавилов, Г. А. Василенко, А. Н. Дорофейчик и др.).

Зарубежные исследования в данной области в основном ориентированы на топливно-энергетический рынок, их целью является стабильное обеспечение поставок древесного топлива. Идея многих работ заключается в унификации терминологии и методологии исследований, создании научного потенциала в области биоэнергетики и устойчивого управления лесами, позволяющего совершенствовать логистику закупок биотоплива.

Множество проведенных исследований по оценке потенциала энергетической биомассы в странах Европейского союза [1; 2] объединены программой «Энергия биомассы в Европе» (БЕЕ), осуществленной в 2008–2010 гг. [2]. Целью проекта являлось совершенствование методологии оценки ресурсов биомассы для энергетических целей в Европе и соседних странах путем унификации методики оценок. Это позволило улучшить согласованность, точность и надежность процесса оценки биомассы для получения энергии и сделало его эффективным инструментом планирования энергетической политики. Среди международных программ также выделяется проект КИЕМЕТ, задача которого заключалась в создании информационной службы для стран Восточной Европы, в том числе Беларуси, Эстонии, Чехии, Латвии, Литвы, Польши, Румынии, Словакии и Украины, в целях развития бизнеса и поиска новых рынков в государствах, участвующих в данной инициативе. Итогом стало издание специализированных атласов лесного хозяйства стран – участниц проекта [3; 4].

Целью настоящего исследования является геоэкологическая оценка энергетического потенциала древесного сырья Беларуси, а также выявление территориальных различий его размещения и степени использования в качестве источника энергии. Объектом исследования выступает древесное сырье как потенциальный источник возобновляемой энергии, включающее в себя низкокачественную и тонкомерную древесину, отходы лесозаготовок, лесопиления и деревообработки, предназначенные для потребления в качестве топлива. Геоэкологическая оценка энергетического потенциала древесного сырья представляет собой количественное определение ресурса древесной биомассы, которая может быть применена в энергетических целях с учетом принципов рационального природопользования. В качестве территориальной единицы исследования принята территория административного района.

Структурно-логическую модель оценки энергетического потенциала древесного сырья образуют следующие составные элементы:

- качественная и количественная характеристика древесной растительности, определение ее ресурсного потенциала;

¹Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 23.12.2015 г. № 1084 «Об утверждении Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь».

- установление объема древесных ресурсов, которые реально могут быть использованы в энергетических целях;
- анализ современного потребления древесных ресурсов в качестве источника энергии и установление степени реализации их потенциала;
- типизация административных районов Беларуси по величине потенциала древесного сырья и степени его использования в энергетических целях;
- определение направлений рационального потребления древесного сырья в энергетических целях на уровне административного района.

Ресурсы древесного сырья, пригодные для потребления в энергетических целях, складываются из дровяной древесины от рубок главного пользования и ухода, лесосечных отходов и древесного отпада. Потенциальный ежегодный объем древесного топлива определяется на основе данных о планируемых лесозаготовках с учетом товарной структуры насаждений и технических возможностей по извлекаемости отходов [5; 6]. Оценка отпада проводится по нормативам величины ежегодного древесного отпада на единицу площади в древостоях главных лесобразующих пород с учетом возраста насаждений [7]. При этом учитываются критерии устойчивого управления лесами, предполагающие сохранение продуктивности лесов, поддержание биоразнообразия и выполнение других экологических функций [8; 9]. На основе материалов о топливно-энергетическом балансе административных районов, производстве и потреблении древесного топлива оценивается уровень использования потенциала древесного сырья, осуществляется типизация районов и определяются направления оптимизации его применения.

Геоэкологическая оценка энергетического потенциала древесного сырья базируется на задействовании как традиционных географических методов и подходов (математическая статистика, комплексный анализ, моделирование), так и новых ГИС-методов, которые позволили упростить анализ показателей и визуализацию результатов. Используемая в работе база географических данных строится на широком охвате статистической и картографической информации. Баланс производства и потребления древесного топлива анализируется по материалам Национального статистического комитета Республики Беларусь (Белстат), Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, областных исполнительных комитетов (статистические данные о балансе древесного топлива, его потребителях и производителях); его ресурсная база оценивается с учетом информации Государственного лесного кадастра Республики Беларусь (характеристика лесного фонда) и РУП «Белгослес» (материалы по заготовкам древесины и существующим топливно-энергетическим плантациям древесных пород) [10].

Результаты исследования и их обсуждение

Краткая характеристика лесного фонда. Общая площадь лесного фонда Республики Беларусь по состоянию на 1 января 2015 г. составляла 9,5 млн га, в том числе лесопокрытая – 8,2 млн га¹. Начиная с 1994 г. наблюдается тенденция к повышению общей площади лесного фонда и лесопокрытых земель, а также уменьшению нелесных земель. За указанный период общая площадь земель лесного фонда увеличилась на 832,5 тыс. га. Наибольшая площадь земель лесного фонда приходится на территорию Гомельской области и составляет 23,9 % общего фонда, наименьшая зафиксирована в Гродненской области (10,4 %). Лесистость, определяемая отношением площади земель, покрытых лесом в лесном фонде, к общей площади территории в целом по республике (по состоянию на 1 января 2015 г.), достигла 39,5 %. Наибольшей лесистостью отличаются Гомельская (45,4 %) и Витебская (39,5 %) области, наименьшей – Брестская (35,7 %) и Гродненская (34,8 %). Значение показателя лесистости варьирует в широких пределах по административным районам – от 11,1 % для Несвижского района до 66,1 и 69,0 % для Россонского и Лельчицкого районов соответственно. Низкая доля лесов в структуре земельного фонда также характерна для небольших по площади и высоко освоенных в сельскохозяйственном плане Берестовицкого, Мстиславского, Зельвенского, Горецкого, Жабинковского, Копыльского и Шкловского районов (менее 20 %). Высокий удельный вес лесов (более 50 %) отмечен для 18 районов, главным образом Гомельской, Витебской и Могилёвской областей.

По состоянию на 1 января 2015 г. общий запас древесины превысил 1,7 млрд м³. По общему запасу насаждений лидируют Гомельская, Минская и Витебская области; деревьев хвойных пород – Гомельская и Минская области (253,2 млн м³, или 22,4 % общего запаса хвойных, и 236,7 млн м³, или 20,9 %, соответственно); мягколиственных пород – Витебская область (141,0 млн м³, или 28,0 %); твердолиственных пород – Гомельская область (26,3 млн м³, или 46,3 %). Среди административных единиц минимальными запасами древесины на корню отличаются небольшие по площади районы: Несвижский, Жабинковский и Берестовицкий (запасы менее 3 млн м³ для каждого). Запас древесины для большей части районов находится в пределах от 10 до 20 млн м³. Около 20 млн м³ древесины запасено

¹Государственный лесной кадастр Республики Беларусь по состоянию на 1 января 2015 г.

в лесном фонде 17 районов, а в Борисовском и Полоцком районах ее запас сопоставим с общим годовым объемом прироста для республики (32,7 и 33,3 млн м³ соответственно). Максимальный показатель зафиксирован для Лельчицкого района (36,3 млн м³).

Оценка потенциала древесного сырья как возобновляемого источника энергии. Основным источником древесного сырья в республике являются рубки главного и промежуточного пользования и прочие. В среднем за 2010–2014 гг. объем заготовки ликвидной древесины составил 18,6 млн м³. За десятилетний период объемы заготовки леса существенно увеличились: рост к уровню 2003 г. достиг 3 млн м³, или 19 %. Согласно идее непрерывного и неистощительного лесопользования потенциал потребления древесной растительности лимитируется ее годовым приростом, который достигает около 32 млн м³. При этом в настоящее время заготавливается лишь половина объема ежегодного прироста. Последний факт объясняется отсутствием устойчивого спроса на балансы малоценных мягколиственных пород (удельный вес в запасе спелых и перестойных насаждений превышает 47 %), изъятием из расчета главного пользования лесной площади, имеющей важное природоохранное значение (особо охраняемые природные территории (7,6 %), особо защитные участки леса (10,2 % общей площади)), наличием земель, загрязненных радионуклидами (менее 20,0 % лесов), и труднодоступных лесных массивов (более 10,0 % площади лесов), где заготовка возможна при определенных погодных условиях и существующей транспортной инфраструктуре.

При современном объеме заготовки древесины технически доступный потенциал древесной биомассы, возможный к использованию в топливно-энергетических целях, в 2010–2014 гг. в среднем составил 9,5 млн м³, или 2,5 млн т условного топлива (т у. т.), и представлен топливными дровами на 81,8 %, отходами лесозаготовительных работ – на 18,2 %. Основная часть доступной биомассы находится в пределах Гомельской (1,9 млн м³, или 20,5 %), Витебской и Минской (по 1,8 млн м³, или 19,4 %) областей. В разрезе районов суммарный объем доступного древесного топлива варьирует от 7,6 тыс. м³ в Жабинковском районе до 199,2 тыс. м³ – в Речицком.

В зависимости от величины потенциала древесного топлива были выделены четыре группы районов:

- с низким потенциалом (менее 50,0 тыс. м³) – 28 районов (16,9 % территории республики);
- средним (50,1–100,0 тыс. м³) – 61 район (50,1 %);
- высоким (100,1–150,0 тыс. м³) – 20 районов (21,3 %);
- очень высоким (150,1 тыс. м³ и более) – 9 районов (11,7 %).

Резервом топливной древесины также служат пригодные для использования в качестве топливного сырья насаждения быстрорастущей ольхи серой, запасы которой превышают 20 млн м³ (1,2 тыс. га), и плантации быстрорастущих пород деревьев. Создание последних является одним из государственных приоритетов в развитии энергетического потенциала республики¹. В то же время высаженные в 2007–2014 гг. плантации быстрорастущих древесно-кустарниковых пород для топливно-энергетических целей на общей площади свыше 2,4 тыс. га могут быть использованы лишь в среднесрочной перспективе.

Современное производство и использование древесного топлива. Субъекты хозяйствования потребляют в энергетических целях топливные дрова, заготавливаемые при проведении рубок главного и промежуточного пользования, а также прочих рубок, отходы лесопиления и деревообработки, лесосечные отходы, древесные пеллеты и брикеты.

На протяжении 2010–2014 гг. в среднем ежегодно производилось 7,9 млн м³ древесного топлива, основная часть которого приходится на топливные дрова. За указанный период в среднем было использовано 7,8 млн м³ древесного топлива, главным образом топливных дров (60,4 % общего потребления) и древесной щепы (23,9 %). Баланс производства и потребления древесного топлива носит положительный характер, однако на уровне административных районов выявлены существенные территориальные различия. Рост потребления древесного топлива в 2010–2015 гг. с 6,75 до 8,1 млн м³ позволил ежегодно экономить около 0,45 млн т у. т. и оставить связанным 750–800 тыс. т CO₂.

Суммарный ежегодный объем производства топливных дров в среднем составил 4,9 млн м³, при этом их производят во всех административных районах республики. Минимальные объемы зафиксированы в Жабинковском, Берестовицком, Несвижском, Шарковщинском, Кормянском, Кореличском, Зельвенском, Вороновском, Ивановском и Чечерском районах (в среднем менее 15 тыс. м³ в год). Максимальные показатели производства получены для Витебского, Лунинецкого, Борисовского и Гомельского районов (в среднем более 100 тыс. м³ в год). Топливные дрова практически в полном объеме используются организациями ЖКХ и социальной сферы, отпускаются населению, а также в незначительной степени задействованы в производстве энергии.

¹Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 03.11.2010 г. № 1626 «Об утверждении Государственной программы развития лесного хозяйства Республики Беларусь на 2011–2015 годы».

Отходы лесопиления и деревообработки главным образом используются самими переработчиками, а также частично идут на производство древесных пеллет и брикетов. Ежегодно они потребляются в объеме 1,3 млн м³, а их производство приурочено преимущественно к крупным предприятиям лесоперерабатывающей отрасли – ОАО «Гомельдрев», ОАО «Мостовдрев», ОАО «Ивацевичдрев», ОАО «Витебскдрев», ЗАО «Холдинговая компания “Пинскдрев”», ОАО «ФанДОК» и др. Более 50 % валового производства сконцентрировано на территории 14 районов, где ежегодный показатель превышает 30 тыс. м³: Лунинецкого, Мозырского, Витебского, Гомельского, Борисовского, Речицкого, Шкловского, Могилёвского, Бобруйского, Пинского, Ивацевичского, Молодечненского, Светлогорского и Петриковского. Высоким удельным весом (свыше 30 %) данного вида древесного топлива в общем производстве характеризуются Лидский, Бобруйский, Петриковский, Шкловский, Каменецкий, Круглянский, Молодечненский и Светлогорский районы.

Отходы лесозаготовок, составляющие около 30 % ликвидной части древесины, в энергетических целях потребляются ограниченно (за 2010–2014 гг. в среднем заготовлено 51 % возможного). Ежегодно в среднем использовалось 128,1 тыс. м³ с тенденцией к сокращению объемов, что связано с невысокими конкурентными преимуществами по сравнению с другими видами древесного топлива. Данный вид топлива заготавливается менее чем в половине районов. Более 65 % производства приходится на Витебский (10,5 тыс. м³), Жлобинский (10,5 тыс. м³), Бобруйский (20,1 тыс. м³) и Борисовский (61,6 тыс. м³) районы. Максимальным удельным весом данного вида древесного топлива в общем производстве характеризуются Чаусский (10,4 %), Бобруйский (13,5 %), Жлобинский (15,5 %) и Борисовский (16,3 %) районы.

За рассматриваемый период одним из основных видов древесного топлива стала древесная щепа, производство которой налажено как в системе Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, так и частными предприятиями. В 2010–2014 гг. организациями всех форм собственности в среднем было выпущено 2,1 млн м³ древесной щепы. Указанный вид топлива изготавливается в пределах 92 административных единиц в объеме от 1 тыс. м³ в Мядельском, Браสลавском и Рогачевском районах до более чем 100 тыс. м³ – в Пинском и Борисовском. Высоким удельным весом данного вида древесного топлива в общем производстве характеризуются Дятловский (58,3 %), Мостовский (64,0 %) и Пружанский (71,8 %) районы.

В системе лесохозяйственного ведомства создание производственной инфраструктуры по изготовлению и доставке до энергоисточников топливной щепы было предусмотрено в соответствии с Программой развития лесного хозяйства Республики Беларусь на 2011–2015 гг. К концу 2015 г. в пределах 55 административных районов в системе Министерства лесного хозяйства была налажена инфраструктура для производства древесной щепы мощностью 1,5 млн м³ ежегодно. В рамках реализации государственной программы «Белорусский лес» на 2016–2020 гг.¹ будет продолжено наращивание мощностей по изготовлению щепы, что позволит увеличить объем ее производства к концу 2020 г. до 1,8 млн м³ в год. Развитие данного направления должно осуществляться за счет переработки дровяной древесины и отходов лесозаготовок.

Производство древесных пеллет и брикетов требует сложного технологического оборудования и, как следствие, имеет меньшие масштабы по сравнению с выпуском щепы. Ежегодно изготавливается более 73,3 тыс. т пеллет на территории 24 районов республики (в том числе Ивацевичского, Пинского и Поставского районов – свыше 10,0 тыс. т) и более 27,6 тыс. т брикетов в пределах 27 административных единиц (в том числе Березинского, Новогрудского, Островецкого, Борисовского, Вилейского, Бобруйского, Ивацевичского, Пинского, Речицкого районов – свыше 1,0 тыс. т).

Суммарный объем производства древесного топлива в разрезе административных единиц варьирует от 7,5 тыс. м³ в Несвижском районе до 376,9 тыс. м³ – в Борисовском. Ранжирование районов Беларуси по уровню использования потенциала древесного топлива показало, что 12 из них имеют очень низкую степень реализации потенциала (не выше 0,25); 54 – низкую (в пределах от 0,25 до 0,50); 35 – среднюю (от 0,51 до 0,75); 17 – высокую (выше 0,75).

Типизация административных районов Беларуси по величине потенциала древесного сырья и уровню его использования в энергетических целях. Оценка энергетического потенциала древесного топлива, баланса его потребления и производства позволила провести типизацию районов Беларуси по величине потенциала древесного сырья и уровню его использования в энергетических целях, а также выделить среди них группы, которые характеризуются различной степенью сбалансированности биоэнергетики на древесной биомассе, и предложить направления ее развития.

¹Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 18.03.2016 г. № 215 «Об утверждении Государственной программы “Белорусский лес” на 2016–2020 гг.».

По соотношению показателей величины потенциала древесного топлива и степени его использования административные районы Беларуси объединены в три группы в зависимости от сбалансированности показателей лесопользования в энергетических целях (рис. 1):

- со сбалансированной структурой: средним и высоким потенциалом древесного топлива, низкой и средней степенью его использования. Рекомендуется сохранение размера потребления ресурсов древесного сырья как возобновляемого источника энергии на территории 51 района (43,6 % площади республики);

- с относительно сбалансированной структурой: высоким и средним потенциалом древесного сырья, который использован в недостаточной мере (низкий и средний уровень реализации). Рекомендуется интенсификация потребления ресурсов древесного сырья в энергетических целях на территории 27 районов (27 % площади республики);

- с несбалансированной структурой: высоким уровнем реализации потенциала древесного топлива, для которых требуются мероприятия по повышению ресурсной базы. Группа включает в себя 40 районов (29,4 % площади республики).

В свою очередь, в этих группах были выделены 14 подгрупп (таблица).

Структура лесопользования

- сбалансированная
- относительно сбалансированная
- несбалансированная



Рис. 1. Типизация административных районов Беларуси по структуре лесопользования в энергетических целях

Fig. 1. Typology of administrative districts of Belarus according to the degree of balance of forest management for energy purposes

Перспективы использования древесного сырья в энергетических целях. В настоящее время в лесном фонде Беларуси достигнута близкая к оптимальной возрастная структура насаждений. Размер лесосеки по рубкам главного лесопользования в связи с выравниванием возрастной структуры лесов ежегодно растет за счет увеличения количества готовой к рубке спелой древесины. По данным Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, к 2020 г. расчетная лесосека по рубкам главного пользования составит 13,1 млн м³, а к 2025 г. превысит 14,7 млн м³; общий объем заготовки древесины достигнет 20,8 и 22,6 млн м³ соответственно. По расчетам автора, при запланированном объеме заготовки древесины к 2020 г. ежегодный потенциал древесного топлива, образующийся при всех видах рубок, составит 10,1 млн м³ (эквивалентно 3,1 млн т у. т.), а к 2025 г. – 11,1 млн м³ (эквивалентно 3,5 млн т у. т.). Наибольшие запасы ресурса будут сосредоточены в Витебской (2,4 млн м³ к 2020 г., 2,6 млн м³ к 2025 г.) и Гомельской (2,1 млн м³ к 2020 г., 2,3 млн м³ к 2025 г.) областях – 23,3 и 20,9 % общего запаса в среднем соответственно (рис. 2).

Максимальным потенциалом (более 200 тыс. м³) к 2020 г. будут обладать Городокский (307,9 тыс. м³), Речицкий (245,2 тыс. м³), Петриковский (243,1 тыс. м³), Лельчицкий (231,9 тыс. м³), Витебский (231,1 тыс. м³), Калинковичский (210,7 тыс. м³), Полоцкий (207,4 тыс. м³) и Осиповичский (204,7 тыс. м³) районы. К 2025 г. объем древесного топлива для них в среднем возрастет на 10,6 тыс. м³ к уровню 2020 г.

**Матрица типизации административных районов Беларуси по величине потенциала
древесного топлива и степени его использования в энергетических целях**

**Matrix of typology of administrative regions of Belarus
by the volume of potential wood fuel and degree of its use for energy purposes**

Критерий		Величина потенциала древесного топлива, тыс. м ³ в год			
		менее 50,0	50,1–100,0	100,1–150,0	150,1 и более
Степень реализации потенциала древесного топлива	менее 0,25	–	Дзержинский, Дятловский, Любанский, Мостовский, Стародорожский, Столбцовский, Чечерский	Дубровенский, Ивьевский	Вилейский, Логойский, Пружанский
	0,25–0,50	Берестовицкий, Брагинский, Ветковский, Вороновский, Ивановский, Клецкий, Кореличский, Кормянский, Лоевский, Минский, Мстиславский, Наровлянский, Несвижский, Чашникский, Чериковский, Шарковщинский	Буда-Кошелевский, Волковысский, Воложинский, Добрушский, Климовичский, Копыльский, Крупский, Лидский, Лиозненский, Молодечненский, Мядельский, Новогрудский, Островецкий, Пуховичский, Рогачевский, Россонский, Свислочский, Сенненский, Слонимский, Слуцкий, Смолевичский, Солигорский, Узденский, Хойникский, Шкловский	Березинский, Быховский, Городокский, Гродненский, Кличевский, Мозырский, Толочинский, Червенский, Щучинский	Калинковичский, Лельчицкий, Осиповичский, Речицкий
	0,51–0,75	Березовский, Дрогичинский, Зельвенский, Кобринский, Ляховичский, Славгородский, Хотимский	Бельничский, Бешенковичский, Верхнедвинский, Глубокский, Глусский, Жлобинский, Каменецкий, Кировский, Костюковичский, Круглянский, Малоритский, Миорский, Октябрьский, Ошмянский, Светлогорский, Сморгонский, Столинский, Ушачский, Чаусский, Шумилинский	Докшицкий, Житковичский, Ивацевичский, Могилёвский, Оршанский, Полоцкий	Борисовский, Петриковский
	более 0,75	Горецкий, Дрибинский, Жабинковский, Краснопольский, Кричевский	Барановичский, Бобруйский, Браславский, Брестский, Ганцевичский, Ельский, Лепельский, Пинский, Поставский	Витебский, Гомельский, Лунинецкий	–

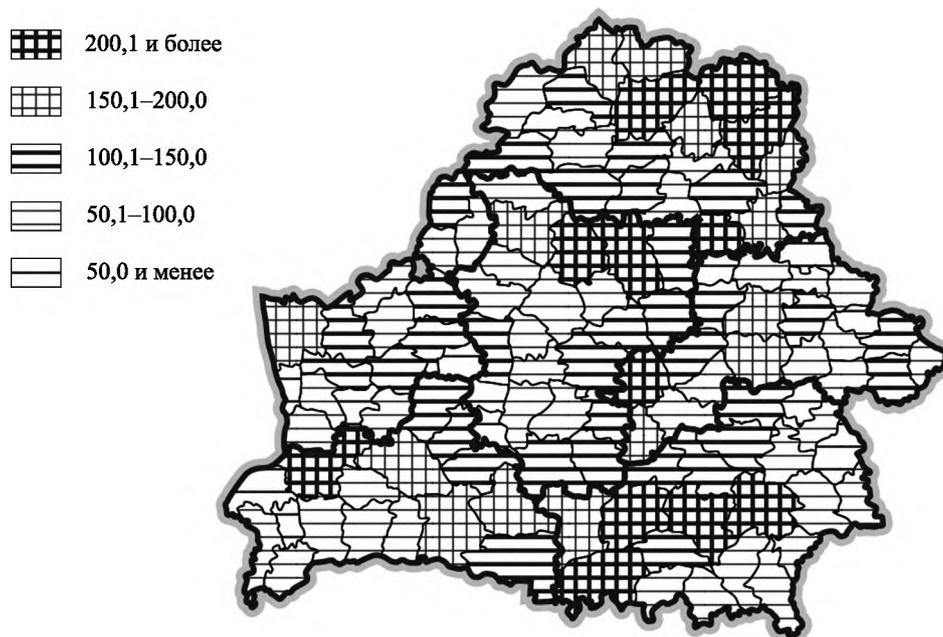


Рис. 2. Прогноз доступных ресурсов древесного топлива административных районов Беларуси на 2025 г., тыс. м³
Fig. 2. Forecast of available wood fuel resources of the administrative districts of Belarus in 2025, ths m³

Минимальные значения (потенциал не превышает 30 тыс. м³) показателя получены для небольших по площади районов: Жабинковского (16,6 тыс. м³), Кричевского (16,7 тыс. м³), Несвижского (17,1 тыс. м³), Зельвенского (18,0 тыс. м³), Берестовицкого (22,9 тыс. м³), Молодечненского (25,3 тыс. м³), Круглянско-го (26,3 тыс. м³), Ветковского (27,3 тыс. м³), Дрибинского (29,0 тыс. м³) и Хотимского (29,5 тыс. м³). К 2025 г. количество районов в данной группе сократится на фоне роста потенциала древесного топлива в среднем на 2,0 тыс. м³.

На заключительном этапе исследования оценивался потенциал древесной растительности на уровне административного района путем анализа топливно-энергетического баланса и современного использования древесной биомассы в качестве источника энергии, установления потенциала древесного топлива, определения возможности его увеличения и повышения продуктивности лесов. Способами повышения потенциала древесной растительности могут стать выявление и оценка факторов, снижающих продуктивность лесных насаждений района, реконструкция древостоев с использованием образующегося древесного сырья в хозяйственных целях и выращивание древесной биомассы для энергетических потребностей. Указанные подходы к изучению потенциала древесного топлива апробированы автором на примере Жлобинского района [11; 12].

Заключение

Реализация выделенных направлений рационального использования древесной биомассы в энергетических целях для всех административных районов Республики Беларусь позволит повысить эффективность потребления местных и возобновляемых источников энергии, обеспечит создание новых рабочих мест в сельских регионах и экономию валютных расходов государства на импортируемые энергоносители.

Библиографические ссылки

1. Fischer G., Hizsnyik E., Prieler S., et al. Assessment of biomass potentials for bio-fuel feedstock production in Europe: methodology and results // Methodology and assessment of biomass potentials in EU27+ under alternative future scenarios. 2007.
2. Status of Biomass Resource Assessments // Biomass Energy Europe. 2010.
3. Gerasimov Y. Energy sector in Belarus: focus on wood and peat fuels // Metlan työraportteja. 2010. Vol. 171.
4. Gerasimov Y., Karjalainen T. Atlas of the forest sector in Belarus // Metlan työraportteja. 2010. Vol. 170.
5. Кундас С. П., Позняк С. С., Шенец Л. В. Возобновляемые источники энергии. Минск, 2009.
6. Федоренчик А. С., Ледницкий А. В. Энергетическое использование низкокачественной древесины и древесных отходов. Минск, 2010.
7. Багинский В. Ф. Потенциал использования древесной массы для топлива в Республике Беларусь // Природ. ресурсы. 2005. № 4. С. 44–51.

8. Неверов А. В. Лесное управление. Минск, 2014.
9. Шатравко В. Г., Толкачева Н. В., Булко Н. И. Использование порубочных остатков: направления и перспективы // Пробл. лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. 2011. Вып. 71. С. 186–196.
10. Воробьев Д. С. Оценка запасов древесного сырья Беларуси как возобновляемого источника энергии // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. 2013. № 2. С. 95–100.
11. Воробьев Д. С. Оценка состояния и перспективы использования древесного сырья как альтернативного источника энергии на территории Жлобинского района // Природопользование : сб. науч. тр. 2015. Вып. 27. С. 118–125.
12. Воробьев Д. Пути повышения потенциала древесного сырья как возобновляемого источника энергии (на примере административного района) // Економічна та соціальна географія : наук. зб. 2015. Вип. 72. С. 62–66.

References

1. Fischer G., Hizsnyik E., Prieler S., et al. Assessment of biomass potentials for bio-fuel feedstock production in Europe: methodology and results. *Methodology and assessment of biomass potentials in EU27+ under alternative future scenarios*. 2007.
2. Status of Biomass Resource Assessments. *Biomass Energy Europe*. 2010.
3. Gerasimov Y. Energy sector in Belarus: focus on wood and peat fuels. *Metlan tyõraportteja*. 2010. Vol. 171.
4. Gerasimov Y., Karjalainen T. Atlas of the forest sector in Belarus. *Metlan tyõraportteja*. 2010. Vol. 170.
5. Kundas S. P., Poznyak S. S., Shenets L. V. [Renewable sources of energy]. Minsk, 2009 (in Russ.).
6. Fedorenchik A. S., Lednitskii A. V. [Energy use of low-quality wood and wood waste]. Minsk, 2010 (in Russ.).
7. Baginskii V. F. [The potential of use of woody biomass for fuel in the Republic of Belarus]. *Nat. Res.* 2005. No. 4. P. 44–51 (in Russ.).
8. Neverov A. V. [Forest management]. Minsk, 2014 (in Russ.).
9. Shatravko V. G., Tolkacheva N. V., Bulko N. I. [The use of forest residues: trends and prospects]. *Probl. lesoved. i lesovod.* : sb. nauchn. tr. Inst. lesa NAN Belarusi. 2011. Issue 71. P. 186–196 (in Russ.).
10. Vorobyov D. S. Estimation of wood raw of Belarus as the renewable energy source. *Vestnik BSU. Ser. 2, Khim. Biol. Geogr.* 2013. No. 2. P. 95–100 (in Russ.).
11. Vorobyov D. S. Assessment and prospects of use of wood materials as energy resource on the territory of Zhlobin district. *Privodopol'zovanie* : sb. nauchn. tr. 2015. Issue 27. P. 118–125 (in Russ.).
12. Vorobyov D. Directions to increase the potential of raw wood as a renewable energy source (on the example of the administrative district). *Ekonomična ta social'na geografija* : nauk. zb. 2015. Issue 72. P. 62–66 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 06.03.2017.
Received by editorial board 06.03.2017.

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ АВИАПЕРЕВОЗОК В СТРАНАХ ЕВРОПЕЙСКОГО РЕГИОНА

М. И. СТРУК¹⁾, Т. В. СЛИВИНСКАЯ¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Целью настоящего исследования является сравнительная оценка интенсивности авиаперевозок в странах Европейского региона. Изучены факторы развития авиаперевозок в его пределах. Выполнена оценка причин, влияющих на объемы авиаперевозок в странах Европейского региона, которая показала их зависимость от географического положения, численности населения и размеров национальных экономик. Установлено присутствие в регионе довольно густой сети аэропортов и авиакомпаний, отличающихся разнообразием по величине, стоимости перевозок, практически отсутствием монополизма в отдельных странах, что обеспечивает конкурентные условия в этой сфере и создает благоприятные предпосылки для ее развития. Выявлена интенсивность авиаперевозок по странам, проведено их ранжирование по данному показателю, отразившее зависимость ее степени от уровня экономического развития конкретного государства. Отмечается, что самая низкая степень интенсивности авиаперевозок характерна преимущественно для стран с переходной экономикой, самая высокая – для островных (Ирландия, Исландия), а также сравнительно небольших экономически наиболее развитых континентальных государств (Люксембург, Норвегия). Обнаружены территориальные различия в интенсивности авиаперевозок внутри Европейского региона, позволившие разделить его на три компактных ареала: восточный и южный – преимущественно с низкой ее степенью; западный и юго-западный – с умеренной; центральный и северный – с высокой.

Ключевые слова: география транспорта; воздушный транспорт; Европейский регион; интенсивность авиаперевозок; пассажироперевозки; грузоперевозки; аэропорт; авиакомпания; лоукост-перевозчик.

EVALUATION OF THE INTENSITY OF AIR TRANSPORTATION IN THE EUROPEAN REGION

M. I. STRUK^a, T. V. SLIVINSKAYA^a

^aBelarusian State University, Niezaliežnasci Avenue, 4, 220030, Minsk, Belarus

Corresponding author: T. V. Slivinskaya (sleevint@gmail.com)

The goal of research is comparative assessment of the intensity of air transportation in the European region. To achieve this aim consistently solve issues on assessing the development of air transportation factors within it, their intensity applied to the passenger and cargo transportation in each country and their subsequent ranking on this indicator. The result was the estimation of factors that influence over the volume of air transportation in the European region, which showed their dependence on the geographical location of the countries and their population sizes and volume of the national economies. The quite dense network of airports and airlines which are varied in size, and the cost of transportation have been revealed, and almost absence of monopoly applied to the selected countries, which ensures competitive conditions in the airline industry, and creates favorable conditions for their development. The intensity of air transportation by country and

Образец цитирования:

Струк М. И., Сливинская Т. В. Оценка интенсивности авиаперевозок в странах Европейского региона // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 82–91.

For citation:

Struk M. I., Slivinskaya T. V. Evaluation of the intensity of air transportation in the European region. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 82–91 (in Russ.).

Авторы:

Михаил Игоревич Струк – кандидат географических наук, доцент кафедры экономической географии зарубежных стран географического факультета.

Татьяна Владимировна Сливинская – магистрант кафедры экономической географии зарубежных стран географического факультета.

Authors:

Mikhail Struk, PhD (geography); associate professor at the department of economic geography of foreign countries, faculty of geography.

geosystem1@rambler.ru

Tatsiana Slivinskaya, master's degree student at the department of economic geography of foreign countries, faculty of geography.

sleevint@gmail.com

carried out their ranking on this index, reflected the degree of its dependence on the level of economic development level of the countries have been determined. The lowest degree is register mainly in the countries with economies in transition period, the highest – in the island countries (Ireland, Iceland), and in the most developed countries of continental Europe (Luxembourg, Norway). The territorial differences in the intensity of air transportation within the European region have been identified, allowed to divide it into 3 compact areas: East and South – mostly low, West and South-West – with moderate, Central and Northern – with its high degree.

Key words: geography of transport; air transport; the European region; the intensity of air transportation; passenger transportation; cargo carriage; airport; airline; low-cost carrier.

Введение

Воздушные перевозки пассажиров и грузов приобретают все более важное значение. Их объемы растут особенно высокими темпами. Так, в XXI в. количество перевозимых в мире данным видом транспорта пассажиров удвоилось, а грузов – увеличилось более чем в полтора раза. Подобная тенденция сохранится и в будущем. По мере усиления процессов глобализации, экономических мирохозяйственных связей и возрастания туристских потоков роль воздушного транспорта будет повышаться.

Рост авиаперевозок стимулировал научные исследования в данной сфере, охватывающие широкий спектр направлений, связанных в том числе с территориальной организацией этого вида транспорта. Последние затрагивают как комплексное рассмотрение географии воздушного сообщения [1; 2], так и частные вопросы, касающиеся факторов его организации [3–5], распределения бюджетных (лоукост) перевозок [6] и др.

К числу вопросов подобного рода, которые важны для понимания уровня развития воздушного транспорта, но изучены недостаточно, относятся также пространственное распределение и интенсивность авиаперевозок. Их значение обусловлено тем, что показатель такой интенсивности может рассматриваться как ключевая характеристика в данном отношении. Именно перевозки грузов и пассажиров представляют собой конечный продукт, производимый транспортом, в том числе авиационным. По этой причине их интенсивность может стать индикатором его развития, что подтверждает актуальность оценки данного показателя.

Целью настоящего исследования является сравнительная оценка интенсивности авиаперевозок в странах Европейского региона за 2015 г. Изучены факторы развития авиаперевозок в его пределах, интенсивность пассажиро- и грузоперевозок в каждой из стран, проведено их последующее ранжирование по данному показателю.

Выбор в качестве территориальных единиц изучения стран Европейского региона обусловлен тем, что к нему относится и Беларусь. Настоящее оценочное исследование позволит определить место воздушного транспорта нашей страны среди других европейских государств и может быть использовано при планировании развития авиаперевозок.

Фактическую основу исследования составили преимущественно данные Всемирного банка, национальных статистических комитетов отдельных стран, а также некоторых международных организаций и авиакомпаний.

Факторы развития авиаперевозок

Объем воздушных перевозок пассажиров и грузов в той или иной стране определяется взаимодействием разнообразных факторов. К основным из них можно отнести географическое положение, обеспеченность аэропортами (особенно крупнейшими, имеющими мировое значение), численность населения, объем экономики, количество и размеры авиакомпаний, а также присутствие в их составе лоукост-перевозчиков.

Географическое положение. Воздушное сообщение относится к такому виду транспорта, которым можно пользоваться в любых природных зонах. Современные технологии обеспечивают возможность строительства аэродромов или посадочных площадок даже в арктических широтах. Поэтому природные условия европейских стран не препятствуют развитию в них воздушного транспорта. Среди показателей географического положения первостепенное значение для данного вида транспорта будут иметь такие из них, как островное положение страны, конфигурация ее территории, размещение на пересечении ведущих мировых воздушных путей.

Положение страны на островах лишает ее возможности осуществлять внешние перевозки автомобильным и железнодорожным транспортом, что объективно способствует более широкому использованию воздушного сообщения. То же относится к странам, имеющим вытянутую форму территории. Они будут располагать более благоприятными предпосылками подобного рода по сравнению с компактными странами.

В Европе насчитывается четыре островных государства: сравнительно большое по площади – Великобритания, а также малые – Ирландия, Исландия и Мальта.

По своей конфигурации европейские страны являются, как правило, компактными, исключение составляют Норвегия и Италия. Так, протяженность Норвегии в меридиональном направлении достигает 1700 км, Италии – около 1200 км.

Размещение страны на пересечении мировых воздушных путей способствует созданию на ее территории перевалочных аэропортов – хабов. Самые большие хабы Европы располагаются, как правило, в крупнейших странах, таких как Франция (Шарль-де-Голль, Париж), Испания (Баракас, Мадрид), Великобритания (Хитроу, Лондон) и Германия (Франкфурт-на-Майне). Исключением является аэропорт Схипхол в Нидерландах (Амстердам).

Обеспеченность аэропортами. Сеть аэропортов страны создает материальные предпосылки для осуществления авиаперевозок. Чтобы оценить их, следует использовать показатель плотности данных объектов. При этом нужно иметь в виду, что его более высокое значение будет характеризовать не столько возможности развития в стране авиаперевозок, сколько авиатранспортную доступность различных ее частей.

Оценивая обеспеченность страны аэропортами, целесообразно учитывать не весь их перечень, а только те объекты, которые значимы для авиаперевозок. В настоящем исследовании к таковым относятся аэропорты, перевозящие не менее 15 тыс. человек в год. Данная величина приводится в качестве порогового значения в отчетности Евростата.

Всего в Европейском регионе насчитывается 697 аэропортов с указанным количеством пассажиров. Их средняя плотность составляет 12 объектов на 100 тыс. км², среднее расстояние между ними – около 100 км, что в целом обеспечивает менее чем часовую доступность аэропортов. Наиболее высокие значения показателей (в два раза и более выше средних) отмечаются в одной большой по площади стране (Франция), одной средней (Греция) и двух малых (Люксембург, Мальта).

Самыми низкими показателями (в два раза и более ниже среднего) отличаются в основном страны с переходной экономикой. Таковыми являются Албания, Беларусь, Болгария, Венгрия, Латвия, Литва, Молдавия, Польша, Румыния, Сербия и Чехия. Кроме того, к ним относится сравнительно малонаселенная страна – Исландия. В Беларуси плотность аэропортов составляет примерно два объекта на 100 тыс. км² (в пять раз ниже среднего), расстояние между ними достигает 230 км (в 2,3 раза ниже среднего).

Наиболее крупные аэропорты (с оборотом пассажиров свыше 26 млн человек) размещаются в семи странах. К ним относятся все (за исключением Украины) крупнейшие государства региона – Германия, Великобритания, Франция, Испания и Италия, причем в первых четырех из них насчитывается по два таких объекта. Столь же большие аэропорты имеются еще в двух странах – Нидерландах и Дании.

Численность населения. Население страны – это потенциальные авиапассажиры, поэтому между его численностью и объемом авиаперевозок при прочих равных условиях должна существовать прямая зависимость. Для ее оценки рассчитывались коэффициенты корреляции между данным показателем, с одной стороны, и количеством перевезенных пассажиров и объемом грузооборота – с другой. Они составили 0,67 и 0,59 соответственно, что свидетельствует о наличии такой зависимости.

Среди европейских стран с максимально высокими показателями перевозки пассажиров (110–132 млн человек) выделяются три – Великобритания, Германия и Ирландия. Далее следуют Франция и Испания, аналогичные показатели которых вдвое ниже (60–65 млн человек). Во всех остальных странах они не превышают 40 млн пассажиров.

Из пяти указанных стран с максимальными величинами перевозки пассажиров четыре относятся к большим по численности населения (46–81 млн человек) и одна – Ирландия – к малым (4,6 млн человек). Последняя занимает особое положение в Европейском регионе, отличаясь аномально высоким соотношением численности собственного населения и количества перевозимых пассажиров (1 : 24), что, по-видимому, связано с ее островным положением и выполнением перевалочных функций.

Самые низкие показатели перевозки пассажиров (менее 2 млн человек) имеют малые страны (Мальта, Люксембург и Черногория), а также сравнительно небольшие по численности населения (до 5 млн человек) страны с переходной экономикой (Словакия, Литва, Эстония, Молдавия, Словения и Хорватия). В данный перечень входят также Болгария и Беларусь, где численность населения несколько выше – 7,2 и 9,5 млн человек соответственно.

Размер экономического производства. Объем экономики страны, как и численность ее населения, должен прямо влиять на величину показателя авиаперевозок. При этом значение имеет не только сама величина, но и экономическая специализация страны, характер производимой продукции.

По показателю произведенного валового внутреннего продукта (ВВП) лидирующие позиции в рассматриваемом регионе занимают крупные экономически развитые страны. В пяти из них он превышает

1 трлн долл. США: Испании – 1,2 трлн, Италии – 1,82 трлн, Франции – 2,42 трлн, Великобритании – 2,86 трлн, Германии – 3,36 трлн долл. США.

Как уже отмечалось, в четырех из пяти упомянутых стран фиксируются наиболее высокие показатели авиаперевозок пассажиров. Исключение составляет Италия. Занимая по объему ВВП и численности населения четвертое место, по авиаперевозкам пассажиров она находится на десятой позиции, уступая в том числе таким странам, как Норвегия, Нидерланды, Швеция и Швейцария. Количество авиапассажиров в Италии составляет 26 млн человек, что в пять раз ниже по сравнению с первой в данном отношении страной – Великобританией.

Применительно к перевозкам грузов более заметное влияние на их объем оказывает экономическая специализация страны. Наряду со странами, имеющими самые высокие показатели ВВП, особенно большими объемами таких перевозок (свыше 1 млрд т/км) отличаются средние и даже малые государства. Так, второе место после Германии по данному показателю занимает малая страна – Люксембург, далее следуют Великобритания, Нидерланды, Франция, Бельгия, Швейцария и Испания.

Более высокая контрастность между странами наблюдается по авиаперевозкам грузов, нежели пассажиров. В частности, в 11 из них (29 % всех рассматриваемых) годовой объем грузооборота не достигает 1 млн т/км. В данный перечень входят страны как с переходной экономикой – Албания, Босния и Герцеговина, Венгрия, Македония, Молдавия, Словакия, Черногория, так и экономически развитые – Дания, Норвегия, Швеция.

Авиакомпании. Занимая ключевое положение в управлении воздушным транспортом, авиакомпании обеспечивают организацию воздушных перевозок и тем самым влияют на их объемы.

Рост спроса на услуги авиаперевозок способствует и их качественной трансформации, связанной с безопасностью и комфортом полетов, стоимостью и иными требованиями. Это отражается на организационной структуре авиакомпаний, которая значительно изменилась с появлением нового типа воздушных перевозчиков – лоукост-компаний, осуществляющих перевозки по низким ценам. Первые из них возникли в 1970-х гг. в США, а с начала 1990-х гг. они стали создаваться и в Европе. Услуги лоукост-компаний, ориентированные на определенный сегмент потребителей, привлекли новую категорию пассажиров, благодаря чему возросло их общее количество. Спрос на лоукост-перевозки увеличивается, стимулируя создание новых компаний этой направленности.

В настоящее время в Европейском регионе работают различные по величине и стоимости перевозок авиакомпании. Согласно статистике по авиакомпаниям в странах данного региона¹ всего их насчитывается 285, из которых десятая часть относится к лоукост-перевозчикам.

Довольно большое общее количество авиакомпаний, в том числе бюджетных, свидетельствует о предпосылках для высокой конкуренции на европейском рынке авиаперевозок. Они прослеживаются как между странами, так и внутри их. В частности, в большинстве стран насчитывается более одной авиакомпании. Исключение составляют четыре небольшие Балканские страны – Албания, Босния и Герцеговина, Македония и Черногория.

Больше всего авиакомпаний (от 20 до 30) находится в странах с самыми высокими объемами воздушных пассажироперевозок – Великобритании, Германии, Испании и Франции. Здесь же сосредоточено и максимальное количество лоукост-перевозчиков (по 3–4 компании).

Среднее за год число пассажиров, перевозимых одной европейской авиакомпанией, достигает примерно 3 млн человек. Между тем выделяются и очень крупные компании, которые также размещаются в странах с максимальным количеством пассажиров. К таковым относятся компании *Ryanair*, Ирландия (116,8 млн пассажиров), *Lufthansa Group*, Германия, Австрия, Швейцария (109,7 млн), *IAG*, Великобритания, Испания, Ирландия (100,7 млн), *Air France-KLM*, Франция, Нидерланды (93,4 млн) и *EeasyJet*, Великобритания (74,5 млн пассажиров).

Первая и последняя из перечисленных крупнейших авиакомпаний являются лоукост-перевозчиками. Аналогичные перевозчики имеются и в составе трех остальных компаний. Кроме того, к крупным бюджетным перевозчикам относятся также компании *Norwegian*, Норвегия (29,3 млн пассажиров) и *Air Berlin Group*, Германия, Австрия (28,9 млн пассажиров).

Интенсивность авиаперевозок пассажиров и грузов

Методика. Приведенные при оценке факторов развития авиаперевозок данные по абсолютным значениям их объемов в рассматриваемых странах отражают существующие между ними сходства и различия в этом отношении. Они характеризуют размеры оказываемых в этих государствах авиатранспортных услуг и позволяют определить их уровень в той или иной стране.

¹Сайт Международной организации гражданской авиации. URL: <http://www.icao.int> (дата обращения: 01.03.2017).

Вместе с тем использования только лишь абсолютных значений авиаперевозок грузов и пассажиров для определения их интенсивности недостаточно. В данном случае требуются относительные показатели. В качестве таковых в настоящем исследовании приняты показатели количества перевезенных за год пассажиров и грузооборота в расчете на одного жителя страны.

Оценка исследуемых стран по отмеченным показателям проведена вначале отдельно по каждому из них, затем – по объединяющему их суммарному индексу. С этой целью первоначально рассчитывались численные значения рассматриваемых частных показателей по отдельным странам, затем – соответствующие частные индексы по авиаперевозкам пассажиров и грузов, которые суммировались. Таким образом получался обобщающий индекс. Частные индексы вычислялись как отношение рассматриваемого показателя в стране к среднему для всех стран значению. Результаты выполненных расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Относительные показатели авиаперевозок пассажиров и грузооборота
в европейских странах и их суммарные индексы за 2015 г.

Table 1

Ratios of passenger air traffic and freight turnover in European countries and total indexes, 2015

Страна	Количество авиапассажиров, чел./100 жителей	Грузооборот, т/км на одного жителя	Суммарный индекс
Австрия	171	4,08	1,4
Албания	5	<0,01	<0,1
Беларусь	16	0,02	0,1
Бельгия	99	12,97	1,0
Болгария	16	0,03	0,1
Босния и Герцеговина	1	<0,01	<0,1
Великобритания	202	8,39	1,7
Венгрия	204	<0,01	1,5
Германия	142	8,58	1,2
Греция	116	0,25	0,9
Дания	516	<0,01	3,9
Ирландия	2438	3,00	18,4
Исландия	1032	30,83	8,3
Испания	131	2,24	1,0
Италия	43	1,55	0,3
Латвия	119	0,09	0,9
Литва	47	0,03	0,4
Люксембург	321	1107,47	21,5
Македония	4	<0,01	<0,1
Мальта	372	<0,01	2,8
Молдавия	28	<0,01	0,2
Нидерланды	206	30,93	2,1
Норвегия	724	<0,01	5,4
Польша	13	0,32	0,1
Португалия	122	3,32	1,0
Румыния	18	0,03	0,1
Сербия	31	0,04	0,2
Словакия	35	<0,01	0,2
Словения	55	0,05	0,4
Украина	10	0,08	0,1
Финляндия	182	13,01	1,6
Франция	97	6,13	0,8

Окончание табл. 1
Ending table 1

Страна	Количество авиапассажиров, чел./100 жителей	Грузооборот, т/км на одного жителя	Суммарный индекс
Хорватия	42	0,02	0,3
Черногория	85	<0,01	0,6
Чехия	47	0,26	0,4
Швейцария	324	15,95	2,7
Швеция	336	<0,01	2,5
Эстония	39	0,08	0,3
Средний показатель по Европе	133	58,0	2,2

Примечание. Составлено авторами на основе данных Всемирного банка¹.

Обсуждение результатов исследования

Полученные численные значения относительных показателей и индексов авиаперевозок пассажиров и грузов позволяют проранжировать рассматриваемые страны по каждому из них. Для этого применительно ко всем трем показателям выбрана четырехступенчатая шкала. Так, I ступени будет соответствовать низкая интенсивность авиаперевозок, II – умеренная, III – высокая и IV – очень высокая.

По показателю интенсивности авиаперевозок пассажиров в I группу вошли преимущественно страны с переходной экономикой, в том числе Беларусь (рис. 1). Кроме того, к ней же относятся три экономически развитые страны – Италия, Франция и Бельгия. При этом у двух последних показатель авиаперевозок пассажиров близок к верхнему пороговому значению для данной ступени шкалы.



Рис. 1. Ранжирование европейских стран по интенсивности авиаперевозок пассажиров (составлено авторами на основе данных Всемирного банка)

Fig. 1. Ranking of European countries by passenger air traffic (compiled by the authors on materials of the World Bank)

¹Официальный сайт Всемирного банка. URL: www.worldbank.org (дата обращения: 01.03.2017).

Во II и III группах оказались в основном экономически развитые страны, включая лидеров по абсолютным величинам перевозок пассажиров (Великобритания, Германия, Испания), а также две страны с переходной экономикой – Венгрия и Латвия. В IV группу попали два островных государства – Ирландия и Исландия.

Поскольку авиаперевозки грузов практикуются в меньшей степени, нежели перевозки пассажиров, их объемы в большинстве случаев сравнительно невелики. По этой причине в I группу вошла большая часть рассматриваемых государств. В ее составе все страны с переходной экономикой, а также экономически развитые – Греция, Дания, Норвегия и Швеция (рис. 2).



Рис. 2. Ранжирование европейских стран по интенсивности авиаперевозок грузов (составлено авторами на основе данных Всемирного банка)

Fig. 2. Ranking of European countries by freight air turnover (compiled by the authors on materials of the World Bank)

Группы II и III образуют экономически развитые страны, среди которых все крупнейшие – Испания, Италия, Великобритания, Германия и Франция. В IV группе находятся страны Бенилюкса, Швейцария, Финляндия и островное государство Исландия.

Ранжирование стран по суммарному индексу авиаперевозок и грузооборота приведено в табл. 2 и на рис. 3.

Перечень стран I группы является сходным с представленным в двух предыдущих группировках. Он включает в себя главным образом государства с переходной экономикой, к которым в данном случае добавляется Италия. Во II и III группы входят в основном экономически развитые страны, в том числе четыре крупнейшие, и две страны с переходной экономикой – Венгрия и Латвия. Наконец, IV группу составляют два островных государства – Ирландия и Исландия, малая страна – Люксембург, а также Норвегия.

Для того чтобы определить, какое влияние на приведенное ранжирование стран по интенсивности авиаперевозок оказывает уровень их экономического развития, выполнены расчеты среднего показателя ВВП на душу населения применительно к каждой из представленных групп. Полученные данные показывают его последовательный рост от I к IV группе. Так, для I группы данный показатель составил 14 тыс. долл. США на одного человека, для II – 31 тыс., для III – 43 тыс., для IV – 69 тыс. долл. США. Это свидетельствует о прямой зависимости интенсивности авиаперевозок от уровня экономического развития страны.

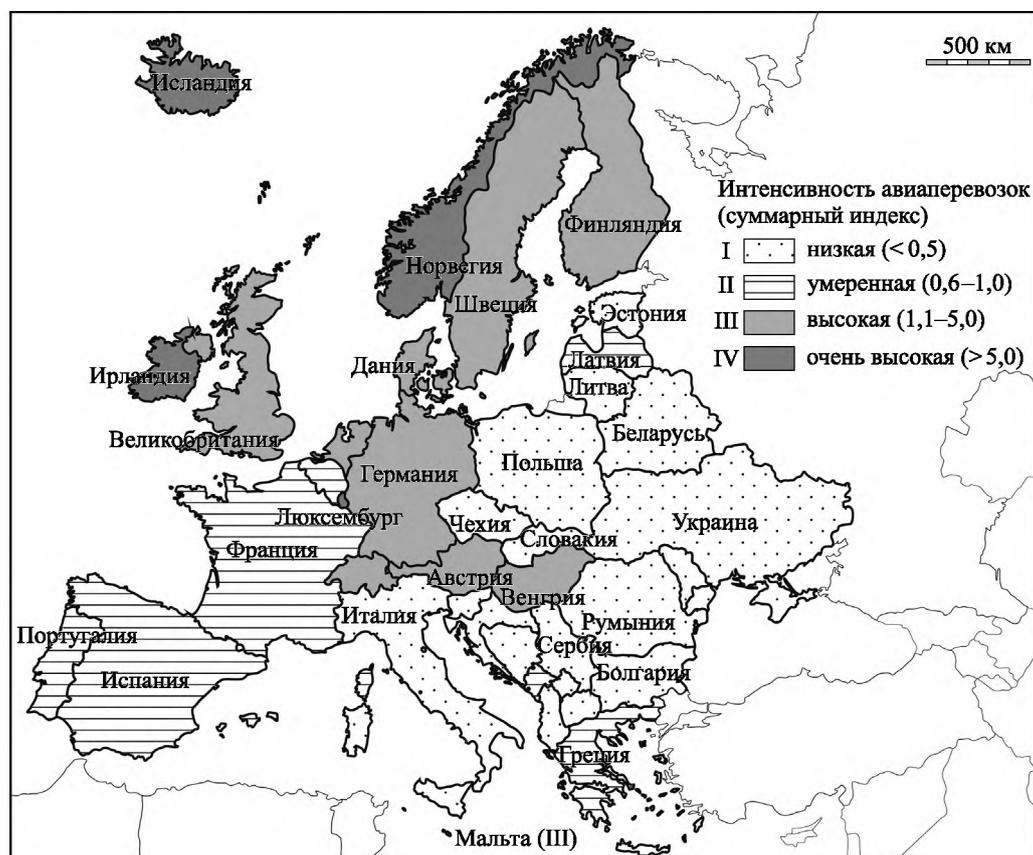


Рис. 3. Ранжирование европейских стран по интенсивности авиaперeвозок пассажиров и грузов (составлено авторами на основе данных Всемирного банка)

Fig. 3. Ranking of European countries in terms of air traffic of passengers and freight (compiled by authors on materials of the World Bank)

Таблица 2

Структура европейских стран по интенсивности авиaперeвозок пассажиров и грузов, а также авиaперeвозок в целом в 2015 г.

Table 2

Grouping of European countries by passenger air traffic, freight and total air traffic in 2015

Группа	Страна	Интенсивность, %
Пассажироперевозки (пассажиров на 100 жителей)		
I (<math>< 100</math>)	Албания, Беларусь, Бельгия, Болгария, Босния и Герцеговина, Италия, Литва, Македония, Молдавия, Польша, Румыния, Сербия, Словакия, Словения, Украина, Франция, Хорватия, Черногория, Чехия, Эстония	52
II (101–501)	Австрия, Великобритания, Венгрия, Германия, Греция, Испания, Латвия, Люксембург, Мальта, Нидерланды, Португалия, Финляндия, Швейцария, Швеция	37
III (501–1000)	Дания, Норвегия	5,5
IV (> 1000)	Ирландия, Исландия	5,5
Грузоперевозки (т/км на одного жителя)		
I (<math>< 1</math>)	Албания, Беларусь, Болгария, Босния и Герцеговина, Венгрия, Греция, Дания, Латвия, Литва, Македония, Мальта, Молдавия, Норвегия, Польша, Румыния, Сербия, Словакия, Словения, Украина, Хорватия, Черногория, Чехия, Швеция, Эстония	63

Группа	Страна	Интенсивность, %
II (1,1–5,0)	Австрия, Ирландия, Испания, Италия, Португалия	13
III (5,1–10,0)	Великобритания, Германия, Франция	8
IV (>10)	Бельгия, Исландия, Люксембург, Нидерланды, Финляндия, Швейцария	16
Авиаперевозки (суммарный индекс)		
I (<0,5)	Албания, Беларусь, Болгария, Босния и Герцеговина, Италия, Литва, Македония, Молдавия, Польша, Румыния, Сербия, Словакия, Словения, Украина, Хорватия, Чехия, Эстония	45
II (0,6–1,0)	Бельгия, Греция, Испания, Латвия, Португалия, Франция, Черногория	18
III (1,1–5,0)	Австрия, Великобритания, Венгрия, Германия, Дания, Мальта, Нидерланды, Финляндия, Швейцария, Швеция	26
IV (>5,0)	Норвегия, Люксембург, Исландия, Ирландия	11

Размещение стран со сходными индексами оказалось довольно компактным (см. рис. 3). Это дает основание для деления Европейского региона на три крупных ареала по интенсивности авиаперевозок. Первый из них (преимущественно с низкой интенсивностью) занимает его восточные и южные части, второй (с умеренной интенсивностью) – западную и юго-западную, третий (с высокой интенсивностью) – центральную и северную.

Выводы

Объемы авиаперевозок в европейских странах определяются численностью их населения в сочетании с размерами национальных экономик, а также занимаемым ими географическим положением. Максимальные значения этих объемов отмечаются в крупных экономически развитых странах – Великобритании, Германии, Франции, Испании и островном государстве Ирландии.

В Европейском регионе существует довольно густая сеть аэропортов со средним расстоянием между ними около 100 км, что обеспечивает их хорошую транспортную доступность и создает благоприятные материальные предпосылки для осуществления авиаперевозок.

Действующие в регионе авиакомпании отличаются разнообразием как по размерам, так и по стоимости перелетов, их количество почти в каждой стране составляет не менее двух. Это создает конкурентные условия и способствует развитию воздушного транспорта.

В интенсивности авиаперевозок по странам, выражаемой показателями перевозок пассажиров и грузооборота в расчете на одного жителя, проявляется зависимость от уровня их экономического развития. Минимальная ее степень отмечается преимущественно в странах с переходной экономикой, максимальная – в островных (Ирландия, Исландия), а также в сравнительно небольших экономически развитых континентальных странах (Люксембург, Норвегия).

Существующие территориальные различия в интенсивности авиаперевозок внутри Европейского региона позволяют разделить его на три компактных ареала: восточный и южный – преимущественно с низкой степенью интенсивности, западный и юго-западный – с умеренной, центральный и северный – с высокой.

Библиографические ссылки

1. Тархов С. А. География воздушного транспорта // География в школе. 2011. № 4. С. 11–20.
2. Тархов С. А. География воздушного транспорта // География в школе. 2011. № 6. С. 3–13. Окончание. Начало в № 4.
3. Туан Л. М. Региональные факторы и особенности развития воздушного транспорта в РФ // Практ. маркетинг. 2011. № 2. С. 37–40.
4. Михальчевский Ю. Ю. Систематизация факторов развития воздушного транспорта, вызывающих изменение требований к отраслевому рынку труда // Символ науки. 2016. № 1. С. 146–147.
5. Павлуцкая Е. С., Слуга Н. А. Глобальные города в пространственно-организационной структуре крупнейших авиакомпаний мира (на примере «Люфтганза Групп») // Вестн. МГУ. Сер. 5, География. 2010. № 2. С. 26–32.
6. Семёнов А. А. Территориальная структура низкобюджетных пассажирских авиаперевозок мира : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.24. М., 2014.

References

1. Tarhov S. A. Geography of air transport. *Geogr. v shkole*. 2011. No. 4. P. 11–20 (in Russ.).
2. Tarhov S. A. Geography of air transport. *Geogr. v shkole*. 2011. No. 6. P. 3–13. Ending. Beginning in No. 4. (in Russ.).
3. Tuan L. M. Regional factors and features of air transport development in Russia. *Prakticheskii marketing*. 2011. No. 2. P. 37–40 (in Russ.).
4. Mikhail'chevskii Y. Y. [Systematics factors causing development of air transport to the changing requirements of industry-labor]. *Simvol nauki*. 2016. No. 1. P. 146–147 (in Russ.).
5. Pavlutsкая Y. S., Sluka N. A. Global cities in the spatial organizational structure of the largest airlines of the world (case study of the «Lufthansa Group»). *Vestnik Mosk. univ. Ser. 5, Geogr.* 2010. No. 2. P. 26–32 (in Russ.).
6. Semenov A. A. [Territorial structure of low-cost passenger airline of the world] : avtoreferat dissertatsii... kandidata geogr. nauk : 25.00.24. Moscow, 2014 (in Russ.).

*Статья поступила в редколлегию 07.03.2017.
Received by editorial board 07.03.2017.*

УДК 631.42+528.946

КАРТОМЕТРИЧЕСКАЯ И ГЕНЕТИКО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА СРЕДСТВАМИ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Н. В. КЛЕБАНОВИЧ¹⁾, С. Н. ПРОКОПОВИЧ¹⁾, А. А. САЗОНОВ¹⁾, А. С. КУЛИКОВА¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Исследуются картометрические и генетико-морфологические характеристики почвенного покрова трех административных районов Беларуси – Клецкого, Пуховичского и Червенского – в масштабном ряду 1:10 000, 1:50 000 и 1:200 000. С помощью технологий ГИС-анализа изучена не только классификационная принадлежность почвенных контуров, но и их геометрия и морфометрия, что дает основание говорить о качественно новом уровне анализа – генетико-геометрическом. Благодаря обработке масштабного ряда почвенных карт и выделению основных генетико-геометрических характеристик (площадь, форма и степень изрезанности границ элементарных почвенных ареалов) получен значительный объем инвентаризационных и картометрических данных, последующая оценка которых показала высокий авторский субъективизм при составлении почвенных карт среднего и мелкого масштаба, в частности необоснованное завышение доли и средней площади дерново-подзолистых почв за счет массового поглощения соседних контуров, преимущественно полугидроморфных. Результаты исследования направлены на оценку точности и достоверности аналоговых почвенных карт в сравнении с цифровым представлением почвенного покрова, а также призваны способствовать разработке более точных и объективных алгоритмов составления и анализа последних.

Ключевые слова: цифровая почвенная картография; элементарный почвенный ареал; земельные информационные системы; базы геоданных; ГИС-анализ.

CARTOMETRICS AND GENETIC-MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SOIL COVER BY MEANS OF GIS-TECHNOLOGIES

N. V. KLEBANOVICH^a, S. N. PROKOPOVICH^a, A. A. SAZONOV^a, H. S. KULIKOVA^a

^aBelarusian State University, Niezaliežnasci Avenue, 4, 220030, Minsk, Belarus

Corresponding author: S. N. Prokopovich (prokopovichsn@bsu.by)

The article presents a study cartometric and genetic-morphometric characteristics of the soil cover three administrative regions of Belarus Kletska, Puhovichi and Cherven, a scale number 1:10 000, 1:50 000, 1:200 000. The application of technology to the GIS analysis allowed us to analyze not only the classification belonging to the soil contours but also

Образец цитирования:

Клебанович Н. В., Прокопович С. Н., Сазонов А. А., Куликова А. С. Картометрическая и генетико-морфологическая характеристика почвенного покрова средствами ГИС-технологий // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 92–102.

For citation:

Klebanovich N. V., Prokopovich S. N., Sazonov A. A., Kulikova H. S. Cartometrics and genetic-morphological characteristics of the soil cover by means of GIS-technologies. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 92–102 (in Russ.).

Авторы:

Николай Васильевич Клебанович – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, декан географического факультета.
Сергей Николаевич Прокопович – старший преподаватель кафедры почвоведения и земельных информационных систем географического факультета.
Алексей Александрович Сазонов – лаборант научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов географического факультета.
Анна Сергеевна Куликова – лаборант научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов географического факультета.

Authors:

Nikolai Klebanovich, doctor of science (agriculture), docent, dean of the faculty of geography.
n_klebanovich@inbox.ru
Sergey Prokopovich, senior lecturer at the department of soil science and land information systems, faculty of geography.
prokopovichsn@bsu.by
Aliaksei Sazonov, assistant at the scientific research laboratory of landscape ecology, faculty of geography.
alexey.szonov@gmail.com
Hanna Kulikova, assistant at the scientific research laboratory of landscape ecology, faculty of geography.
annakulikova2013@mail.ru

their geometry and morphometry, which gives grounds to speak about a qualitatively new level of analysis – genetic and geometric. Treatment of a number of large-scale soil maps and identifying the main genetic and geometric characteristics – the size, shape and degree of irregularity of the boundaries of the elementary soil areas, allowed us to obtain a significant amount of inventory and cartometrics data, subsequent evaluation of which showed a high authorial subjectivity in the preparation of soil maps of small and medium scale, in particular, unjustified overstatement of the share and average area of sod-podzolic soils due to massive absorption of neighboring contours, mainly palpating. The results of a study aimed at assessing the accuracy and reliability of the analogue soil maps in comparison with the digital representation of the soil for the development of more accurate and objective algorithms compile and analyze the latter.

Key words: digital soil mapping; elementary soil areas; land information systems; geodatabases; GIS analysis.

Введение

Почва является одним из самых сложных объектов картографирования среди компонентов ландшафта. Она образуется в ходе почвообразовательного процесса – совокупности явлений превращения и перемещения веществ и энергии под влиянием Солнца в поверхностном слое горных пород при взаимодействии живых организмов и продуктов их распада с минеральными соединениями горных пород, воды и воздуха.

Как сложная открытая динамическая система, почва представляет собой одновременно и результат взаимодействия факторов почвообразования, и ту среду, в которой этот процесс осуществляется в настоящее время [1].

Почвенная карта – это уменьшенное в соответствии с масштабом изображение почвенного покрова (далее – ПП) определенной территории, т. е. его модель. В нее включается также описание непочвенных образований, находящихся на границе литосферы и атмосферы и выполняющих в ландшафте функции почв (выходы рыхлых или плотных пород, отвалы горных разработок и т. д.).

Картографирование ПП – это не только метод раскрытия закономерностей пространственного распределения почв. Почвенные карты являются основой для агропроизводственной оценки почв и разработки конкретных мероприятий, направленных на повышение их плодородия, охрану и наиболее эффективное использование [2].

Материалы и методика исследования

Как объект исследований почвенный покров можно формализовать только в виде и посредством почвенной карты. Для пространственного, карто-, морфометрического, генетико-динамического и других видов анализа использование бумажных карт является излишне трудоемким, а в ряде случаев в принципе невозможно. Этим и обусловлен выбор объектов и территории исследования, представленный цифровыми картами в масштабе 1 : 10 000 Клецкого, Пуховичского и Червенского районов в виде баз геоданных «Почвы» (всего 35 882 почвенных контура).

Для исследования ПП на более низких уровнях визуализации были оцифрованы:

1) почвенные карты в масштабе 1 : 50 000 Клецкого (2004), Пуховичского (2000) и Червенского (2001) районов, составленные РУП «Белгипрозем», – всего 7478 почвенных контуров;

2) почвенная карта в масштабе 1 : 200 000 Минской области (1969), составленная Белорусским научно-исследовательским институтом почвоведения и агрохимии (ныне – РУП «Институт почвоведения и агрохимии» НАН Беларуси), – всего 27 349 почвенных контуров.

Методы исследования ПП сводятся к широкому применению геометрических, пространственных, статистических и картометрических инструментов программного продукта ArcGIS, а также возможности оперативного моделирования и визуализации почвенной и географической информации.

Являясь объектом картографирования, почва имеет ряд особенностей, определяющих специфику составления почвенных карт и связанные с этим проблемы:

- почвам, как и другим природным объектам, свойственна изменчивость в пространстве. Будучи результатом взаимодействия семи факторов почвообразования, каждый из которых подчиняется собственным закономерностям, почва в большей или меньшей степени отражает их влияние. Преобразование одного из факторов влечет за собой трансформацию свойств отдельных почвенных горизонтов и/или почвы в целом. Отклонение от центрального образа при изменении одного или нескольких факторов приводит к появлению либо «новой» почвы, либо сложных переходных зон между почвами;

- почва невидима (в отличие от растительности, гидрографической сети и многих других природных объектов). Для диагностики почвенных тел необходимо иметь описание почвенных разрезов, количество которых зависит от масштаба картографирования и сложности ПП картографируемой территории. Результат диагностики, т. е. придания имени (названия) тому или иному почвенному телу, определяется

используемой классификацией и служит основой содержания будущей карты. Невидимость почвенных тел создает весьма непростую проблему их разделения в пространстве, которая решается путем привлечения сведений о видимых факторах почвообразования – рельефе и растительности, иногда – о почвообразующей породе;

- почвенный покров на суше в целом представляет собой непрерывное образование. Его прерывают лишь водные объекты (реки, озера), природные непочвенные тела (выходы плотных пород, незакрепленные пески, ледники), техногенные поверхностные образования и конструкции (строения и промышленные объекты, карьеры и отвалы, дороги, аэродромы) [3].

Результаты исследования и их обсуждение

Крупномасштабное картографирование ПП. Наиболее распространенным уровнем почвенно-картографических исследований как в Беларуси, так и за рубежом являются крупномасштабные почвенные карты. В Республике Беларусь они представлены в масштабах до 1 : 50 000, причем ПП сельскохозяйственных земель описывается почвенными картами сельскохозяйственных производственных кооперативов в масштабе 1 : 10 000; земель лесного фонда – почвенными картами лесного хозяйства в масштабе 1 : 25 000. В целом почвенный покров административного района представлен генерализированной почвенной картой в масштабе 1 : 50 000. По этой причине ПП, как объект именно полевого почвенного картографирования, целесообразно рассматривать только в масштабе до 1 : 10 000 [4].

Для картирования ПП картографу-почвоведу необходимо провести боковые границы почвенного тела, но, поскольку покров суши является сплошным и почвы переходят одна в другую чаще всего постепенно, без резко выраженных линий раздела, граница между двумя разными почвами становится диффузной и трудно выделяется в природе. Однако это не означает, что она отсутствует, – просто диффузная граница имеет некоторый рубеж неопределенности [5]. В почвоведении принято определение боковых границ почвы как вертикальных поверхностей раздела между соседствующими почвенными индивидуумами.

Поскольку почва является сложной структурной системой, она всегда имеет некую степень неоднородности. Следовательно, задача определения почвенного индивидуума сводится к поиску тех пределов почвенной неоднородности, которые позволяют говорить о самостоятельном природном теле, отличном от окружающих. Таким образом, почвенный индивидуум (или педон – по терминологии современной школы США; почвенная особь; элементарная единица почвы) – это минимальный объем почвы, горизонтальные размеры которого достаточно большие, чтобы иметь полный спектр вариабельности соотношений генетических горизонтов, и который соответствует минимальной горизонтальной неоднородности почвы по диагностическим признакам [3].

Несколько одинаковых почвенных индивидуумов в своем совместном простираии по площади дают элементарный почвенный ареал (ЭПА), под которым понимается единица ПП, относящаяся к одной классификационной категории наиболее низкого таксономического ранга, занимающая пространство, со всех сторон ограниченное другими ЭПА или непочвенными образованиями [6]. Аналогичными понятию ЭПА являются в разное время введенные в науку термины: «полипедон» (школа США, 1960); «педотоп» (Э. Эвальд, 1966); «женон» (Ж. Булей, 1969) [3].

При почвенной полевой съемке в масштабе 1 : 10 000 почвоведу-картографу необходимо установить в природе и показать на карте не только границы перехода между типами, подтипами и видами почв, но и разновидности почв по гранулометрическому составу, генезису и характеру почвообразующих пород, т. е. единице наиболее низкого таксономического ранга в национальной почвенной классификации Беларуси.

Для выявления объектов картографирования ПП также важно рассматривать почвы как элемент ландшафта. Только знание связей между его компонентами, наблюдаемыми непосредственно на местности, топографических картах или аэрокосмических снимках, и почвами, определяемыми по данным, полученным непосредственно в полевых условиях при описании разрезов, позволяет вести почвенное картографирование в крупных масштабах. Содержание ЭПА обуславливается классификационным положением образующей его почвы наиболее низкого таксономического уровня.

Геометрия ЭПА описывается его площадью, формой и степенью изрезанности границ. Площадь колеблется в очень широком диапазоне. По форме ЭПА разделяются на три группы [7]:

- изоморфные;
- вытянутые;
- разветвленно-асимметричные.

Для первой из них отношение длины наибольшей оси к длине наименьшей не превышает двух раз, для второй находится в пределах от двух до пяти, для третьей составляет более пяти раз. Границы ЭПА выявляют, наносят на карту и увязывают с соседними контурами, как правило, в поле. Место в структуре

ПП определяется положением ЭПА в почвенных комбинациях: сочетаниях, мозаике, комплексах, пятнистости, вариациях, ташетах. При создании крупномасштабной почвенной карты оценивается возможность нанесения на нее всех ЭПА, площадь которых удовлетворяет цензу отбора. Даже при построении крупномасштабных карт невозможно представить на них все встречающиеся в природе ЭПА. Эта проблема решается методом картографической генерализации [1].

Картографическая генерализация ПП – это выделение и отображение на карте наиболее существенных для целей картографирования особенностей его строения, выявление закономерностей взаиморасположения мелких почвенных контуров и определение их места в структуре почвенного покрова [8]. При обнаружении множества мелких по площади ЭПА, не поддающихся нанесению на карту в данном масштабе, вычлняются сложные почвенные контуры, где основной фон составляют преобладающие почвы, а все остальные ЭПА подвергаются геометрической или классификационной генерализации.

Цифровое представление ПП открывает новые возможности карто- и морфометрического анализа территории. Эти графоаналитические приемы, предназначенные для измерения и исчисления по картам различных количественных величин, традиционно развивались главным образом применительно к топографическим картам. Лишь в XXI в. карто- и морфометрические определения были распространены на тематические карты, в первую очередь почвенные. К основному картометрическому измерению по почвенным картам относится выявление площадей отдельных контуров. Морфометрия изучает и разрабатывает способы количественной оценки по картам форм и структур объектов. Ключевыми морфометрическими характеристиками служат показатели формы, концентрации объектов, глубина и густота расчленения. Для вычисления морфометрических показателей, как правило, используют картометрические величины.

В настоящее время карто- и морфометрия развиваются преимущественно в двух направлениях. Одно из них – разработка количественных морфометрических показателей синтетического характера, таких, например, как коэффициент общего расчленения территории, совмещающий оценку горизонтального и вертикального расчленения. Другая тенденция направлена на то, чтобы упростить известные способы измерения и исчисления количественных величин по картам с внедрением вероятностно-статистических приемов, позволяющих быстро и достаточно надежно собрать количественные показатели для обширных территорий.

Морфометрические показатели, которые вычисляются по картам, сами могут стать сюжетом для тематического картографирования. В хозяйственной практике наиболее известны морфометрические карты рельефа – уклонов местности, глубины и густоты расчленения (например, в издании «Национальный атлас Беларуси»).

В процессе картометрических исследований в почвоведении на первый план выходит изучение структуры и конфигурации почвенных ареалов. Современные цифровые, в первую очередь геоинформационные (ГИС), технологии позволяют оперативно обрабатывать большие объемы данных, в автоматизированном режиме рассчитывать площадь, длину, периметр, угол наклона, экспозицию склонов и др.

Морфометрический ГИС-анализ ПП Клецкого, Пуховичского и Червенского районов выполнен в программе ArcGIS по слою «почвы» земельно-информационной системы (ЗИС) административных районов в масштабе 1 : 10 000 (табл. 1), а также по оцифрованным районным почвенным картам в масштабе 1 : 50 000 (табл. 2) и областной карте в масштабе 1 : 200 000 (табл. 3). Несмотря на то что эти районы почти полностью располагаются в одной физико-географической провинции, генетико-геометрически и морфологически ЭПА существенно контрастируют.

Анализ почвенных карт и инвентаризация ПП данных районов четко указывают на преобладание полугидроморфных почв над автоморфными в Пуховичском и Червенском районах (на 11,6 и 6,0 % соответственно) и обратную ситуацию – в Клецком районе (автоморфные почвы доминируют над полугидроморфными на 7,1 %), что объясняется простираем северо-восточной части Клецкого района не в Предполесской, а в Центрально-Белорусской физико-географической провинции.

Площадь почвенных контуров на самом нижнем уровне картографирования, а именно почвенной разновидности, колеблется в очень широком диапазоне (см. рисунок). Для дерново-подзолистых почв типичны крупные ареалы (в среднем более 6–7 га) относительно изоморфной и асимметричной формы (коэффициенты расчлененности и изрезанности границ (формулы (1), (2)) составляют более 0,3), поскольку генетически ЭПА в основном орогенного и литогенного видов.

$$КР = P/S, \quad (1)$$

где КР – коэффициент расчлененности; P – периметр, км; S – площадь, га.

$$К_{изр} = 4\pi S/P^2, \quad (2)$$

где $К_{изр}$ – коэффициент изрезанности границ; S – площадь, км²; P – периметр, км.

Генетико-морфометрическая характеристика почвенного покрова агроландшафтов в масштабе 1 : 10 000

Table 1

Genetic-morphometric characteristics of the soil cover of agrolandscapes of scale 1 : 10 000

Почва	Район														
	Клецкий					Пуховичский					Червенский				
	$S_{ср}$, га	КР	$K_{изр}^1$	$K_{изр}^2$	N	$S_{ср}$, га	КР	$K_{изр}^1$	$K_{изр}^2$	N	$S_{ср}$, га	КР	$K_{изр}^1$	$K_{изр}^2$	N
ДП на суглинках	16,544	0,092	0,240	0,492	341	11,393	0,125	0,192	0,481	465	11,677	0,133	0,283	0,426	288
ДП на супесях	10,561	0,093	0,236	0,490	2144	6,453	0,130	0,286	0,526	4465	7,208	0,142	0,301	0,494	3409
ДП на песках	4,770	0,169	0,335	0,578	237	2,636	0,246	0,393	0,562	2056	3,033	0,237	0,435	0,581	1111
ДПБ ₀	5,898	0,262	0,295	0,422	39	3,032	0,283	0,352	0,481	371	3,853	0,261	0,385	0,494	240
ДПБ ₁	13,519	0,236	0,100	0,349	1073	6,538	0,269	0,153	0,396	4111	6,168	0,269	0,195	0,359	3425
ДПБ ₂	7,505	0,296	0,118	0,416	855	4,436	0,299	0,162	0,396	4225	3,852	0,323	0,184	0,378	3195
ДПБ ₃	1,527	0,355	0,399	0,720	87	1,451	0,393	0,341	0,569	350	1,413	0,437	0,317	0,527	298
ДПБ ₄	2,351	0,198	0,099	0,369	3	1,603	0,371	0,389	0,466	159	1,894	0,345	0,477	0,410	60
ДБ ₁	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ДБ ₂	7,838	0,270	0,161	0,334	221	4,722	0,319	0,162	0,342	929	3,388	0,393	0,175	0,349	525
ДБ ₃	7,006	0,307	0,122	0,361	284	2,809	0,391	0,186	0,403	1170	2,200	0,481	0,186	0,361	714
ДБ ₄	5,413	0,221	0,477	0,477	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ТДБ _в	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ТДБ _н	–	–	–	–	–	8,563	0,174	0,351	0,430	23	1,586	0,395	0,514	0,571	3
ТБ _{1н}	3,130	0,288	0,315	0,575	33	2,621	0,389	0,254	0,405	435	2,279	0,492	0,187	0,370	316
ТБ _{2н}	5,406	0,300	0,212	0,396	149	3,331	0,333	0,242	0,414	843	2,522	0,435	0,221	0,368	495
ТБ _{3н}	11,134	0,125	0,209	0,450	243	6,040	0,147	0,273	0,431	1853	5,030	0,201	0,220	0,386	1163
ТБ _{1в}	3,363	0,315	0,355	0,427	3	2,128	0,361	0,346	0,476	94	0,838	0,575	0,325	0,585	32
ТБ _{2в}	4,338	0,274	0,386	0,386	1	2,722	0,316	0,357	0,430	88	1,934	0,408	0,331	0,310	21
ТБ _{3в}	5,056	0,197	0,580	0,654	2	6,311	0,190	0,336	0,440	99	0,693	0,827	0,226	0,330	6
АДБ ₀	–	–	–	–	–	0,827	0,441	0,658	0,725	7	–	–	–	–	–
АДБ ₁	–	–	–	–	–	0,225	0,822	0,653	0,718	27	1,440	0,485	0,304	0,450	12
АДБ ₂	5,321	0,307	0,204	0,327	46	4,544	0,295	0,127	0,386	439	2,402	0,490	0,144	0,336	148
АДБ ₃	4,237	0,294	0,223	0,437	127	4,468	0,300	0,130	0,373	393	3,061	0,422	0,128	0,317	94

Почва	Район														
	Клецкий					Пуховичский					Червенский				
	$S_{ср}$, га	КР	$K_{изр}^1$	$K_{изр}^2$	N	$S_{ср}$, га	КР	$K_{изр}^1$	$K_{изр}^2$	N	$S_{ср}$, га	КР	$K_{изр}^1$	$K_{изр}^2$	N
АДБ ₄	7,208	0,397	0,113	0,295	18	1,792	0,434	0,223	0,427	124	1,843	0,322	0,350	0,367	10
АТДБ	2,647	0,466	0,212	0,312	22	1,843	0,478	0,251	0,399	62	2,891	0,433	0,166	0,317	80
АТБ ₁	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
АТБ ₂	6,677	0,331	0,152	0,308	115	1,551	0,449	0,257	0,376	190	4,459	0,386	0,142	0,312	153
АТБ ₃	13,591	0,113	0,182	0,395	336	6,403	0,168	0,242	0,379	840	4,365	0,255	0,197	0,360	406
АП	4,500	0,272	0,232	0,448	511	3,342	0,240	0,306	0,438	2074	2,832	0,373	0,221	0,373	1227

Примечания: здесь и в табл. 2, 3: 1. $S_{ср}$ – средний размер контура; КР – коэффициент расчлененности; $K_{изр}^1$ – коэффициент изрезанности границ (средневзвешенное значение); $K_{изр}^2$ – коэффициент изрезанности границ (среднеарифметическое значение); N – количество контуров. 2. ДП – дерново-подзолистые; ДПБ₀ – дерново-подзолистые оглеенные внизу; ДПБ₁ – дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные; ДПБ₂ – дерново-подзолистые глееватые; ДПБ₃ – дерново-подзолистые глеевые; ДПБ₄ – дерново-подзолистые глееватые и глеевые с иллювиально-гумусовым горизонтом и ортштейно-глеевые; ДБ₁ – дерновые временно избыточно увлажненные; ДБ₂ – дерново-глееватые; ДБ₃ – дерново-глеевые; ДБ₄ – дерново-перегнойно-глеевые; ТДБ_н – перегнойно-торфянисто-глеевые низинного типа; ТДБ_в – перегнойно-торфянисто-глеевые верхового типа; ТБ_н – торфянисто-глеевые низинного типа; ТБ_{нн} – торфяно-глеевые низинного типа; ТБ_{нв} – торфяные низинного типа; ТБ_{1в} – торфянисто-глеевые верхового типа; ТБ_{2в} – торфяно-глеевые верхового типа; ТБ_{3в} – торфяные верхового типа; АДБ₀ – аллювиальные дерновые оглеенные внизу; АДБ₁ – аллювиальные дерновые временно избыточно увлажненные; АДБ₂ – аллювиальные дерново-глееватые; АДБ₃ – аллювиальные дерново-глеевые; АДБ₄ – аллювиальные иловато-перегнойно-глеевые; АТДБ – аллювиальные иловато-торфянисто-глеевые; АТБ₁ – аллювиальные торфянисто-глеевые; АТБ₂ – аллювиальные торфяно-глеевые; АТБ₃ – аллювиальные торфяные; АП – антропогенно-преобразованные.

Таблица 2

Генетико-морфометрическая характеристика почвенного покрова в масштабе 1 : 50 000

Table 2

Genetic-morphometric characteristics of the soil cover of agrolandscapes of scale 1 : 50 000

Почва	Район														
	Клецкий					Пуховичский					Червенский				
	$S_{ср}$, га	КР	$K_{изр}^1$	$K_{изр}^2$	N	$S_{ср}$, га	КР	$K_{изр}^1$	$K_{изр}^2$	N	$S_{ср}$, га	КР	$K_{изр}^1$	$K_{изр}^2$	N
ДП на суглинках	58,600	0,064	0,283	0,454	103	53,253	0,075	0,279	0,498	170	46,968	0,059	0,412	0,555	81
ДП на супесях	54,441	0,053	0,202	0,503	495	53,471	0,074	0,415	0,590	1243	48,068	0,055	0,437	0,570	737
ДП на песках	62,378	0,050	0,275	0,529	119	64,045	0,071	0,395	0,609	606	55,694	0,064	0,475	0,627	256
ДПБ ₀	–	–	–	–	–	10,393	0,096	0,412	0,526	285	12,892	0,078	0,432	0,511	90
ДПБ ₁	9,944	0,101	0,086	0,263	247	9,796	0,102	0,260	0,421	1106	14,043	0,071	0,283	0,411	567
ДПБ ₂	10,191	0,098	0,163	0,316	187	9,947	0,101	0,272	0,420	986	12,720	0,079	0,313	0,422	505

Почва	Район														
	Клецкий					Пуховичский					Червенский				
	$S_{ср}$, га	КР	$K_{изр}^1$	$K_{изр}^2$	N	$S_{ср}$, га	КР	$K_{изр}^1$	$K_{изр}^2$	N	$S_{ср}$, га	КР	$K_{изр}^1$	$K_{изр}^2$	N
ДПБ ₃	10,856	0,092	0,333	0,433	5	10,813	0,092	0,365	0,533	43	11,296	0,089	0,500	0,552	64
ДПБ ₄	11,617	0,086	0,240	0,483	32	9,402	0,106	0,459	0,545	86	10,007	0,100	0,534	0,607	34
ДБ ₁	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ДБ ₂	9,344	0,107	0,204	0,334	57	8,492	0,118	0,313	0,441	175	10,368	0,096	0,342	0,446	80
ДБ ₃	7,304	0,137	0,211	0,291	63	8,118	0,123	0,357	0,456	267	10,413	0,096	0,379	0,483	119
ДБ ₄	12,674	0,079	0,277	0,456	17	9,182	0,109	0,355	0,453	36	11,269	0,089	0,376	0,451	15
ТДБ _в	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ТДБ _н	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ТБ _{1н}	10,038	0,100	0,286	0,418	36	8,822	0,113	0,383	0,626	357	11,059	0,090	0,344	0,518	117
ТБ _{2н}	12,016	0,083	0,190	0,364	47	11,243	0,089	0,270	0,561	309	14,109	0,071	0,234	0,379	92
ТБ _{3н}	13,494	0,074	0,366	0,474	33	15,384	0,065	0,341	0,543	157	17,877	0,056	0,375	0,496	45
ТБ _{1в}	9,445	0,106	0,450	0,579	43	8,552	0,117	0,524	0,623	121	10,048	0,100	0,497	0,642	49
ТБ _{2в}	9,830	0,102	0,344	0,563	24	12,119	0,083	0,407	0,516	189	10,449	0,096	0,490	0,628	67
ТБ _{3в}	15,327	0,065	0,504	0,565	16	30,921	0,032	0,326	0,461	142	22,550	0,044	0,442	0,607	55
АДБ ₀	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
АДБ ₁	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
АДБ ₂	9,344	0,107	0,280	0,368	8	13,132	0,076	0,120	0,363	64	10,076	0,099	0,173	0,282	21
АДБ ₃	9,347	0,107	0,234	0,421	17	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
АДБ ₄	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
АТДБ	17,994	0,056	0,138	0,192	63	20,521	0,049	0,202	0,452	190	–	–	–	–	–
АТБ ₁	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	11,223	0,089	0,145	0,267	15
АТБ ₂	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
АТБ ₃	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	14,388	0,070	0,187	0,341	29
АП	10,639	0,094	0,325	0,411	72	13,853	0,072	0,340	0,513	254	13,898	0,072	0,380	0,467	110

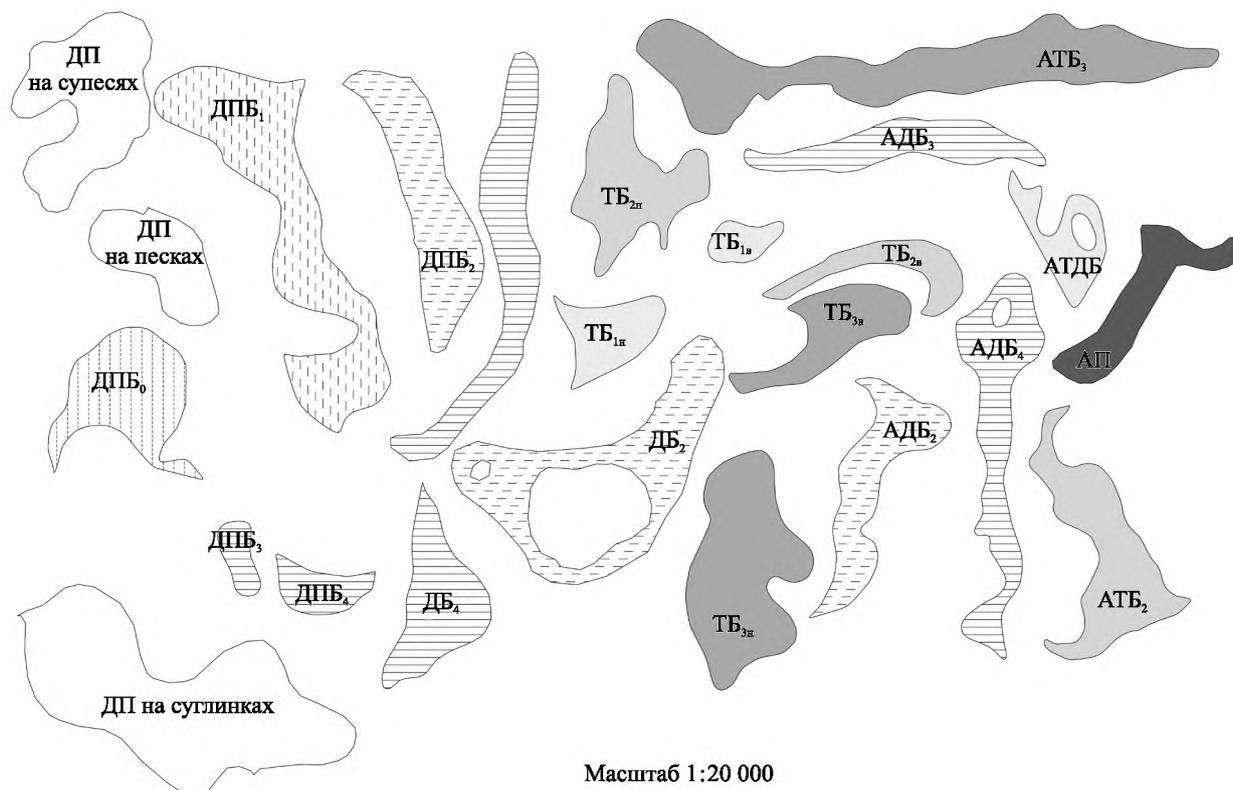
Таблица 3

Генетико-морфометрическая характеристика почвенного покрова в масштабе 1 : 200 000

Table 3

Genetic-morphometric characteristics of the soil cover of agrolandscapes of scale 1 : 200 000

Почва	Район											
	Клецкий				Пуховичский				Червенский			
	S_{cp} , га	КР	$K_{изр}^1$	N	S_{cp} , га	КР	$K_{изр}^1$	N	S_{cp} , га	КР	$K_{изр}^1$	N
ДП	294,227	0,029	0,488	125	153,283	0,039	0,535	455	166,724	0,038	0,538	343
ДПБ ₀	58,414	0,061	0,573	7	74,339	0,060	0,527	37	39,217	0,074	0,592	2
ДПБ ₁	173,281	0,049	0,389	50	96,192	0,059	0,455	111	88,758	0,054	0,522	110
ДПБ ₂	146,173	0,050	0,414	29	112,138	0,058	0,421	111	108,596	0,051	0,500	58
ДПБ ₃	175,959	0,055	0,234	1	94,458	0,060	0,415	12	129,401	0,051	0,414	24
ДПБ ₄	76,925	0,043	0,899	1	43,373	0,064	0,708	1	72,340	0,051	0,665	1
ДБ ₂	–	–	–	–	147,439	0,060	0,336	17	45,097	0,076	0,533	8
ДБ ₃	206,710	0,055	0,297	36	105,884	0,057	0,446	93	87,753	0,062	0,452	35
ДБ ₄	–	–	–	–	130,485	0,055	0,396	41	103,065	0,081	0,186	1
ТБ _н	123,959	0,049	0,454	18	169,327	0,044	0,467	153	185,034	0,043	0,411	78
ТБ _в	66,185	0,061	0,516	4	75,388	0,053	0,589	61	148,843	0,039	0,537	16
АДБ ₂	–	–	–	–	388,224	0,044	0,296	9	97,995	0,067	0,289	3
АДБ ₃	167,859	0,073	0,165	3	153,293	0,050	0,396	11	185,262	0,045	0,390	3
АТБ _н	313,379	0,040	0,325	22	377,885	0,036	0,341	41	358,119	0,044	0,282	19



Типичные контуры почвенных разновидностей агроландшафтов Клецкого района (согласно табл. 1)
Typical contours of soil varieties of agrolandscapes of Kletsk district (characterized by indicators from the table 1)

Наибольшую среднюю площадь имеют контуры, развивающиеся на тяжелых почвах, главным образом лессовидных суглинках. Наибольшее количество контуров и их максимальная площадь во всех трех районах представлены дерново-подзолистыми почвами супесчаного гранулометрического состава.

Уступают им по размерам контуры дерново-подзолистых заболоченных почв (в среднем около 4–5 га), в значительной степени дифференцированные в зависимости от степени увлажнения.

Если почвы, относящиеся к дерново-подзолистым глеевым и глеевым с иллювиально-гумусовым горизонтом, в среднем занимают площадь менее 2 га и в большинстве своем имеют изоморфную форму ($K_{изр}$ превышает 0,3), то дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные и глееватые почвы соизмеримы с автоморфными (от 4 до 13 га) с вытянутыми и разветвленно-асимметроидными формами границ, что подтверждают сравнительно низкие коэффициенты изрезанности (от 0,1 до 0,15).

Такие же формы границ характерны и для дерновых заболоченных почв (см. рисунок), но в среднем по размеру данные контуры почти вдвое уступают дерново-подзолистым заболоченным почвам. Генетически контуры этих двух типов почв (в отличие от дерново-подзолистых) относятся к гидрогенному виду ЭПА.

Наиболее сложную форму имеют ЭПА аллювиальных дерновых и дерновых заболоченных и аллювиальных болотных типов почв. Их коэффициенты изрезанности границ почти во всех районах составляют менее 0,2. При этом наблюдается следующая тенденция: у временно избыточно увлажненных и глееватых почв более изрезанная граница и большая средняя площадь по сравнению с глеевыми и иловато-торфяно-глеевыми. Как следствие, первые ЭПА в большей степени имеют линейную и разветвленно-асимметроидную форму, вторые – асимметроидную. Все ЭПА данных типов генетически относятся к флювиальным видам.

Разнообразие форм ЭПА торфяно-болотных почв, которые затруднительно отнести к определенной форме, объясняется их генезисом. Их ЭПА в основном принадлежат к гидро- и топогенным видам. Средний размер контуров этих почв, в зависимости от проявления того или иного фактора почвообразования, может колебаться от 0,8 до 11,0 га с относительно усредненными значениями формы и изрезанности границ.

Районные почвенные карты Беларуси создаются в масштабе 1:50 000, и, хотя они и относятся к крупномасштабным, основным способом отражения ПП на них является способ генерализации

картографического материала в масштабе 1 : 10 000. Учитывая ценз отбора, традиционно принятый для почвенных карт (0,5 см²), на районной почвенной карте не должно быть контуров размером менее 12 га. Согласно данным табл. 1 только два типа почв (дерново-подзолистые и дерново-подзолистые заболоченные) можно отобразить на районных картах относительно достоверно. Остальные контуры в той или иной степени должны подвергнуться как геометрической, так и классификационной генерализации, что приведет к неизбежному укрупнению таксонов легенды (для аналоговых почвенных карт Клецкого, Пуховичского и Червенского районов – 68; 86 и 72 разновидности соответственно) и слиянию контуров, а следовательно, к уменьшению коэффициентов расчленения и изрезанности границ [9].

Именно по субъективным причинам на районных почвенных картах в значительной степени укрупнены контуры дерново-подзолистых почв, развивающихся на суглинках (более чем в 5 раз) и песках (более чем в 10–20 раз). Из-за значительных площадей этих контуров на картах в масштабе 1 : 10 000 картограф-почвовед при составлении районных почвенных карт подвергал контуры данных почв и более мелких соседних именно геометрической генерализации, а не классификационной. Это привело к несоизмеримому увеличению автоморфных почв за счет уменьшения почв полугидроморфного ряда. Например, ДПБ₁ на картах в масштабе 1 : 10 000 Клецкого района (1073 контура) имеют среднюю площадь (13 га), что позволяет сохранить данный таксон на районной почвенной карте в масштабе 1 : 50 000 без значительных изменений, однако на аналоговой районной карте данные почвы представлены только 247 контурами средней площадью 9,9 га. При соизмеримом уменьшении этих почв в Пуховичском и Червенском районах примерно в 2,0–2,5 раза на районных почвенных картах контуров ДПБ₁ в 4–6 раз меньше.

В целом коэффициенты расчленения и изрезанности характеризуют укрупненные и сглаженные контуры. Наибольшую извилистость границ сохранили аллювиальные дерновые заболоченные и аллювиальные болотные типы почв.

Средне- и мелкомасштабное картографирование ПП. Мелкомасштабные карты – это картографические модели ПП обширных регионов с разнообразными природными условиями: стран или групп стран, (суб)континентов и всего мира [4]. В гораздо большей степени, чем другие карты, они отражают авторскую концепцию: зональную, геохимическую, историческую. При их составлении особенно важно обращаться к анализу факторов почвообразования, преимущественно природных. Антропогенный фактор учитывается в минимальной степени. Данные по конкретным разрезам используются исключительно в целях корреляции названий почв разных регионов. Содержание мелкомасштабных, а тем более обзорных карт позволяет представить общие географические закономерности распространения почв и определить характер связей с процессами почвообразования.

На картах среднего масштаба учитываются как общие зонально-провинциальные, так и частные литолого-топографические закономерности, характеризующие региональные особенности весьма обширных территорий. Среднемасштабные почвенные карты составляются на основе крупномасштабных с корректировочными или уточняющими маршрутами и заложением разрезов в целях знакомства с почвами отдельных участков, проверки однозначности диагностики и наименований почв на исходных картах. К настоящему времени среднемасштабные (1 : 200 000) аналоговые почвенные карты созданы для территорий всех шести областей Беларуси, однако на них не представлен ПП лесных земель. Проводить пространственный анализ и рассматривать ПП как объект картографирования на данном уровне визуализации нецелесообразно, учитывая средние размеры контуров (100–200 га), коэффициенты расчлененности и предельно завышенное использование картографического сглаживания границ почвенных контуров ($K_{изр}$ стремятся к правильной округлой форме).

Мелко- и среднемасштабные карты создаются в камеральных условиях путем обобщения картографических, аэрокосмических и литературных данных. В общем случае можно использовать две методики [5]:

1) для картографируемой территории имеются кондиционные почвенные карты более крупного масштаба, чем создаваемая. Составление мелко- и среднемасштабных карт осуществляется путем генерализации – сводки и обобщения исходных почвенных карт. К обязательным элементам построения относятся уточнение диагностики и номенклатуры почв и корректировка контурной части карты по современным космическим данным и цифровым моделям рельефа;

2) если для территории отсутствуют почвенные карты более крупного масштаба, то карта составляется на основании анализа пространственного распределения факторов почвообразования. До недавнего времени этот метод являлся главным при почвенном картографировании малоисследованных районов. На данный момент он имеет скорее вспомогательное значение и используется в тех случаях, когда возникает необходимость обновления или пересоставления существующих карт либо когда у картографа появляются новые сведения о почвах.

Выводы

Цифровое представление почвенного покрова открывает новые возможности для карто- и морфометрического анализа территории. Так, цифровое картографирование, кроме содержания (классификационных аспектов), позволяет учитывать геометрию и морфометрию почвенных контуров, которые являются следствием действия факторов дифференциации ПП и в то же время могут служить индикатором природы связей между его компонентами. Поэтому лучше говорить не о геометрической, а о генетико-геометрической характеристике почвенных контуров, которая описывается площадью, формой и степенью изрезанности границ, динамическими параметрами ЭПА.

Несмотря на то что вода, как фактор почвообразования, играет главенствующую роль в формировании рисунка границ почв полугидро- и гидроморфного ряда, наибольшими коэффициентами изрезанности границ (от 0,1 до 1,18) характеризуются временно избыточно увлажненные и глееватые почвы, на рисунок очертаний которых дополнительно влияют гипсометрическое положение и рельеф.

Ввиду высокой доли субъективизма при проведении генерализации, главным образом геометрической, на аналоговых районных почвенных картах необоснованно завышены доля и средняя площадь контуров (от 5 до 20 раз) дерново-подзолистых почв за счет массового поглощения соседних контуров, в основном полугидроморфных почв. Наибольшую сложность в отображении на районных почвенных картах (кроме ЭПА, не попадающих под ценз отбора) вызывают контуры с высокими (менее 0,2) значениями коэффициента изрезанности границ (вытянутые и разветвленно-асимметричные контуры) дерново-подзолистых временно избыточно увлажненных и глееватых, дерновых глееватых и глеевых, аллювиальных дерновых глееватых и глеевых почв.

Получить значительное количество инвентаризационных и картометрических данных было бы невозможно при использовании только лишь традиционных методов, тогда как применение ГИС-технологий позволило довольно оперативно обработать информацию по 7043 контурам Клецкого района, 18 501 – Пуховичского и 10 378 – Червенского.

Библиографические ссылки

1. Клебанович Н. В. Почвоведение и земельные ресурсы. Минск, 2013.
2. Евдокимова Т. И. Почвенная съемка. М., 1987.
3. Ковда В. А. Почвоведение : в 2 ч. / под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. М., 1988. Ч. 1 : Почва и почвообразование.
4. Клебанович Н. В., Прокопович С. Н., Чаюк И. А. и др. Интерактивная генерализация в среде ArcGIS как основной способ создания цифровых разномасштабных почвенных карт // Земля Беларуси. 2015. № 2. С. 42–47.
5. Герасимова М. И., Богданова М. Д., Гаврилова И. П. Мелкомасштабное почвенное картографирование. М., 2010.
6. Белицина Г. Д., Васильевская В. Д., Гришина Л. А. Почва и почвообразование. М., 1988.
7. Скрыбина О. А. Структура почвенного покрова, методы ее изучения. Пермь, 2008.
8. Стrogанова М. Н. Структура почвенного покрова и почвенная картография. М., 2011. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
9. Клебанович Н. В., Прокопович С. Н. Использование методов автоматизированного выделения структур почвенного покрова для целей кадастровой оценки земель // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2016. № 7. С. 48–56.

References

1. Klebanovich N. V. [Soil and land resources]. Minsk, 2013 (in Russ.).
2. Evdokimova T. I. [Soil survey]. Moscow, 1987 (in Russ.).
3. Kovda V. A. [Soil science] : in 2 parts. Moscow, 1988. Part 1 : [Pochva i pochvoobrazovanie] (in Russ.).
4. Klebanovich N. V., Prokopovich S. N., Chayuk I. A., et al. [Interactive generalization based on ArcGIS as the main way to create digital different scales of soil maps]. *Zemlya Belarusi*. 2015. No. 2. P. 42–47 (in Russ.).
5. Gerasimova M. I., Bogdanova M. D., Gavrilova I. P. [Small-scale soil mapping]. Moscow, 2010 (in Russ.).
6. Belitsina G. D., Vasil'evskaya V. D., Grishina L. A. [Soil and soil formation]. Moscow, 1988 (in Russ.).
7. Scryabina O. A. [The structure of the soil, methods of study]. Perm, 2008 (in Russ.).
8. Stroganova M. N. [Soil structure and soil mapping]. Moscow, 2011. 1 CD-ROM (in Russ.).
9. Klebanovich N. V., Prokopovich S. N. [Use of methods for automated creating of soil cover patterns for for land cadastral valuation]. *Zemleustroistvo, kadastr i monitoring zemel'*. 2016. No. 7. P. 48–56 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 07.03.2017.
Received by editorial board 07.03.2017.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ
КОМФОРТНОСТИ КЛИМАТА В ГОРОДЕ МИНСКЕА. Н. ВИТЧЕНКО¹⁾, И. А. ТЕЛЕШ²⁾¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь²⁾Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск, Беларусь

Проведена оценка изменения комфортности климата в городе Минске. Методика исследования базируется на выполненном с использованием современных ГИС-технологий расчете частных и интегральных эколого-климатических показателей состояния окружающей среды, характеризующих степень ее благоприятности для человека. Проанализированы 8 основных климатических и 15 эколого-климатических параметров Минска за 1980–2015 гг. Сделаны выводы о том, что в городе отмечалась устойчивая тенденция к повышению количества дней с нормальной эквивалентно-эффективной температурой воздуха от 17 до 21 °С и среднемесячной температуры воздуха в июле и январе, а также интегрального показателя комфортности климата. Установлено, что тенденция к снижению характерна для продолжительности периода с индексом холодового стресса по Хиллу $\geq 4,5$ Вт/(м²·с) и количества случаев с контрастными изменениями погоды; количества дней с межсуточным изменением атмосферного давления ≥ 9 гПа/сут, относительной влажностью воздуха ≥ 80 %, холодных дней с температурой воздуха ≤ -10 °С, дискомфортными значениями облачности ≥ 6 баллов, скоростью ветра ≥ 5 м/с, осадками ≥ 1 мм. Выявлено, что в Минске на протяжении 1980–2015 гг. преобладали умеренно комфортные (61 %) и малокомфортные (36 %) климатические условия; отмечается устойчивая тенденция к улучшению климата города. Предложен прогнозный сценарий возможного изменения комфортности климата в Минске до 2030 г. Полученные результаты могут быть использованы в практике рационального природопользования для принятия грамотных управленческих решений по оптимизации функционирования и развития белорусской столицы с учетом возможных вариаций климата.

Ключевые слова: геоэкология; город; здоровье; жизнедеятельность; комфортность; климат; моделирование; население; прогнозный сценарий; человек.

CURRENT TRENDS OF THE CLIMATIC
COMFORT CHANGE IN MINSKA. N. VITCHENKO^a, I. A. TELES^a^aBelarusian State University, Niezaliežnasci Avenue, 4, 220030, Minsk, Belarus^bBelarusian State University of Informatics and Radioelectronics, P. Broŭki Street, 6, 220013, Minsk, Belarus

Corresponding author: A. N. Vitchenko (dr.vitchenko@rambler.ru)

Estimation of the change the climatic comfort in Minsk founded on methods of the calculation the separate and integral eco-climatic indices of the condition environment, characterizing degree its favourable for person, with use modern GIS-technology are executed. The analysis of the main climatic (8) and eco-climatic (15) indices in Minsk during

Образец цитирования:

Витченко А. Н., Телеш И. А. Современные тенденции изменения комфортности климата в городе Минске // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 103–113.

For citation:

Vitchenko A. N., Telesh I. A. Current trends of the climatic comfort change in Minsk. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 103–113 (in Russ.).

Авторы:

Александр Николаевич Витченко – доктор географических наук, профессор; заведующий кафедрой геоэкологии географического факультета.

Инна Анатольевна Телеш – кандидат географических наук, доцент; доцент кафедры экологии факультета компьютерного проектирования.

Authors:

Alexander Vitchenko, doctor of science (geography), full professor; head of the department of geoecology, faculty of geography.

dr.vitchenko@rambler.ru

Inna Telesh, PhD (geography), docent; associate professor at the department of ecology, faculty of computer-aided design.
teleshinna@rambler.ru

1980–2015 was shown in city stable trend to increasing amount days with orderly equivalent-efficient temperature of the air from 17 before 21 °C and average month temperature of the air at July and January, of the integral index of the climatic comfort. The trend to reduction typical for length of the period with index cold stress by Hill $\geq 4,5 \text{ Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ and amount of the events with contrasting change the weather; decreases the amount of the days with between daily of change the atmospheric pressure $\geq 9 \text{ GPa-day}$, relative moisture of the air $\geq 80 \%$, cold days with the temperature of the air $\leq -10 \text{ }^\circ\text{C}$, with not comfort importances of cloud ≥ 6 points, with the speed of winds $\geq 5 \text{ m/s}$, with precipitation $\geq 1 \text{ mm}$. In Minsk in 1980–2015 dominated moderate comfort (61 %) and little comfort (36 %) climatic conditions and exists the stable trend to improvement of the climate of the city. Prognosis scenario of the possible climate comfort change in Minsk before 2030 is offered. The received results can be used in practice of rational environmental management for adoption of competent administrative decisions on optimization of functioning and development of Minsk taking into account possible variations of climate.

Key words: geocology; city; health; vital activity; comfort; climate; modeling; population; prognosis scenario; person.

Введение

В XXI в. проблема изменения климата привлекла внимание всего мирового сообщества и побудила рассматривать его как важнейший природный ресурс, пространственно-временные вариации которого имеют серьезные социально-экономические и политические последствия, определяющие благосостояние государств. В настоящее время остро стоит и проблема урбанизации, связанная с постоянным увеличением площади и численности населения городов, процессами формирования городских ландшафтов и многими другими вопросами их развития, требующими квалифицированного решения в теории и практике управления городами. По этой причине исследование климатических условий городов представляется весьма актуальным, имеет фундаментальное и прикладное значение и является составной частью комплексной оценки геоэкологического потенциала среды жизнедеятельности населения урбанизированных территорий.

Основная цель настоящего исследования – геоэкологическая оценка комфортности климата города Минска и определение возможных тенденций ее изменения. Под геоэкологической оценкой комфортности климата города авторы понимают выявление степени его благоприятности по отношению к организму человека с учетом естественного потенциала самоочищения атмосферы и воздействия климата на режим эксплуатации жилых сооружений.

Методика исследования

Анализ литературных источников и собственные исследования авторов позволили разработать оригинальную методику геоэкологической оценки комфортности климата городов [1]. Расчет частных и интегральных эколого-климатических показателей (ЭКП) состояния окружающей среды, характеризующих степень ее благоприятности для человека, выполнен на основе математического моделирования природно-антропогенных процессов и применения современных ГИС-технологий.

Использовать все факторы при оценке комфортности климата не представляется возможным по причине их большого количества. Следовательно, необходимо выделить наиболее значимые из них с учетом весовых коэффициентов. Для оценки комфортности климата городов была разработана 5-балльная шкала ранжирования эколого-климатических параметров. Высший балл соответствует оптимальным ЭКП в пределах городов, низший – наименее благоприятным. Для каждого показателя учитывался коэффициент значимости F , отражающий вклад отдельного фактора в общий показатель комфортности климата. Так, $F = 2$ присваивался наименее значимым показателям; $F = 5$ – самым существенным.

К наиболее значимым показателям комфортности климата городов относится индекс изменчивости погоды $K_{\text{ин}}$. Методика его определения учитывает контрастную смену погоды. Основанием для выявления факта смены периодов с однотипной погодой являются следующие изменения:

- ясной и облачной погоды – на погоду с осадками;
- ясной погоды – на облачную (и наоборот) – при межсуточной амплитуде температуры воздуха $\geq 2 \text{ }^\circ\text{C}$;
- любой погоды при межсуточной амплитуде температуры воздуха $\geq 6 \text{ }^\circ\text{C}$ [2].

Индекс изменчивости погоды вычисляется по формуле

$$K_{\text{ин}} = M_{\text{к}} / N \cdot 100,$$

где $K_{\text{ин}}$ – индекс изменчивости погоды, %; $M_{\text{к}}$ – число контрастных смен периодов с однотипной погодой; N – число дней в году. Показатель изменчивости погоды на территории Беларуси достигает нижнего предела сильноизменчивой погоды ($\geq 50 \%$). В этом случае происходит смена погоды через

день и физиологические механизмы адаптации метеочувствительных людей не в состоянии обеспечить приспособление организма к новым погодным условиям. Данному показателю соответствует коэффициент значимости $F = 5$.

Для характеристики дискомфорта зимнего периода был использован индекс холодового стресса по [3]:

$$H_w = (0,13 + 0,47v^{0,5}) \cdot (36,6 - t) + (0,085 + 0,102v^{0,3}) \cdot (61,1 - e)^{0,75},$$

где H_w – индекс холодового стресса, Вт/(м²·с); v – скорость ветра, м/с; t – температура воздуха, °С; e – упругость водяного пара, мб. Согласно методике оценки холодового стресса погоды [4] климатические условия с показателем $H_w \geq 4,5$ Вт/(м²·с) характеризуются как дискомфортные. Они регистрируются в Беларуси достаточно часто, а в отдельные годы достигают уровня абсолютно дискомфортных ($H_w \geq 8,0$ Вт/(м²·с)), что значительно ограничивает комфортность климата зимой и определяет высокую степень значимости данного показателя ($F = 5$).

При оценке комфортности климата интерес представляет повторяемость оптимальных погодных условий теплого периода. Нормальные эквивалентно-эффективные температуры (НЭЭТ) отражают воздействие на человека совокупности метеорологических условий и рассчитываются по формуле согласно [5; 6]

$$\text{НЭЭТ} = 37 - (37 - t) / [(0,68 - 0,0014f + 1/1,76 + 1,4v^{0,75} - 0,29t)(1 - f/100)],$$

где t – среднесуточная температура воздуха, °С; f – относительная влажность воздуха, %; v – среднесуточная скорость ветра, м/с. По повторяемости значений НЭЭТ от 17 до 22 °С определяют продолжительность наиболее комфортного периода в теплое время года. Чем больше климатические условия отличаются от оптимальных, тем короче период с НЭЭТ 17–22 °С. Повторяемость погоды с комфортными НЭЭТ ≤ 30 % от числа дней теплого периода считается минимальной. В Беларуси продолжительность периода с оптимальными НЭЭТ составляет около ≤ 25 %, что снижает благоприятность климата для метеочувствительных людей и обуславливает значительный вес фактора при оценке комфортности климата городов ($F = 5$).

Важное значение при оценке комфортности климата имеет повторяемость неблагоприятной погоды в межсезонные периоды, которая критична для метеочувствительных людей и часто вызывает у них обострение хронических заболеваний. Это относится прежде всего к повторяемости резко холодной погоды, формирующейся при температуре от 0 до 5 °С, в сочетании с высокой влажностью воздуха и скоростью ветра от 4 до 15 м/с [2]. Вероятность таких погодных условий в Беларуси составляет более 80 %, что обуславливает весомый вклад показателя в комфортность климата ($F = 5$).

Коэффициент значимости, равный 4, был присвоен ряду показателей комфортности климата, которые неблагоприятно влияют на здоровье населения и сильно варьируют на территории Беларуси, в отдельных районах достигая ≥ 50 % от числа дней рассматриваемого периода. К ним относятся следующие показатели, обозначающие количество дней:

- душных с $t \geq 20$ °С, $f \geq 80$ % – $K_{\text{дл}}$;
- холодных с $t \leq -15$ °С – $K_{\text{хд}}$;
- с межсуточным изменением атмосферного давления ≥ 10 мб/сут – $K_{\text{зд}}$;
- с относительной влажностью воздуха ≥ 80 % – $K_{\text{овв}}$.

Существенное влияние на комфортность климата городов оказывают количество дней со скоростью ветра ≥ 6 м/с ($K_{\text{св}}$), осадками ≥ 1 мм ($K_{\text{ос}}$), облачностью ≥ 5 баллов ($K_{\text{об}}$), а также климатический потенциал самоочищения атмосферы ($K_{\text{кпс}}$) и продолжительность комфортного периода эксплуатации жилых сооружений ($K_{\text{эжс}}$), которым был присвоен коэффициент значимости $F = 3$. Климатический потенциал самоочищения атмосферы определялся по формуле, предложенной Т. С. Селегей и И. П. Юрченко [7]:

$$K_{\text{кпс}} = (P_{\text{ш}} + P_{\text{т}}) / (P_{\text{о}} + P_{\text{в}}),$$

где $K_{\text{кпс}}$ – климатический потенциал самоочищения атмосферы, балл; $P_{\text{ш}}$ – число дней со штилем; $P_{\text{т}}$ – число дней с туманами; $P_{\text{о}}$ – число дней с осадками ($\geq 0,5$ мм); $P_{\text{в}}$ – число дней с сильным ветром (≥ 6 м/с). Чем больше абсолютная величина $K_{\text{кпс}}$, тем хуже условия для рассеивания вредных веществ в атмосфере. Если $K_{\text{кпс}} \leq 1$, то повторяемость процессов, способствующих самоочищению атмосферы, преобладает над повторяемостью процессов, ведущих к накоплению вредных примесей в ней, что улучшает условия для жизни и отдыха людей, особенно при значительных антропогенных нагрузках ($F = 3$).

Продолжительность комфортного периода эксплуатации жилых сооружений определялась с учетом влияния на них температуры и влажности воздуха [8]. В данном случае под комфортной погодой понималась такая, при которой для сохранения благоприятных условий в помещениях не требуется ни отопления, ни охлаждения, а воздухообмен поддерживается естественным путем. Такие погодные условия

наблюдаются при сочетании следующих значений средней суточной температуры (t , °C) и относительной влажности воздуха (f , %):

- $t = 12,0 \dots 19,9$ °C и $f \leq 85$ %;
- $t = 20,0 \dots 23,9$ °C и $f \leq 75$ %;
- $t = 24,0 \dots 28,0$ °C и $f = 25 \dots 50$ %.

При оценке комфортности климата среднемесячные температуры самого холодного и теплого месяцев малоинформативны. Тем не менее они отражают общие климатические особенности территории. Им был присвоен коэффициент значимости $F = 2$.

Интегральный показатель комфортности климата ($K_{\text{инткк}}$) рассчитывается по следующему уравнению:

$$K_{\text{инткк}} = (C_1F_1 + C_2F_2 + C_3F_3 + \dots + C_nF_n) / (F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n),$$

где C – уровень комфортности i -го ЭКП, балл; F – коэффициент значимости i -го ЭКП.

Интегральный показатель комфортности климата дает представление о степени благоприятности окружающей среды городов для жизнедеятельности людей с учетом воздействия всего комплекса метеорологических факторов. В крупных городах Беларуси можно выделить четыре категории комфортности климатических условий в зависимости от $K_{\text{инткк}}$:

- $\geq 4,00$ – комфортные;
- от 3,00 до 3,99 – умеренно комфортные;
- от 2,00 до 2,99 – малокомфортные;
- $\leq 1,99$ – дискомфортные.

Разработанная методика геоэкологической оценки комфортности климата городов реализована в виде комплексной географической информационной системы геоэкологической оценки комфортности климата (ГИС ГОКК) на базе программ MS Access и ArcView GIS. Система включает в себя два основных блока. Первый из них представлен полифункциональной базой данных климатической информации в разрезе городов, во второй входят субблоки расчета частных и интегральных показателей оценки комфортности климата городов.

Для характеристики современного изменения комфортности климата в Минске были использованы средние суточные данные ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиационного загрязнения и мониторингу окружающей среды» о суммарной солнечной радиации и радиационном балансе, температуре и относительной влажности воздуха, парциальном давлении водяного пара, скорости ветра, атмосферном давлении, атмосферных осадках, общей облачности и туманах за 36-летний период (1980–2015), которые были обобщены и интерпретированы авторами настоящего исследования с учетом сезонной динамики и межгодовой изменчивости показателей.

Результаты исследования

Анализ климатических условий в Минске за период с 1980 по 2015 г. выявил устойчивую тенденцию к увеличению в городе суммарной солнечной радиации Q (табл. 1). Среднегодовое значение Q за указанный временной интервал составило 3694,1 МДж/м² при коэффициенте вариации C_v , равном 5,25 %; максимальный годовой пик Q наблюдался в 2011 г. (4139,0 МДж/м²); минимальный показатель зафиксирован в 1980 г. (3291,0 МДж/м²). В экстремальные годы отклонение годового хода Q от многолетних значений отмечается в основном в теплый период (см. табл. 1). На май – июль приходится 45–50 % годового значения Q , с ноября по январь регистрируется всего около 5 %. Месячный показатель Q в июле примерно в 14 раз больше, чем в декабре. Средний годовой радиационный баланс R за рассматриваемый период составил 1503,8 МДж/м² при C_v , равном 7,67 %, максимальный отмечался в 2009 г. (1758,0 МДж/м²), минимальный – в 2001 г. (1255,0 МДж/м²).

Температура воздуха в городе отличается значительной временной изменчивостью и устойчивой тенденцией к повышению среднегодовых отметок. Наиболее низкая среднегодовая температура воздуха зафиксирована в 1987 г. (4,3 °C), максимальная – в 2015 г. (8,7 °C). Максимальная среднемесячная температура воздуха в основном наблюдалась в июле, минимальная приходилась на январь – февраль.

Среднегодовое атмосферное давление воздуха P в Минске характеризуется незначительной межгодовой изменчивостью и небольшой тенденцией к повышению. Более высокие значения атмосферного давления, как правило, отмечаются зимой, более низкие – летом. За период с 1980 по 2015 г. самое низкое среднемесячное атмосферное давление в январе наблюдалось в 2007 г. (977,6 гПа), самое высокое – в 2006 г. (1000,8 гПа). В июле данный показатель отличается меньшей изменчивостью: наиболее низкое атмосферное давление зафиксировано в 2000 г. (981,0 гПа), наиболее высокое – в 2006 г. (992,5 гПа).

Таблица 1

Средние годовые показатели климата в Минске за 1980–2015 гг.

Table 1

Average annual indices of the climate in Minsk during 1980–2015

Год	Климатические показатели							
	Q , МДж/м ²	R , МДж/м ²	t , °С	P , гПа	v , м/с	f , %	Ос, мм	Об, балл
1980	3291,0	1397,0	4,8	986,9	3,1	79,3	646,3	3,2
1981	3595,0	1622,0	6,4	986,4	2,9	77,0	737,8	7,5
1982	3547,0	1566,0	6,4	988,8	2,8	78,0	695,5	3,5
1983	3705,0	1532,0	7,4	985,8	3,0	76,1	592,4	3,6
1984	3421,0	1369,0	6,0	989,5	2,9	78,2	656,3	7,2
1985	3539,0	1533,0	4,6	986,9	2,7	79,1	706,9	7,2
1986	3608,0	1628,1	5,8	988,1	2,8	77,7	610,4	6,8
1987	3604,0	1490,0	4,3	988,2	2,8	78,7	726,0	6,6
1988	3583,0	1414,3	6,3	986,5	2,7	79,0	665,2	6,8
1989	3476,0	1588,3	7,9	987,1	2,6	79,9	746,4	7,1
1990	3520,0	1650,0	7,7	986,2	2,7	78,3	766,4	7,4
1991	3437,0	1532,1	6,9	989,0	2,5	79,1	541,3	7,3
1992	3684,0	1622,0	7,1	987,4	2,6	75,5	568,8	6,9
1993	3479,0	1647,0	5,8	988,4	2,6	77,3	725,3	7,2
1994	3645,0	1464,0	6,5	987,0	2,2	77,2	747,7	7,4
1995	3736,1	1472,0	6,9	986,8	2,2	76,7	558,2	7,1
1996	3738,8	1293,0	5,6	989,7	2,1	76,4	672,3	7,1
1997	3605,5	1546,5	6,2	986,6	2,3	77,5	693,7	7,4
1998	3447,8	1302,0	6,3	986,8	2,1	79,2	965,4	7,4
1999	4008,3	1447,0	7,8	987,5	2,1	73,7	575,2	7,1
2000	3580,7	1518,9	7,8	987,8	2,1	77,1	588,3	7,3
2001	3711,0	1255,0	7,0	987,4	2,2	77,1	714,1	7,2
2002	4086,6	1503,2	7,7	988,7	2,2	72,6	587,8	6,9
2003	3822,4	1356,5	6,4	989,4	2,2	77,5	615,0	7,2
2004	3698,4	1281,5	6,6	987,6	2,1	77,8	809,4	7,3
2005	3780,2	1466,3	6,8	989,3	2,0	77,3	765,8	7,0
2006	3937,0	1596,3	6,9	989,2	1,9	77,4	727,7	6,9
2007	3895,0	1609,0	7,8	987,2	1,9	76,8	585,9	7,4
2008	3769,0	1556,0	7,9	987,9	2,0	78,5	684,3	7,5
2009	3930,0	1758,0	7,0	988,1	1,6	79,4	899,2	3,5
2010	3818,0	1441,6	6,9	987,3	1,5	79,4	820,2	3,5
2011	4139,0	1513,0	7,6	989,7	1,4	75,7	631,1	3,6
2012	3806,0	1504,0	6,8	987,3	1,5	77,0	839,1	3,3
2013	3821,0	1520,0	7,5	987,2	1,4	77,0	677,0	3,4
2014	3885,0	1602,0	7,8	989,4	1,5	74,5	604,6	3,5
2015	3639,0	1539,0	8,7	989,0	1,6	73,2	563,2	5,9
Среднее значение за 1980–2015 гг.	3694,1	1503,8	6,8	987,8	2,2	77,3	686,4	6,2
Максимальное значение	4139,0	1758,0	8,7	989,7	3,1	79,9	965,4	7,5
Минимальное значение	3291,0	1255,0	4,3	985,8	1,4	72,6	541,3	3,2
σ	194,01	115,39	0,99	1,11	0,49	1,75	99,90	1,63
C_v	5,25	7,67	14,54	0,11	22,02	2,27	14,55	26,36

 Примечание. Здесь и в табл. 2 и 3 σ – среднее квадратичное отклонение.

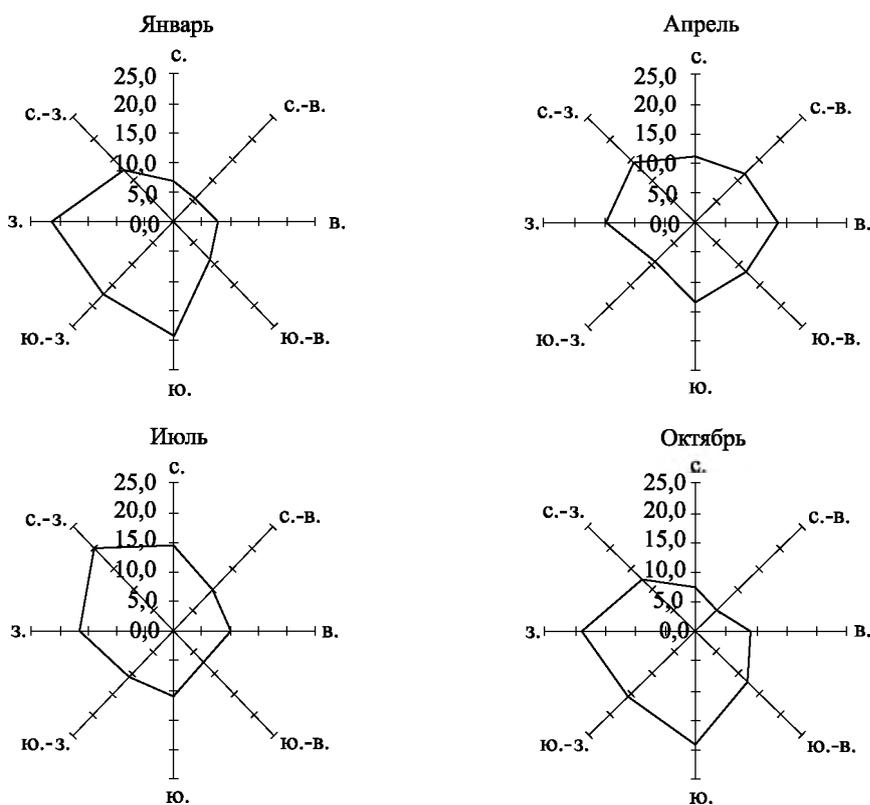
Относительная влажность воздуха f в Минске характеризуется малой временной изменчивостью и устойчивой тенденцией к уменьшению средних годовых значений. Она имеет достаточно выраженный годовой ход с минимумом в весенние месяцы (с апреля по май) и максимумом в осенне-зимний период (с ноября по январь). Средняя годовая относительная влажность воздуха в 1980–2015 гг. варьировала от 72,6 % в 2002 г. до 79,9 % в 1989 г. Анализ относительной влажности воздуха в разрезе сезонов года показал, что ее наибольшая межгодовая изменчивость отмечается в июле, наименьшая – в декабре.

Скорость ветра v имеет умеренную временную изменчивость, устойчивую тенденцию к снижению, относительно плавный годовой ход. Среднегодовая скорость ветра изменялась от 3,1 м/с в 1980 г. до 1,4 м/с в 2011 и 2013 гг. Максимальная скорость ветра в основном характерна для осенне-зимнего сезона, минимальная наблюдается весной и особенно летом. Сезонная динамика скорости ветра достаточно устойчива, но в отдельные годы существенно варьирует. Летом преобладающее направление ветра западное и северо-западное; осенью и зимой – западное, южное и юго-западное; весной – восточное и юго-восточное (см. рисунок). В исследуемый период в Минске преобладал западный ветер (17,1 %). Минимальная повторяемость характерна для северо-восточного ветра (8,1 %), значительная – для южного (до 16,3 %). Повторяемость штилей заметно увеличилась к концу рассматриваемого периода и в среднем составила 8,6 %.

Атмосферные осадки (ос) характеризуются существенной временной изменчивостью и тенденцией к увеличению их годового количества. В среднем минимум осадков выпадает в зимние месяцы, максимум – в летние, достигая пика в июле. В экстремальных ситуациях годовой ход атмосферных осадков имеет более сложный характер. Их количество варьировало от 541,3 мм в 1991 г. до 965,4 мм в 1998 г. Самыми дождливыми и засушливыми месяцами за исследуемый период были август 2006 г. (250,3 мм) и октябрь 2000 г. (1,5 мм) соответственно.

Облачность (об) в городе характеризуется незначительной временной изменчивостью. В годовом ходе облачности минимум приходится на теплый период года – с мая по август, максимальные значения отмечаются в ноябре – январе. В отдельные экстремальные годы он также имеет более сложный вид. Наблюдаются месяцы, когда не бывает ни одного ясного дня. Среднегодовая облачность за рассматриваемый период изменялась от 3,2 балла в 1980 г. до 7,5 балла в 2008 г.

Анализ ЭКП комфортности климатических условий в Минске показал, что в теплый период года наиболее значимой ее характеристикой является количество дней с НЭЭТ воздуха ($K_{\text{НЭЭТ}}$), отражающими



Средняя повторяемость направления ветра в Минске за 1980–2015 гг.:

— повторяемость направления ветра

Average repeatability of the direction winds in Minsk during 1980–2015:

— frequency of wind direction

воздействие на человека совокупности метеорологических факторов: скорости ветра, температуры и относительной влажности воздуха. Наибольшее значение $K_{\text{нэот}}$ наблюдалось в 2011 г. (56 дней), наименьшее – в 1980 г. (16 дней) (табл. 2). Душных дней ($K_{\text{ду}}$) со среднесуточной температурой воздуха ≥ 20 °С и относительной влажностью воздуха ≥ 75 % в течение года немного – в среднем 3,7 дня. Максимальное значение $K_{\text{ду}}$ наблюдалось в 2010 г. (15 дней). В 1992, 2005, 2012 и 2015 гг. подобные климатические условия отсутствовали вовсе. В холодный период года важной характеристикой комфортности климатических условий является количество дней с индексом холодового стресса по Хиллу (коэффициент дискомфорта периода $K_{\text{дп}} \geq 4,5$ Вт/(м²·с). Максимальное число дней с дискомфортными значениями наблюдалось в 1980 г. (76 дней), минимальное – в 2015 г. (3 дня). Количество холодных дней ($K_{\text{хд}}$) с температурой воздуха ≤ -10 °С в течение года значительно больше, чем количество душных дней. Максимальное значение $K_{\text{хд}}$ зафиксировано в 1985 г. (46 дней), минимальное – в 1990 г., когда было всего 2 холодных дня.

Количество случаев с контрастными изменениями погоды ($K_{\text{ип}}$) в среднем за рассматриваемый период составило 149 дней. При этом более выраженные погодные контрасты наблюдались в 1983 г. (170 дней), а наиболее стабильные погодные условия отмечались в 1984, 1991 и 2005 гг. (128 дней). Продолжительность комфортного периода эксплуатации жилых сооружений ($K_{\text{эжс}}$) определяется с учетом влияния на них различных сочетаний среднесуточной температуры и относительной влажности воздуха. Количество дней с комфортными значениями $K_{\text{эжс}}$ за 1980–2015 гг. в среднем составило 110. Наименее благоприятные условия наблюдались в 2010 г. (80 дней), наиболее комфортные – в 1983 г. (134 дня). Климатический потенциал самоочищения атмосферы ($K_{\text{кпс}}$) в условиях города определяется как функция комплексного влияния числа дней со штилем, туманами, осадками (более 1 мм), сильным ветром (свыше 5 м/с). Наиболее неблагоприятные значения $K_{\text{кпс}}$ зафиксированы в 1991 г. (0,7). Существенное влияние на изменение комфортности климата оказывает количество дней с резким межсуточным скачком атмосферного давления $K_{\text{ад}} \geq 9$ гПа/сут, среднесуточными показателями относительной влажности воздуха $K_{\text{ов}} \geq 80$ %; скорости ветра $K_{\text{св}} \geq 5$ м/с; осадков $K_{\text{ос}} \geq 1$ мм; облачности $K_{\text{об}} \geq 6$ баллов.

На протяжении исследуемого периода самые неблагоприятные условия с резким межсуточным изменением атмосферного давления наблюдались в 1995 г. (64 дня), наиболее комфортные – в 2014 г. (21 день); максимальное количество дней с дискомфортными значениями ($K_{\text{об}}$) отмечалось в 1989 г. (204 дня), наименьшее – в 2002 г. (136 дней); максимальное количество дней с высокой среднесуточной скоростью ветра ($K_{\text{св}}$) пришлось на 1980 г. (28 дней), а в 2006, 2008, 2009 и 2011 гг. были зафиксированы нулевые значения показателя $K_{\text{св}}$; наибольшее число дней с осадками свыше 1 мм соответствовало 1998 г. (142 дня), а наименьшее – 2014 г. (94 дня); самые неблагоприятные условия с дискомфортными значениями $K_{\text{ос}}$ пришлось на 1981 г. (284 дня), а наиболее комфортные – на 2012 г. (71 день). Для характеристики комфортности климатических условий города были также использованы среднемесячные температуры самого холодного и теплого месяцев года, отражающие общие особенности климата. Наиболее высокая среднесуточная температура воздуха в Минске наблюдалась в июле 2010 г. (22,6 °С) и январе 1989 г. (0,5 °С), а минимальная – в июле 1984 г. (15,6 °С) и январе 1987 г. (–15,2 °С).

Анализ изменения интегрального показателя комфортности климата в Минске в 1980–2015 гг. выявил повышение уровня благоприятности климатических условий для жизнедеятельности его населения. На протяжении исследуемого периода в Минске отмечалась устойчивая тенденция к увеличению следующих параметров:

- количества дней с НЭЭТ воздуха от 17 до 21 °С и среднемесячной температурой в июле и январе;
- количества душных дней (незначительно);
- продолжительности комфортного периода эксплуатации жилых сооружений;
- интегрального показателя комфортности климата.

Тенденция к снижению характерна для таких параметров, как:

- продолжительность периода с индексом холодового стресса по Хиллу $\geq 4,5$ Вт/(м²·с);
- количество случаев с контрастными изменениями погоды;
- количество дней с межсуточным изменением атмосферного давления ≥ 9 гПа/сут, относительной влажностью воздуха ≥ 80 %, холодных дней с температурой воздуха ≤ -10 °С, дискомфортными значениями облачности ≥ 6 баллов, скоростью ветра ≥ 5 м/с, осадками ≥ 1 мм;
- климатический потенциал самоочищения атмосферы.

В Минске на протяжении 1980–2015 гг. преобладали умеренно комфортные (61 %) и малокомфортные (36 %) климатические условия. Комфортные климатические условия пришлось на 2013–2015 гг. Комфортность климата в Минске отличалась умеренной межгодовой изменчивостью. Коэффициент вариации $K_{\text{инк}}$ составил 15,98 %.

Средние годовые эколого-климатические показатели климата в Минске за 1980–2015 гг.

Table 2

Average annual eco-climatic indices in Minsk during 1980–2015

Год	Эколого-климатические показатели							
	$K_{\text{неэт}}^{\text{дн.}}$	$K_{\text{дл}}^{\text{дн.}}$	$K_{\text{дл}}^{\text{дн.}}$	$K_{\text{хл}}^{\text{дн.}}$	$K_{\text{ип}}^{\text{дн.}}$	$K_{\text{ад}}^{\text{дн.}}$	$K_{\text{оп}}^{\text{дн.}}$	$K_{\text{инкк}}^{\text{отн. ед.}}$
1980	16	7	76	26	161	43	197	1,94
1981	42	5	61	12	160	46	184	2,72
1982	25	3	40	8	138	39	176	2,68
1983	47	3	53	10	170	51	143	3,02
1984	18	1	73	7	128	33	192	2,44
1985	31	2	60	46	151	43	198	2,40
1986	32	2	53	33	167	50	179	2,50
1987	27	2	67	34	150	36	173	2,52
1988	42	6	54	16	167	53	185	2,76
1989	37	3	21	6	146	37	204	3,18
1990	22	2	25	2	158	41	191	2,66
1991	31	4	32	11	128	32	181	2,84
1992	33	0	33	4	156	57	165	3,28
1993	46	1	43	14	143	41	166	2,94
1994	27	1	13	18	155	52	166	2,94
1995	36	1	19	18	153	64	182	3,12
1996	37	2	30	32	138	25	174	3,22
1997	38	3	25	13	154	57	166	3,12
1998	41	6	22	15	156	53	199	2,80
1999	40	6	22	7	147	46	154	3,30
2000	53	1	8	5	143	29	174	3,78
2001	37	14	27	20	158	37	175	2,72
2002	44	4	16	19	131	36	136	3,66
2003	40	4	19	18	152	41	175	3,32
2004	33	4	15	12	160	47	182	3,12
2005	36	0	24	13	128	43	160	3,56
2006	50	3	15	25	137	23	194	3,62
2007	38	3	13	9	153	41	172	3,34
2008	51	2	10	3	157	39	192	3,44
2009	56	3	8	14	150	28	203	3,66
2010	37	15	15	34	158	29	196	3,08
2011	56	10	9	17	140	34	159	3,48
2012	46	0	9	33	162	36	167	3,70
2013	46	8	7	10	144	30	169	3,94
2014	46	2	8	18	133	21	147	3,98
2015	44	0	3	3	145	40	146	4,10
Среднее значение за 1980–2015 гг.	38,4	3,7	28,6	16,3	149,4	40,4	175,6	3,14
Максимальное значение	56	15	76	46	170	64	204	4,1
Минимальное значение	16	0	3	2	128	21	136	1,94
σ	9,84	3,53	20,72	10,6	11,5	10,12	17,5	0,5
C_v	25,64	95,49	72,55	65,23	7,72	25,07	9,97	15,98

Изучение тенденций изменения ЭКП за 1980–2015 гг. позволило разработать прогнозный сценарий возможного изменения комфортности климата в Минске до 2030 г., основанный на теоретических и методических положениях геоэкологического прогнозирования. Пятнадцатилетний лаг прогноза обусловлен небольшим периодом выборки исходной информации, при анализе которой выполнялась процедура проверки «выбросов», далее определялись уравнения регрессии изменения ЭКП, вычислялись среднеквадратичные отклонения и доверительные интервалы, рассчитывались их значения на перспективу. При определении уравнений регрессии изменения ЭКП были выполнены расчеты для линейной и экспоненциальной регрессионной моделей. Анализ полученных данных показал, что в соответствии с физическими особенностями для большинства рассматриваемых показателей следует использовать уравнение линейной регрессии, а для прогнозирования изменения v , $K_{дп}$, $K_{хд}$ и $K_{св}$ – уравнение экспоненциальной регрессии.

По прогнозному сценарию в 2030 г. в Минске возможно небольшое увеличение суммарной солнечной радиации, радиационного баланса, средней годовой температуры воздуха, атмосферного давления воздуха, атмосферных осадков и облачности; уменьшение относительной влажности и скорости ветра (табл. 3). Ожидается существенное увеличение продолжительности периода с комфортными НЭЭТ. По сравнению со средними значениями за 1980–2015 гг. $K_{нээт}$ возрастет на 19 дней и достигнет 57 дней. Количество душных дней увеличится всего на 1–2 дня и составит 5–6 дней. Продолжительность дискомфортного периода с индексом холодового стресса по Хиллу $\geq 4,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ значительно сократится – до 2–3 дней. Также ожидается уменьшение значений следующих параметров:

- числа дней с холодными погодными условиями (до 11–12);
- контрастными изменениями погоды (до 142);
- межсуточным изменением атмосферного давления $\geq 9 \text{ гПа}/\text{сут}$ (до 27–28);
- относительной влажностью воздуха $\geq 80 \%$ (до 161), средней скоростью ветра $\geq 5 \text{ м/с}$ (до 1), осадками $\geq 1 \text{ мм}$ (до 109–110) и облачностью ≥ 6 баллов (до 153–154).

Продолжительность комфортного периода эксплуатации жилых сооружений в 2030 г., по сравнению со средними значениями за 1980–2015 гг., возрастет на 15–16 дней. Климатический потенциал самоочищения атмосферы в 2030 г. снизится в первую очередь за счет сокращения количества дней с сильным ветром свыше 5 м/с, осадками более 1 мм и увеличения числа дней со штилем.

Таблица 3

Изменение климатических и эколого-климатических показателей в Минске согласно прогнозному сценарию на 2030 г.

Table 3

Change the main climatic and eco-climatic indices in Minsk according to prognosis scenario on 2030

ЭКП	Временная функция*	σ	Доверительный интервал при $p (\alpha = 0,05)$	Среднее значение ЭКП за 1980–2015 гг.	ЭКП в 2030 г.
Q , МДж/м ²	$y = 12,715x + 3458,9$	194,01	$\pm 63,38$	3694,1	4107,4
R , МДж/м ²	$y = 0,083x + 1502,2$	115,39	$\pm 37,69$	1503,8	1506,4
t , °С	$y = 0,054x + 5,771$	0,99	$\pm 0,32$	6,8	8,5
P , гПа	$y = 0,036x + 987,17$	1,11	$\pm 0,36$	987,8	989,0
v , м/с	$y = 3,228e^{-0,021x}$	0,49	$\pm 0,16$	2,2	1,1
f , %	$y = -0,06x + 78,4$	1,75	$\pm 0,57$	77,3	75,3
Ос, мм	$y = 1,031x + 667,31$	99,90	$\pm 32,63$	686,4	719,9
Об, балл	$y = -0,038x + 6,9$	1,63	$\pm 0,53$	6,2	5,0
$K_{нээт}$, дн.	$y = 0,589x + 27,473$	9,84	$\pm 3,21$	38,4	57,5
$K_{дп}$, дн.	$y = 0,052x + 2,730$	3,53	$\pm 1,15$	3,7	5,4
$K_{дп}$, дн.	$y = 74,663e^{-0,067x}$	20,72	$\pm 6,77$	28,6	2,5
$K_{хд}$, дн.	$y = 13,558e^{-0,003x}$	10,60	$\pm 3,46$	16,3	11,6
$K_{шт}$, дн.	$y = -0,238x + 153,76$	11,52	$\pm 3,76$	149,4	141,6

ЭКП	Временная функция*	σ	Доверительный интервал при p ($\alpha = 0,05$)	Среднее значение ЭКП за 1980–2015 гг.	ЭКП в 2030 г.
$K_{ад}$, дн.	$y = -0,398x + 47,725$	10,12	$\pm 3,31$	40,4	27,4
$K_{об}$, дн.	$y = -0,457x + 184,06$	17,50	$\pm 5,72$	175,6	160,8
$K_{св}$, дн.	$y = 27,109e^{-0,125x}$	7,18	$\pm 2,35$	6,3	0,1
$K_{ос}$, дн.	$y = -0,248x + 122,08$	12,23	$\pm 4,0$	117,5	109,5
$K_{об}$, дн.	$y = -1,855x + 248,46$	77,14	$\pm 25,2$	214,1	153,9
$K_{эжс}$, дн.	$y = 0,487x + 101,88$	13,0	$\pm 4,25$	110,9	126,7
$K_{кис}$, отн. ед.	$y = -0,003x + 0,46$	0,11	$\pm 0,04$	0,4	0,3
$t_{и}$, °С	$y = 0,093x + 16,935$	1,87	$\pm 0,61$	18,7	21,7
$t_{я}$, °С	$y = 0,024x - 5,004$	3,57	$\pm 1,17$	-4,6	-3,8
$K_{инкс}$, отн. ед.	$y = 0,04x + 2,394$	0,50	$\pm 0,16$	3,14	4,44

*Рассчитана по уравнению регрессии.

Ожидается повышение среднемесячной температуры воздуха в июле и январе. По сравнению со средними значениями за 1980–2015 гг. температура воздуха в июле ($t_{и}$) 2030 г. может увеличиться на 3,0 °С, в январе ($t_{я}$) – на 0,8 °С. Интегральный показатель комфортности климата возрастет на 1,3, благодаря чему климатические условия в городе будут более благоприятными.

Заключение

Климатофизиология человека в погодных условиях Минска в значительной мере проявляется в реакциях приспособления к меняющимся условиям внешней среды. Частые циклоны и антициклоны вызывают адаптационные реакции на изменяющиеся атмосферное давление, температуру, влажность и скорость движения воздуха, солнечные и пасмурные дни, затяжные, обложные дожди и кратковременные ливни с грозами и резкими изменениями атмосферного электричества. Метеопатические проявления обычно возникают одновременно у значительного числа разных людей, синхронно погодным изменениям или несколько опережая их. Они не только обостряют или ухудшают течение болезней, но и снижают эффективность любого метода лечения. Таким образом, в городских условиях оценка влияния изменчивости метеорологических условий на организм человека является одним из организационных методов совершенствования медицинского обслуживания населения. Учет и своевременная профилактика метеотропных реакций позволяют в значительной степени ослабить отрицательное воздействие неблагоприятных климатических условий на человека. Проведенные исследования могут быть использованы в практике рационального применения естественных ресурсов Минска при планировании и проектировании природопользования для его устойчивого развития и оптимизации среды жизнедеятельности населения.

Библиографические ссылки

1. Витченко А. Н., Телеш И. А. Методика геоэкологической оценки комфортности климата городов // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. 2007. № 2. С. 99–104.
2. Русанов В. И. Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей. Томск, 1989.
3. Бартон А., Эдхолм О. Человек в условиях холода. М., 1957.
4. Золотокрылин А. Н., Канцеровская И. В., Кренке А. Н. Районирование территории России по степени экстремальности природных условий для жизни // Изв. РАН. Сер. геогр. 1992. № 6. С. 16–30.
5. Айзенштадт Б. А. Тепловой баланс человека и его здоровье // Климат и здоровье человека : тр. Междунар. симпоз. ВМО, ВОЗ, ЮНЕП (Ленинград, 22–26 сент. 1986 г.) : в 2 т. Ленинград, 1988. Т. 1. С. 197–209.
6. Бутыева И. В., Швейнова Т. Г. Методические вопросы интегрального анализа медико-климатических условий // Комплекс. биоклимат. исследования. 1988. С. 97–106.
7. Селегей Т. С., Юрченко И. П. Потенциал рассеивающей способности атмосферы // География и природ. ресурсы. 1990. № 2. С. 132–137.
8. Гербурт-Гейбович А. А. Оценка климата для типового проектирования жилищ. Ленинград, 1971.

References

1. Vitchenko A. N., Telesh I. A. Research technique of the geoecological estimate of the climatic comfort of the cities. *Vestnik BGU. Ser. 2, Khim. Biol. Geogr.* 2007. No. 2. P. 99–104 (in Russ.).
2. Rusanov V. I. [The complex meteorological indices and methods of the estimation of the climate for medical purposes]. Tomsk, 1989 (in Russ.).
3. Barton A., Edholm O. [Person in condition of the cold]. Moscow, 1957 (in Russ.).
4. Zolotokrylin A. N., Kancebovskaya I. V., Krenke A. N. [Division in to districts territory of Russia on degree extremality natural conditions for life]. *Izv. RAN. Ser. geogr.* 1992. No. 6. P. 16–30 (in Russ.).
5. Aizenshtadt B. A. [Heat balance of the person and his health]. *Climat i zdorov. cheloveka* : tr. Mezhdunar. simpoziuma VMO, VOZ, YuNEP. Leningrad, 1988. Vol. 1. P. 197–209 (in Russ.).
6. But'eva I. V., Shveinova T. G. [The methodical questions of the integral analysis medicine-climatic conditions]. *Kompleksnyye bioklimaticheskie issledovaniya*. 1988. P. 97–106 (in Russ.).
7. Selegey T. S., Yurchenko I. P. [The potential diffusing abilities of atmosphere]. [*Geogr. Nat. Res.*]. 1990. No. 2. P. 132–137 (in Russ.).
8. Gerburt-Geibovich A. A. [The estimation of the climate for standard designing of dwelling buildings]. Leningrad, 1971 (in Russ.).

*Статья поступила в редколлегию 07.03.2017.
Received by editorial board 07.03.2017.*

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИВОПИСНОГО ТРЕХМЕРНОГО КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

А. Р. ГЕРМАН¹⁾, Л. В. АТОЯН²⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

²⁾Белорусский национальный технический университет,
пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Беларусь

Рассматривается способ получения живописного трехмерного картографического изображения с применением программ векторной и растровой графики. Показано последовательное формирование 3D-изображения, подразумевающее три этапа: подготовительный, полевой, камеральный. Отмечается, что после создания плана местности он преобразовывается в программе Adobe Illustrator в перспективное изображение, затем с помощью инструмента *Perspective grid tool* («Сетка перспективы») выполняется контурный рисунок (каркас зданий), который в дальнейшем детализуется. Для этих целей рекомендуется использовать специально созданную библиотеку графических обозначений первого порядка и знаков более высокого порядка. Обращается внимание на то, что процесс построения 3D-изображения завершается его цветовым оформлением, которое может быть выполнено как с применением исключительно графических редакторов (Adobe Illustrator, Adobe Photoshop), так и совмещенным рукописно-автоматизированным способом. Уточняется, что предварительно в цифровом виде в программе растровой графики необходимо разработать библиотеку текстур и цветовых палитр, в которой учитывается светотеневая пластика. Описывается, как с помощью правил построения теней и градации освещенности получить выразительный и объемный рисунок в зависимости от фактуры поверхности объекта. Обосновывается применение данной методики, позволяющей создать законченный вид трехмерного изображения и придать ему живописность и реалистичность. Сделан вывод о том, что трехмерные живописные картографические изображения, обладающие наглядными свойствами, могут широко использоваться в сфере туризма – как в традиционных бумажных изданиях, так и в электронных приложениях различной тематики.

Ключевые слова: автоматизация; трехмерное картографическое изображение; конструктивные элементы; перспектива; библиотека знаков, текстур и палитр.

AN AUTOMATED METHOD OF PRODUCING OF A PICTURESQUE THREE-DIMENSIONAL MAP IMAGE

A. R. GERMAN^a, L. V. ATAYAN^b

^aBelarusian State University, Niezaliežnasci Avenue, 4, 220030, Minsk, Belarus

^bBelarusian National Technical University, Niezaliežnasci Avenue, 65, 220013, Minsk, Belarus

Corresponding author: A. R. German (g11-14@yandex.ru)

The method of producing of a picturesque three-dimensional (3D) map image using programs for vector and raster graphics is considered. The subsequent construction of three-dimensional images consisting of several stages (preparatory,

Образец цитирования:

Герман А. Р., Атоян Л. В. Автоматизированный способ получения живописного трехмерного картографического изображения // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 114–123.

For citation:

German A. R., Atayan L. V. An automated method of producing of a picturesque three-dimensional map image. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 114–123 (in Russ.).

Авторы:

Анна Рубеновна Герман – преподаватель кафедры геодезии и картографии географического факультета.

Лариса Владимировна Атоян – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры геодезии и аэрокосмических геотехнологий факультета транспортных коммуникаций.

Authors:

Anna German, lecturer at the department of geodesy and cartography, faculty of geography.

g11-14@yandex.ru

Larysa Atayan, PhD (technology), docent, associate professor at the department of geodesy and aerospace geotechnologies, faculty of transport communications.

atoyan_lara@inbox.ru

field, and laboratory phase) is shown. The creation of three-dimensional image begins with the study of the territory according to aero- and space images, freely available on the Internet. Their analysis and interpretation allow defining a point of view and coverage of the territory, which should be represented on the 3D map (the preparatory phase). A field survey of the area is performed if it is necessary (the field phase). Directly the construction of map image is performed in laboratory conditions (the laboratory phase) and it includes several types of work. First of all, the plan of the area is created. Afterwards it is converted into a perspective image in the program Adobe Illustrator. The outline drawing (frame of buildings) is implemented on the basis of the *Perspective grid tool* and then is detailed. For these purposes, the pre-created library of graphic symbols of the first order and signs of higher order is used. The process of creating of 3D image is finished by his color design which can be performed both using only image editors (Adobe Illustrator, Adobe Photoshop), and the combined hand-automatic way. Previously the library of textures and color palettes, which also included light and shadow, is developed in digital form in program of raster graphics. Using the rules of constructing shadows and gradations of light, it is possible to achieve an expressive and volumetric image, depending on the surface texture of the object. The application of this methodology allows to create the complete view of the three-dimensional image and to give it picturesqueness and realism. The picturesque three-dimensional map image, having visual properties, can be widely used in the field of tourism both in the traditional paper editions and in electronic applications of various subjects.

Key words: automation; three-dimensional map image; structural elements; perspective; the library of symbols, textures, and palettes.

Введение

Теоретические основы трехмерного картографирования были заложены еще в середине XX в. Большой вклад внесли Э. Райс, разработавший в 1930-х гг. перспективные рисунки для различных рельефных форм [1]; Э. Имгофф, обосновавший в 1950-х гг. способы построения перспективного изображения; Л. Е. Смирнов и другие ученые.

В монографии Л. Е. Смирнова [2] рассмотрены особенности отображения пространства в картографических произведениях, приведены классификации трехмерных моделей, проанализированы различные принципы и способы передачи трехмерности объектов на картах. Автор отмечает, что наиболее часто ее показывают с помощью пластических приемов, имитирующих объем. Использование разнообразных графических приемов способствует иллюзорному восприятию объективной реальности, при котором наблюдатель, рассматривая плоское двухмерное изображение, зрительно воспринимает его как трехмерное. Кроме того, ученый описал приемы построения перспективного изображения рельефа.

В работе [3] А. С. Васмут совместно с соавторами изложил теоретические основы, методы картографического отображения и анализа объектов и явлений природы по картам в системе машинной обработки картографической информации. Там же описаны методы картографического моделирования и методики автоматизированного создания топографических, тематических и специальных карт с применением математических и других инструментов. Большое внимание уделено автоматизации при сборе, хранении, математической обработке и воспроизведении картографической информации.

Общую схему создания тематических карт автоматизированными средствами одним из первых в своих работах рассмотрел А. И. Ельчанинов, выделив следующие главные этапы [4]:

- 1) цифрование (перевод в цифровую форму) исходной картографической основы;
- 2) цифрование соответствующей тематической нагрузки, сопряженной с картографической основой;
- 3) запись результатов цифрования на машинные носители информации;
- 4) логико-математическую обработку информации в зависимости от целей создания и назначения карт;
- 5) воспроизведение обработанной цифровой информации в картографической форме.

В 1980-х гг. ученик А. С. Васмута Р. В. Атоян разработал группы моделей туристских карт с учетом различных принципов моделирования трехмерности пространства. Среди рассматриваемых картографических и картоподобных изображений местности выделена перспектива как наиболее наглядная, выразительная и доступная форма моделирования [5].

Основным предметом исследований еще одного известного советского ученого – В. С. Тикунова – являлось моделирование в картографии. В его труде [6], посвященном аспектам тематической картографии, рассматриваются принципы и критерии моделирования тематического содержания карт, описывается разработка методов автоматизированного моделирования структуры, взаимосвязи и динамики географических явлений, сложных математико-картографических моделей. Акцентированы вопросы надежности моделирования, автоматизации в картографии и геоинформатике.

Методике составления интерактивных трехмерных карт посвящены также многие работы швейцарского ученого К. Хеберлинга. В одной из статей [7] он рассматривает особенности 3D-карт – их представление в перспективной проекции, которая передается на двухмерных носителях, но воспринимается как отображение трехмерной действительности. Ученый также кратко останавливается на

картографических исследованиях в области составления трехмерных изображений местности, предлагая конкретные картографические приемы для создания подобных произведений.

Как отмечает К. Хеберлинг, принципы составления карт были разработаны еще много десятилетий назад в различных работах А. Х. Робинсона [8], Э. Имгоффа и других ученых и носят рекомендательный характер, помогая выбрать способ отображения того или иного объекта на карте и тем самым достичь простоты его восприятия. Однако для карт, предназначенных для отображения на экране компьютера, принципы могут быть расширены за счет специфических характеристик этого типа картографического представления информации (например, размера и шрифта текстовых надписей, сглаживания линейных и площадных объектов и др.).

Особое внимание при создании 3D-карты К. Хеберлинг уделяет отбору исходных материалов (модель земной поверхности, фотографии, снимки из космоса, сканированные топографические и тематические карты и др.). Не менее важны, по его мнению, оформление, визуальный вид, практичность и доступность картографического произведения.

В упомянутой работе [7] рассматриваются основные конструкторские параметры, влияющие на положение и вид объектов на карте (графический вид, свет – тень, атмосферные явления и др.). Каждый конструкторский параметр состоит из собственного набора графических переменных, таких как наклон точки обзора, степень абстрактности, направление освещения и т. д. Главными элементами при этом являются точка, линия и полигон, обладающие определенными характеристиками: формой, размером, цветом, яркостью, расположением, текстурой. На основании отобранных графических переменных К. Хеберлинг сформулировал 19 картографических принципов для 3D-карт. Многие из них используются в том числе и при создании рукописного картографического изображения (например, средний угол наклона для перспективного вида должен составлять около 45°, освещение объектов предпочтительнее сбоку или немного спереди и др.).

Вместе с тем швейцарский ученый отмечает, что теоретические знания в области трехмерной картографии только начинают развиваться. До настоящего времени не существует систематизированного обзора графических параметров и точно сформулированных картографических принципов, актуальных для 3D-карт.

Используемое программное обеспечение и методика построения трехмерного картографического изображения

Необходимым условием автоматизации картографических работ является формализация картографического изображения, т. е. математическое описание объектов карты с помощью конечного набора признаков. В его основе лежат простые геометрические символы (линия, прямоугольник, круг и др.), из которых состоит графическое изображение любой сложности. Определенный набор этих элементов, названных конструктивными [9], помогает создать целостное картографическое произведение. Каждый из элементов при этом может иметь различные параметры: размер, цвет, внутреннюю структуру. В зависимости от степени сложности выделяются конструктивные элементы нескольких порядков. Простейшими элементами (первого порядка) можно назвать точку и линию. За счет их видоизменения получают основные геометрические фигуры (круг, треугольник, квадрат и их производные: прямоугольник, ромб, эллипс) – конструктивные элементы второго порядка. Совершенствуя изображение, можно образовывать более сложные конструктивные элементы (шар, параллелепипед, пирамида и др.), относящиеся к элементам третьего порядка [9].

Подобное представление картографической информации позволяет довольно успешно применять этот прием как для автоматизированного создания традиционных географических карт, так и для получения трехмерного (3D) живописного картографического изображения с использованием графических программ, основными из которых являются Adobe Illustrator, CorelDRAW и Adobe Photoshop.

Два первых редактора относятся к векторной графике. Метод построения графического изображения в этих программах базируется на математическом описании положения, длины и направления выводимых линий. При этом объекты формируются из набора векторов (линий) и комбинаций графических символов, которые можно трансформировать в процессе вычерчивания на экране персонального компьютера с помощью богатого набора инструментов, методов и средств векторных программ в интерактивном (диалоговом) режиме. Векторная графика, иначе называемая объектно ориентированной, обладает высоким графическим качеством и вполне отвечает представлениям картографического изображения, которое также создается из графических символов (конструктивных элементов) и характеризуется высоким качеством начертания.

Программа Adobe Photoshop предназначена для создания и обработки растровой графики, но в ней возможна работа и с векторными объектами. Изображение, формируемое на экране монитора или при

печати, состоит из набора точек (пикселей) определенного цвета и размера, представляющих собой его основной минимальный элемент. Выбор программы для создания живописного картографического изображения обусловлен возможностью имитации реалистичного отображения объектов окружающего мира средствами ее инструментария, с помощью художественных эффектов и широкого применения разнообразной цветовой гаммы. При этом получаемое произведение отличается высочайшим качеством.

Процесс конструирования 3D-изображения при помощи программ векторной и растровой графики во многом схож с рукописным построением оригинала, а также с совмещенным способом, описанным в работе [10].

Создание рукописного авторского оригинала (картографического произведения) предполагает его выполнение вручную, черной тушью и акварельными красками. Большое значение имеют подготовительные работы: выбор направления главного луча проецирования, определение высоты горизонта, глубины изображения и вида проекции. Построение изображения на карте-основе является сложным процессом, который может быть осуществлен картографами-дизайнерами высокой квалификации.

Совмещенный способ конструирования 3D-карты включает в себя виды работ, выполняемые как вручную, так и при помощи компьютерных технологий. На бумажном носителе (ватмане) создается штриховой эскиз (набросок) оригинала, некоторые элементы (например, растительность – деревья, травяное покрытие) оформляются сразу в цветном изображении, что упрощает процесс последующей передачи законченного живописного трехмерного произведения средствами графических программ векторной и растровой графики. В дальнейшем художественный оригинал сканируется и загружается в соответствующее программное обеспечение.

Автоматизированный способ создания живописной 3D-карты предполагает преимущественное использование программного обеспечения, значительно облегчающего многие этапы ее построения. Это достигается благодаря инструменту *Perspective grid tool* («Сетка перспективы») программы Adobe Illustrator, с появлением которого открылись новые возможности трехмерного моделирования. Подробнее процесс составления 3D-изображения при помощи данного инструмента рассмотрен на примере фрагмента центральной части г. Несвижа.

Построение трехмерного изображения начинается с изучения территории по аэро- и космоснимкам. В настоящее время интернет-ресурсы располагают множеством платформ, предоставляющих свободный доступ к подобным материалам. Например, на сайте www.mmmaps.net в виде отдельных вкладок присутствуют все основные базы данных (Google Maps, Bing, Yandex, Wikimapia и др.), предусмотрена возможность оперативного переключения между ними, для многих крупных городов доступны режимы следования вдоль улиц (по принципу виртуального гида) и вида с высоты птичьего полета (опция *Bird's eye view*).

На начальном этапе важными являются выбор точки обзора и определение охвата местности, которая должна быть представлена на 3D-карте. При необходимости (в случае отсутствия соответствующих материалов) проводится полевое обследование территории: при посещении картографируемого объекта делается множество фотографий, на которых в первую очередь фиксируются фасады зданий (особенности конфигурации, декоративные элементы, цвет, этажность).

На следующем этапе картографическое изображение выполняется в камеральных условиях. В общем виде это предполагает такие виды работ, как:

- создание плана местности и преобразование его в перспективное изображение;
- выполнение контурного рисунка (каркасов зданий) и его детализация;
- цветовое оформление оригинала.

На основе дешифрирования космических снимков, а также с использованием материалов полевого обследования территории (фотографий, схем, эскизов) создается план местности, подлежащей 3D-картографированию (рис. 1). Для наглядности исходного материала особо значимые достопримечательности выделяются на плане цветом (штриховкой, символами) в соответствии с выбранной системой условных обозначений, что придает схеме вид земельно-кадастрового плана. В дальнейшем данная информация будет использована для оформления объектов в зависимости от степени их значимости на картах различной тематики (например, на туристских картах историко-культурные памятники целесообразно выделить при помощи различных графических приемов для их лучшего восприятия).

Следующим этапом создания 3D-изображения местности является построение перспективы. Для этой цели используются инструменты *Free transform* («Свободное трансформирование») и *Perspective distort* («Искажение в перспективе»), позволяющие трансформировать любое векторное изображение, оперируя различными параметрами (изменение высоты горизонта, перемещение точек лучей схода проекции и наблюдения) (рис. 2). В экспериментальных работах данные параметры устанавливаются условно, на глаз, в процессе преобразования плана участка.

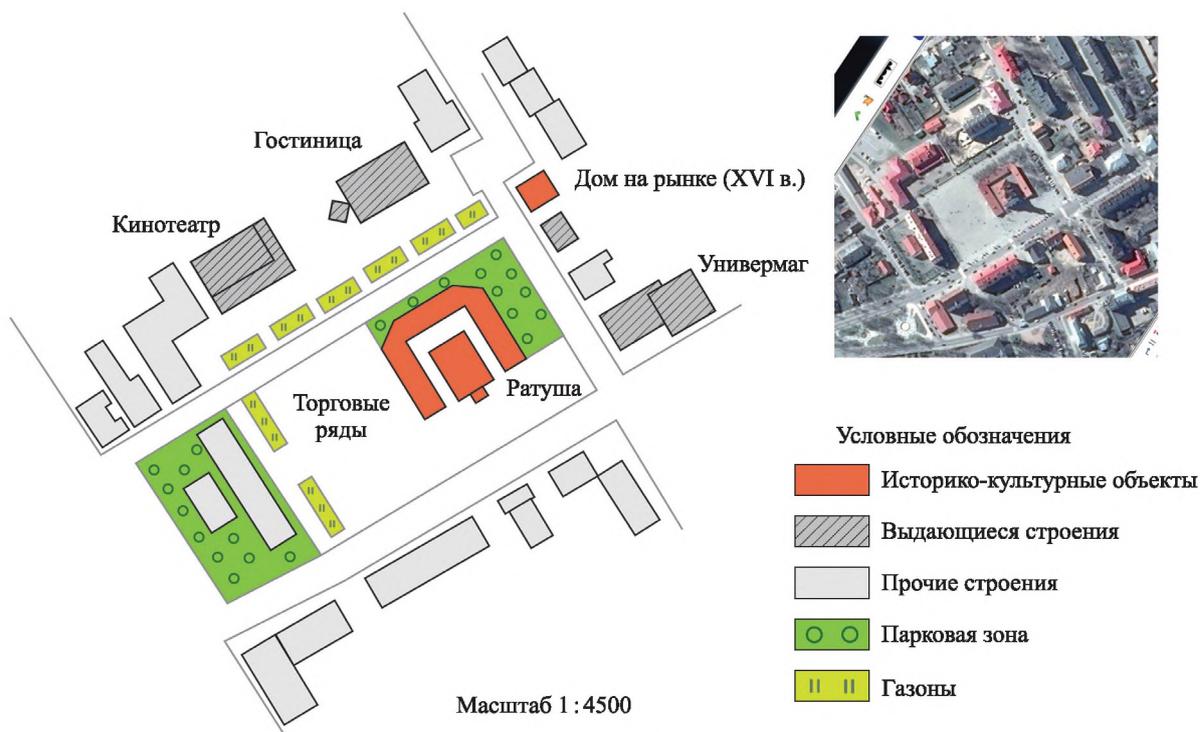


Рис. 1. Фрагмент плана г. Несвижа, созданный на основе аэрофотоснимка данной местности
Fig. 1. The fragment of the plan of the city of Nesvizh, based on the aerial photograph of the area

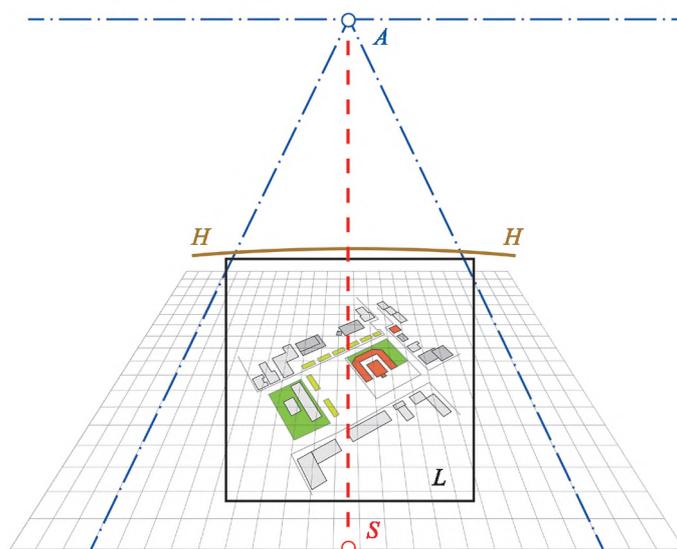


Рис. 2. Основные элементы перспективной сетки:
A – точка схода лучей перспективной проекции; S – точка наблюдения;
HH – линия горизонта; L – картинная плоскость

Fig. 2. The main elements of perspective grid:
A – the descent point of beams of perspective projection; S – the point of observation;
HH – the horizon line; L – the picture plane

Построение трехмерного изображения начинается с формирования каркаса зданий. Инструмент *Perspective grid tool* («Сетка перспективы») позволяет размещать конструктивные элементы (прямоугольник, круг, квадрат и более сложные геометрические фигуры) в различных плоскостях перспективы, переключаясь между ними при помощи специального виджета (элемент интерфейса). Функции программы Adobe Illustrator предоставляют возможность выбрать подходящий для целей картографирования вид перспективы (одно-, двух- или трехточечная) (рис. 3).

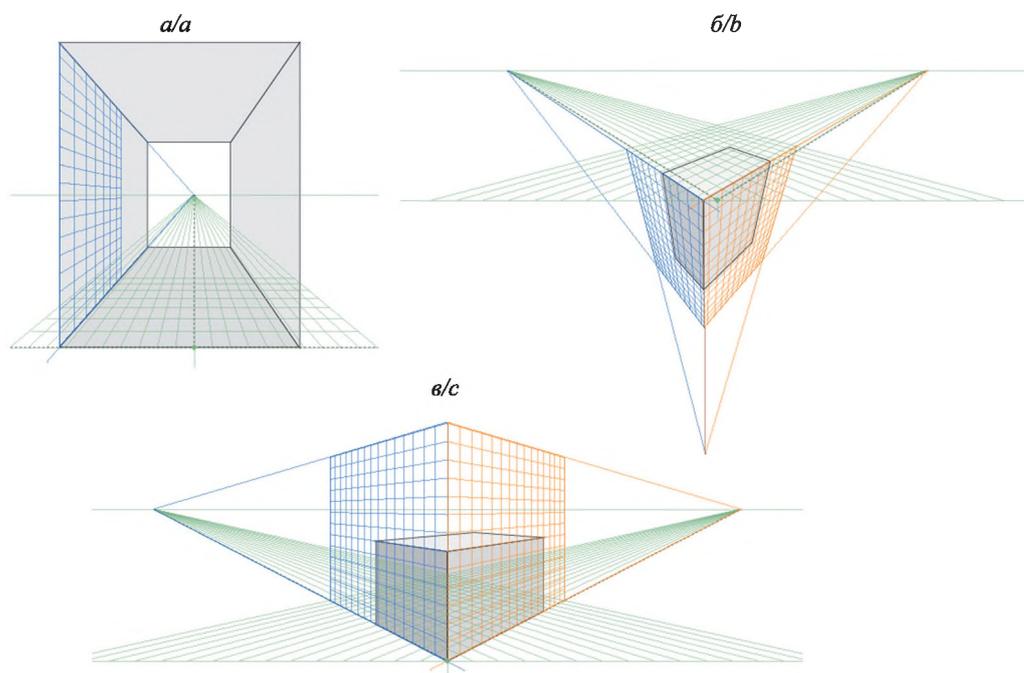


Рис. 3. Сетки одно- (а), двух- (б) и трехточечной (в) перспективы в программе Adobe Illustrator

Fig. 3. Grids of one (a), two (b) and three (c) point perspective in Adobe Illustrator

Когда взгляд наблюдателя направлен в главную и единственную точку схода, такая перспектива называется одноточечной. Ее используют в случаях, когда хотят обратить внимание зрителя на точку, где сходятся прямые, «затянуть» его внутрь изображения. При этом кажется, что предметы нацелены на зрителя либо находятся по бокам от него и уходят вдаль (например, при отображении тоннеля).

Двухточечная перспектива встречается чаще и предполагает две точки схода, т. е. сцена простирается в нескольких направлениях (например, улица, где размеры зданий и других объектов уменьшаются по направлению к горизонту). В такой перспективе взгляд наблюдателя обычно направлен параллельно земле, поэтому вертикальные прямые (левая и правая точки схода) не сходятся. Однако может встречаться двухточечная перспектива с верхней и нижней точками схода. Такое расположение создает у зрителя ощущение, будто он идет вперед по прямой (линии траектории движения сходятся на горизонте), но смотрит вверх, а не на горизонт (точка схода вертикальных прямых линий располагается сверху). Таким образом подчеркивается высота.

Трехточечная перспектива подразумевает, что зритель смотрит на сцену снизу или сверху, а не прямо. К такой перспективе обращаются, когда необходимо не просто дать полную картину происходящего, а сделать акцент на вертикальном измерении (высоте). Трехточечную перспективу используют и в том случае, если следует подчеркнуть равноправность всех трех измерений (например, при отображении сцены в открытом космосе).

В настоящей работе применялась двухточечная перспектива, при которой изображение получается объемным, охватывающим всю сцену, и негромоздким. Множество маркеров помогают управлять параметрами сетки: изменять высоту горизонта, перемещать точки схода, а следовательно, и угол обзора, управлять величиной ячеек сетки и т. д. (рис. 4).

Упростить процесс «поднятия» зданий позволяет предварительно сформированная библиотека из необходимых конструктивных элементов, при помощи которых впоследствии будут созданы скаты крыш, стены башен, декоративные выступы на фасадах и т. д. Для целостности восприятия изображения используется контрастный цвет линий (например, красный), а также прорисовываются все грани здания, даже невидимые (рис. 5). Это способствует четкости и правильности построения каркасной модели. В дальнейшем лишние линии (невидимые наблюдателю с выбранной точки обзора) удаляются.

Завершающий этап графического построения 3D-изображения предполагает наполнение его конструктивными элементами более высокого порядка и их сочетаниями (например, окна на фасадах, ворота, трубы на крышах, арки и декоративная лепнина над ними и др.), а также использование библиотек знаков, содержащих объекты для конструирования зданий (окна, двери и балконы различной формы и т. п.). Отдельным линиям, находящимся на теневой стороне, придается дополнительная толщина. Таким образом в первую очередь на фоне остальных зданий выделяются наиболее значимые

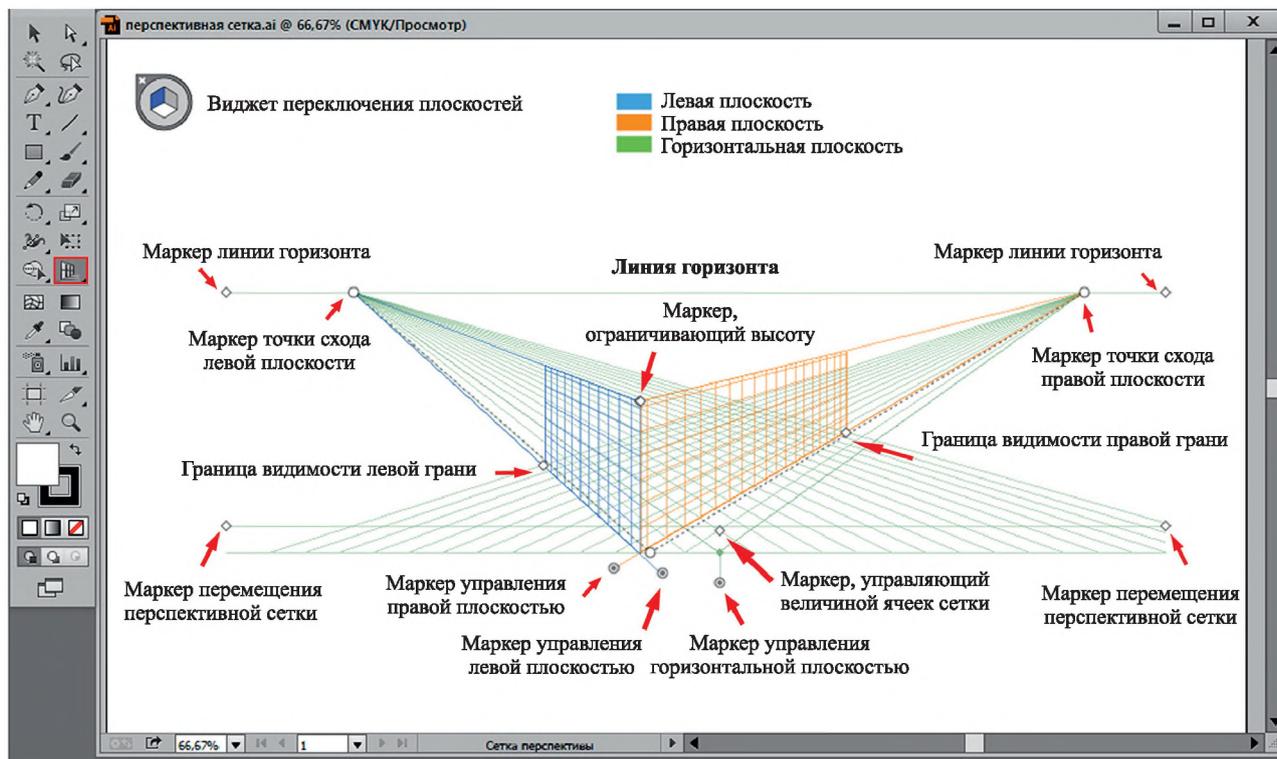


Рис. 4. Двухточечная перспектива и основные рабочие маркеры инструмента *Perspective grid tool* в программе Adobe Illustrator CS6

Fig. 4. Two point perspective and basic operating markers of the *Perspective grid tool* in Adobe Illustrator CS6

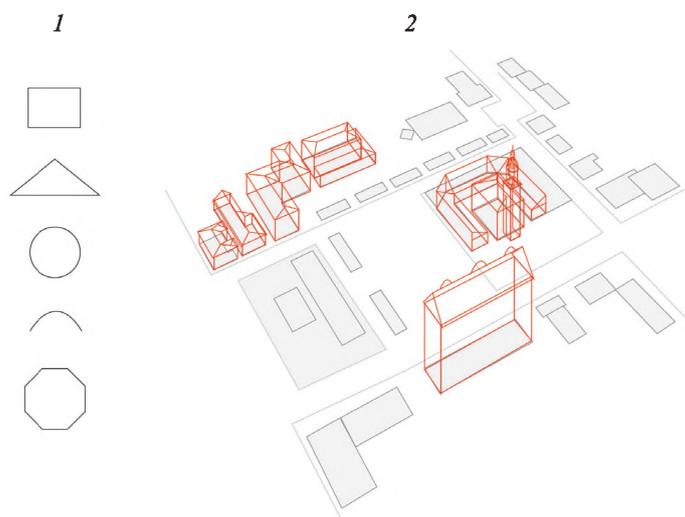


Рис. 5. Создание каркаса зданий (2) с использованием конструктивных элементов (1) в программе векторной графики Adobe Illustrator

Fig. 5. The creation of a building frame (2), using structural elements (1) in the program of vector graphics Adobe Illustrator

сооружения (рис. 6). Предварительно созданная библиотека знаков содержит в том числе изображения растительности, соответствующие их видовой принадлежности (породы деревьев, кусты, травяная растительность). Такие библиотеки конструктивных элементов разной сложности (порядка) могут многократно применяться для построения изображения как на картах, подобных создаваемой в настоящей работе, так и для других видов живописных карт.

Цветовое оформление фоновых элементов 3D-карты может быть выполнено как с использованием исключительно графических редакторов (Adobe Illustrator, Adobe Photoshop), так и совмещенным способом. В последнем случае вручную (акварелью на ватмане) создается библиотека текстур и красок,

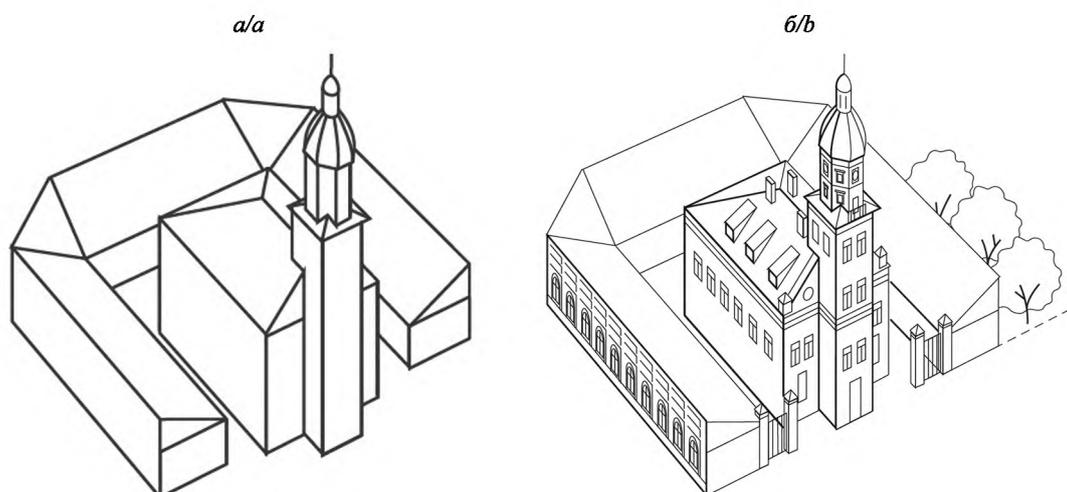


Рис. 6. 3D-изображение городской ратуши и торговых рядов, выполненное в векторе:
а – каркасное; б – с утолщенными элементами и детализацией фасада

Fig. 6. 3D-image of city hall and trade rows, made in vector:
a – the wireframe; b – with thickened elements and detailed facade

которые затем применяются в качестве образцов при покраске изображения в программе растровой графики. Заполнить контуры соответствующими текстурами позволяет инструмент *Clone stamp tool* («Штамп») программы Adobe Photoshop. Он предназначен для нанесения выбранного фрагмента изображения (текстуры) поверх другого фрагмента того же рисунка или любого иного открытого документа.

Библиотека текстур и цветовых палитр может быть создана в цифровом виде в программе растровой графики и с некоторой модификацией многократно использоваться для фоновой заливки площадных объектов. Она может состоять из отдельных основных элементов фона, соответствующих площадным знакам традиционных карт (растительность, гидрография), и дополнительных деталей (вид дорожного покрытия, крыши строений, фасады зданий различной цветовой окраски – например, кирпичная кладка, стекло, бетон и т. д.) (рис. 7).

При создании живописного трехмерного картографического изображения практический интерес также представляют законы образования теней. Используя правила построения теней и градации освещенности, можно добиться выразительного и объемного штрихового рисунка.

Объекты природного и культурного ландшафтов существуют при естественном (солнечном) освещении, когда лучи практически параллельны по причине большой удаленности источника света.

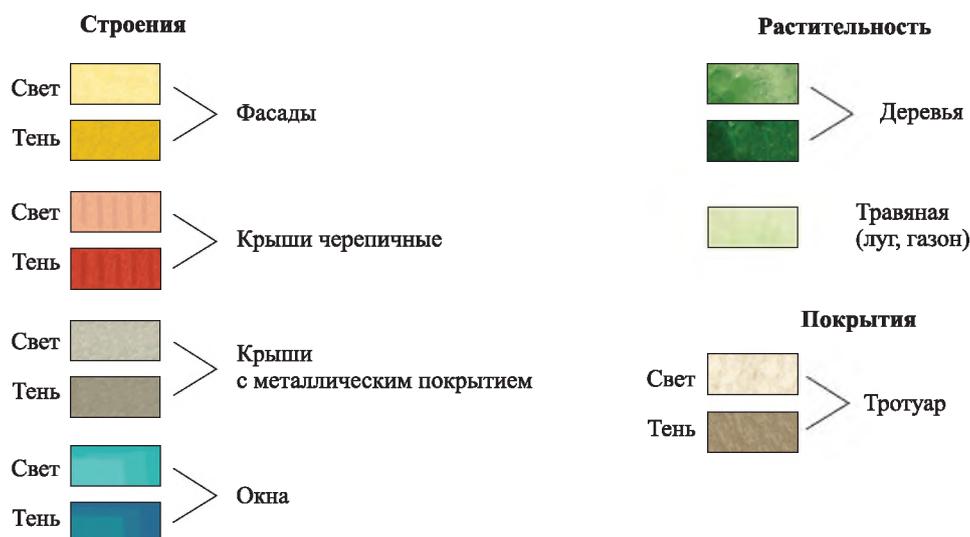


Рис. 7. Фрагмент библиотеки текстур и цветовых палитр в программе Adobe Photoshop
Fig. 7. The fragment of the library of textures and colors in Adobe Photoshop

По отношению к картинной плоскости и наблюдателю солнце может занимать различное положение, в конкретном случае определяющее способ построения падающей тени. Выделяют три основных положения солнца по отношению к наблюдателю (рис. 8):

- напротив;
- справа или слева;
- позади.

В первом случае видимые части объектов окажутся в тени, в последнем же, наоборот, будут полностью освещены. Для получения выразительного и объемного изображения чаще всего предполагают расположение источника света справа от наблюдателя [11]. От высоты солнца зависит и длина тени. Тени бывают длинными в утренние и вечерние часы суток, а также в зимний период, самые короткие – в полдень. Объекты, расположенные в Северном полушарии, освещаются с южной, западной и восточной сторон, что также должно быть учтено при создании теней зданий, деревьев и других предметов.

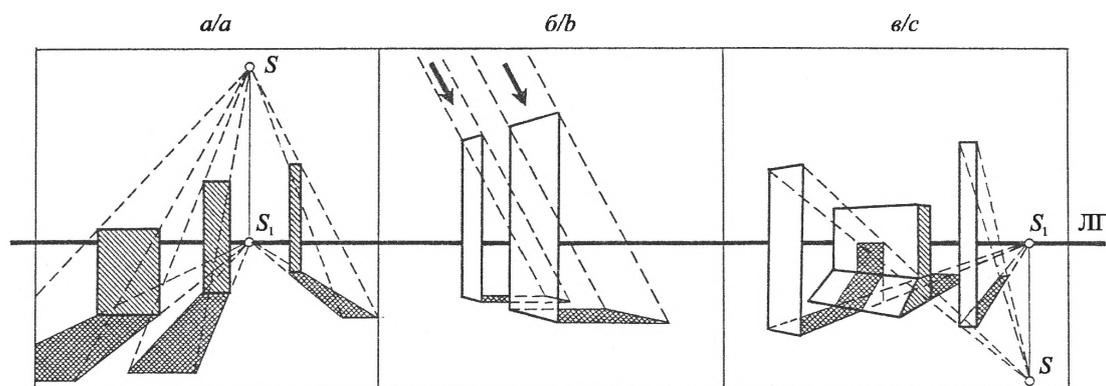


Рис. 8. Образование теней при солнечном освещении:

a – солнце находится против наблюдателя; *б* – слева от наблюдателя (аналогично построение теней, если солнце находится справа); *в* – позади наблюдателя (ЛГ – линия горизонта; *S* – источник света; *S*₁ – его проекция на линию горизонта)

Fig. 8. The formation of shadows under sunlight:

a – sun is against the observer; *b* – the sun is to the left of the observer (similar to the creation of shadows, if the sun is to the right); *c* – the sun is behind the observer (ЛГ – the horizon line; *S* – the source of light; *S*₁ – its projection on the horizon)

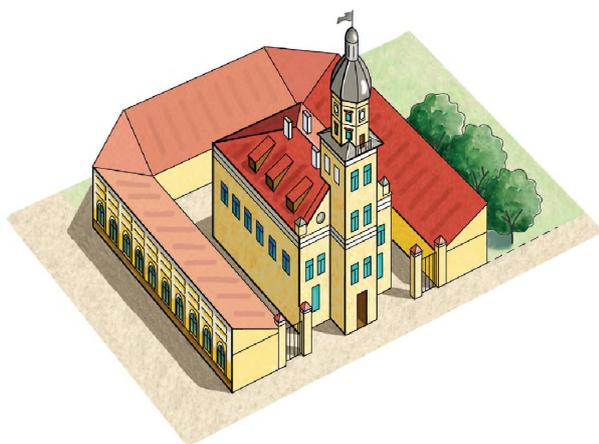


Рис. 9. Цветовое оформление трехмерного рисунка городской ратуши в программе Adobe Photoshop

Fig. 9. The color design of three-dimensional image of city hall in Adobe Photoshop

Градации освещенности зависят от расположения различных участков поверхности по отношению к источнику света. На обращенной к источнику самой освещенной части формы располагается так называемый свет, на части, освещенной косым, скользким светом, – полутон, на самой темной части – собственная тень, которая всегда слегка освещена отраженными лучами. Такая подсветка тени называется рефлексом. Отображаемый объект отбрасывает тень на другие объекты. Падающая тень бывает темнее собственной. Высота солнца над горизонтом, а следовательно, и длина отбрасываемой объектом тени свидетельствуют о времени года или суток, что может быть использовано при передаче на 3D-изображениях разных времен года. При ярком освещении на металлических или стеклянных поверхностях (например, на куполах церквей) образуются блики, которые оставляют на рисунке без цвета в виде полосы или белого овала в зависимости от поверхности объекта (рис. 9).

Заключение

Таким образом, в настоящей работе на примере центральной части Несвижа рассмотрена методика создания живописного трехмерного картографического произведения с использованием программ векторной и растровой графики. Особое внимание уделено камеральному этапу, предполагающему непосредственное составление 3D-изображения (построение каркасов зданий, наполнение их

конструктивными элементами, детализация и красочное оформление). Существенное значение придается разработке библиотеки знаков, текстур (растительность, дорожное покрытие) и красок (цвет фасадов, крыш и других элементов с учетом светотеневой пластики), облегчающей процесс конструирования картографического изображения и значительно уменьшающей количество затраченного на это времени.

Результатом выполненной экспериментальной работы стал трехмерный рисунок архитектурного памятника. При этом наряду с четкими ровными контурами изображения, созданного при помощи редакторов векторной графики, удалось получить красочный картографический продукт, максимально естественный и живописный, чему также способствует применение редактора растровой графики. Несомненными плюсами данной методики создания трехмерных изображений является возможность масштабирования рисунка без существенной потери качества и максимальной детализации в зависимости от масштаба конечного картографического продукта. Такая трехмерная графика на плоскости дает широкому кругу пользователей, иногда мало подготовленных к чтению традиционных карт, наглядное представление об объектах историко-культурного наследия, а также окружающей территории. Трехмерные живописные картографические изображения, обладающие иллюстративными свойствами, могут использоваться в сфере туризма – как в традиционных бумажных изданиях, так и в электронных приложениях различной тематики (на картах, схемах, путеводителях, рекламных буклетах, открытках, постерах, баннерах и др.).

Библиографические ссылки

1. Raisz E. General Cartography. New York, 1948.
2. Смирнов Л. Е. Трехмерное картографирование. Л., 1982.
3. Васмут А. С., Бугаевский Л. М., Портнов А. М. Автоматизация и математические методы в картосоставлении. М., 1991.
4. Ельчанинов А. И. Автоматизированное составление карт для организации и планирования туризма. Методики и банки цифровых данных : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 05.24.03. М., 1983.
5. Атоян Р. В. Совершенствование методики и технологии создания туристских карт и разработка их новых видов : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.24.03. М., 1989.
6. Тикунов В. С. Моделирование в картографии. М., 1997.
7. Häberling C., Bär H., Hurni L. Proposed cartographic design principles for 3D maps: a contribution to an extended cartographic theory // *Cartographica*. 2010. Vol. 43, № 3. P. 175–188.
8. Robinson A. H., Morrison J. L., Muehrcke P. C., et al. Elements of Cartography. New York, 1995.
9. Васмут А. С. Моделирование в картографии с применением ЭВМ. М., 1983.
10. Атоян Л. В., Герман А. Р. О методике построения и компьютерного дизайна трехмерного картографического изображения // *Земля Беларуси*. 2015. № 4. С. 36–40.
11. Школа изобразительного искусства. М., 1988. Вып. 2.

References

1. Raisz E. General Cartography. New York, 1948.
2. Smirnov L. E. [The three-dimensional mapping]. Leningrad, 1982 (in Russ.).
3. Vasmut A. S., Bugaevskii L. M., Portnov A. M. [The automation and mathematical methods in map creation]. Moscow, 1991 (in Russ.).
4. El'chaninov A. I. [The automated mapping for organizing and planning of tourism. Methods and banks of digital output: the abstract of dissertation on competition of a scientific degree of candidate of geographical sciences] : avtoreferat dissertatsii... kandidata geogr. nauk : 05.24.03. Moscow, 1983 (in Russ.).
5. Atoyan R. V. [The improvement of methods and technologies of creation of tourist maps and the development of their new types] : avtoreferat dissertatsii... kandidata techn. nauk : 05.24.03. Moscow, 1989 (in Russ.).
6. Tikunov V. S. [The modeling in cartography]. Moscow, 1997 (in Russ.).
7. Häberling C., Bär H., Hurni L. Proposed cartographic design principles for 3D maps: a contribution to an extended cartographic theory. *Cartographica*. 2010. Vol. 43, No. 3. P. 175–188.
8. Robinson A. H., Morrison J. L., Muehrcke P. C., et al. Elements of Cartography. New York, 1995.
9. Vasmut A. S. [Modeling in cartography with the usage of computers]. Moscow, 1983 (in Russ.).
10. Atoyan L. V., German A. R. About the method of construction and computer design of three-dimensional map image. *Zemlya Belarusi*. 2015. No. 4. P. 36–40 (in Russ.).
11. [School of fine art]. Moscow, 1988. Issue 2 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 22.11.2016.
Received by editorial board 22.11.2016.

МЕСТООБИТАНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ОПЕРАЦИОННАЯ ЕДИНИЦА ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

П. В. ЖУМАРЬ¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Освещается проблема определения оптимальной элементарной операционной единицы экологического картографирования и ее применения в ландшафтных исследованиях. В качестве таковой предложено использовать местообитание. Под ним понимается однородная территория, на которой совокупность природных условий и характер ее использования (управления ею) обусловили преобладание растительных сообществ, чьи доминирующие виды растений относятся к одной-двум жизненным формам. Проанализировано соотношение терминов «фация» и «местообитание», акцентировано подчиненное положение последнего. Введено понятие общей категории местообитания как типологической единицы, выделенной на основе преобладающей жизненной формы растений с детализацией информации о ее окружающей среде, занимаемом ею пространстве, использовании (управлении) и видовом составе, отражающей внутренние структурные особенности фации, которые должны учитываться при их дальнейшем картографировании. Подчеркнута значимость общей категории местообитания в ландшафтоведении и ландшафтном картографировании для построения корреляционных шкал между существующими ландшафтными классификациями. Приведены результаты полевого тестирования методики картографирования общей категории местообитания на учебной географической станции «Западная Березина».

Ключевые слова: местообитание; общая категория местообитания; экологическое картографирование; элементарная операционная единица; ландшафт.

HABITAT AS AN ELEMENTARY OPERATION UNIT OF THE LANDSCAPE ECOLOGICAL MAPPING

P. V. ZHOOMAR^a

^aBelarusian State University, Niezaliežnasci Avenue, 4, 220030, Minsk, Belarus

This work is dedicated to the problem of identification of the optimal elementary operation unit of ecological mapping and its application to landscape researches. The habitat is proposed to use in the form of it. They are considered as a homogenous territory where the complex of natural conditions and its management are caused the predomination of vegetative communities, dominating species of which are relate to one or two living forms. The correspondence of terms «facies» and «habitat» is analysed and herewith the subordinate state of last has been indicated. Also the definition of general habitat category is introduced as a typological unit selected on the base of predominating living form of plants with detailed information about its environment, area, management and species composition, reflected inner structural peculiarities of facies, which have to be taken into account at their following mapping. The significance of general habitat category in the landscape science and in the landscape mapping is marked for the correlation scales composition among the actual landscape classifications. Results of the field testing of general habitat category mapping technique are adduced on the example of educational geographic station «West Berezina».

Key words: habitat; general habitat category; ecological mapping; elementary operation unit; landscape.

Образец цитирования:

Жумарь П. В. Местообитание как элементарная операционная единица ландшафтно-экологического картографирования // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 124–133.

For citation:

Zhoomar P. V. Habitat as an elementary operation unit of the landscape ecological mapping. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 124–133 (in Russ.).

Автор:

Павел Владимирович Жумарь – кандидат географических наук; старший преподаватель кафедры геодезии и картографии географического факультета.

Author:

Pavel Zhoomar, PhD (geography); senior lecturer at the department of geodesy and cartography, faculty of geography. pawloszhoomar@gmail.com

Введение

На современном уровне исследований природы и общества все аспекты отношений этих двух мега-систем должны рассматриваться с методологической точки зрения в диалектическом единстве и взаимодействии. Растущее потребление материальных благ в мировом масштабе подразумевает все более расширяющееся их воспроизводство, что не может не вызывать постоянно усиливающегося техногенного давления на окружающую среду, которое, в свою очередь, затрудняет выполнение ею ресурсных и экологических функций. Исходя из современной концепции устойчивого развития, принятой в 1992 г. в Рио-де-Жанейро [1], требуется сбалансированный, равнозначный объективный учет всех компонентов взаимодействия природы и общества: экологического, экономического и социального.

Растущее техногенное воздействие на окружающую среду, вызванное хозяйственной деятельностью, должно ограничиваться строгими законодательными и нормативными природоохранными актами. Регулирующие документы призваны поддерживать баланс между названными компонентами. Это обуславливает потребность во всесторонней детальной информации о состоянии окружающей среды, современных трендах как решающем факторе, определяющем параметры и интенсивность хозяйственной деятельности. Данное обстоятельство актуализирует важность оперативного решения экологических проблем, возникающих в результате такого взаимодействия, и ставит ряд теоретических и методических задач перед географией, экологией и картографией. Одной из них является развитие экологического картографирования как направления, формирующего пространственный базис решения экологических проблем разного уровня и качества.

Обзор состояния проблемы

Экологическое картографирование – особое направление в картографии, изучающее способы сбора, анализа и пространственного отображения информации о состоянии среды обитания живых организмов, включая человека, и их взаимодействии с ней. Основной целью экологического картографирования является анализ экологической ситуации и ее динамики, а также формирующих ее факторов. К ним относятся все процессы и явления окружающей среды, воздействующие на физиологию живых организмов и состояние экосистем.

Как белорусские, так и зарубежные исследователи уделяют проблеме экологического картографирования большое внимание. Об этом свидетельствует возросшее за последние десятилетия количество публикаций на данную тему, а также карт экологического содержания. Картографируемые категории отличаются как по объему, так и по содержательной составляющей. При этом используются весьма разнообразные методики и технологии создания экологических карт. В связи с этим возникает вопрос об объекте, предмете, методике и технической процедуре экологического картографирования.

В качестве объекта экологического картографирования принимаются территориальные единицы разного ранга и содержания: территориально-производственные системы, бассейны, ландшафты и экосистемы. Их размерность может варьировать от масштабов ландшафтно-экологической оболочки (по Ласточкину [2]) до элементарного экотопа. Предметное насыщение экологического картографирования включает в себя экологическую ситуацию, природоохранные, оптимизационные, средовосстановительные мероприятия, биоту, отношения организмов с окружающей средой и др.

В контексте экологического картографирования неизбежно встает вопрос об элементарной операционной единице, в рамках которой предполагается рассматривать и оценивать систему взаимодействия живых организмов с окружающей средой. При этом минимальная территориальная размерность такой единицы не должна быть менее 4×4 мм в единицах карты [3; 4]. Ее качество и содержание определены одним из действующих равноправных подходов: биоэкологическим (биоцентрическим) или геоэкологическим (геоцентрическим). В первом случае основной операционной единицей служит экосистема, поскольку в центре внимания оказываются отдельные организмы, виды, популяции и др., во втором же рассматриваются системы более сложного уровня – совокупный продукт комплекса взаимодействия биотических, абиотических и социотехнических компонентов окружающей среды. Таковыми являются геосистемы, биогеоценозы и ландшафты.

Ландшафт, как операционная единица экологического картографирования, очень популярен по той причине, что согласно классическому определению данного понятия (по Солнцеву [5]) его неотъемлемым свойством является генетическая однородность: одинаковые геологический фундамент, тип рельефа, климат и свойственный только ему набор динамически сопряженных и закономерно повторяющихся урочищ. Благодаря перечисленным свойствам использование ландшафта в качестве операционной единицы экологического картографирования позволяет передать всю сложность и многоплановость взаимодействия живых организмов с окружающей средой. Поэтому в качестве тематической основы большинства экологических карт, созданных за последние 20 лет, принята ландшафтная карта, в частности ее контурная типологическая нагрузка.

Дальнейшая проблема построения экологических карт связана с отличием подходов к классификации ландшафтов, которые приняты в разных странах. Как правило, они обусловлены направлением, предметом, объектом, целями и задачами исследования. К настоящему времени в ландшафтоведении сложились типологические классификации [5; 6], основанные на учете всех природных компонентов, а также ряд предметных и прикладных. Ярким примером последних является геохимическая классификация [8; 9]. Учет изменения ландшафтов под влиянием деятельности человека нашел отражение в некоторых отечественных и зарубежных классификациях [10–12].

Тенденция к возрастанию количества классификаций ландшафтов, причем как в СНГ, так и в Европе, становится все очевиднее. Это обусловлено увеличением числа оснований, аспектов и подходов к классификациям по мере открытия новых сторон, процессов и явлений в понятии ландшафта. Поэтому едва ли стоит ожидать скорого появления единой универсальной классификации, несмотря на то что необходимость в ней растет вместе с потребностью в статистически достоверных оценках ландшафтов и протекающих в них изменений. Маловероятно и то, что весь мир сразу же перейдет на одну-единственную классификацию из числа существующих. В то же время разработка общих оснований для взаимной корреляции понятий, закладываемых в разные классификации, переходных ступеней между ними, на наш взгляд, вполне реальна. Это позволит успешно решать задачи экологического картографирования.

В странах ЕС подходы к изучению ландшафтов отличаются от таковых в СНГ, но понимание целей и задач экологического картографирования является схожим.

Если основываться на классическом понимании экологии и задач экологического картографирования, интерес вызывают следующие классификации: разработанная для одноименной программы британскими учеными и инженерами MAVIS [13], местообитаний – EUNIS [14–16], типов земельного покрова – CORINE [17] и многие другие. В ходе их анализа было отмечено, что местообитание как категория в том или ином виде присутствует в каждой из них, следовательно, может являться универсальным основанием для указанных и других классификаций. Эта особенность была использована европейскими экологами, которые разработали методику интегрированной оценки изменений в структуре мест обитаний и биологическом разнообразии и связанных с ними последствий и воздействий на европейские ландшафты [18; 19].

Под местообитанием понимается однородная территория, на которой совокупность природных условий и характер ее использования (управления ею) обусловили преобладание растительных сообществ, чьи доминирующие виды растений относятся к одной-двум жизненным формам (по Раункиеру, 1934): погруженным гидрофитам (SHY), надводным гидрофитам (EHY), гелофитам (HEL), гемикриптофитам (SHE), терофитам (THE), геофитам (GEO), хамефитам (CHA), фанерофитам (PHA) и др. Выделение жизненных форм растений не опирается ни на ботаническое, ни на таксономическое основание, но имеет отношение к поведению отдельных растений, их адаптации к почвенным и климатическим условиям на географическом уровне.

В работе [19] используется понятие общей категории местообитания (ОКМ) в качестве главной операционной единицы экологического картографирования. Поскольку местообитание может повторяться при схожих характеристиках компонентов ландшафта, ОКМ следует понимать как типологическую единицу. Она выделяется на основе преобладающей жизненной формы растений с детализацией информации о ее окружающей среде, занимаемом ею пространстве, использовании (управлении) и видовом составе, отражающей внутренние структурные особенности фаций, которые должны учитываться при их дальнейшем картографировании.

В любой классификации всегда присутствует самая мелкая, неделимая низовая единица. В Беларуси, а также в странах СНГ и Балтии таковой считается фация. В ландшафтоведении этих стран укрепились традиционное понимание фации как однородной территориальной единицы, на всем протяжении которой генезис, литологический состав слагающих пород, характер рельефа, режим увлажнения, почвенная разновидность и биоценоз сохраняются одинаковыми. Иными словами, однородность слагающих фацию компонентов является ее ключевым свойством. Их взаимообусловленность и связь ландшафтоведами не оспариваются.

Однако, когда дело доходит до картографирования, игнорируются внутрифациальные различия, порой весьма существенные для понимания природы самой фации. Чаще всего такой подход оправдывается необходимостью генерализации, сущность которой состоит в выделении типичных черт указанных компонентов. Таким образом, укладывая полученную информацию в прокрустово ложе типичности, исследователь теряет свойства изучаемого выдела, которые бывают значимы для объяснения и обозначения самих типичных черт, тем более что они в ряду аналогичных фаций также могут быть выражены неодинаково, на что обращал внимание А. А. Крауклис [20].

Фация – это полиструктурное образование, поскольку ни один из слагающих ее компонентов не является на 100 % однородным. Так, биоценоз состоит из совокупности обособленных живых организмов,

связанных между собой всем многообразием биотических отношений, вследствие чего образуется множество суббиоценологических сообществ (синузий, микроассоциаций и др.). Микрорельеф поверхности создает локальные неоднородности в распределении тепла, режиме увлажнения, структуре круговорота веществ и т. д. Эти различия усиливаются, становятся контрастнее из-за антропогенного воздействия.

Использование ОКМ позволяет описать и картографировать отмеченные субфациальные различия. Следовательно, можно говорить о внутрифациальной структуре. Данные категории хорошо различимы на материалах дистанционного зондирования высокого и сверхвысокого разрешения. Поскольку в самом определении ОКМ подчеркивается индикаторная функция растительного покрова по отношению к остальным компонентам ландшафта, а также антропогенному воздействию, по изменению формы, цвета, тона и текстуры изображения ОКМ на таком снимке мы можем не только констатировать преобразования в растительном покрове фации, но и судить о состоянии других ее компонентов.

Методика оценки и картографирования ОКМ [19] позволяет детально изучить микроструктуру ландшафта, получить соответствующую информацию и передать ее в понятиях практически всех существующих европейских классификаций. Поэтому адаптация ОКМ и указанной методики к классификации местообитания, изучению структуры ландшафта, диагностике его состояния, а также их интеграция с существующими классификациями природных и техногенных ландшафтов вполне реальны.

Методика исследования

При определении ОКМ важно придерживаться некоторых правил.

1. Каждая ОКМ изначально должна быть выделена на основе данных дистанционного зондирования с использованием прямых дешифровочных признаков, при необходимости – с применением методов стереоскопического наблюдения.

2. ОКМ необходимо уточнить за один полевой выезд на место или по уже собранным данным в масштабе по крайней мере 1 : 10 000, которые должны быть отражены в соответствующем временном интервале для картографируемого региона в период максимальной биомассы.

3. ОКМ должна являться общим знаменателем для сравнения между классификациями разных стран, используемыми в настоящее время, где это уместно и возможно.

4. ОКМ должна быть отличительной и узнаваемой.

5. Использование отдельных видов растений для идентификации ОКМ нежелательно, поскольку сами виды и их поведение в отличающихся условиях окружающей среды различны. Исключение допускается только для видов – индикаторов условий ОКМ.

Выделение и картографирование ОКМ включают в себя несколько этапов. На начальном этапе следует выбрать программное обеспечение, в котором будет выполняться картографирование, а также аэрофотоснимки и их привязку, загрузить картографическую основу в программу в качестве одного из информационных слоев, поместить фотоизображение.

Основной этап заключается в рисовке контуров вокруг объектов на снимке, их дешифрировании и задании им атрибутивной информации исходя из соответствующих параметров атрибутивных полей базы данных. При этом порядок дешифрирования должен быть следующим: транспортная сеть → гидрография → объекты социального значения → виды земель, что соответствует принятым методикам выполнения подобных работ [21; 22]. Затем в границах полученных контуров необходимо выделить местообитание и присвоить каждому из них соответствующий трехзначный уникальный буквенный код ОКМ [19]. Например, для территории, занятой преимущественно травяной растительностью, вводится первичный код HER (*herbaceous*). Среди нее выделяются 11 жизненных форм. В полевых журналах и базе данных необходимо указать код жизненной формы, который неизбежно ассоциируется с первичным. Например, гелофиты, обозначаемые кодом HEL.

Для населенных пунктов, обозначаемых первичным кодом URB (*urban*), и других участков со сложной структурой местообитания допускается запись нескольких кодов по количеству присутствующих ОКМ с указанием доли каждой в общей площади контура, если таковая превышает 30 %. Так, запись ART 30/NON 30/VEG 30/GRA 10 означает, что в населенном пункте 30 % территории находится под зданиями и сооружениями (ART); 30 % занимают земли, свободные от растительности (NON); 30 % приходится на огороды и фруктовые сады (VEG) и 10 % – на участки преимущественно под травяной растительностью с долей древесных менее 30 % (газоны, лужайки и т. д.) (GRA).

Попробуем пояснить это на примере таблицы атрибутов (реляционной базы данных), с которой ведется дальнейшая работа. В нее будут включены несколько полей.

В *первое* поле вводится трехзначный код ОКМ. Прежде всего кодируются селитебные и другие застроенные территории. Как было сказано выше, они обозначаются кодом URB. При всей кажущейся простоте выделения кодов с точки зрения ландшафтоведения и геоботаники этот процесс доволь-

но сложный. Согласно методике выделения ОКМ [19] в эти границы включаются не только здания, сооружения и земли, функционально с ними связанные (дворовые и внутриквартальные территории), но и рекреационные пространства, каковыми являются парки, скверы, спортплощадки и другие объекты, если их площадь составляет менее 400 м². На наш взгляд, этого следует придерживаться, если такие ограничения накладывает масштаб картографирования. В противном случае необходимо присваивать собственный код занятым постройками площадям, подъездным путям и газонам. Особую сложность вызывает определение характера использования этих выделов. Например, обозначая кодом URB теплицы, следует учитывать их преобладающее сельскохозяйственное назначение, что подразумевает добавление соответствующего дополнительного кода. Парковые территории, предназначенные для рекреации, используют (особенно в малых городах и населенных пунктах) под выпас или сенокос. В таком случае также необходимо вводить дополнительные коды. Рекомендуется выделять следующие ОКМ:

- URB/ART (*artificial*) – все застроенные участки, занятые зданиями и сооружениями, исключая уличные фонари, опоры ЛЭП и воздушных кабельных линий;
- URB/NON (*non-vegetated*) – все земли, находящиеся в пределах населенного пункта, свободные от растительности (например, стройплощадки, участки земляных работ, автомобильные парковки без твердого покрытия и др.);
- URB/VEG (*vegetated*) – участки, занятые под огороды и сады во дворах частных домов, или специально выделенные для этой цели участки в границах населенных пунктов;
- URB/GRA (*grassland/herbaceous*) – земли, покрытые травяной растительностью при наличии древесной растительности, составляющей менее 30 % площади;
- URB/TRE (*woodlands*) – территории, покрытые древесной растительностью более чем на 30 %.

Следующая группа ОКМ – это обрабатываемые земли, которые обозначаются общим кодом CUL (*cultivated*). Имеются в виду земли, занятые сельскохозяйственными культурами или свободные от них, но со следами пахотной обработки. Здесь выделяются следующие ОКМ:

- CUL/SPA (*woodlands*) – участки земель под паром или заброшенные, покрытые растительностью менее чем на 30 %, включая естественные виды (сорняки) и культурные растения, высеявшиеся само-севом;
- CUL/CRO (*crops*) – земли, занятые под однолетние и многолетние сельскохозяйственные культуры;
- CUL/WOC (*woody crops*) – площади под искусственно культивируемыми древесными и кустарниковыми растениями (питомниками, садами, ягодниками, виноградниками). Каждая культура описывается своей жизненной формой.

Занятые естественной растительностью ОКМ характеризуются одной из упомянутых выше жизненных форм растений (по Раункиеру [19]). На рис. 1 представлены схемы ее кодирования.

Во *втором* поле отражаются экологические характеристики ОКМ. Они будут одинаковыми для площадных, линейных и точечных мест обитаний. Это необходимо для того, чтобы отразить их вариацию между элементами одной ОКМ. К таким параметрам относятся режим увлажнения, морфометрические свойства, характер подстилающей поверхности (субстраты), кислотность почв. В частности, в настоящей работе был использован показатель отношения кислотности почв к степени их увлажнения, значение которого было вычислено априори [19].

В *третьем* поле приводятся характер рельефа и геологического строения, тип почв, сведения об археологии. Всего выделено около 100 признаков, которые описывают преимущественно абиотические компоненты. Из них 36 являются геоморфологическими, 12 – геологическими, 18 – почвенными (почвенная разновидность), 18 – гидрологическими (гидрологический режим водных объектов), 10 – археологическими [19]. Для комплексов жизненных форм, в частности при включении в крупное, хорошо распознаваемое местообитание пятен мелких, некартографируемых, предусмотрено введение биотических признаков в дополнение к основному коду ОКМ, приведенному в первом поле. Таковых насчитывается 36.

В *четвертом* поле указывается направление использования данного участка местности (сельско-, лесохозяйственное, гидротехническое, мелиоративное и т. д.). Для их описания применяется более 150 признаков. Например, для сенокосных угодий используются четыре признака: сенажные, силосные, предполагаемые (со следами косыбы, но при отсутствии скошенной травы), несельскохозяйственные сенокосы (обычно выполняющие рекреационную или эстетическую функцию). При этом существуют отдельные признаки для сенокосов – окультуренных, осушенных и т. п.

В *пятом* поле раскрывается жизненная форма с видовым составом растений. Следует фиксировать все жизненные формы, чья доля на площади единичного контура местообитания превышает 10 %.

На завершающем этапе контуры сверяются по снимку, осуществляется проверка топологии на электронной карте (если не выставлены правила замыкания контуров), отключаются слои снимка, далее следуют процессы компоновки карты, ее экспорта и печати.

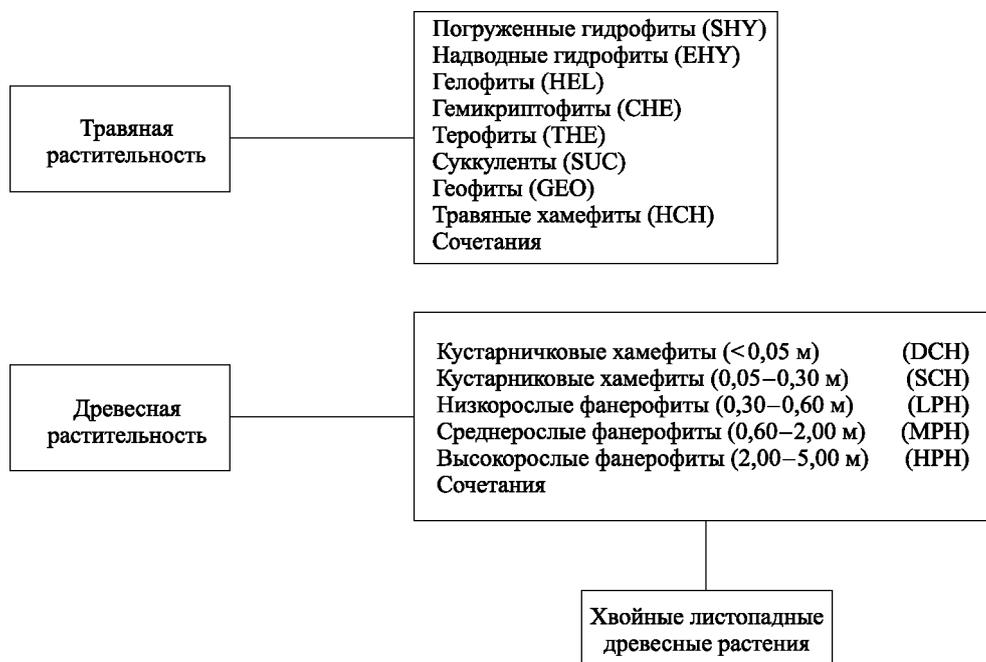


Рис. 1. Схема кодирования ОКМ с естественной растительностью (составлено по [19])

Fig. 1. Coding scheme of GHC with natural vegetation (compiled on [19])

Этап постобработки подразумевает уточнение контуров, их изменение, добавление или обновление атрибутивных характеристик. Его необходимо проводить в поле, при этом на руках должна быть распечатанная электронная карта с отключенным фоном контуров. Кроме того, для контроля важно вести полевой журнал. На карте обозначают новые контуры и границы, а в журнале записывают их характеристики. После этого результаты оформляются в электронном виде.

Результаты исследования и их обсуждение

Все вышеописанные работы были последовательно выполнены в ходе тестирования приведенной методики на учебной географической станции (УГС) «Западная Березина». В качестве основы были приняты топографический план данной местности в масштабе 1 : 1000 и одиночный нетрансформированный аэрофотоснимок (рис. 2), привязанный к постоянным пунктам опорной съемочной сети УГС. В результате был получен образец электронной карты (рис. 3).

В качестве примера взят один из стандартных образцов компоновки. Для символизации векторов было выбрано поле GHC, согласно которому выделены десять классов контуров, при этом в двух из них существует внутреннее разделение в зависимости от атрибутивных данных. Так, класс HER/СHE обозначает луговые ассоциации на различных формах рельефа (на равнине и террасе). Класс HER/ЕНУ описывает низкую пойму, которая отличается видовым составом. Остальные классы не разделяются внутри себя: HER/НСН – эоловая грива; HER/HEL – высокая пойма; SPV/AQU – объекты гидрографии; TRS/CON – хвойные леса; TPS/ТРН/DEC – лиственные леса высотой до 5 м; URB/GRA – площадки в ведении УГС «Западная Березина» (метеоплощадка и футбольное поле); URB/NON – грунтовая дорога; URB/TRE – территория УГС «Западная Березина». Атрибутивная таблица показана на рис. 4.

В таблице в поле GHC представлена ОКМ, выделенная согласно приведенной методике. Так, код выдела TRS/ТРН/DEC означает, что на данной площади произрастают древесные растения, преимущественно листопадные, относящиеся к высоким (от 2 до 5 м) фанерофитам.

В поле Glob_Env приведены значения отношения кислотности почвы к степени увлажнения. Если почва упомянутой ОКМ имеет значение этого критерия 3,4, то оно обычно характерно для сезонно-влажных местообитаний со слабощелочными почвами.

В следующем поле (Site) приведены признаки местоположения, которые характеризуют рельеф, геологический фундамент, почвенные и гидрологические особенности и др. В рассматриваемой ОКМ код 258 указывает на покров древесной растительности по гелофитам. Следовательно, данный признак соответствует заболоченному лесу (*swamp woodland*).

В поле Management приведены коды того или иного вида использования ОКМ. Для нашего участка код 314 соответствует малоиспользуемым одновозрастным участкам леса площадью до 0,5 га.



Рис. 2. Аэрофотоснимок, использованный для создания электронной карты ОКМ УГС «Западная Березина»

Fig. 2. Aerial photograph used for the GHC electronic map creation of educational geographic station «Western Berezina»



Рис. 3. Образец компоновки электронной карты ОКМ УГС «Западная Березина»

Fig. 3. The example of the composition of the GHC electronic map of educational geographic station «Western Berezina»

Детальная характеристика жизненной формы приводится в следующих четырех столбцах. Для удобства кодирования и формализации пятое поле из методики было разбито на четыре поля, в которых приведены жизненная форма, процент представляющих ее растений, доминирующий вид данной формы и его доля. Соответственно, для рассматриваемой ОКМ доля фанерофитов составляет 60 % с преобладанием ольхи черной – *Alnus glutinosa* (*Aln. glu.*). Доля растений ольхи составляет 80 %.

Id	GHC	Glob_Env	Site	Management	Life_Form	Percent	Species	Percent_Sp
1	URB/NON	ROA	156	306		0		0
2	SPV/AQU	1.1	179	0		0		0
3	SPV/AQU	1.1	179	306		0		0
4	URB/TRE	6.2	110	366	TRS/FPH	80	Pin syl	80
5	URB/GRA	3.2	157	366	HER/HEL	90	Ran acr	70
6	URB/GRA	3.2	157	386	HER/HEL	100	Ran acr	60
7	TRS/TPH/DEC	3.4	258	314	TRS/TPH	60	Aln glu	80
8	HER/HEL	3.3	157	321	HER/HEL	100	Fil ulm	40
9	HER/EHY	2.2	168	321	HER/EHY	60	Aco cal	40
10	HER/HEL	3.3	157	321	HER/HEL	80	Ran acr	50
11	HER/EHY	2.2	168	321	HER/EHY	80	Aco cal	70
12	TRS/TPH/DEC	3.4	258	314	TRS/TPH	70	Aln glu	70
14	TRS/TPH/DEC	4.2	157	314	TRS/TPH	60	Aln glu	50
15	TRS/TPH/DEC	4.2	157	314	TRS/TPH	60	Aln glu	50
13	HER/CHE	5.2	263	321	HER/CHE	70	Nar str	80
16	HER/CHE	5.2	156	321	HER/CHE	80	Nar str	60
17	TRS/TPH/DEC	4.2	157	314	TRS/TPH	80	Aln glu	60
18	HER/EHY	2.2	168	321	HER/EHY	70	Aco cal	60
19	HER/HCH	7.2	232	321	HER/CRY	60	Clæ ran	40
20	HER/EHY	2.2	168	321	HER/EHY	70	Aco cal	50
21	HER/EHY	2.2	168	321	HER/EHY	40	Aco cal	60
22	HER/EHY	2.2	168	321	HER/EHY	40	Equ pal	40
24	SPV/AQU	1.1	191	364	HER/SHY	30	Nup lut	40
23	TRS/TPH/DEC	4.2	157	314	TRS/TPH	60	Cra lae	50
25	SPV/AQU	1.1	191	364	HER/SHY	30	Nup lut	40
26	TRS/TPH/DEC	4.2	157	314	TRS/TPH	60	Aln glu	50
27	TRS/TPH/DEC	4.2	157	314	TRS/TPH	50	Aln glu	30
28	HER/EHY	2.2	168	321	HER/EHY	40	Equ pal	30
29	HER/HEL	3.3	157	321	HER/HEL	40	Fil ulm	30
31	HER/HEL	3.3	157	321	HER/HEL	70	Nar str	50
30	HER/EHY	2.2	168	321	HER/EHY	60	Aco cal	40
32	HER/HEL	3.3	157	321	HER/HEL	40	Ran acr	50
33	HER/HEL	3.3	157	321	HER/HEL	60	Fil ulm	40
34	HER/HEL	3.3	157	321	HER/HEL	80	Ran acr	40
35	HER/HEL	3.3	157	321	HER/HEL	80	Ran acr	40
36	TRS/CON	5.2	110	313	TRS/CON	80	Pin syl	80

Рис. 4. Таблица атрибутов

Fig 4. Attribute table

Таким образом в таблице описывается каждый выдел ОКМ. Ниже приведены значения отношения кислотности почв к степени их увлажнения, а также коды направлений использования доминирующих видов растений, приведенных в таблице атрибутов на рис. 4.

Отношение кислотности почв к степени их увлажнения:

- 2,2 – кислые заболоченные;
- 3,2 – кислые сезонно-влажные;
- 3,3 – нейтральные сезонно-влажные;
- 3,4 – слабощелочные сезонно-влажные;
- 4,2 – кислые влажные;
- 5,2 – кислые умеренно влажные;
- 7,2 – кислые очень сухие.

Коды характеристик участка:

- 110 – зандровые террасы (изолированные или фрагментированные гряды и равнинные участки водно-ледникового происхождения);
- 156 – торфяно-подзолистые маломощные почвы с мощностью торфа менее 30 см;
- 157 – торфяно-глеевые почвы;
- 168 – гидроморфные избыточно увлажненные минеральные почвы;
- 179 – реки со скоростью течения менее 10 м/с;
- 191 – пруды искусственные;
- 258 – заболоченные леса.

Коды направлений использования:

- 313 – малоиспользуемый лес с преобладающими одноствольными деревьями;
- 314 – малоиспользуемые разновозрастные участки леса площадью до 0,5 га;
- 321 – неиспользуемые земли (участки с травяной растительностью без следов пастбы или сенокоса с постоянным присутствием мертвой биомассы);
- 366 – образовательное, культурно-просветительское направление.

Коды доминирующих видов растительности:

- *Pin. sil.* – *Pinus silvestris*;
- *Ran. acr.* – *Ranunculus acris*;
- *Aln. glu.* – *Alnus glutinosa*;
- *Nar. str.* – *Nardus stricta*;
- *Fil. ulm.* – *Filipendula ulmaria*;
- *Aco. cal.* – *Acorus calamus*;
- *Equ. pal.* – *Equisetum palustre*;
- *Cra. lae.* – *Crataegus laevigata*;
- *Nup. lut.* – *Nuphar lutea*.

Заключение

Для экологического картографирования в качестве элементарной операционной единицы следует принять ОКМ как оптимальный способ отражения состояния ландшафтов, поскольку все изменения в его границах становятся заметными именно на этом уровне.

Использование ОКМ в ландшафтоведении и ландшафтном картографировании значимо по причине отсутствия данной категории в ряде ландшафтных классификаций ЕС, что позволяет выстроить корреляционные шкалы между ними и теми классификациями, в которых они отсутствуют, поскольку можно определить для них место в рамках низших по иерархии классификационных единиц. В соответствии со схемой от частного к общему, двигаясь от низших единиц к высшим, на их основе можно построить ландшафтную карту любого региона Европы в понятиях любой из существующих классификаций. Это обеспечит разработку схем физико-географического районирования, объективнее отражающих реальность.

В ходе полевого тестирования описанной методики [19] удалось подтвердить ее пригодность для экологического картографирования ландшафтов и возможность интеграции с существующими классификациями природных и техногенных ландшафтов, принятыми в странах ЕС и Республике Беларусь.

Библиографические ссылки

1. Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию [Электронный ресурс] // Организация Объединенных Наций. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml (дата обращения: 16.11.2016).
2. Ласточкин А. Н. Общая теория геосистем. СПб., 2011.
3. Берлянт А. М., Востокова А. В., Кравцова В. И. и др. Картоведение / под ред. А. М. Берлянта. М., 2003.
4. Салищев К. А. Картоведение. М., 1990.
5. Солнцев Н. А. Системная организация ландшафтов: проблемы методологии и теории. М., 1981.
6. Марцинкевич Г. И., Клишунова Н. К., Хараничева Г. Т. и др. Ландшафты Белоруссии / под ред. Г. И. Марцинкевич, Н. К. Клишуновой. Минск, 1989.
7. Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М., 1991.
8. Перельман А. Г. Геохимия ландшафта. М., 1966.
9. Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. Смоленск, 2002.
10. Жумарь П. В. Техногенные ландшафты и их классификация. Минск, 2006.
11. Марцинкевич Г. И. Пространственная структура природно-антропогенных ландшафтов Беларуси в связи с особенностями природопользования // Брэсцкі геагр. весн. 2002. Т. II, вып. 2. С. 40–45.
12. Демек Я. Теория систем и изучение ландшафта. М., 1977.
13. Modular Analysis of Vegetation Information System (MAVIS) // Center for Ecology and Hydrology [Electronic resource]. URL: <http://www.ceh.ac.uk/services/modular-analysis-vegetation-information-system-mavis> (date of access: 20.05.2016).
14. Habitat types search // European Environmental Agency [Electronic resource]. URL: <http://eunis.eea.europa.eu/habitats.jsp> (date of access: 20.05.2016).
15. Linking in situ vegetation data to the EUNIS habitat classification : results for forest habitats // Technical report. 2015. № 18.
16. Davies C. E., Moss D., Hill M. O. EUNIS habitat classification revised 2004 [Electronic resource]. URL: <http://www.eea.europa.eu/themes/biodiversity/eunis/eunis-habitat-classification/documentation/eunis-2004-report.pdf/download> (date of access: 24.11.2015).
17. CORINE land cover nomenclature. Illustrated guide [Electronic resource]. URL: <http://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/Nomenclature.pdf> (date of access: 25.04.2016).
18. Jongman R., Rosello R. E., Howard D., et al. Environmental classification in Europe: coordinating ecological data and linking field monitoring // Crossing frontiers: landscape ecology down under. Building bridges between cultures, disciplines and approaches : abstr. book IALE 2003 – World Congr. of the Intern. assoc. for landscape ecology (Darwin, Australia, 13–17 July, 2003). Darwin, 2003. P. 62–63.

19. Handbook for Surveillance and Monitoring of European Habitats / eds.: R. G. H. Bunce [et al.]. Wageningen, 2005.
20. Крауклис А. А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения / отв. ред. В. Б. Сочава. Новосибирск, 1979.
21. Руководство по дешифрированию аэроснимков при топографической съемке и обновлении планов масштабов 1 : 2000 и 1 : 5000 : ГКИНП 02-121-79. Утв. ГУГК 02.08.79. М., 1980.
22. Указания по использованию аэрофотоматериалов при крупномасштабном картографировании почв. Минск, 1986.

References

1. Rio Declaration on Environment and Developmento *United Nations Organization*. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml (date of access: 16.11.2016) (in Russ.).
2. Lastochkin A. N. [General Theory of Geosystems]. Saint Petersburg, 2011 (in Russ.).
3. Berlyant A. M., Vostokova A. V., Kravtsova V. I., et al. [Map Science]. Moscow, 2003 (in Russ.).
4. Salishchev K. A. [Map Science]. Moscow, 1990 (in Russ.).
5. Solntsev N. A. [System organization of landscapes: problems of methodology and theory]. Moscow, 1981 (in Russ.).
6. Martsinkevich G. I., Klitsunova N. K., Kharanicheva G. T., et al. [Landscapes of Belorussia]. Minsk, 1989 (in Russ.).
7. Isachenko A. G. [Landscape science and physiogeographic division into districts]. Moscow, 1991 (in Russ.).
8. Perel'man A. G. [Geochemistry of landscape]. Moscow, 1966 (in Russ.).
9. Glazovskaya M. A. [Geochemical foundation of typology and methodology of natural landscape researches]. Smolensk, 2002 (in Russ.).
10. Zhoomar P. V. [Technogenic landscapes and their classification]. Minsk, 2006 (in Russ.).
11. Martsinkevich G. I. [Spatial structure of natural and anthropogenic landscapes of Belarus in relation to nature use peculiarities]. *Brejski Geogr. vesnik*. 2002. Vol. II, issue 2. P. 40–45 (in Russ.).
12. Demek Y. [Theory of systems and landscape studies]. Moscow, 1977 (in Russ.).
13. Modular Analysis of Vegetation Information System (MAVIS). *Center for Ecology and Hydrology*. URL: <http://www.ceh.ac.uk/services/modular-analysis-vegetation-information-system-mavis> (date of access: 20.05.2016).
14. Habitat types search. *European Environmental Agency*. URL: <http://eunis.eea.europa.eu/habitats.jsp> (date of access: 20.05.2016).
15. Linking in situ vegetation data to the EUNIS habitat classification : results for forest habitats. *Technical report*. 2015. No. 18.
16. Davies C. E., Moss D., Hill M. O. EUNIS habitat classification revised 2004. URL: <http://www.eea.europa.eu/themes/biodiversity/eunis/eunis-habitat-classification/documentation/eunis-2004-report.pdf/download> (date of access: 24.11.2015).
17. CORINE land cover nomenclature. Illustrated guide. URL: <http://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/Nomenclature.pdf> (date of access: 25.04.2016).
18. Jongman R., Rosello R. E., Howard D., et al. Environmental classification in Europe: coordinating ecological data and linking field monitoring. *Crossing frontiers: landscape ecology down under. Building bridges between cultures, disciplines and approaches* : abstr. book IALE 2003 – World Congr. of the Intern. assoc. for landscape ecology (Darwin, Australia, 13–17 July, 2003). Darwin, 2003. P. 62–63.
19. Bunce R. G. H., Jongman G. B., Padoa-Schippa E. (eds). Handbook for Surveillance and Monitoring of European Habitats. Wageningen, 2005.
20. Krauklis A. A. [Problems of the experimental landscape science]. Novosibirsk, 1979 (in Russ.).
21. [Guidebook on photo interpretation for the topographic survey and upgrading of plans in scales 1:2000 and 1:5000 : GKIHP 02-121-79. Appr. by GUGK 02.08.79]. Moscow, 1980 (in Russ.).
22. [Instructions on the aerial photographic materials use for the large-scale soil mapping]. Minsk, 1986 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 22.11.2016.
Received by editorial board 22.11.2016.

УДК 551.432.2(282.247.314)

МОРФОСТРУКТУРЫ ГОРНОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА РЕКИ БЫСТРИЦЫ НАДВОРНЯНСКОЙ В УКРАИНСКИХ КАРПАТАХ

В. Ф. БРУСАК^{а1)}, Т. В. КЛАПЧУК^{а1)}

¹⁾*Львовский национальный университет им. Ивана Франко,
ул. П. Дорошенка, 41, 79000, г. Львов, Украина*

Охарактеризованы морфоструктуры горной части бассейна р. Быстрицы Надворнянской, расположенного на северо-восточном склоне Украинских Карпат. Впервые представлена крупномасштабная карта морфоструктур указанной территории, созданная в среде ГИС. Сформирована информационная база с данными тектонического и геологического строения, морфологическими и морфометрическими характеристиками рельефа. Настоящее исследование позволило подтвердить обоснованность существующих среднемасштабных схем морфоструктур региона и уточнить границы морфоструктур разного порядка на базе возможностей ГИС. На изучаемой территории выделены 2 морфоструктуры 1-го порядка: Скибовые и Водораздельно-Верховинские Карпаты, соответствующие участкам крупных тектонических зон – Скибового покрова и зоны Кросно. В их пределах выявлены 7 морфоструктур 2-го порядка, приуроченных к более мелким тектоническим единицам. В Скибовых Карпатах это отдельные скибы: Береговая, Оровская, Сколевская, Парашки и Зелемянки. Установлено, что в Водораздельно-Верховинских Карпатах морфоструктуры 2-го порядка соответствуют двум тектоническим подзонам, которые представлены Ясиня-Путьским низкорьем и средневысотным горстообразным поднятием Приводораздельных (Внутренних) Горган. В пределах морфоструктур 2-го порядка выделены 11 морфоструктур 3-го порядка и 8 морфоструктур 4-го порядка, охарактеризовано их геологическое строение, описаны морфология и морфометрия.

Ключевые слова: Украинские Карпаты; Водораздельно-Верховинские Карпаты; Скибовые Горганы; морфоструктуры; рельеф; тектоническая зона; бассейн р. Быстрицы Надворнянской; ГИС.

THE MORPHOSTRUCTURES OF THE MOUNTAINOUS PART BASIN RIVER BYSTRICA NADVIRNIA NSKA IN UKRAINIAN CARPATHIANS

V. F. BRUSAK^a, T. V. KLAPCHUK^a

^a*Ivan Franko National University of Lviv, P. Doroshenko Street, 41, 79000, Lviv, Ukraine
Corresponding author: V. F. Brusak (brusak_vitaliy@ukr.net)*

In the article author characterized the morphostructures of the mountainous part basin river Bystrica Nadvirnianska which are located in the north-eastern slopes of the Ukrainian Carpathians. For the first time, it was presented a large-

Образец цитирования:

Брусак В. Ф., Клапчук Т. В. Морфоструктуры горной части бассейна реки Быстрицы Надворнянской в Украинских Карпатах // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 134–142.

For citation:

Brusak V. F., Klapchuk T. V. The morphostructures of the mountainous part basin river Bystrica Nadvirnianska in Ukrainian Carpathians. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 134–142 (in Russ.).

Авторы:

Виталий Филиппович Брусак – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета.

Тарас Владимирович Клапчук – аспирант кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета. Научный руководитель – В. Ф. Брусак.

Authors:

Vitaliy Brusak, PhD (geography), docent; associate professor at the department of geomorphology and paleogeography, faculty of geography.

brusak_vitaliy@ukr.net

Taras Klapchuk, postgraduate student at the department of geomorphology and paleogeography, faculty of geography.

taras_klapchuk@ukr.net

scale map of the morphostructures of the river basin which was created by the means of GIS, also it was made data base of a tectonic and geological structure, morphological and morphometric characteristics of the relief. The studies confirmed the validity of existing medium-scale schemes of morphostructures in the region and significantly refined the boundaries of morphostructures of different orders, using the means of GIS. In the territory of research identified 2 morphostructures of the first order: Skybovi and Vododilno-Verkhovynski Carpathians, which are confined to areas of major tectonic zones – Skybova cover and area of Krosno. In their boundaries allocated 7 morphostructures of the second order, confined to smaller tectonic units. In Skybova Carpathians there are the individual skyb, Beregova, Orivska, Skolivska, Parashka and Zelemyanka. In Vododilno-Verkhovynski Carpathians morphostructures of the second order which correspond of two tectonic subdivisions: Yasinya-Putyla lowland and Serednovystne horstopodibne raising Pryvododilni (Internal) Gorgan. Within the morphostructures of the second order, 11 morphostructures of the third and 8 morphostructures of the fourth order are identified, their geological structure, morphology and morphometry are characterized.

Key words: Ukrainian Carpathians; Vododilno-Verkhovynski Carpathians; Skybovi Gorgany; morphostructures; relief; tectonic zone; basin river Bystrica Nadvirnianska; GIS.

Введение

Рельеф формируется в течение длительного времени в процессе тесного взаимодействия геологической и тектонической структур, под влиянием характера неотектонических движений, состава и свойств горных пород, особенностей древнего и современного климата, а также разных видов хозяйственной деятельности.

Морфоструктуры – это преимущественно крупные формы рельефа земной поверхности, в образовании которых главная роль принадлежит эндогенным процессам, а морфология четко отражает геологическую структуру [1, с. 5–15]. К морфоструктурам относятся горные системы и их части: хребты, нагорья, плоскогорья, межгорные впадины, низменности и возвышенности равнин, отдельные тектонические структуры (антиклинали, синклинали, поднятые или опущенные блоки земной коры), которые четко проявляются в рельефе.

Описание морфоструктурных особенностей территории является важным этапом регионального исследования рельефа, который завершается геоморфологическим районированием, имеющим общенаучное и прикладное значение. Основы морфоструктурного подхода к изучению рельефа разработаны российскими геоморфологами И. П. Герасимовым и Ю. А. Мещеряковым [1; 2, с. 5–12]. Этот подход стал базой морфоструктурного анализа – главного метода морфоструктурных исследований, которые были чрезвычайно популярны в странах бывшего СССР в 1960–80-х гг. [3–6]. В последнее время подобные исследования активно проводятся на Кавказе [7], в платформенной части Украины [8] и других регионах. Морфоструктурными среднemasштабными исследованиями в Украинских Карпатах занимались П. Н. Цысь [4], В. П. Палиенко, И. Л. Соколовский [5], Р. Е. Слывка [9], Я. С. Кравчук [10] и другие специалисты.

Цель настоящей работы – охарактеризовать морфоструктуры горной части бассейна р. Быстрицы Надворнянской посредством анализа взаимосвязи рельефа с геологическим строением на базе возможностей ГИС. По результатам исследования существенно уточнены границы морфоструктур 3-го и 4-го порядка в пределах изучаемого бассейна в сравнении с морфоструктурными схемами П. Н. Цыся [4], Я. С. Кравчука [10] и Р. Е. Слывки [9], созданными для Украинских Карпат и их геоморфологических областей – Скибовой и Водораздельно-Верховинской. Кроме того, детализирована морфометрическая характеристика рельефа на основе обработки фондовых материалов геологических служб и топографических карт в среде ГИС. Подобные исследования отдельных речных бассейнов в горных регионах единичны.

Территория исследования

Горная часть бассейна р. Быстрицы Надворнянской входит в состав Скибовых и Водораздельно-Верховинских Карпат и расположена в Надворнянском районе Ивано-Франковской области Украины (рис. 1). Длина реки в пределах исследуемой территории составляет 45,5 км, площадь речного бассейна достигает 623,7 км². Большими притоками являются реки Зеленица, Довжинец, Рафайловец, Рика, Салатрук, Максимец и Хрепелив.

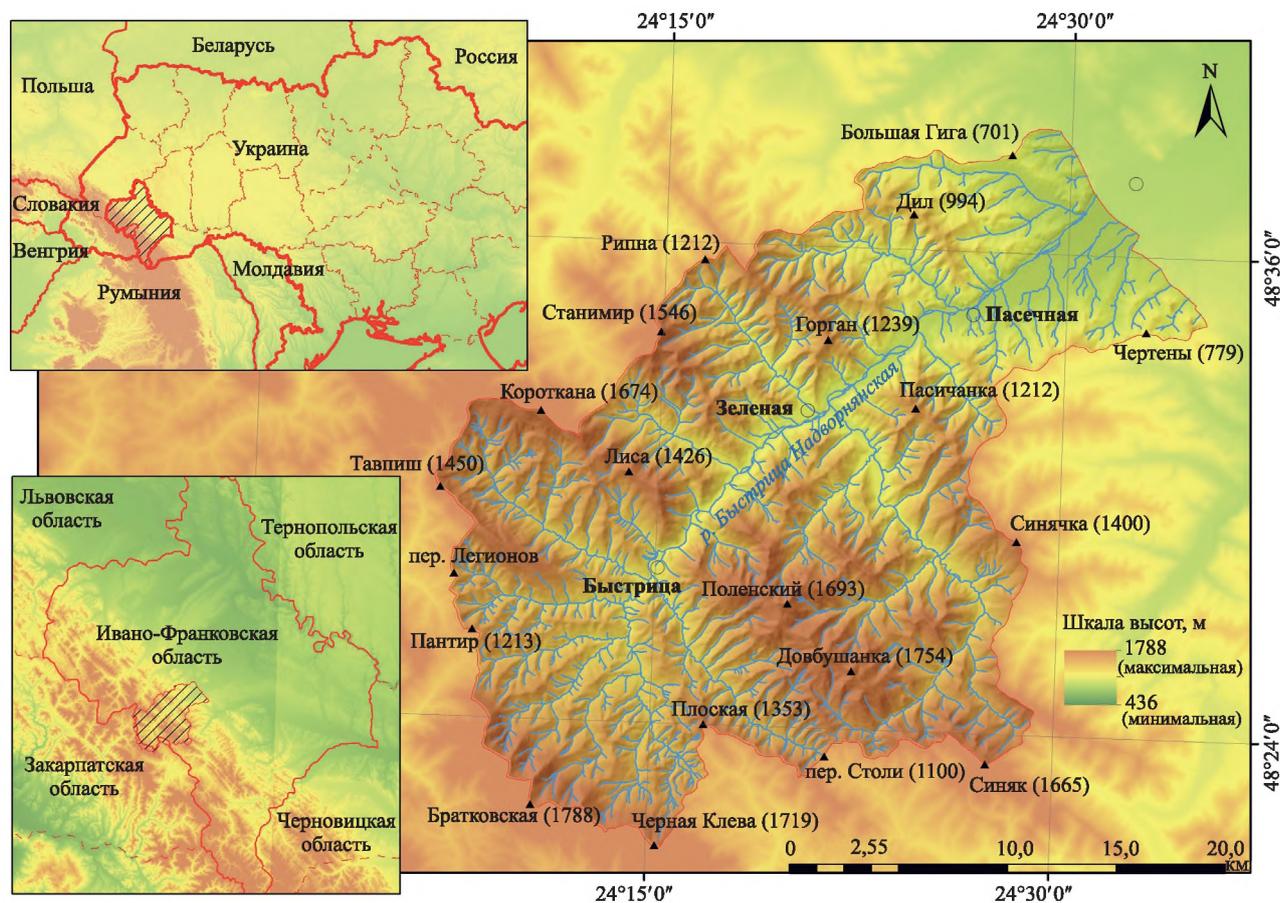


Рис. 1. Местоположение исследуемого бассейна р. Быстрицы Надворнянской в Украинских Карпатах
Fig. 1. Location of the study river basin Bystrica Nadvornianska in Ukrainian Carpathians

Методика исследования

Морфоструктурный анализ представляет собой метод обнаружения и изучения пространственных и генетических соотношений (взаимосвязи) между тектонической структурой земной коры и рельефом ее поверхности. Он направлен главным образом на исследование особенностей проявления разных тектонических форм и структур в рельефе земной поверхности [1; 2].

Для качественного морфоструктурного анализа необходимы морфотектонические, структурно-геоморфологические и морфологические исследования. Нами впервые составлена карта морфоструктур территории бассейна реки в среде ГИС. В частности, на основе фондовых материалов геологических служб [11], а также морфологических и морфометрических характеристик рельефа [12; 13] создана информационная база с данными тектонического и геологического строения. Анализ картографических и других сведений позволил уточнить границы морфоструктур и детальнее описать их морфологию и морфометрию.

База данных в среде ГИС формировалась с помощью программного пакета ESRI ArcGIS 10.2.1 for Desktop. Благодаря этому удалось получить различные пространственные слои с морфологическими, геологическими и тектоническими характеристиками для анализа взаимосвязи рельефа с геологическим строением (структурой и литологией горных пород). Посредством специальных модулей (3D Analyst, Spatial Analyst и др.) создана цифровая модель рельефа (ЦМР). Исходным материалом для ее построения послужили топографические карты территории исследования в масштабе 1 : 50 000 (год съемки – 1984-й) (сеть GPS в системе WGS-84). В результате цифрования топокарт получены векторные данные и создана гидрологически корректная ЦМР. Путем ее преобразования в среде ArcGIS составлена серия морфометрических карт изучаемого бассейна: гипсометрическая, глубины вертикального расчленения рельефа, плотности горизонтального расчленения рельефа, крутизны земной поверхности. В среде ГИС обработаны геологические карты в масштабе 1 : 50 000. В результате анализа указанных карт и космоснимков на базе программного обеспечения SASPlanet уточнены ранее созданные схемы морфоструктур, а также подготовлен их цифровой формат.

Результаты исследования

В складчатой области Украинских Карпат большинство специалистов выделяют следующие тектонические зоны (с северо-востока на юго-запад) [4; 9; 10]: Скибовую, Кросненскую (Силезскую), Дуклянскую, Черногорскую, Раховскую, Магурскую, Мармарошскую и Пенинскую (Стримчаковую). Горная часть бассейна р. Быстрицы Надворнянской расположена в пределах Скибовой зоны и зоны Кросно [9; 10].

Скибовая зона представляет собой надвинутые в северо-восточном направлении антиклинальные складки, северо-восточные крылья которых, как правило, сорваны. Выделяются шесть складок:

- Береговая;
- Оровская;
- Сколевская;
- Парашки;
- Зелемянки;
- Рожанки.

В пределах исследуемой территории скиба Рожанки отсутствует.

В соответствии с особенностями рельефа Скибовая зона и низкогорный синклиниорий Водораздельно-Верховинских Карпат относятся к морфоструктурам 1-го порядка [9; 10]. К категории 2-го порядка принадлежат некоторые упомянутые выше скибы, а также участки Ясиня-Путильского низкогорья и средневысотных горстообразных поднятий Приводораздельных (Внутренних) Горган (Горганские складки), в пределах которых выделяют морфоструктуры 3-го порядка (рис. 2).

Береговая морфоструктура 2-го порядка – это низкогорные хребты, чередующиеся с продольными долинами и котловинами, которые сформировались на Береговой скибе. На исследуемой территории она четко делится на морфоструктуры низшего порядка руслом р. Быстрицы Надворнянской.

Бытковская морфоструктура (1.1) (см. рис. 2) 4-го порядка находится в междуречье рек Манявки и Быстрицы Надворнянской. Долина р. Бытковчик разделяет ее на две части, которые можно считать морфоструктурами низшего порядка. Самые высокие вершины (г. Дил – 994 м н. у. м., г. Сплетни – 964 м н. у. м., г. Яршица – 891 м н. у. м.) расположены в междуречье рек Бухтовец и Бытковчик. На левобережье р. Бытковчик абсолютные и относительные высоты постепенно снижаются к краю Карпат до 500–600 м н. у. м. (максимальная точка – г. Большая Гига (701 м н. у. м.)) [12]. Достаточно обширные выровненные участки этих хребтов П. Н. Цысь считал остатками древней поверхности выравнивания [4]. В строении данной морфоструктуры ведущую роль играют отложения мелкоритмичного флиша менилитовой, быстрицкой, манявской свит палеогена и, частично, стрыйской свиты верхнего мела. В окрестностях п. г. т. Бытков зафиксировано несколько тектонических окон с молассовыми отложениями нижневоротищенской свиты палеогена [11].

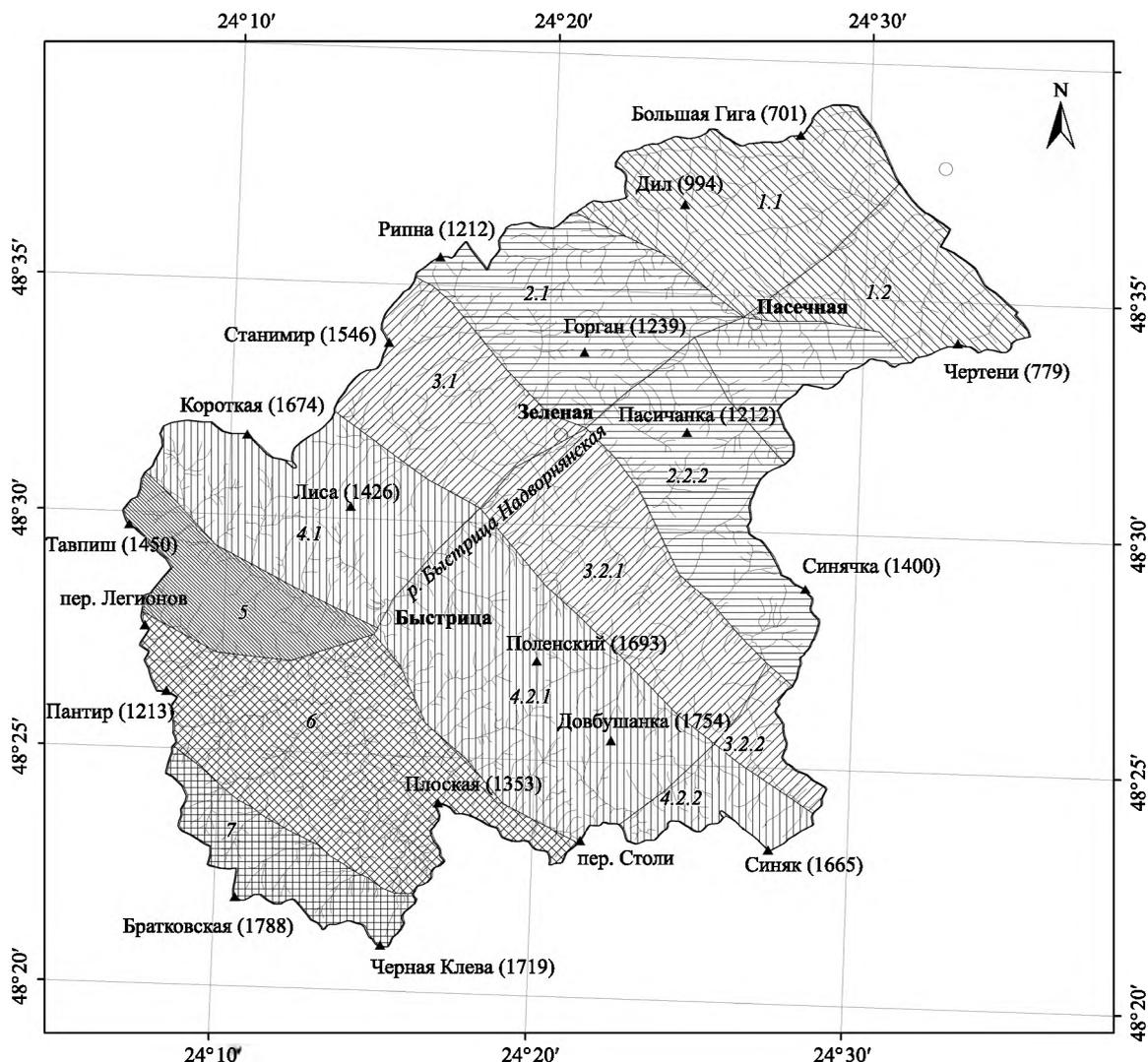
Междуречье р. Быстрицы Надворнянской и р. Прут в пределах исследуемой территории занимает **Белозорино-Делятинская** морфоструктура (1.2), характерными особенностями рельефа которой являются отдельные куполообразные вершины, напоминающие эрозионно-денудационные останцы высотой 700 м н. у. м. (г. Чертены – 779 м). В строении морфоструктуры участвуют отложения менилитовой, быстрицкой, манявской и выгодской свит палеогена. Поперечные разломы делят структуру на обособленные блоки и массивы с куполообразными вершинами.

Оровская морфоструктура 2-го порядка сформировалась на одноименной скибе и в пределах исследуемой территории представлена двумя морфоструктурами 3-го порядка.

Чертковская морфоструктура (2.1) находится в междуречье рек Быстрицы Надворнянской и Быстрицы Солотвинской. Абсолютные высоты хр. Черток достигают 1100–1257 м н. у. м. (г. Черток – 1257 м, г. Горган – 1239 м). В северной части морфоструктуры вдоль линии хребта узкой полосой (до 50 м) простирается наклонно выпуклая поверхность, которую местами сменяет скалистый гребень ямненских песчаников. Юго-западные склоны сложены ямненскими песчаниками, образующими в пригребневых частях каменные поля, а северо-восточные сформированы верхнемеловыми отложениями стрыйской свиты.

В строении центральной части Чертковской морфоструктуры преобладают мелкоритмичные сланцы стрыйской свиты. Поэтому притоки р. Быстрицы Надворнянской расчленили хребет на отдельные отроги различных направлений, которые заканчиваются преимущественно массивными куполообразными вершинами (горы Горган и Лусковец) [13].

Между долинами р. Быстрицы Надворнянской и р. Прут сформировалась **Пасичнянско-Яремчанская** морфоструктура (2.2) (см. рис. 2) 3-го порядка. Особенностью ее строения является присутствие в основном верхнемеловых отложений стрыйской свиты. Массивные песчаники ямненской свиты залегают узкими полосами в пригребневой области склонов, а также участвуют в строении юго-восточной части



Масштаб 1 : 250 000

Морфоструктуры

1-го порядка:

I. Скибовые Карпаты

2-го порядка:

Береговая
Оровская

Сколевская

Парашки

Зелемянки

Ясиня-Путильское низкогорье

II. Водораздельно-
Верховинские Карпаты

Средневысотное горстообразное
поднятия Приводораздельных Горган

▲ Братковская (1788) – абсолютные отметки высот

3-го порядка:

1.1. Маньяско-Бытковская (Бытковская – 4-го порядка)

1.2. Белозорино-Делятинская

2.1. Чертковская

2.2. Пасичнянско-Яремчанская

(2.2.1. Пасичнянско-Синечковская – 4-го порядка)

2.2.2. Вавторова – 4-го порядка)

3.1. Станисмир

3.2. Козя-Толстая – Яворник

(3.2.1. Козя-Толстая – 4-го порядка)

3.2.2. Яворник – 4-го порядка)

4.1. Короткана-Максимец

4.2. Довбушанская

(4.2.1. Довбушанка-Поленский – 4-го порядка)

4.2.2. Синяк-Хомяк – 4-го порядка)

5. Конеч Горган – Тавпиширка (хр. Тавпиширка – 4-го порядка)

6. Ворохта-Путильское низкогорье

7. Средневысотные эрозивно-антиклинальные хребты

Рис. 2. Морфоструктуры горной части бассейна р. Быстрицы Надвормьянской
(составлено по [6; 9] с уточнениями авторов)

Fig. 2. The morphostructures of the mountainous part basin river Bystritsa Nadvornianskaya
(compiled according to [6; 9] with the authors refinements)

морфоструктуры. Здесь выделяются две морфоструктуры 4-го порядка: Пасичнянско-Синечковская со среднегорным рельефом и Вавторова – с низкогорным.

Пасичнянско-Синечковская морфоструктура (2.2.1) представлена хребтом со следующими вершинами (м н. у. м.): Пасичанка (1212), Шуваренка (1216), Пидсмеричок (1251), Аршечная (1250), Синячка (1400). В юго-восточной области хребта абсолютные и относительные высоты возрастают, что обусловлено участием в его строении ямненских песчаников [12; 13]. Склоны покрыты каменными россыпями, при этом их крутые северо-восточные части являются обвальными (г. Синячка).

Морфоструктура *Вавторова* (2.2.2) состоит из отдельных массивов, ориентированных в карпатском направлении, с хорошо выраженными в рельефе массивными вершинами Кременоса (923 м н. у. м.) и Студена Клева (1046 м н. у. м.), от которых в разные стороны отходят многочисленные отроги. В строении морфоструктуры участвует ритмичный песчаный флиш стрыйской свиты, который можно наблюдать только в долинах притоков р. Быстрицы Надворнянской.

Сколевская морфоструктура 2-го порядка соответствует одноименной скибе, которая надвинута на Оровскую с амплитудой 8–10 км [11]. Она занимает центральную часть исследуемой территории и разделена р. Быстрицей Надворнянской на две морфоструктуры 3-го порядка.

Морфоструктура *Станимир* (3.1) в рельефе четко фиксирует одноименный хребет со следующими вершинами (м н. у. м.): Менчил (1271), Кливка (1476), Станимир (1546), Екатерина (1559) с многочисленными отрогами. В его строении заметна роль отложений ямненской и стрыйской свит. Ямненские песчаники расположены узкой полосой в пригребневой части хр. Станимир и на юго-западных склонах. Северо-восточные склоны хребта сильно расчленены поперечными притоками р. Хрепелив, а юго-западные – притоками р. Максимец (левые притоки р. Быстрицы Надворнянской).

Морфоструктура *Козя-Толстая* (3.2.1) четко зафиксирована в рельефе массивами с вершинами Козя (1420 м н. у. м.) и Толстая (1399 м н. у. м.). Самая высокая пригребневая часть склонов приурочена к полосе ямненских песчаников и покрыта крупноглыбовыми каменными россыпями. Гребни хребтов почти на всем протяжении скалистые. Ниже по склону россыпи переходят в обвально-осыпные склоны. Многочисленные селеопасные потоки, расчленяющие склоны, имеют очень крутые, местами обрывистые склоны.

Северо-западная часть морфоструктуры *Яворник* (3.2.2) представлена ямненскими песчаниками, с выходами которых в пригребневой области и на юго-западных склонах связаны массивы каменных россыпей. В северо-восточной части хребта преобладают песчаные отложения стрыйской свиты.

С морфоструктурой *Парашки* 2-го порядка связаны максимальные абсолютные высоты Скибовых Карпат в районе исследования.

Морфоструктура *Короткана-Максимец* (4.1) ограничена продольными долинами левых притоков р. Быстрицы Надворнянской – Максимец и Салатрук, которые заложены в красненских отложениях, представленных глинистыми сланцами. Склоны хребта сильно расчленены притоками р. Быстрицы Надворнянской. Между реками образовались отроги хребта: юго-западный – с вершиной Окопы (1244 м н. у. м.) и северо-восточный – с урочищем Средний Грунь. Каменные россыпи покрывают только отдельные вершины хребта, остальные гребневые участки заняты лугами (редкое явление для Горган) [13].

Довбушанская морфоструктура (4.2) разделена правым притоком р. Быстрицы Надворнянской – р. Зеленицей – на две морфоструктуры 4-го порядка. Ее структурно-литологической основой является южная полоса ямненских песчаников скибы Парашки. Орографически это продолжение наивысшей части Скибовых Горган – хребтов Сивулянский и Короткана-Максимец. Довбушанская морфоструктура отличается от других горных хребтов Горган контрастностью и массивностью форм рельефа, большими площадями полей каменных россыпей.

Северо-западная часть морфоструктуры *Довбушанка-Поленский* (4.2.1) представлена хр. Скалки с вершинами Скалки Нижние (1300 м н. у. м.) и Скалки Верхние (1597 м н. у. м.), а также массивом с конусообразной вершиной Поленский (1693 м н. у. м.). Юго-западные склоны г. Поленский и хр. Скалки сильно расчленены глубокооврезанными долинами притоков р. Довжинец с крутыми, иногда обрывистыми берегами. Отроги хребта имеют острые скалистые гребни, склоны покрыты каменными россыпями, которые в нижней части, как правило, изменены обвально-осыпными процессами. Хребет Березовачка (1484 м н. у. м.) простирается в северном и северо-западном направлениях от г. Поленский. Он отделен от хр. Скалки ущельем р. Джурджинец (правый приток р. Быстрицы Надворнянской).

Продолжением г. Поленский в юго-восточном направлении является хр. Довбушанка с максимальными высотами более 1700 м н. у. м. (г. Довбушанка – 1754 м и г. Ведмежик – 1736 м). Гребень Довбушанского хребта покрыт каменными россыпями, имеет своеобразное строение склонов (структурные уступы и обрывы). На его юго-западных склонах есть несколько структурных уступов высотой до 10 м, которые простираются параллельно гребню на расстояние 2–3 км. Их образование обусловлено выходами ямненских песчаников в лобовой части сорванных складок.

Морфоструктура *Синяк-Хомяк* (4.2.2) отделена от Довбушанского хребта ущельем с долиной р. Зубринки (один из истоков р. Зеленицы) с обрывистыми берегами в нижней части склонов. Хребет Синяк отделен небольшой седловиной от хр. Хомяк, который заканчивается в долине р. Прут. Максимальные высоты фиксируются вершинами Малый Горган (1592 м н. у. м.) и Синяк (1665 м н. у. м.). Они соединены острым скалистым гребнем, вдоль которого простирается ровообразное снижение длиной 300–400 м, глубиной 8–10 м и шириной до 10 м, сформировавшееся в результате выветривания песчаников, имеющих юго-западное падение под углом более 80°.

Морфоструктура *Зелемянки* образовалась на одноименной скибе, наименее распространена на исследуемой территории и отсутствует на правобережье р. Быстрицы Надворнянской (см. рис. 2).

Морфоструктура 3-го порядка *Конец Горган – Тавпиширка* (5) в исследуемом бассейне представлена морфоструктурой 4-го порядка *хр. Тавпиширка*, расположенной между левыми притоками р. Быстрицы Надворнянской: р. Салатрук – на северо-востоке и р. Рафайловец – на юго-западе. Хребет приурочен к полосе ямненских песчаников, в его пригребневой части прослеживается выровненная поверхность шириной до 150 м с каменными россыпями. Высоты хребта не превышают 1500 м н. у. м. (г. Тавпиш – 1450 м, г. Тавпиширка – 1499 м). Крутые пригребневые северо-восточные склоны покрыты каменными россыпями, которые часто изменены обвальными-осыпными процессами сноса и накопления. В долине р. Быстрицы Надворнянской скиба Зелемянки погружена под олигоценые отложения зоны Кросно и снова проявляется в рельефе долины р. Прут [11].

Строение **зоны Кросно** характеризуется развитием узких сжатых кольцеобразных антиклинальных складок, разделенных широкими синклиналями. В ядрах антиклиналей чаще всего обнажаются самые древние слои олигоцена, породы которых чрезвычайно интенсивно смяты. Часто ядра антиклиналей нарушены разрывами, которые круто спадают и обуславливают чешуйчатое строение зоны.

Южные скибы Скибовой зоны постепенно погружаются под отложения олигоцена зоны Кросно, при этом они контрастно отличаются от отложений ее северных скиб. Ранее мощную монотонную толщу олигоценового флиша зоны Кросно и южных скиб Скибовой зоны выделяли под названием «Кросненская серия». Сейчас эту толщу принято разделять на две свиты – головоцкую и верховинскую. Нижняя часть головоцкой свиты имеет такое же строение, как и нижнеменилитовая подсвита. Это шешорские слои, горизонт нижних кремней, выше которых расположена маломощная толща менилитовых черных пород, мощностью 10–20 м. Однако основная часть свиты представлена серым известковым грубо- или среднеритмичным флишем. Мощность свиты достигает 1 км. По возрасту она соответствует нижнеменилитовой подсвите. Верховинская свита по возрасту совпадает с лопянецкой и верхнеменилитовой подсвитами, а также с поляницкой свитой. Она образована тонкоритмичным песчано-глинистым серым известковым флишем [11].

В пределах Водораздельно-Верховинских Карпат преобладают складчато-глыбовые низко- и среднегорья, которые на территории исследования представлены двумя морфоструктурами 2-го порядка.

Ясиня-Путильское низкогорье – смешанная морфоструктура, сформировавшаяся в результате перестройки древней продольной гидросети Украинских Карпат [4]. Ее разделяют на морфоструктуры 3-го порядка.

Ворохта-Путильское низкогорье (6) занимает Верховинскую впадину – тектоническую единицу Скибовой зоны, которая является продолжением скибы Зелемянки. Впадина заполнена мощной толщей (до 3 км) олигоценых отложений. В морфологии Ворохта-Путильского низкогорья выделяют элементы морфоструктуры (антиклинальные хребты и синклинальные долины) и морфоскульптуры (унаследованные и современные).

Средневысотное горстообразное поднятие Приводораздельных (Внутренних) Горган приурочено к Горганским складкам в пределах поднятий блока фундамента, который обусловил формирование своеобразных брахиантиклинальных складок на территории Приводораздельных Горган [14].

В Приводораздельных Горганах морфоструктура 3-го порядка *Средневысотные эрозионно-антиклинальные хребты* (7) разделена на отдельные части, которые можно считать морфоструктурами 4-го порядка.

Антиклиналь Братковской – это сводчатая складка с выходами пестрых отложений эоцена в ядре. Гребень хребта представлен пологовыпуклой выровненной поверхностью с отдельными куполообразными вершинами (Черная Клева, Братковская, Гропа, Дурня). Хребет асимметричный, его крутые северо-восточные склоны сильно расчленены притоками р. Быстрицы Надворнянской.

Выводы

Впервые составлена карта морфоструктур горной части бассейна р. Быстрицы Надворнянской в среде ГИС, детализирована информация об отображении в рельефе геологического строения территории, уточнены границы морфоструктур разного ранга.

В горной части бассейна р. Быстрицы Надворнянской выделяют две морфоструктуры 1-го порядка: Скибовые и Водораздельно-Верховинские Карпаты, которые приурочены к крупным тектоническим зонам – Внешней антиклинальной (Скибовая зона) и зоне Красно.

К морфоструктурам 2-го порядка относятся горные хребты и их цепи, приуроченные к более мелким тектоническим единицам. Выделяют 7 морфоструктур. В Скибовых Карпатах это отдельные скибы: Береговая, Оровская, Сколевская, Парашки и Зелеманки. В Водораздельно-Верховинских Карпатах – отдельные тектонические подзоны (антиклинальные складки), которым соответствуют Ясиня-Путильское низкогорье и средневысотное горстообразное поднятие Приводораздельных (Внутренних) Горган.

Морфоструктурами 3-го порядка выступают структурно-геоморфологические элементы, приуроченные к отдельным горным массивам (хребтам, разделенным долинами) и входящие в состав морфоструктур высшего порядка. На территории исследования выделено 11 морфоструктур 3-го порядка, в составе некоторых из них обнаружены морфоструктуры 4-го порядка (четко выраженные в рельефе отдельные горные хребты). Выделяются следующие морфоструктуры 3-го порядка:

Маньявско-Бытковская (на территории исследования представлена Бытковской морфоструктурой 4-го порядка);

- Белозорино-Делятинская;
- Чертковская;
- Пасичнянско-Яремчанская (в состав входят Пасичнянско-Синечковская морфоструктура и морфоструктура Вавгорова 4-го порядка);
- Станимир;
- Козья-Толстая – Яворник (в их составе выделяют морфоструктуры Козья-Толстая и Яворник 4-го порядка);
- Короткана-Максимец;
- Довбушанская (состоит из морфоструктуры Довбушанка-Поленский и Синяк-Хомяк 4-го порядка);
- Конец Горган – Тавпиширка (на территории исследования представлена Тавпиширской морфоструктурой 4-го порядка);
- Ворохта-Путильское низкогорье и Средневысотные эрозионно-антиклинальные хребты.

Бібліографічні посилання

1. Герасимов И. П., Мещеряков Ю. А. Морфоструктура и морфоскульптура земной поверхности // Современные проблемы географии. М., 1964.
2. Герасимов И. П. Основные принципы и задачи морфоструктурного анализа // Применение геоморфологических методов в структурно-геологических исследованиях. М., 1970.
3. Соколовский И. Л., Волков М. Г., Палиенко В. П. Морфоструктура и морфоскульптура платформенных равнин СССР и дна омывающих морей. М., 1986.
4. Цысь П. Н. Основные черты морфоструктуры Украинских Карпат // Вопросы географии Украинских Карпат : геогр. сб. 1969. Вып. 9. С. 115–124.
5. Палиенко В. П., Соколовский И. Л. Опыт классификации морфоструктур Украинских Карпат // Физ. география и геоморфология. 1979. Вып. 21. С. 23–31.
6. Мещеряков Ю. А. Структурная геоморфология равнинных стран. М., 1965.
7. Трихунков Я. И. Морфоструктура и опасные геоморфологические процессы Северо-Западного Кавказа : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.25. М., 2009.
8. Бортник С. Ю. Морфоструктуры центрального типа территории Украины: пространственно-временной анализ : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук : 11.00.04. Киев, 2002.
9. Сльвкв Р. Е. Геоморфология Водораздельно-Верховинских Карпат. Львов, 2001.
10. Кравчук Я. С. Геоморфология Скибовых Карпат. Львов, 2005.
11. Гермак И. Ф., Кохалевич Р. И., Полонский Б. Т. Отчет о комплексных геологических исследованиях масштаба 1 : 50 000, проведенных на площади Манява (листы М-35-121-А, М-35-121-Б, М-35-121-В, М-35-121-Г, М-35-122-В) в Ивано-Франковской и Закарпатской областях УССР в 1966–1970 гг. Львов, 1971. Т. I.
12. Клатчук Т. В. Геопросторові особливості морфометрії рельєфу гірської частини басейну ріки Бистриці Надвірнянської // Наук. зап. Тернопільського нац. педагог. ун-ту імені В. Гнатюка. Сер.: Географія. 2015. № 2, вип. 39. С. 37–43.
13. Клатчук Т. В. Аналіз рельєфу гірської частини басейну ріки Бистриці Надвірнянської для потреб рекреації засобами ГІС // Рекреаційний потенціал Прикарпаття: історія, сучасний стан, перспективи. Івано-Франківськ, 2013. Вип. 4 : Туризм і розвиток регіону : матеріали Міжнар. наук. конф. (Івано-Франківськ, 19–20 верес. 2013 р.). С. 116–124.
14. Стадницький Д. Г. Геоморфология Горган : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.04. Львов, 1964.

References

1. Gerasimov I. P., Meshcheryakov Y. A. [Morphostructure and morphosculpture earth's surface]. *Sovremennye problem geogr.* Moscow, 1964 (in Russ.).
2. Gerasimov I. P. [Basic principles and tasks of morphostructural analysis]. *Primenenie geomorfologicheskikh metodov v struktumno-geologicheskikh issledovaniyakh.* Moscow, 1970. P. 5–12 (in Russ.).

3. Sokolovskii I. L., Volkov M. G., Palienko V. P. [Morphostructures and morphosculture of the platform plain of USSR and the bottom of the washing the seas]. Moscow, 1986 (in Russ.).
4. Tsys' P. N. [The main features of morphological structure of the Ukrainian Carpathians]. *Voprosy geografii Ukrainiskikh Karpat* : geogr. sb. 1969. Issue 9. P. 115–124 (in Russ.).
5. Palienko V. P., Sokolovskii I. L. [Experience classification morphostructures Ukrainian Carpathians]. *Fizicheskaya geogr. i geomorfologiya*. 1979. Issue 21. P. 23–31 (in Russ.).
6. Meshcheryakov Y. A. [Structure geomorphology plain countries]. Moscow, 1965 (in Russ.).
7. Trikhunkov Y. I. [Morphostructure and dangerous geomorphological processes of the North-West Caucasus] : avtoreferat dissertatsii... kandidata geogr. nauk : 25.00.25. Moscow, 2009 (in Russ.).
8. Bortnik S. Y. [Morphostructures of central type territory of Ukraine: spatial-temporal analysis] : avtoreferat dissertatsii... doctora geogr. nauk : 11.00.04. Kyiv, 2002 (in Russ.).
9. Slyvka R. E. [Geomorphology of the Vododilno-Verhovynsky Carpathians]. Lviv, 2001 (in Russ.).
10. Kravchuk Y. S. [Geomorphology of the Skyb Carpathians]. Lviv, 2005 (in Russ.).
11. Germak I. F., Kokhalevich R. I., Polonskii B. T. [A report on complex geological studies at a scale of 1 : 50 000, conducted at the Manyava Square (sheets M-35-121-A, M-35-121-B, M-35-121-B, M-35-121-G, M -35-122-B) in the Ivano-Frankivsk and Zakarpatye regions of the Ukrainian SSR in 1966–1970]. Lviv, 1971. Vol. I (in Russ.).
12. Klapchuk T. V. [Geospatial morphometry features of relief mountainous part basin river Bystrica Nadvimianska]. *Sci. Notes Ternopil Natl. V. Hnatyuk Pedagog. Univ. Ser.: Geography*. 2015. No. 2, issue 39. P. 37–43 (in Ukrainian).
13. Klapchuk T. V. [Analysis of relief of mountainous part basin river Bystrica Nadvimianska for the needs of recreation means of GIS]. *Rekreacijnyj potencial Prykarpattja: istorija, suchasnyj stan, perspektyvy*. Ivano-Frankivs'k, 2013. Issue 4 : Turizm i rozvytok regionu : materialy Mizhnar. nauk. konf. (Ivano-Frankivs'k, 19–20 Sept., 2013). P. 116–124 (in Ukrainian).
14. Stadnyckii D. G. [Geomorphology of Gorgan] : avtoreferat dissertatsii... kandidata geogr. nauk : 11.00.04. Lviv, 1964 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 01.03.2017.
Received by editorial board 01.03.2017.

УДК 549.892.1:552.143:551.79(476):(477)

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ В СВЯЗИ С ИХ ЯНТАРОНОСНОСТЬЮ

М. А. БОГДАСАРОВ¹⁾, Е. А. КУХАРИК²⁾

¹⁾Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина,
бульвар Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь

²⁾Институт природопользования НАН Беларуси, ул. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Беларусь

Изучена специфика строения и формирования четвертичных отложений Западного Полесья в контексте их янтароносности. Установлены стратиграфические особенности залегания и палеогеографические условия накопления янтароносных горизонтов в пределах белорусской и украинской частей территории Западного Полесья. Охарактеризован литологический состав вмещающих янтарь отложений. Рассмотрены механизмы концентрации россыпей янтаря в отложениях различных генетических типов, источники поступления минерала в осадочные толщи, содержащие его в переотложенном состоянии. На основе обобщения обширного фактического материала показано различие обстановок и процессов янтаронакопления в течение ледниковых и межледниковых этапов. Сформулированы главные прогнозные критерии выделения перспективных в плане обнаружения янтаря территорий.

Ключевые слова: четвертичные отложения; плейстоцен; голоцен; янтарь; янтароносность; Западное Полесье.

Образец цитирования:

Богдасаров М. А., Кухарик Е. А. Особенности строения и формирования четвертичных отложений Западного Полесья в связи с их янтароносностью // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 143–151.

For citation:

Bahdasarau M. A., Kukharyk Y. A. Structure and formation features of quaternary deposits of the West Polesie because of its amber content. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 143–151 (in Russ.).

Авторы:

Максим Альбертович Богдасаров – доктор геолого-минералогических наук, профессор; заведующий кафедрой географии и природопользования географического факультета.
Евгений Александрович Кухарик – магистр географических наук; младший научный сотрудник лаборатории геодинамики и палеогеографии. Научный руководитель – М. А. Богдасаров.

Authors:

Maksim Bahdasarau, doctor of science (geology and mineralogy), full professor; head of the department of geography and environmental sciences, faculty of geography.
bogdasarov73@mail.ru
Yauhen Kukharyk, master of science (geography); research assistant at the laboratory of geodynamics and paleogeography.
shzhk@mail.ru

STRUCTURE AND FORMATION FEATURES OF QUATERNARY DEPOSITS OF THE WEST POLESIE BECAUSE OF ITS AMBER CONTENT

M. A. BAHDASARAU^a, Y. A. KUKHARYK^b

^a*Brest State University named after A. S. Pushkin, Kosmonavtov Boulevard, 21, 224016, Brest, Belarus*

^b*Institute for Nature Management, National Academy of Sciences, Skaryny Street, 10, 220114, Minsk, Belarus*

Corresponding author: M. A. Bahdasarau (bogdasarov73@mail.ru)

This work is concerned with study of structure and formation features of quaternary deposits of the West Polesie because of its amber content. There were found out the stratigraphic features of occurrence and paleogeographic conditions of aggregation of amber geological positions within the limits of Belarusian and Ukraine parts of the West Polesie's territory. The lithological composition of amber detritus concentration in deposits of various genetic types, the source of mineral income into sedimentary series that contain it in redeposit condition were analyzed. On the basis of the consolidation of factual material, there was shown the difference of amber aggregation process in glacial and interglacial periods. The main criteria of finding prospective amber territories were defined.

Key words: quaternary sediments; Pleistocene; Holocene; amber; amber content; the West Polesie.

Введение

Находки янтаря на территории Западного Полесья известны человеку с глубокой древности. Археологические исследования свидетельствуют о том, что его добыча издавна велась на территории Брестского и Волынского Полесья. Россыпи и отдельные находки янтаря встречались на небольшой глубине при строительстве колодцев, каналов, в многочисленных обнажениях по берегам рек. Первые упоминания об обнаружении янтаря на территории Полесья принадлежат польскому исследователю Г. Жончинскому [1].

Представления о формировании залежей янтаря на территории Полесья значительно изменились в течение последнего столетия. Первые детальные научные исследования по янтароносности территории Западного Полесья содержатся в работах академика П. А. Тутковского, который высказал мысль о формировании в пределах изучаемого региона в кайнозое как первичных (коренных), так и вторичных (эратических) залежей янтаря. Результаты полевых и лабораторных исследований ученого опубликованы в работе «Янтарь в Волынской губернии» [2].

В советский период было издано множество научных работ, в которых освещаются вопросы геологического строения, генезиса, стратиграфической приуроченности, минерального состава и описываются новые находки янтаря. Среди них следует отметить публикации А. Е. Ферсмана, П. И. Василенко, Э. А. Левкова, С. С. Манькина, С. С. Савкевича, В. С. Трофимова, А. И. Серебрицкого, Б. И. Сребродольского, А. П. Башаркевича, Г. И. Илькевича, Л. И. Матрунчика, А. С. Махнача, А. А. Богдасарова, В. Е. Бордона и др.

До 1990-х гг. господствовало представление о формировании проявлений янтаря в четвертичных отложениях за счет транспортировки смол из Прибалтики ледниками и водно-ледниковыми потоками. В конце XX – начале XXI в. белорусские и украинские исследователи установили, что месторождения янтаря на территории Западного Полесья имеют местное происхождение: его коренные залежи образовывались в палеогеновом периоде, вторичные – в четвертичном периоде. На это указывает также сходство состава и свойств янтаря белорусской и украинской частей изучаемого региона [3]. На современном этапе наибольший вклад в изучение вопросов янтароносности территории Западного Полесья внесли труды Л. Ф. Ажгиревич, А. А. Богдасарова, М. А. Богдасарова, И. И. Урьева, В. Ю. Зосимовича, А. А. Комлева, М. В. Криницкой, В. М. Мацуя, В. А. Нестеровского, Е. А. Ремезовой, Е. А. Соляника и др.

Стратиграфические схемы четвертичной системы Беларуси и Украины

Актуальными проблемами являются изучение опорных разрезов четвертичных отложений трансграничной территории Западного Полесья и их корреляция в целях уточнения и детализации стратиграфических схем, которые используются для решения научных и практических задач в геологии. Примененная в настоящей работе схема корреляции четвертичных отложений Беларуси и Украины (см. таблицу) составлена по данным принятой в 2010 г. унифицированной схемы четвертичных (плейстоценовых) отложений Беларуси [4], где приводятся сведения о сопоставлении стратиграфических подразделений со смежными регионами, в том числе с Украиной. Для уточнения границ стратиграфических подразделений Украины использовались данные украинских ученых [5].

Корреляция стратиграфических схем Беларуси и Украины (составлено по [4; 5])

Correlation of stratigraphic schemes of Belarus and Ukraine (compiled on [4; 5])

Общая стратиграфическая шкала			Беларусь		Украина		Возраст, млн лет	
Система	Отдел	Подотдел	Горизонт, подгоризонт		Горизонт			
Четвертичная (квартер)	Голоцен		Судобльский		Голоценовый		0,01	
	Плейстоцен	Верхний	Поозерский	Нарочанский		Причерноморский, дофиновский, бугский, витачевский, удайский	0,13	
				Двинский				
				Ловатский				
				Кулаковский				
		Муравинский		Прилукский		0,43		
		Припятский	Сожский		Тясминский			
			Днепровский		Кайдакский			
		Александрийский		Днепровский			Завадовский	
		Средний	Березинский		Тилигульский		0,78	
			Беловежский	Могилёвский		Лубенский		
				Нижнинский				
				Борковский				
			Наревский	Ясельдинский		Сульский		
				Корчевский		Мартоношский		
		Новогрудский		Приазовский				
	Брестский	Ружанский		Приазовский		0,8		
Варяжский		Широкинский						
Нижний	Гомельский	Ельнинский		Крыжановский		1,8		
		Вселюбский		Березанский				

Литологическая характеристика вмещающих янтарь отложений

На территории Западного Полесья четвертичные отложения формируют сплошной покров, перекрывающая образования более древних геологических систем. Они представлены следующими генетическими типами отложений: ледниковыми, потоково-ледниковыми, озерно-ледниковыми, аллювиальными, озерными, лессовидными, эоловыми, элювиальными и делювиальными. Мощность четвертичных отложений в пределах изучаемого региона колеблется в широком диапазоне. На территории украинской части Западного Полесья толща четвертичных отложений имеет пониженную мощность – от 10 до 40 м [6], местами она вовсе исчисляется первыми метрами; на территории белорусской части изучаемого региона мощность четвертичных отложений значительно больше – от 40 до 170 м [7], что связано с неровностями рельефа дочетвертичной поверхности, особенностями тектонического строения и неравномерностью аккумуляции четвертичной толщи.

Вмещающие янтарь четвертичные отложения Западного Полесья по возрасту относятся к среднему и позднему плейстоцену и голоцену. Отложения гомельского горизонта, соответствующие *нижнему плейстоцену*, имеют в пределах исследуемого региона ограниченное распространение и по этой причине в данной работе не рассматриваются.

Средний плейстоцен. В строении среднеплейстоценовых отложений кроме образований брестского предледникового горизонта выделены три ледниковых (наревский, березинский и припятский) и два межледниковых (беловежский и александрийский) горизонта.

Отложения брестского горизонта представляют собой древнейшие предледниковые образования. Он сформирован озерными, аллювиальными, болотными и лессовидными осадками. Преобладают алевриты, глины голубовато- и зеленовато-серые, редко встречаются озерные мергели.

Наревский горизонт соответствует ледниковому этапу развития. Его отложения образуют сложно построенную толщу, в которой выделяются несколько разновозрастных комплексов: наревский подморенный, наревский моренный и нерасчлененный наревско-березинский. Нижнюю часть разреза составляют мелко-, тонкозернистые и карбонатные пески, алевриты и глины. Морена наревского возраста присутствует только в северной части Западного Полесья, крайняя граница ее распространения расположена севернее рек Мухавец и Припяти. Преобладают грубые валунные супеси моренные и глинистые гравийные пески. Выше залегают межледниковые отложения беловежского горизонта. Они представлены глинами, алевритами и песками озерного и озерно-аллювиального происхождения, торфом и гумусированными осадками.

Во время очередного ледникового этапа накопились отложения березинского горизонта. Среди них преобладают моренные и водно-ледниковые образования. В пределах исследуемого региона моренные отложения березинского горизонта получили широкое распространение. Они сложены валунными супесями и разнозернистыми песками, в которых встречаются отторженцы пород дочетвертичного возраста.

Отложения александрийского межледниковья, образующие александрийский горизонт, представлены аллювиальными и озерными песками, супесями, суглинками, глинами различной степени гумусированности, а также мергелями, сапропелями и торфом.

Выше залегают отложения припятского горизонта, образованного в течение одноименного оледенения. Он отличается наибольшей сложностью строения, прослеживается практически на всей территории Западного Полесья и сформирован супесями моренными с линзами разнозернистых песков или глинистого песчано-гравийного материала, суглинками моренными и глинами, песками разнозернистыми, песчано-гравийными смесями. Образования припятского горизонта завершают разрез среднего плейстоцена [4; 8].

Верхний плейстоцен. Отложения верхнего плейстоцена слагают муравинский и поозерский горизонты. Образования первого из них, накопившиеся в межледниковых условиях, представлены озерными (пески, алевриты глинистые, глины, гиттии, мергели), болотными (торф), аллювиальными (пески, алевриты) и другими генетическими типами отложений.

Моренные отложения поозерского времени на территории Западного Полесья отсутствуют, однако широко распространен комплекс водно-ледниковых и перигляциальных образований. Главная роль в осадконакоплении принадлежала флювиальным и эоловым процессам, а также гипергенезу. В долинах рек накапливался аллювий (пески, гиттии, алевриты). Кроме того, формировались слои лессов, озерных, болотных и делювиальных супесей, суглинков с прослойками торфа и песчаные эоловые отложения [4; 8].

Голоцен. К голоцену относятся аллювиальные, озерные, озерно-аллювиальные, болотные, эоловые, делювиальные и другие отложения судобльского горизонта, представленные песками и алевритами, алевритами глинистыми, илами, сапропелями и торфом [4].

Палеогеографические условия формирования россыпей янтаря в четвертичных отложениях

На протяжении четвертичного периода происходили неоднократные смены палеогеографических условий с чередованием ледниковых и межледниковых интервалов. В связи с этим отмечаются некоторые особенности образования янтароносных четвертичных отложений: во время оледенений преобладала экзарационно-аккумулятивная деятельность ледников, сопровождаемая формированием морен, ледниковых и водно-ледниковых отложений, заполняющих палеокотловины и ложбины выпахивания, а в течение межледниковий осуществлялись размыв моренных образований временными и постоянными водотоками и их дифференциация [9].

Формирование россыпей янтаря в среднем плейстоцене. В среднем плейстоцене образовалось большинство известных в настоящее время янтарных россыпей в четвертичных отложениях Западного Полесья (см. рисунок).

В *брестское время* территория Западного Полесья представляла собой преимущественно пологоволнистую денудационную равнину, сложенную дочетвертичными породами. Под влиянием денудации и геологической деятельности текучих вод коренные отложения незначительно размывались. Нисходящие неотектонические движения обусловили распространение крупных озерно-аллювиальных низин и к началу *наревского времени* усложнили орогенический план региона [8].

С наступлением *наревского времени* природные условия резко изменились. Территория Западного Полесья на данном этапе оставалась пониженной, что обусловило здесь наибольшее продвижение ледника на юг и формирование повышенной толщи водно-ледниковых отложений. Талые воды наступавшего *наревского ледника* интенсивно размывали коренные породы и обогащались местным янтароносным материалом палеогенового возраста [10]. Накапливались аллювиальные, озерные, склоновые и потоково-ледниковые образования. Потепление климата в конце *наревского времени* привело к деградации ледникового покрова и повышению водообильности территории [9]. С новой силой стали протекать процессы размыва и переотложения янтароносных слоев: размывый материал, вмещающий янтарь, дифференцировался водными потоками и формировал россыпи в пониженных участках озерных котловин и в пределах речных прадолин.

С началом *беловежского времени* тектонические процессы привели к инверсии существовавшего рельефа [9]. Возросли расчлененность и генетическое разнообразие рельефа. Широко распространились *зандровые равнины*, янтарь накапливался в пределах озерно-аллювиальных низин и речных долин.



Проявления янтаря в четвертичных отложениях Западного Полесья
(составлено по [10; 11]).

Места обнаружения янтаря: 1 – Гатча-Осово; 2 – Большие Болота; 3 – Брест; 4 – Каташи; 5 – Малиновка; 6 – Мефедовичи; 7 – Микашевичи; 8 – Мотоль; 9 – Оброво; 10 – Почапово; 11 – Хабовичи; 12 – Клесов; 13 – Рафаловка; 14 – Словечно; 15 – Овруч; 16 – Сарны; 17 – Березно

The manifestations of amber in the quaternary sediments of Western Polesie (compiled on [10; 11]).

Amber detection points:

1 – Gatcha-Osovo; 2 – Big Marshes; 3 – Brest; 4 – Katashi; 5 – Malinovka; 6 – Mefedovichi; 7 – Mikashevichi; 8 – Motol; 9 – Obrovo; 10 – Pochapovo; 11 – Khabovici; 12 – Klesov; 13 – Rafalovka; 14 – Slovechno; 15 – Ovruch; 16 – Sarny; 17 – Berezno

На протяжении *березинского времени* ледник полностью покрывал территорию Западного Полесья. Ее геоморфологическая неоднородность была усложнена экзарационной деятельностью ледника: образовались ложбины ледникового выпахивания с наибольшими относительными углублениями котловин, достигающими 100 м [9]. Породы березинского возраста в наибольшей степени обогащены янтарем: вмещающий янтарь материал подстилающих пород, разрушенный ледником, вовлекался в аккумулятивные процессы и заполнял образованные понижения. Потенциально янтароносными из них являются Нижнетурьинская, Дубучнянско-Выжевская, Стоходская и Стырская ложбины [11]. После отступления ледника широкое распространение получили моренные и водно-ледниковые равнины и низины, в отложениях которых погребены переотложенные россыпи янтаря.

С началом *александрийского времени* интенсивность и дифференцированность тектонических движений уменьшились, что обусловило постепенное выравнивание территории Западного Полесья. Сложное строение рельефа, предопределенное деятельностью березинского ледника, наряду с теплыми климатическими условиями способствовало развитию речной сети [8; 9]. Большое количество озер и водообильность речных систем обеспечили размыв и переотложение палеогеновых, неогеновых и среднеплейстоценовых отложений доалександрийского возраста [10].

Наступившее после александрийского *припятское время* характеризуется развитием самого мощного ледникового покрова на территории Западного Полесья. В его истории выделяются две стадии – днепровская и сожская. В днепровское время ледник полностью покрыл территорию изучаемого региона. Под его воздействием активизировались тектонические процессы. Произошел некоторый относительный подъем территории Западного Полесья [9]. Наступавший ледниковый покров разрушал массивы мел-палеогеновых пород, содержащих коренные россыпи янтаря, равно как и потенциально янтароносные отложения нижней половины среднеплейстоценового комплекса [11]. За счет перемещенного материала образовывались моренные краевые гряды, включающие в себя незначительные находки янтаря (например, Рафаловская гряда). Сходное строение и характер залегания отложений имеют моренные комплексы в междуречьях рек Стыри и Стоход, а также рек Стоход и Турьи [12]. Россыпи янтаря в моренных образованиях днепровского ледника были обнаружены еще П. А. Тутковским около сел Большое Медвежье и Александровка Волынской области, п. г. т. Владимирец и с. Кидры, а также п. г. т. Рафаловка Ровенской области [2].

Выведенные на дневную поверхность или частично перемещенные ледником массивы янтароносных пород размывались и переотлагались ледниковыми водами. Россыпи янтаря формировались в потоково-ледниковых и озерно-ледниковых отложениях [12]. Благоприятные условия для концентрации янтаря в потоково-ледниковых отложениях существовали в междуречье рек Стыри и Горыни. Образование потоково-ледниковых отложений и включение янтаря из подстилающих отложений верхнего эоцена – нижнего олигоцена происходили под воздействием Стырской лопасти днепровского ледникового покрова. Россыпи янтаря обнаруживаются в периферийной (Полицко-Владимирецкая и Дубовско-Кидринская потоково-ледниковые дельты) и внутренней (Дубровицкая, Мочулищенская, Литвицкая и Бережницкая зандродельты) зонах Стырской лопасти. Кроме того, П. А. Тутковский указывал на наличие янтаря в потоково-ледниковых отложениях у п. г. т. Клесов и г. Сарны Ровенской области и у с. Копище Житомирской области [2].

В *сожское время* южная граница припятского ледникового покрова сместилась на север Западного Полесья. Стабилизация края ледника обусловила широкое распространение в перигляциальной зоне сожского ледника зандровых равнин. Накапливались перигляциальные отложения, постепенно возрождались речная сеть [9]. Талые ледниковые воды перерабатывали содержащие янтарь породы палеогена, отложения предыдущих оледенений и межледниковых этапов и способствовали переносу и концентрации янтаря. Относительно стабильное положение края ледника на протяжении довольно продолжительного времени, установленное по наличию систем конечно-моренных образований, отраженных в современном рельефе, привело к формированию зональности распространения водно-ледниковых отложений. По мере удаления от краевой границы ледникового покрова на юг наблюдается снижение крупности материала и абсолютных отметок образованной поверхности.

Формирование россыпей янтаря в позднем плейстоцене. Янтарные россыпи в отложениях верхнего плейстоцена присутствуют в образованиях муравинского и поозерского горизонтов, которые формировались в течение муравинского межледникового этапа и позднее, во время присутствия на территории Беларуси поозерского ледникового покрова. Моренные и потоково-ледниковые отложения днепровского горизонта служили источником возникновения янтарных россыпей в образованиях верхнего плейстоцена и голоцена [12].

С наступлением *муравинского времени* произошло значительное потепление климата. Деграция припятского ледникового покрова привела к гляциостатическому поднятию территории. Существовали моренные, водно-ледниковые и озерно-аллювиальные равнины и низины. Рисунок речной сети

был близок к современному. Янтарные россыпи частично размывались, осуществлялось их переотложение в аллювиальных образованиях надпойменных террас крупных рек и в озерах, чему способствовали расчлененный рельеф, обилие ложбин стока и часто меняющийся режим водных потоков [9; 11].

В *поозерское время* на территории Западного Полесья некоторое количество янтаря было вынесено в крупные проточные водоемы, сформировавшиеся в понижениях бассейнов Припяти, Ясельды и других рек. Пески с растительными остатками и раковинами водных моллюсков говорят об озерных условиях накопления и являются поисковым признаком обнаружения янтаря. Кроме того, янтарь аккумуляровался в делювиальных отложениях [10]. Размыв дождевыми и тальми водами палеогеновых, а также моренных и потоково-ледниковых отложений плейстоцена приводил к сносу янтаря вниз со склонов возвышенностей и его концентрации у их оснований [11].

Формирование россыпей янтаря в голоцене. На протяжении голоцена облик природной среды Западного Полесья достиг современного вида. Широкое развитие получили процессы болотообразования, сформировалась гидрографическая сеть [9]. Именно деятельность крупных рек изучаемого региона оказывала большое влияние на формирование янтарных залежей в это время [11].

Россыпи янтаря, которые были сформированы в отложениях голоцена, связаны прежде всего с аллювием русловой, пойменной и старичной фаций, а также элювиально-делювиальными и эоловыми образованиями. Аллювиальные отложения характеризуются присутствием мелких и хорошо окатанных обломков янтаря, которые были переотложены речными потоками [11]. Янтарь редко концентрируется в русловом аллювии, и его находки в этом типе отложений связаны с местами, где русло имеет неровный рельеф. Россыпи янтаря в пойменном аллювии образовывались во время паводков и разливов рек, когда пойма затапливалась и терригенный материал поступал в мелкие озера, старицы и другие понижения рельефа, где и аккумуляровались довольно крупные обломки янтаря. Элювиально-делювиальные россыпи появлялись в местах, где породы палеогенового возраста перекрывались слоем средне- и верхнеплейстоценового возраста малой мощности или почвенным покровом. После обильных дождей или снеготаяния обнаруживались крупные россыпи янтаря. Его находки в эоловых отложениях достаточно редки. Янтарь в этих образованиях включен в состав мелкозернистых хорошо отсортированных песков. Эоловые россыпи янтаря найдены в пределах междуречий и надпойменных террас рек в бассейне р. Припяти [10; 11].

Прогнозные критерии поиска янтаря в четвертичных отложениях

Главной предпосылкой формирования россыпей янтаря на территории Западного Полесья является образование их в большей степени за счет переработки и переотложения ледником материала отложенной палеогеновой системы, а также последующей его дифференциации водно-ледниковыми потоками. Даже единичные находки янтаря в четвертичных отложениях свидетельствуют о пространственной близости коренных россыпей минерала (в палеогеновых янтароносных отложениях) [12]. Это служит важным поисковым и прогнозным признаком.

Особенностью процесса концентрации россыпей янтаря в четвертичных отложениях Западного Полесья является одновременная переработка пород, образовывавшихся на протяжении длительного времени и отличающихся большим разнообразием вещественного состава. Существует также различие в процессах образования янтарных россыпей в палеогеновом и четвертичном периодах. В палеогене основная часть янтароносного материала поступала в потоки рассеяния, а в течение четвертичного периода янтароносные отложения формировались в краевых зонах ледников. О тесной связи процесса янтароаккумуляции с эродирующим разрушением ледником подстилающих четвертичную толщу палеогеновых отложений говорит пространственное расположение находок янтаря в образованиях четвертичной системы в области наибольшей интенсивности ледниковой и водно-ледниковой переработки подстилающих их дочетвертичных пород.

Одним из важнейших прогнозных критериев при определении потенциально янтароносных площадей является палеогеоморфологический фактор [11; 13]. Колоссальная экзарационно-аккумулятивная деятельность ледников оказывала сильное влияние на палеорельеф, особенно это касается днепровского ледникового покрова. Роль березинского ледника оценить с достаточной точностью сложно, так как эродирующее воздействие последующего (днепровского) ледника сильно разрушило сформированный ранее рельеф и значительно изменило облик поверхности. Системы палеоложбин и палеокотловин служат местами аккумуляции значительных по мощности толщ водно-ледниковых отложений. Янтарь в пределах таких неровностей рельефа концентрировался за счет дифференциации отложений потоками тальных ледниковых вод, а также поступал вместе с терригенным материалом [12]. Под влиянием эродирующей деятельности ледника формировались и крупные по размерам отторженцы коренных

пород, которые обнаруживаются в напорных аккумулятивных дислокационных постройках. Чаще всего их состав представлен породами мела, но нередко обнаруживаются сохранные на одном и том же отторженце породы палео- и неогена. Под напором льда отторженцы вместе с эродированным материалом перемещались на более высокие гипсометрические уровни, что в дальнейшем обеспечивало потенциальную возможность тщательной переработки материала и его лучшую сортировку тальми ледниковыми водами.

Исследования литологии янтароносных толщ четвертичных отложений и условий их формирования позволяют сделать вывод о том, что на территории Западного Полесья наиболее перспективными в плане обнаружения янтаря являются водно-ледниковые и озерно-аллювиальные комплексы равнин, сложенные ледниковыми, потоково- и озерно-ледниковыми, аллювиальными, озерными, эоловыми, элювиальными и делювиальными образованиями.

Выводы

1. Россыпи янтаря, приуроченные к четвертичным отложениям, представляют собой вторичные проявления. Их формирование связано с переработкой и переотложением дочетвертичных янтароносных пород палеогенового возраста, характеризующихся разнообразием литологического и гранулометрического состава. Всего на территории Западного Полесья обнаружено 17 мест концентрации янтаря в четвертичных отложениях.

2. Значительные изменения палеогеографических условий на протяжении четвертичного периода обусловили различия в процессах накопления россыпей янтаря в течение ледниковых и межледниковых этапов: во время оледенений преобладали экзарационно-аккумулятивные процессы, янтарь накапливался в моренных, гляциальных и озерно-ледниковых отложениях; в течение межледниковий преобладали аккумулятивно-денудационные процессы, янтарь аккумуляровался преимущественно в аллювиальных отложениях.

3. Важнейшую роль при формировании россыпей янтаря в отложениях четвертичной системы сыграла геологическая деятельность днепровского ледника. Полностью покрыв территорию Западного Полесья, ледник перерабатывал янтаросодержащие массивы подстилающих пород с последующей дифференциацией и переотложением материала. В днепровское время были образованы комплексы моренных гряд, в отложениях которых обнаружены россыпи янтаря (Рафаловская гряда, моренные комплексы в пределах междуречий рек Стыри и Стоход, Стоход и Турьи и др.).

4. Большое значение при проведении поисковых работ по обнаружению янтаря имеют участки, где аккумуляровались толщи водно-ледниковых отложений повышенной мощности. Они совпадают с местоположением погребенных депрессий (палеоложбин и палеокотловин). На территории Западного Полесья потенциально янтароносными погребенными ложбинами являются Нижнетурьинская, Дубучнянско-Выжевская, Стоходская и Стырская. Это обуславливает важную роль данных палеогеоморфологии при поиске новых россыпей янтаря в четвертичных отложениях.

5. Наиболее перспективными в плане обнаружения янтаря участками территории Западного Полесья являются водно-ледниковые и озерно-аллювиальные комплексы равнин, сложенные ледниковыми, потоково- и озерно-ледниковыми, аллювиальными, озерными, эоловыми, элювиальными и делювиальными образованиями. Россыпи янтаря в четвертичных отложениях практически всегда указывают на близость коренных залежей либо на их присутствие в нижележащих горизонтах.

Библиографические ссылки

1. *Rzeczyński G.* Historia naturalis curiosa Regni Poloniae, Magni Ducatus Lithuaniae // Typis Collegii Soc. Jesu. Sandomiria, 1721. S. 176–184.
2. *Тутковский П. А.* Янтарь в Волынской губернии // Тр. О-ва исследователей Волыни. 1911. Т. 6. С. 19–58.
3. *Богдасаров М.* Ископаемые смолы Евразии: геология, минералогия, генезис. Саарбрюккен, 2011.
4. *Кручек С. А., Матвеев А. В., Якубовская Т. В. и др.* Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси: объясн. зап. Минск, 2010.
5. *Крохмаль А. И., Шелкопяс В. Н., Комар М. С. и др.* Комплексное обоснование объема и границ стратиграфических подразделений плейстоцена Украины // Геол. журн. 2011. № 3. С. 7–25.
6. *Національний атлас України.* Київ, 2007.
7. *Нацыянальны атлас Беларусі.* Мінск, 2002.
8. *Геология Беларуси / под ред. А. С. Махнача [и др.].* Минск, 2001.
9. *Палеогеография кайнозоя Беларуси / под ред. А. В. Матвеева.* Минск, 2002.
10. *Алжиревич Л. Ф., Богдасаров А. А., Затурская Л. Я. и др.* Проблемы янтареносности Беларуси. Минск, 2000.
11. *Соляник С. А.* Бурптин покривних відкладів Українського Полісся: автореф. дис. ... канд. геол. наук: 04.00.01. Київ, 2002.

12. Шелкопьяс В. Н., Мацуї В. М., Соляник Е. А. и др. Янтарь в неоплейстоценовых отложениях Волынского Полесья // Гляціал і перигляціал Волинського Полісся : зб. матеріалів Львів, 2005. С. 123–131.
13. Яковлева В. В., Панченко В. П. Бурштин Західного Полісся та інших регіонів України // Природа Західного Полісся та прилеглих територій : зб. наук. пр. Луцьк, 2004. С. 23–32.

References

1. Rzączyński G. History of Poloniae natural curiosity of the Grand Duchy of Lithuania. *Typis Collegii Soc. Jesu. Sandomiriæ*, 1721. P. 176–184 (in Pol.).
2. Tutkovskii P. A. [Amber in the Volyn province]. *Tr. Ob-va issled. Volyni*. 1911. Vol. 6. P. 19–58 (in Russ.).
3. Bogdasarov M. [Fossil Resin of Eurasia: Geology, Mineralogy, Genesis]. Saarbrücken, 2011.
4. Kruchek S. A., Matveev A. V., Yakubovskaya T. V., et al. [Stratigraphic chart of Precambrian and Phanerozoic deposits of Belarus : explanatory note]. Minsk, 2010 (in Russ.).
5. Krokmal' A. I., Shelkopyas V. N., Komar M. S., et al. Comprehensive foundation of dimension and boundaries of the Ukraine Pleistocene Stratigraphic units. *Geol. J.* 2011. No. 3. P. 7–25 (in Russ.).
6. [The National Atlas of Ukraine]. Kyiv, 2007 (in Ukrainian).
7. [The National Atlas of Belarus]. Minsk, 2002 (in Belarus.).
8. Makhnach A. S., Garetskii R. G., Matveev A. V. (eds.). [Geology of Belarus]. Minsk, 2001 (in Russ.).
9. Matveev A. V. (ed.). [Paleogeography of the Cenozoic of Belarus]. Minsk, 2002 (in Russ.).
10. Azhgirevich L. F., Bogdasarov A. A., Zaturenskaya L. Y., et al. [The problems of amberness of Belarus]. Minsk, 2000 (in Russ.).
11. Solyanik E. A. [Amber of cover deposits of the Ukrainian Polesie] : avtoreferat dissertatsii... kandidata geol. nauk : 04.00.01. Kyiv, 2002 (in Ukrainian).
12. Shelkopyas V. N., Matsui V. M., Solyanik E. A., et al. [Amber in the Neo-Pleistocene sediments of Volyn Polesie]. *Glacial i periglacial Volyn'skogo Polesia* : zб. materialiv. Lviv, 2005. P. 123–131 (in Russ.).
13. Yakovleva V. V., Panchenko V. P. [Amber of Western Polesie and other regions of Ukraine]. *Privoda Zahidnogo Polissya ta prilegih teritorij* : zб. nauk. pr. Luts'k, 2004. P. 23–32 (in Ukrainian).

Статья поступила в редакцию 06.03.2017.
Received by editorial board 06.03.2017.

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОДОЕМОВ И ВОДОТОКОВ БЕЛАРУСИ ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА

Б. П. ВЛАСОВ¹⁾, Н. В. ЖУКОВСКАЯ¹⁾, Н. В. КОВАЛЬЧИК¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Проанализировано накопление микроэлементов (Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Mo, Pb) в современных донных отложениях водоемов и водотоков Беларуси в местах произрастания высшей водной растительности по данным мониторинга окружающей среды за 2000–2015 гг. Отмечается, что распределение большинства изучаемых элементов (Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Pb) в донных осадках озер и рек подчиняется логарифмически нормальному закону распределения. Выявлены озера с аномальными концентрациями Ni, V, Cu, Cr, Pb в донных отложениях. Сделан вывод о том, что для таких исследуемых элементов, как Ti, Cr, Mn, Cu, пространственное распределение содержания металлов в донных отложениях озер носит случайный характер. В отношении Pb обнаружен кластер высоких значений на севере Беларуси (озера Освейское, Бредно, Белое, Моховое). Установлено, что в донных отложениях рек средние концентрации V, Cr, Mn, Ni выше, чем в озерах. С помощью метода главных компонент выделены ассоциации химических элементов в донных отложениях рек и озер: элементы первой ассоциации (V, Cr, Ni, Cu, Pb) концентрируются преимущественно в тонких фракциях; Ti является малоподвижным элементом в большинстве геохимических обстановок и образует отдельную группу в донных отложениях как рек, так и озер; Mn формирует отдельную ассоциацию в донных отложениях озер, что может быть связано с преобладающими формами его нахождения.

Ключевые слова: микроэлементы; донные отложения; мониторинг; аномальные концентрации; ассоциации химических элементов; пространственные закономерности.

TRACE ELEMENTS CONTENTS IN BELARUSIAN RESERVOIRS AND RIVERS BOTTOM SEDIMENTS ACCORDING TO MONITORING

B. P. VLASOV^a, N. V. ZHUKOVSKAYA^a, N. V. KAVALCHYK^a

^aBelarusian State University, Niezaliežnasci Avenue, 4, 220030, Minsk, Belarus

Corresponding author: N. V. Zhukovskaya (natazhuk@gmail.com)

The trace elements (Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Mo, Pb) accumulation in modern bottom sediments of Belarusian reservoirs and rivers in the places of higher aquatic vegetation growing has been analyzed on monitoring data for the period of 2000–2015 years. The distribution of the studied elements majority (Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Pb) in the reservoir bottom sediments obeys lognormal law distribution. The lakes with the anomalous concentrations of Ni, V, Cu, Cr, Pb in the bottom

Образец цитирования:

Власов Б. П., Жуковская Н. В., Ковальчик Н. В. Содержание микроэлементов в донных отложениях водоемов и водотоков Беларуси по данным мониторинга // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 152–162.

For citation:

Vlasov B. P., Zhukovskaya N. V., Kavalchik N. V. Trace elements contents in Belarusian reservoirs and rivers bottom sediments according to monitoring. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 152–162 (in Russ.).

Авторы:

Борис Павлович Власов – доктор географических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией озераведения географического факультета.

Наталья Викторовна Жуковская – старший преподаватель кафедры почвоведения и земельных информационных систем географического факультета.

Надежда Владимировна Ковальчик – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры почвоведения и земельных информационных систем географического факультета.

Authors:

Boris Vlasov, doctor of science (geography), full professor, head of the scientific research laboratory of lakes, faculty of geography.

vlasov@bsu.by

Natallia Zhukovskaya, senior lecturer at the department of the soil sciences and land information systems, faculty of geography.

natazhuk@gmail.com

Nadzeya Kavalchik, PhD (geography), docent, associate professor at the department of the soil science and land information systems, faculty of geography.

kovalchiknv@gmail.com

sediments have been identified. The spatial distribution of Ti, Cr, Mn, Cu in the reservoirs bottom sediments is random. For Pb a cluster of high values in the North of Belarus (Osveiskoe, Bredno, Beloe and Mokhovoe lakes) has been revealed. The mean concentrations of V, Cr, Mn, Ni in the rivers bottom sediments are higher than in the reservoirs bottom sediments. The elements associations in the bottom sediments of reservoir and rivers have been identified by using principal component analysis. The elements of the first association (V, Cr, Ni, Cu, Pb) are concentrated mainly in the fine fractions. Ti is a slightly mobile element in most geochemical situations and forms a separate group as well in rivers bottom sediments as in lakes bottom sediments. Mn makes up the separate association that can be explained by manganese forms in the lakes sediments.

Key words: trace elements; bottom sediment; monitoring; anomalous concentration; chemical elements associations; spatial patterns.

В последние десятилетия многие авторы обращались к проблеме индикаторной роли донных отложений и высшей водной растительности в оценке загрязнения водных экосистем. Современные донные осадки рассматриваются как депонирующая среда для микроэлементов, накопление которых связано с изменением механических, физико-химических и биологических условий седиментации, а также поступлением техногенных веществ. Формирование микроэлементного состава осадков водоемов определяется ландшафтной структурой и освоенностью водосбора, литолого-петрографическими и геохимическими особенностями его пород, уровнем продукционно-деструкционных процессов в озере, его морфометрическими параметрами, т. е. всеми факторами, контролирующими седиментацию органического и минерального веществ [1]. Загрязняющие компоненты поступают в водные системы в растворенной форме в виде взвешенных частиц с локальными сбросами, а также в составе стока с водосборных территорий. Анализ накопления микроэлементов в донных осадках водоемов и водотоков позволяет повысить информативность данных мониторинговых исследований.

Перечень изучаемых микроэлементов определен с учетом их ассоциаций, наиболее распространенных в донных осадках и тканях высших водных растений. Это элементы V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Pb и Ti, в основном относящиеся к тяжелым металлам, обладающим специфическими биогеохимическими свойствами: высокой биохимической активностью, токсичностью, канцерогенностью, тенденцией к биоконцентрированию, склонностью к гидролизу [2].

Методика исследования

Микроэлементный состав современных донных отложений в местах произрастания высшей водной растительности анализировался по данным мониторинга окружающей среды за 2000–2015 гг. Наблюдательная сеть включает в себя репрезентативные с точки зрения природных условий, а также фонового статуса или вида техногенного воздействия озера, водохранилища и реки (рис. 1):

- 46 ключевых участков (КУ) на озерах;
- 4 КУ на водохранилищах;
- 47 КУ на реках.

Опробованные озера отличаются генетическим типом, характером донных отложений и степенью зарастания. Донные отложения, служащие субстратом произрастания макрофитов, представлены в основном в литорали песками и песками заиленными, глубже – илами опесчаненными. Объекты на реках определены на основе бассейнового подхода, в том числе учитывались те из них, которые расположены на участках, испытывающих воздействие городов и промышленных предприятий различных типов. Пробы донных отложений отбирались из ненарушенного верхнего неконсолидированного слоя осадков (пелогена), мощность которых приближается к годовому слою осадков (не более 1–2 см) [3]. Проанализировано около 195 проб. Исследование валового содержания элементов производилось методом эмиссионного спектрального анализа (ЭСА) на приборе PGS-2 по методике [4]. Нижний предел обнаружения элементов составляет (мг/кг): Ti – 1; V – 10; Cr – 5; Mn – 10; Ni – 8; Cu – 1; Zn – 100; Pb – 5. Содержание элементов пересчитывалось на абсолютно сухое вещество.

Статистическая обработка данных включала в себя оценку распределения переменных с помощью гистограмм, вероятностных графиков и критериев согласия (Колмогорова – Смирнова, Шапиро – Уилка), вычисление дескриптивных статистик, непараметрический дисперсионный анализ Краскела – Уоллиса, корреляционный и факторный анализы. В случае усеченных выборок при доле проб с содержанием определяемого элемента выше предела обнаружения более 50 % в качестве среднего использовалась медиана.

Для приведения данных к нормальному закону распределения использовались логарифмирование при логнормальном распределении и извлечение квадратного корня при γ -распределении. Подобные преобразования позволяют нормализовать выборки и применять при анализе параметрические методы. Пригодность собранных данных для факторного анализа оценивалась с помощью тестов Кайзера – Мейера – Олкина (КМО) и сферичности Бартлетта. Факторный анализ выполнялся на основе корреляционной матрицы методом главных компонент с последующим варимакс-вращением. Статистический анализ осуществлялся с использованием программных пакетов Statistica 8.0 и SPSS 17.0.

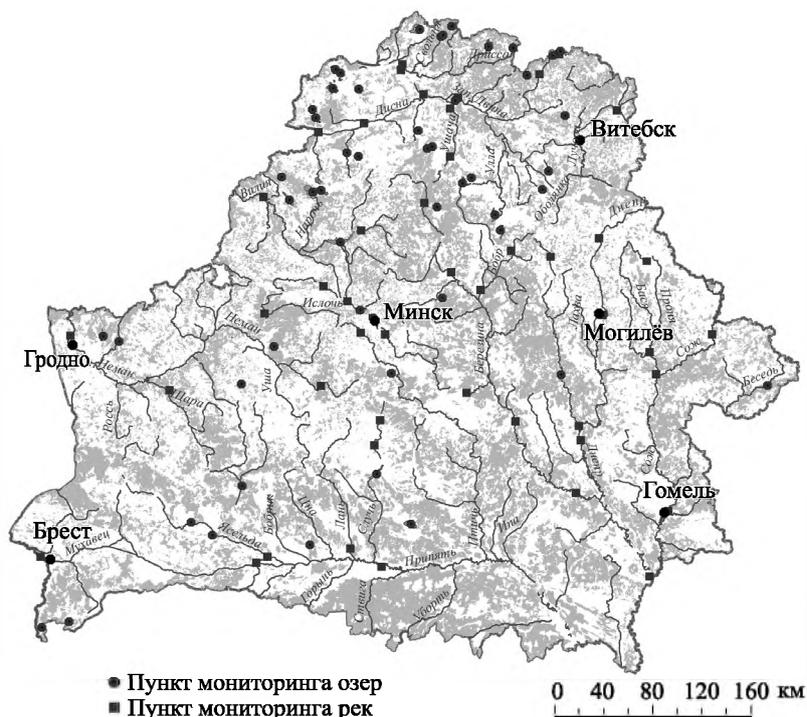


Рис. 1. Расположение пунктов мониторинга водоемов и водотоков Беларуси
Fig. 1. Location of reservoirs and rivers monitoring sites within of Belarus

Результаты исследования и их обсуждение

Донные отложения озер. Основные статистические параметры, характеризующие распределение содержания микроэлементов в современных донных отложениях озер Беларуси, представлены в табл. 1. Распределение большинства изучаемых элементов (Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Pb) подчиняется логарифмически нормальному закону распределения. Частота встречаемости Zn составляет 81 %, Mo – 80 %.

Таблица 1

Статистические параметры содержания микроэлементов в донных отложениях озер Беларуси, мг/кг сухого вещества ($n = 124$)

Table 1

Descriptive statistics of trace elements concentrations in lakes bottom sediments of Belarus, mg/kg DW ($n = 124$)

Элемент	\bar{x} (пределы вариации)	σ	s_x
Ti	1051 _g (24,2–9939)/6,96ln	1,19ln	0,107ln
V	13,1 _g (0,41–111,8)/2,57ln	1,045ln	0,094ln
Cr	13,8 _g (0,97–149,1)/4,93ln10 x_i	1,31ln10 x_i	0,117ln10 x_i
Mn	375 _g (19,8–6934)/5,93ln	1,0ln	0,09ln
Ni	5,33 _g (0,45–52,2)/3,98ln10 x_i	1,07ln10 x_i	0,096ln10 x_i
Cu	8,14 _g (0,99–142,7)/4,40ln10 x_i	0,800ln10 x_i	0,072ln10 x_i
Zn	29,9 (н. о. – 524,0)	–	–
Mo	0,97 (н. о. – 5,24)	–	–
Pb	18,3 _g (0,99–199,2)/2,91ln	0,854ln	0,077ln

Примечание. \bar{x} – среднее арифметическое; \bar{x}_g – среднее геометрическое; σ – стандартное отклонение; s_x – ошибка среднего; x_i – элемент выборки; $\bar{x}_{\ln(10x_i)}$ – рассчитано по логарифмированным данным; н. о. – ниже предела чувствительности метода определения.

Пункты опробования с аномальным содержанием изучаемых химических элементов были обнаружены с помощью диаграмм размаха (*box plot*). Согласно [5] данный способ наиболее эффективен при выявлении аномальных значений, в случае если их число не превышает 10 %. График *box plot* показывает медиану, нижний и верхний квартили, минимальное и максимальное значения выборки и выбросы (рис. 2). Выбросами считаются значения, превышающие величину 1,5 межквартильного размаха.

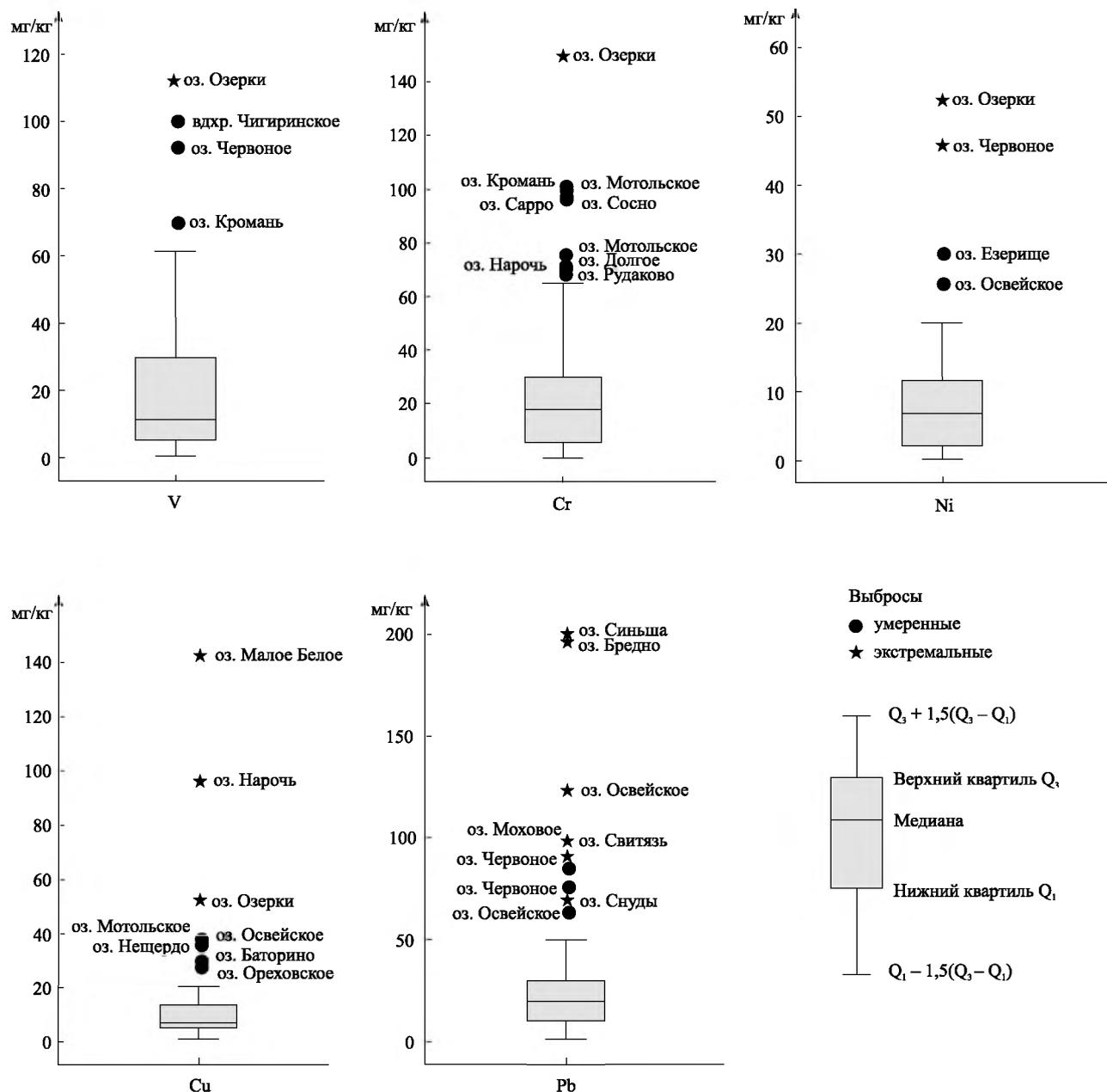


Рис. 2. Диаграммы размаха V, Cr, Ni, Cu, Pb в донных отложениях озер Беларуси
Fig. 2. Box-plot of V, Cr, Ni, Cu, Pb distributions in lakes bottom sediments of Belarus

Установлены озера, для донных отложений которых в наибольшей степени характерно проявление аномальной концентрации¹ ряда тяжелых металлов (рис. 3). Так, оз. Озерки выделяется аномальным содержанием Ni, V, Cu и Cr. В донных отложениях оз. Червоное выявлена аномальная концентрация следующих элементов: Ni – 8,61, V – 7,0, Pb – 3,5–5,0; оз. Освейское: Pb – 6,7, Ni – 4,9, Cu – 4,5; оз. Синьша: Pb – 10,8, Cr – 5,0; оз. Мотольское: Cr – 17,1, Cu – 14,6; оз. Нарочь: Cu – 11,8, Cr – 4,9 и т. д.

¹Коэффициент концентрации рассчитывался как отношение содержания элемента в объекте к среднему содержанию элемента в донных отложениях озер Беларуси в целом.

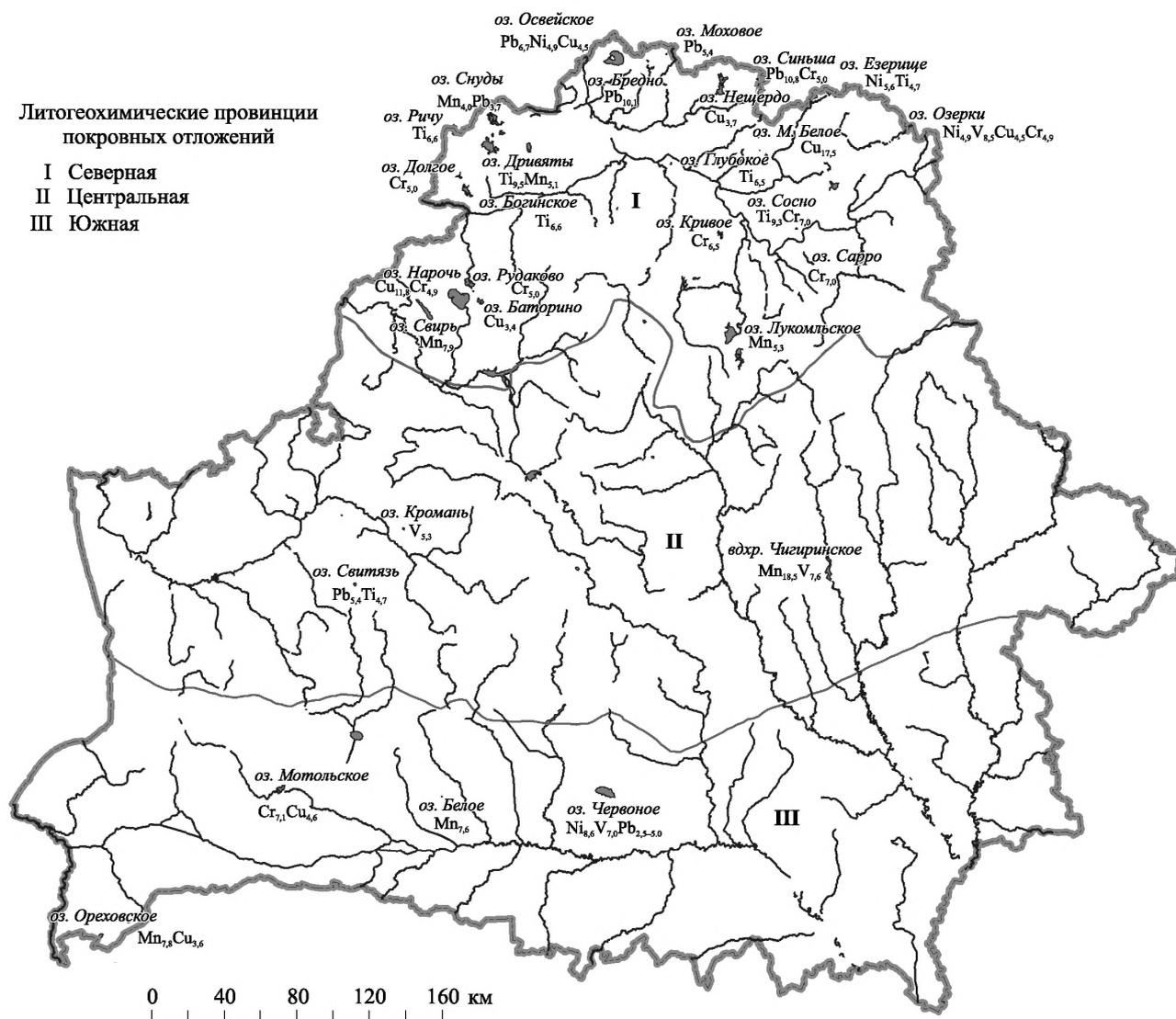


Рис. 3. Аномальное содержание химических элементов в донных отложениях озер Беларуси

Fig. 3. Anomalous content of chemical elements in Belarusian lakes bottom sediments

Пространственные закономерности (пространственные выбросы и кластеры объектов с высокими и низкими значениями) содержания исследуемых металлов в донных отложениях озер были проанализированы в среде ArcGIS на основе статистического показателя – локального индекса Морана I [6]. Для таких элементов, как Ti, Cr, Mn и Cu, пространственное распределение носит случайный характер. В отношении Pb выявлен кластер высоких значений на севере Беларуси (озера Освейское, Бредно, Белое и Моховое). Концентрация Pb в донных отложениях составляет 45–74 мг/кг.

Анализ статистических связей между содержанием химических элементов в донных отложениях озер показал, что большинство элементов объединены положительными корреляционными связями (табл. 2). Наибольшие корреляции ($r > 0,7$) характерны для Ni — Cr и Cu — Ni.

Пригодность данных для факторного анализа подтверждается достаточным результатом теста Кайзера – Мейера – Олкина (0,773) и значимым уровнем теста сферичности Барлетта ($\chi^2 = 459$; $df = 21$; $p < 0,001$). В результате факторного анализа выделены три главных компонента (фактора), объясняющих 82 % общей дисперсии.

С первым из них, описывающим 54 % общей дисперсии, положительно связано содержание Ni, Cu, Cr и V (табл. 3, рис. 4). Данные элементы концентрируются преимущественно в тонких фракциях, содержание которых, по-видимому, и отражает фактор 1.

Второй главный компонент (фактор 2) учитывает 17 % общей дисперсии и отражает поведение Mn. Установлено [1; 7; 8], что основными соединениями Mn в пресноводных отложениях являются его

оксиды и карбонаты. Содержание органического Mn (связанного с органическим веществом), как и силикатного (связанного с глинами), в донных отложениях обычно невелико [7]. Данный факт и обуславливает его выделение в самостоятельную ассоциацию.

Таблица 2

Статистические связи между концентрациями химических элементов в донных отложениях озер ($n = 124$)

Table 2

Pearson correlation matrix for trace elements in lakes bottom sediments ($n = 124$)

Элемент	Коэффициент концентрации					
	V	Cr	Mn	Ni	Cu	Pb
Ti	0,433	0,387	0,267	0,307	0,191	0,462
V		0,387	0,585	0,575	0,476	0,541
Cr			0,136	0,847	0,663	0,443
Mn				0,228	0,129	0,322
Ni					0,718	0,510
Cu						0,469

Примечание. Полу жирным курсивом отмечены статистически значимые коэффициенты корреляции при $p = 0,01$; курсивом – при $p = 0,05$.

Таблица 3

Ассоциации химических элементов в донных отложениях озер и рек

Table 3

Trace elements associations in lakes and rivers bottom sediments

Тип осадков	$n(r_{0,01})$	Фактор	Вес фактора, %	Общая дисперсия, %	Ассоциации
Донные отложения озер	124 (0,23)	F1	54	82	$Ni_{0,90} - Cu_{0,88} - Cr_{0,87} - (V_{0,49})$
		F2	17		$Mn_{0,95} - V_{0,68}$
		F3	11		$Ti_{0,94} - (Pb_{0,47})$
Донные отложения рек	72 (0,145)	F1	58	74	$Ni_{0,88} - Cr_{0,85} - V_{0,85} - Cu_{0,85} - Mn_{0,73} - Pb_{0,71}$
		F2	16		$Ti_{0,96} - (Pb_{0,43})$

Примечание. $n(r_{0,01})$ – объем выборки (критическое значение коэффициента корреляции r Пирсона при уровне значимости $\alpha = 0,01$); химические элементы в круглых скобках связаны более чем с одним фактором; нижний индекс после символа химического элемента – нагрузка на фактор.

Третий главный компонент (11 % общей дисперсии) характеризуется высокими нагрузками Ti. Элемент является малоподвижным в большинстве геохимических обстановок. Главные минералы – носители Ti (рутил, ильменит) устойчивы к выветриванию и концентрируются преимущественно в песчаных и алевритовых фракциях.

Донные отложения рек. Основные статистические параметры, характеризующие распределение микроэлементов в донных отложениях рек Беларуси, представлены в табл. 4. Частота встречаемости Zn составляет 93 %, Mo – 71 %. По сравнению с донными отложениями озер (см. табл. 1) установлена значительно более высокая концентрация V, Cr, Mn и Ni.

Изучение распределения химических элементов в донных отложениях рек с помощью диаграмм размаха (*box plot*) позволило выявить их аномальную концентрацию (рис. 5). Так, к аномальным отнесены значения содержания Ti > 6625 мг/кг; Cr > 198 мг/кг; Mn > 4558 мг/кг; Ni > 46 мг/кг; Cu > 43 мг/кг; Pb > 37 мг/кг.

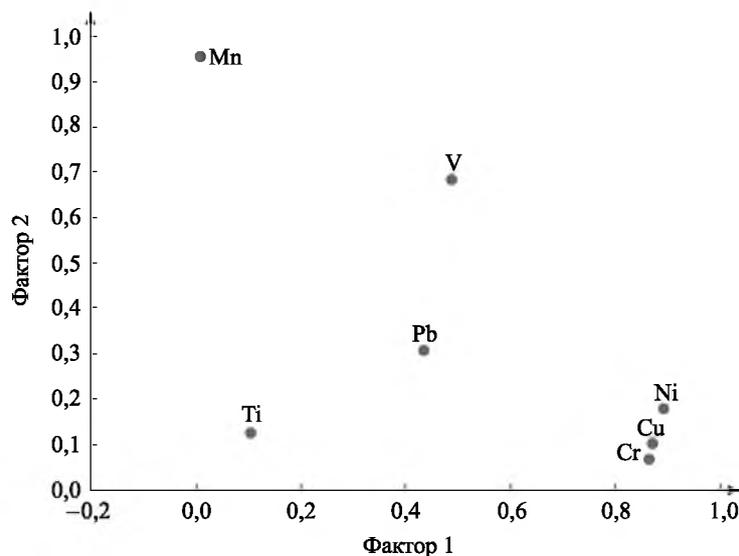


Рис. 4. График факторных нагрузок в проекции на плоскость факторного пространства, задаваемого осями факторов 1 и 2
Fig. 4. Principal component analysis loading plot (PC1 vs. PC2) for trace elements in lake bottom sediments

Таблица 4

Статистические параметры содержания элементов в донных отложениях рек, мг/кг сухого вещества ($n = 72$)

Table 4

Descriptive statistics of trace elements concentrations in rivers bottom sediments, mg/kg DW ($n = 72$)

Элемент	\bar{x} (пределы вариации)	σ	s_x
Ti	1515 _g (73,5–8785)/7,32ln	0,86ln	0,108ln
V	22,0 _g (2,91–98,8)/3,09ln	0,895ln	0,107ln
Cr	29,5 _g (0,98–284,6)/3,39ln	1,31ln	0,16ln
Mn	713 _g (69,3–9960)/6,57ln	1,12ln	0,134ln
Ni	9,76 _g (0,95–199,2)/4,58ln10 x_i	1,15ln10 x_i	0,138ln10 x_i
Cu	10,8 _g (1,47–99,0)/2,38ln	0,902ln	0,108ln
Zn	29,7 (н. о. – 867,0)	–	–
Mo	0,96 (н. о. – 9,83)	–	–
Pb	16,9 _g (2,21–86,7)/2,83ln	0,757ln	0,091ln

Донные отложения рек с аномальным содержанием элементов выявлены как в пунктах, расположенных в зонах техногенного воздействия, так и на фоновых участках (рис. 6). Так, в донных отложениях р. Днепр обнаружена аномальная концентрация следующих элементов (коэффициент концентрации): Cr – 6,7, Pb – 2,9, Cu – 6,5 (КУ в Могилёве) и Ni – 4,7, Pb – 3,8, Cu – 4,0 (КУ в Лоеве); р. Сож: Ni – 4,4, Pb – 5,1, Cu – 4,0 (КУ в Гомеле); р. Неман: Ni – 4,9, Mn – 6,8, Pb – 2,9 (КУ в Столбцах). Максимальная концентрация Ni (199 мг/кг) и Mn (6958–9960 мг/кг) установлена в донных отложениях р. Вилии (КУ в д. Михалишки) и р. Щары (КУ в д. Большая Воля).

Исследование взаимосвязей элементов на основе факторного анализа позволило выделить две их основные ассоциации в современных донных отложениях рек Беларуси (см. табл. 3). Первую ассоциацию образуют Ni, Cr, V, Cu, Mn и Pb, вторая определяет варьирование Ti и в меньшей степени Pb. По сравнению с ассоциациями в донных отложениях озёр Mn не образует отдельной группы. Однако предлагаемая факторная модель объясняет лишь 55 % дисперсии Mn.

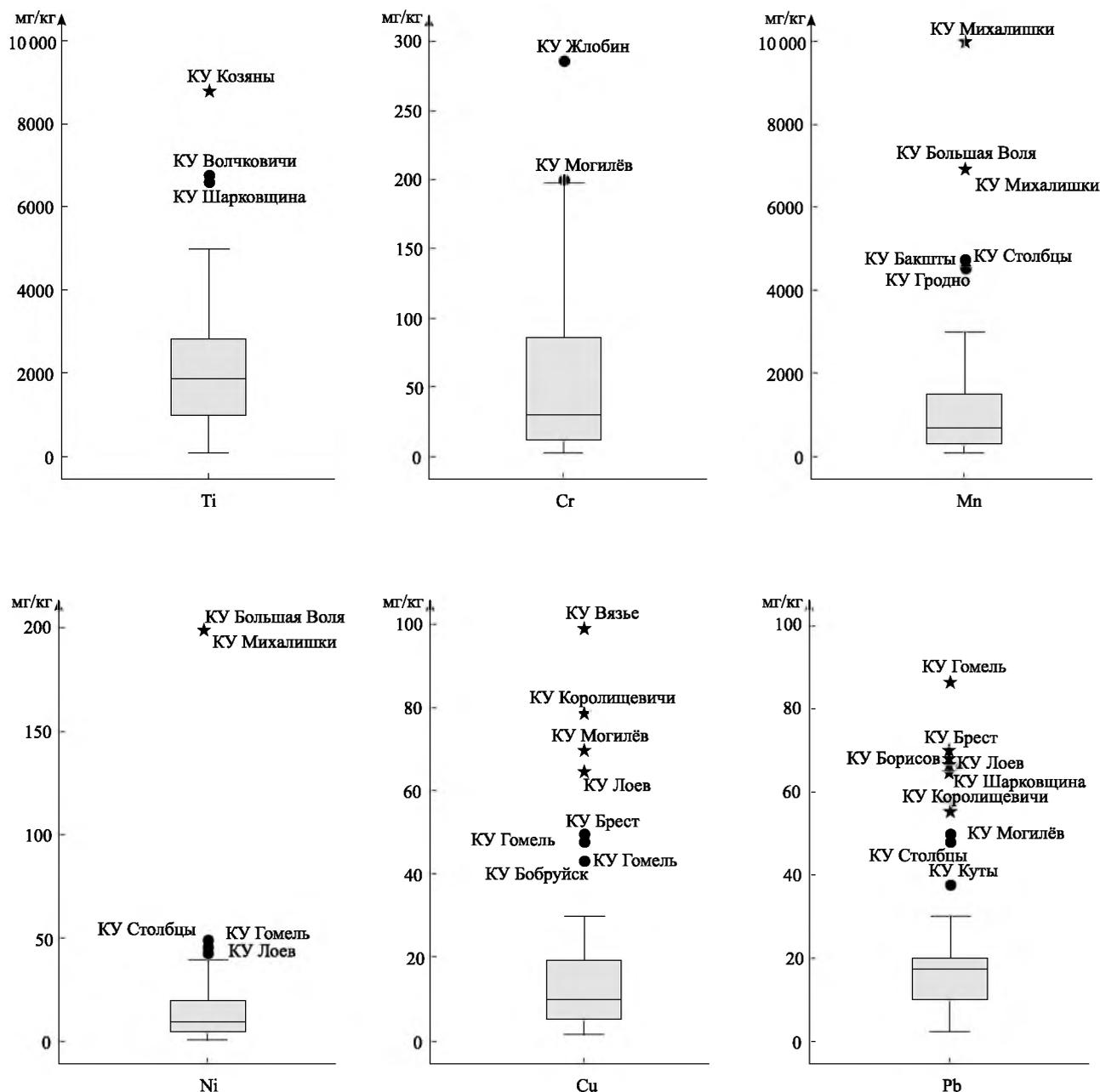


Рис. 5. Диаграммы размаха Ti, Cr, Mn, Ni, Cu, Pb в донных отложениях рек Беларуси
Fig. 5. Box-plot of Ti, Cr, Mn, Ni, Cu, Pb distributions in rivers bottom sediments of Belarus

Состав и структура ассоциаций, выделенных в донных отложениях рек, в целом соответствуют природным ассоциациям элементов в дерново-подзолистых почвах национальных парков «Нарочанский» и «Браславские озера» [9].

Для пород и почв водосборных территорий Беларуси характерно содержание микроэлементов ниже кларковых значений. Так, почвы Беларуси обеднены титаном, марганцем, ванадием, медью и никелем примерно в три раза, хромом – в два раза, содержание свинца сопоставимо с кларком [10]. В донных отложениях исследуемые элементы накапливаются в меньшей концентрации, чем в почвах, за исключением Mn и Pb. Как видно из табл. 5, среднее содержание микроэлементов в донных отложениях озер и рек Беларуси, по данным мониторинга, в основном сопоставимо со значениями, приведенными в работах других авторов [11; 12]. Расхождения обусловлены характеристиками выборки (количество проб, их соотношение по типу осадков и охвату литогеохимических провинций), различиями в методиках отбора (глубина опробования, тип осадка), большой вариабельностью значений (см. табл. 1 и 4).

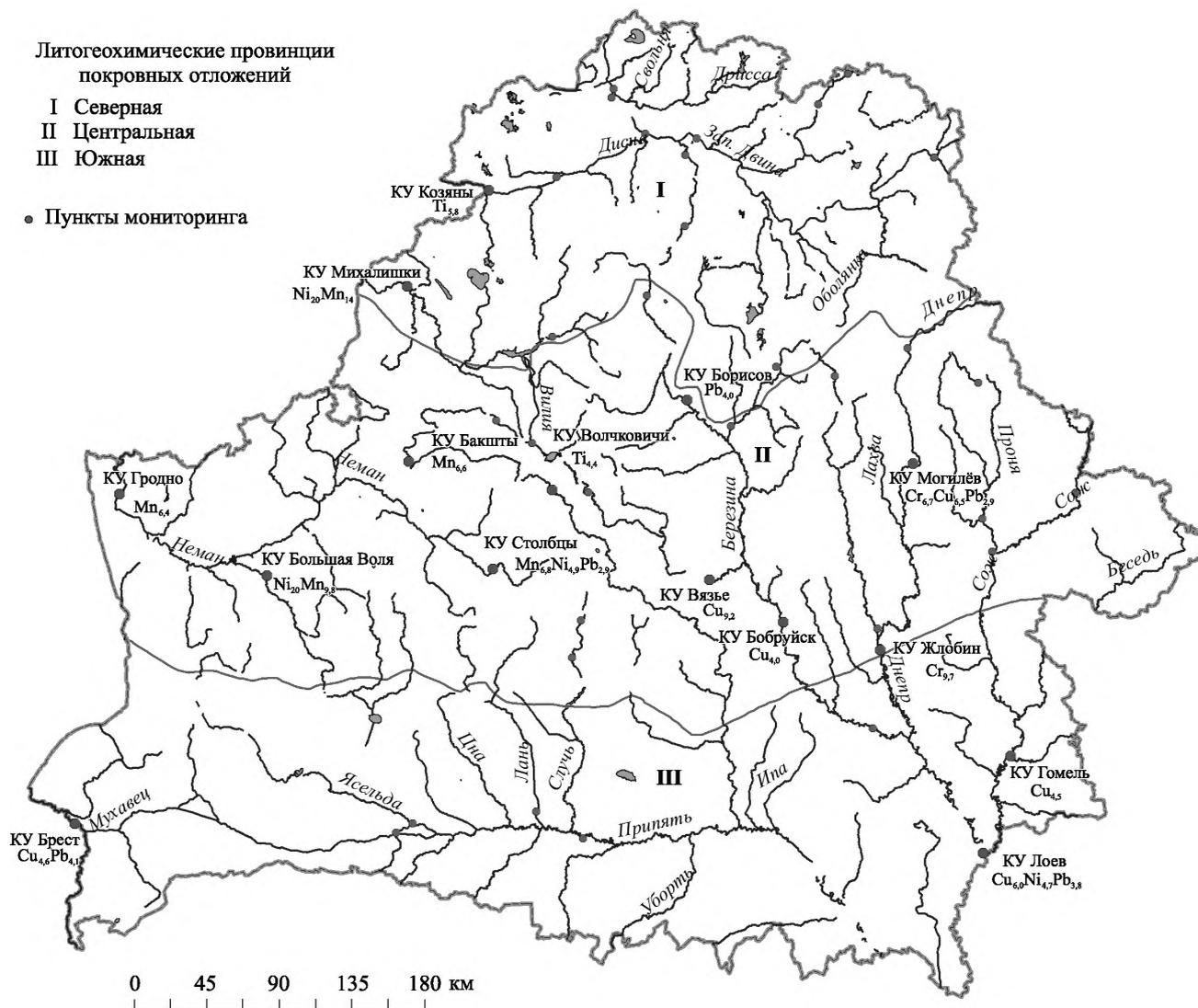


Рис. 6. Аномальное содержание химических элементов в донных отложениях рек Беларуси
Fig. 6. Anomalous content of chemical elements in Belarusian rivers bottom sediments

Таблица 5

Среднее содержание химических элементов в донных осадках водоемов
и водотоков Беларуси по данным разных источников, мг/кг сухого вещества

Table 5

Average content of chemical elements in bottom sediments of Belarusian lakes
and rivers according to different sources, mg/kg DW

Осадки	Источник данных	Ti	V	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Mo	Pb
Донные отложения озер	По данным мониторинга	1051,0	13,1	13,8	375,0	5,33	8,14	29,9	0,97	18,3
Донные отложения рек	По данным мониторинга	1515,0	22,0	29,5	713,0	9,76	10,8	29,7	0,96	16,9
Озерные осадки северной Беларуси	[1]	840,0	23,0	16,0	820,0	10,0	17,0	–	–	8,0
Донные отложения озер	[11]	2617,0	19,3	14,6	768,8	4,6	7,24	51,1	–	21,9
Донные отложения рек	[12]	1021,0	19,0	16,7	384,0	14,8	14,1	–	–	16,0
Почвы Беларуси	[9]	1562,0	34,0	36,0	247,0	20,0	13,0	–	–	12,0

Согласно [1] современное осадкообразование на территории Беларуси испытывает на себе антропогенное влияние: по причине сельскохозяйственно-мелиоративного использования земель увеличивается поступление с водосбора терригенного материала (в основном – глинистого), с которым связаны Ti, Mn, Zn, Cr, V и Pb. В результате органоминерального взаимодействия возрастает геохимическая подвижность Mn, Cu и Zn. Воздействие локальных техногенных источников стало причиной выявленной аномальной концентрации Pb, Ni, Cu и Cr, что согласуется с данными [12].

Среднее содержание большинства микроэлементов в донных осадках Беларуси в два-три раза ниже среднеевропейского, концентрация Pb близка к нему (табл. 6). Для Cr, Ni, Cu, Zn и Pb средние значения в донных осадках Беларуси сопоставимы с данными, характеризующими водоемы Литвы, Латвии и Польши.

Таблица 6

Среднее содержание химических элементов в донных осадках
различных районов, мг/кг сухого вещества

Table 6

Average content of chemical elements in bottom sediments of different regions, mg/kg DW

Тип осадков	Регион	Ti	V	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Mo	Pb
Донные отложения озер	Беларусь	1051,0	13,1	13,8	375,0	5,33	8,14	29,9	0,97	18,3
Донные отложения рек	Беларусь	1515,0	22,0	29,5	713,0	9,76	10,8	29,7	0,96	16,9
Донные отложения рек	Европа [13]	3750,0	62,0	92,8	868,0	21,0	17,0	71,0	1,34	20,5
Донные отложения водоемов и водотоков	Польша [14]	31,0	7,0	6,0	255,0	6,0	7,0	7,0	–	13,0
Донные отложения озер	Литва [15]	–	–	23,0	–	11,3	9,8	50,2	–	17,1
Донные отложения озер	Латвия [16]	–	–	23,9	–	17,4	14,7	78,5	–	20,1

Таким образом, в результате анализа данных мониторинга выявлены озера с аномальной концентрацией Ni, V, Cu, Cr и Pb в донных осадках. Установлено, что в донных отложениях рек средняя концентрация V, Cr, Mn и Ni выше, чем в озерах. Донные отложения рек с аномальным содержанием элементов обнаружены как в пунктах, расположенных в зонах техногенного воздействия, так и на фоновых участках.

Библиографические ссылки

1. Жуховицкая А. Л., Генералова В. А. Геохимия озер Белоруссии. Минск, 1991.
2. Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. М., 1987.
3. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л., 1983.
4. Зырин Н. Г., Обухов А. И. Спектральный анализ почв, растений и других биологических материалов. М., 1977.
5. Reimann C., Filzmoser P., Garrett R. G. Background and threshold: critical comparison of methods of determination // Sci. Total Environ. 2005. Vol. 346, issues 1–3. P. 1–16.
6. Anselin Luc. Local Indicators of Spatial Association – LISA // Geogr. Analysis. 1995. Vol. 27, issue 2. P. 93–115.
7. Мартынова М. В. Формы нахождения марганца, их содержание и трансформация в пресноводных отложениях (аналитический обзор) // Экол. химия. 2012. Т. 21, № 1. С. 38–52.
8. Zerbe J., Sobczyński T., Elbanowska H., et al. Speciation of heavy metals in bottom sediments of lakes // Pol. J. Environ. Stud. 1999. Vol. 8, № 5. P. 331–339.
9. Лукашэў О. В., Жуковская Н. В., Лукашэва Н. Г. Ассоциации химических элементов в почвенном покрове природных и урбанизированных территорий // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. 2016. № 1. С. 46–55.
10. Петухова Н. Н., Кузнецов В. А. Кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси // Докл. АН Беларуси. 1992. Т. 36, № 5. С. 461–465.
11. Vlasov B. P., Gigevich G. S. Estimation of pollution of lakes of Belarus under the contents of heavy metals in water plants and bottom sediments // Limnol. rev. 2006. Vol. 6. P. 289–294.
12. Лукашэў О. В., Жуковская Н. В., Лукашэва Н. Г. и др. Содержание химических элементов в современных донных отложениях рек Беларуси (техногеохимический аспект) // Природопользование. 2015. Вып. 27. С. 109–117.
13. Geochemical Atlas of Europe. Part 1. Background information, methodology and maps. Geological Survey of Finland. 2005. URL: <http://www.gtk.fi/publ/foregsatlas/> (date of access: 05.02.2017).
14. Lis J., Pasieczna A. Geochemical atlas of Poland. 1 : 2 500 000. Warsaw, 1995.
15. Raulinaitis M., Ignatavičius G., Sinkevičius S., et al. Assessment of heavy metal contamination and spatial distribution in surface and subsurface sediment layers in the northern part of Lake Babrukas // Ekologija. 2012. Vol. 58, № 1. P. 33–43.
16. Klavins M., Kokorite I., Jankevica M., et al. Trace elements in sediments of lakes in Latvia // Recent Researches in Geography, Geology, Energy, Environment and Biomedicine : proc. of the 4th WSEAS Intern. conf. 2011. P. 43–47.

References

1. Zhukhovitskaya A. L., Generalova V. A. [Geochemistry of lakes of Belarus]. Minsk, 1991 (in Russ.).
2. Mur J. V., Ramamurti S. [Heavy metals in natural waters]. Moscow, 1987 (in Russ.).
3. [Manual for hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments]. Leningrad, 1983 (in Russ.).
4. Zyryn N. G., Obukhov A. I. [Spectral analysis of soils, plants and other biological materials]. Moscow, 1977 (in Russ.).
5. Reimann C., Filzmoser P., Garrett R. G. Background and threshold: critical comparison of methods of determination. *Sci. Total Environ.* 2005. Vol. 346, issues 1–3. P. 1–16.
6. Anselin Luc. Local Indicators of Spatial Association – LISA. *Geogr. Analysis.* 1995. Vol. 27, issue 2. P. 93–115.
7. Martynova M. V. Manganese forms, their contents, and transformation in freshwater sediments (analytical review). *Ekol. khim.* 2012. Vol. 21, No. 1. P. 38–52 (in Russ.).
8. Zerbe J., Sobczyński T., Elbanowska H., et al. Speciation of heavy metals in bottom sediments of lakes. *Pol. J. Environ. Stud.* 1999. Vol. 8, No. 5. P. 331–339.
9. Lukashov O. V., Zhukovskaya N. V., Lukashova N. G. The chemical elements Associations in the soils of natural and urban areas. *Vestnik BGU. Ser. 2, Khim. Biol. Geogr.* 2016. No. 1. P. 46–55 (in Russ.).
10. Petukhova N. N., Kuznetsov V. A. [Trace elements Clarkes in soil of Belarus]. *Dokl. AN Belarusi.* 1992. Vol. 36, No. 5. P. 461–465 (in Russ.).
11. Vlasov B. P., Gigevich G. S. Estimation of pollution of lakes of Belarus under the contents of heavy metals in water plants and bottom sediments. *Limnol. rev.* 2006. Vol. 6. P. 289–294.
12. Lukashov O. V., Zhukovskaya N. V., Lukashova N. G., et al. Chemical elements contents in modern bottom sediments of Belarus rivers (technogeochemical aspect). *Prirodopol'zovaniye.* 2015. Issue 27. P. 109–117 (in Russ.).
13. Geochemical Atlas of Europe. Part 1. Background information, methodology and maps. Geological Survey of Finland. 2005. URL: <http://www.gtk.fi/publ/foregsatlas/> (date of access: 05.02.2017).
14. Lis J., Pasieczna A. Geochemical atlas of Poland. 1 : 2 500 000. Warsaw, 1995.
15. Raulinaitis M., Ignatavičius G., Sinkevičius S., et al. Assessment of heavy metal contamination and spatial distribution in surface and subsurface sediment layers in the northern part of Lake Babrukas. *Ekologija.* 2012. Vol. 58, No. 1. P. 33–43.
16. Klavins M., Kokorite I., Jankevica M., et al. Trace elements in sediments of lakes in Latvia. *Recent Researches in Geography, Geology, Energy, Environment and Biomedicine* : proc. of the 4th WSEAS Intern. conf. 2011. P. 43–47.

Статья поступила в редакцию 03.03.2017.
Received by editorial board 03.03.2017.

УДК 551.782.2.:551.79.792(476)

АВГУСТОВСКИЙ ИНТЕРГЛЯЦИАЛ ПОЛЬШИ
ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ФАУНЫ МОЛЛЮСКОВА. Ф. САНЬКО¹⁾¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

С помощью малакофаунистического метода изучены отложения, вскрытые в скважинах Жарново и Коморники. Результаты исследования подтверждают верность выводов польских исследователей, относящих августовские отложения к древнейшим в гляциоплейстоцене. Исходя из концепции развития флоры и фауны в одном климатическом цикле (оптимуме), отложения августовского интергляциала предлагается рассматривать как толщину, включающую в себя три самостоятельных стратиграфических подразделения плейстоцена в ранге горизонтов: жарновский интергляциал, бибжинский гляциал и августовский интергляциал. В составе пресноводной фауны моллюсков этих подразделений впервые выявлены раннеплейстоценовые виды *Parafossorulus crassitesta* и *Fagotia wuesti*, не встречающиеся в более молодой фауне Польши и Беларуси. Сделан вывод о том, что присутствие понто-каспийских реофилов в составе фауны указывает на проточность ископаемых августовских озер и их возможное вхождение в понтический (черноморский) речной бассейн.

Ключевые слова: фауна моллюсков; жарновский интергляциал; бибжинский гляциал; августовский интергляциал.

AUGUSTOVIAN INTERGLACIAL OF POLAND
ACCORDING TO THE STUDY OF MOLLUSCS FAUNAA. F. SANKO^a^aBelarusian State University, Niezalieźnasci Avenue, 4, 220030, Minsk, Belarus

Malacofaunistic research was passed out on the sediments exposed in the boreholes Zharnowo and Komorniki. The results of the study allow the author to join the opinion of those Polish researchers who said of the Augustovian deposits of the oldest in the Glaciopleistocene. Based on the concept of development of flora and fauna in one climatic cycle (the optimum), Augustovian Interglacial sediments is considered as the thickness, including the following three separate stratigraphic units of the Pleistocene in the rank of horizons: Zharnovian Interglacial, Bebzhan Glacial and Augustovian Interglacial. The species *Parafossorulus crassitesta*, *Fagotia wuesti* detected for the first time in the composition of the freshwater fauna of molluscs of these units. They do not occur in younger Pleistocene faunas of Poland and Belarus. The presence of Ponto-Caspian reophytes molluscs in the composition of the fauna indicates the flow in fossil lakes, their possible entry into the Pontic (Black sea) river basin.

Key words: malacofauna; Zharnovian Interglacial; Bebzhan Glacial; Augustovian Interglacial.

Образец цитирования:

Санько А. Ф. Августовский интергляциал Польши по данным изучения фауны моллюсков // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 163–174.

For citation:

Sanko A. F. Augustovian Interglacial of Poland according to the study of molluscs fauna. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 163–174 (in Russ.).

Автор:

Александр Федорович Санько – доктор геолого-минералогических наук, доцент; заведующий кафедрой инженерной геологии и геофизики географического факультета.

Author:

Aleksander Sanko, doctor of science (geology and mineralogy), docent; head of the department of engineering geology and geophysics, faculty of geography.
sankoaf@tut.by

Введение

В конце XX – начале XXI в. в стратиграфических схемах четвертичных отложений Польши появился новый горизонт под названием «августовский», соответствующий самому древнему интергляциалу среднего плейстоцена или гляциоплейстоцена [1; 2]. Изучение отложений этого интерстадиала стало возможным в результате проведения геологической съемки в масштабе 1:50 000 на крайнем северо-востоке Польши, в границах Августовской равнины и сопредельных территорий. Августовские отложения, представляющие собой светло-серые алевриты и слабогумусированные супеси, залегают в интервале от 15 до –15 м над уровнем моря на морене древнейшего в гляциоплейстоцене наревского оледенения. Они перекрываются сложно построенной толщей ледниковых образований мощностью более 100 м. Августовские отложения вместе с наревской мореной были пройдены в нижней части четвертичной толщи целым рядом скважин. Названия этих скважин благодаря комплексному изучению керна стали хорошо известны и часто упоминаются в геологической литературе, посвященной четвертичному периоду Польши. Это скважины Чарнуха, Коморники, Жарново, Калейты, Щерба, Янув-ка, Суха-Весь, Гаврых-Руда, Зелене Крулевске. Польский геолог А. Бер [3] обозначил расположение указанных скважин на северо-востоке Польши и оконтурил вероятные границы августовского погребенного озера. Судя по схеме А. Бера (рис. 1), августовское озеро было вытянуто с северо-запада на юго-восток (преобладающее направление ледниковых потоков в плейстоцене), его размеры составляли приблизительно 50 км в длину и 30 км в ширину.

Вопросы геологического строения четвертичных отложений в стратотипической местности достаточно полно освещены в литературе [3; 5–7]. К настоящему времени существует несколько основных положений, касающихся условий залегания и стратификации августовских озерных отложений.

1. Погребенные озерные отложения, относящиеся к августовскому интергляциалу, залегают *in situ* на самой древней в гляциоплейстоцене Польши наревской морене. Через взаимные переходы она тесно связана с августовскими озерными отложениями [8]. Августовские осадки перекрываются толщей четвертичных отложений, в составе которых насчитывается от шести (скв. Чарнуха) или семи (скв. Суха-Весь) до девяти (скв. Жарново) моренных слоев [4; 9].

2. Августовский интергляциал, судя по палеонтологическим, главным образом палинологическим, исследованиям [2; 9–11], представляет собой так называемый двухоптимный интергляциал (*Augustovian I + Augustovian I/II + Augustovian II*). Более древний августовский интергляциал I и более молодой августовский интергляциал II, согласно этим исследованиям, являются теплыми временными интервалами с климатом интергляциального типа. Разделяющий их интервал озерных осадков (августовский интергляциал I/II) также отнесен к интергляциальному типу климата, но в ранге похолодания [12].

3. Стратификация августовского интергляциала может быть иной – в соответствии с концепцией одного климатического цикла в плейстоцене или однооптимности межледниковых интервалов [13].

Интервалам, обозначаемым как климатический оптимум и промежуточное похолодание августовского интергляциала Польши, предлагается присвоить индивидуальные названия. Более древний климатический оптимум августовского интергляциала I (*Augustovian I*) предлагается назвать жарновским интергляциалом (*Zharnovian Interglacial*) – по отложениям одноименной скважины, изученным с помощью комплексного подхода и рассматриваемым в настоящей работе малакофаунистическим методом. Интервал августовского интергляциала I/II (*Augustovian I/II*) следует считать перигляциальными отложениями одного из малых оледенений плейстоцена Европы – по-видимому, самого первого малого оледенения в гляциоплейстоцене или среднем плейстоцене. В соответствии с правилом именовать оледенения по названиям рек рекомендуется назвать его бибжинским оледенением (*Bebzhian Glacial*). В бассейне р. Бибжи (приток Нарева) на северо-востоке современной Польши выявлены августовские отложения. Верхний, или грабовый, климатический оптимум августовского интергляциала (*Augustovian II*) сохраняет за собой название августовский интергляциал (*Augustovian Interglacial*). Отложения этого интерстадиала чаще всего попадают в разрезе скважин, пробуренных на Августовской равнине и прилегающих к ней территориях.

Рассматриваемая толща жарновско-августовских отложений, вскрытых на значительной площади в пределах северо-восточной Польши в ненарушенном залегании и в суперпозиции (между древнейшими плейстоценовыми моренами), является уникальной по стратиграфической полноте для понимания последовательности палеогеографических событий в начале ледникового плейстоцена. Польские геологи сопоставляют августовскую толщу с бавелским комплексом и низами кромерского комплекса Нидерландов [14]. Степень изученности интергляциальных отложений района Августова такова, что в вопросах стратиграфических корреляций нижней части среднего плейстоцена в ближайшем будущем, вероятно, целесообразнее привязываться не к схеме четвертичных отложений Нидерландов,



Рис. 1. Местонахождения (закрашенные пунсоны) озерных отложений августовского интергляциала (по [3])

Fig. 1. Location of lake sediments of Augustovian Interglacial (according to [3])

а к августовскому страторайону Польши. По мнению исследователя М. Дриса [15], доказательства, связанные с эбуром, валом, менапом и бавелом, считаются слишком неполными, чтобы подтвердить существование любого из этих этапов. Вопросы корреляции августовских отложений все еще остаются неоднозначными, дискуссионными. Их сопоставляют с образованиями нижней части кромерского и бавелского комплексов Нидерландов [9], осадками корчевского межледниковья Беларуси [16], отложениями фердинандовского (Польша) и беловежского (Беларусь) интергляциалов [17].

Целью настоящей работы является реконструкция фауны моллюсков августовского интергляциала Польши, сопоставление ее с малакофауной Беларуси в таксономическом и возрастном отношении, корреляция малакологических данных с материалами других палеонтологических исследований и на этой основе уточнение стратиграфического ранга августовских отложений.

Материалы и методы исследования

Раковины моллюсков являются характерными палеонтологическими включениями в августовских озерных осадках на северо-востоке Польши. Исследования августовской ископаемой фауны моллюсков ранее проводил С. Скомпский [18] по отложениям, вскрытым в скважинах Суха-Весь (Ельское Поозерье) и Чарнуха (Августовская равнина). В ископаемой фауне моллюсков скв. Суха-Весь ученый выявил 19 таксонов, в скв. Чарнуха – 13. Присутствие в рассматриваемой фауне вида *Lithoglyphus jahnii* позволило С. Скомпскому сделать заключение о том, что возраст отложений августовского интергляциала не может быть моложе возраста мазовецкого (александрийского) интергляциала. Сведения об августовской малакофауне приведены также в статье, посвященной комплексному (геологическому, палинологическому, диатомовому) изучению озерно-болотных отложений по скв. Коморники [19]. В составе александрийской малакофауны скв. Коморники, помимо других, указывается вымерший вид *Fagotia wuesti*, характерный для бавелского комплекса Нидерландов.

Ископаемую фауну моллюсков августовского интергляциала рассмотрим на примере наиболее полно выявленной малакофауны скв. Жарново, в палеонтологической обработке которой принимал участие автор настоящей работы. Озерные отложения, вскрытые в скв. Жарново, оказались обогащены карбонатом кальция. Они содержат раковины моллюсков, более или менее равномерно распределенные

по всей толще на глубине от 115,6 до 146,0 м. Из керна скважины для малакофаунистического анализа способом, сопряженным с палеоботаническими (палинологическим и палеокарпологическим) методами, были отобраны 93 пробы. Вес каждой из них составлял от 1 до 2 кг. Порода в лабораторных условиях заливалась водой, после чего промывалась на сите с ячейками диаметром 0,5 мм. Обогащенная проба помещалась в шламовый мешочек для просушки. Перед началом просмотра в бинокляре проба еще раз промывалась под струей воды для окончательного удаления минерального остатка с поверхностных и внутренних частей раковин и высушивалась. Раковины приобретали свой естественный цвет. Камеральная обработка малакологического материала состояла из следующих операций: отбора раковин и их обломков из обогащенной породы, определения таксонов, проведения сравнительно-морфометрического и биометрического анализа раковин, подсчета количества раковин с отображением результатов в графической форме.

Результаты малакофаунистических исследований

По находкам раковин моллюсков в скв. Жарново определены наземные и пресноводные таксоны, большинство из которых известны по четвертичной малакофауне Польши, Беларуси и сопредельных территорий. Список выявленных таксонов включает в себя также вымершие виды, которые исчезли на разных отрезках среднего плейстоцена. Два вида, *Parafossorulus crassitesta* (Brömme) и *Fagotia wuesti* Meijer, в четвертичной малакофауне Польши обнаружены впервые. Поэтому имеется основание привести их краткую палеонтологическую характеристику.

***Parafossorulus crassitesta* (Brömme) (рис. 2).**

Синонимы. *Bithynia neumayri* (Girotti, 1972), *Neumaytia crassitesta* (Brömme, 1885).

Материал. Скв. Жарново: обнаружено 118 крышечек, обломки раковин.

Описание. Раковина относительно крупная, конической формы с 5–6 оборотами. Высота завитка больше высоты устья. Форма устья овальная, сверху заостренное. Столбиковый край устья слабо утолщен, внешний край слегка отвернут. Крышечка с эксцентрическим ядром, толстостенная, блестящая. Размеры: высота раковин составляет от 15 до 16 мм, ширина – от 9 до 10 мм; высота крышечек – от 4,9 до 5,8 мм, ширина – от 3,7 до 5,8 мм; соотношение высоты к ширине крышечек всегда характеризуется величиной 1,3.

Примечание. Вид плиоценовый и раннеплейстоценовый, известный только в ископаемом состоянии. По общему облику и большинству признаков раковина сходна с *Bithynia tentaculata* (Linnaeus), от которой отличается более крупными размерами и эксцентричностью ядра крышечки.

Экология. Схожесть раковин с битиниями позволяет предположить близость экологических условий их проживания. *Parafossorulus crassitesta* (Brömme), скорее всего, являлась эвриэкологическим моллюском, способным обитать в водоемах и водотоках с умеренным течением.

Находки в ископаемом состоянии. Скопления крышечек *P. crassitesta* (Brömme) обнаружены в отложениях корчевского межледникового в Беларуси (разрез Корчево). В более молодых (беловежских и александрийских) отложениях Беларуси и их аналогов в Польше раковины и крышечки рассматриваемого вида не встречаются. Раковины вида известны из эоплейстоценовых отложений р. Верхний Дон (разрез Каротояк). Крышечки *P. crassitesta* (Brömme) присутствуют в отложениях августовского интергляциала (разрез Коморники, Польша) [19]. В Нидерландах раковины и крышечки рассматриваемого вида довольно часто обнаруживаются в отложениях интергляциала бавел [20].

***Fagotia wuesti* Meijer (рис. 3).**

Материал. Скв. Жарново: обнаружено 412 раковин, включая юные и обломки.

Описание. Раковина стройная, высокая, с 8–9 оборотами, верхние из которых, как правило, обломаны. Апикальный угол составляет от 25 до 30°, сутуральный наклон – 10°. На поверхности нижних оборотов заметны спиральные полосы. Первые пять оборотов слабовыпуклые с умеренно глубоким швом. Поверхность раковины глянцевая. Устье овально-удлиненное, сверху угловатое. Внутренняя губа формирует маленькую костную мозоль. Внешняя губа не утолщена. Коллумелярный край устья синусоидально изогнут. В его нижней части сформирован небольшой сифонообразный желоб, изгибающийся вслед за коллумелярным краем. Пупок отсутствует. Высота взрослых раковин с обломанным завитком составляет 18,5 мм, ширина – 6,3 мм.

Примечание. Вид впервые описан Т. Мейером [21] в отложениях интергляциала бавел (нижний плейстоцен Нидерландов). Систематическая принадлежность экземпляров вида в нашей коллекции подтверждена автором вида. Из современных раковин наиболее близок к рассматриваемому виду *Fagotia acicularis* (Ferussac), отличающийся менее высокой и стройной (с меньшим количеством оборотов) раковиной и менее изогнутой спиралью. По всей вероятности, к концу бавела вид вымер и в Средней Европе. Его экологическую нишу унаследовал вид *F. acicularis* (Ferussac).



Рис. 2. *Parafossorulus crassitesta* (Brömme): раковина из отложений разреза Каротояк на р. Верхний Дон и крышечки из отложений разреза Жарново

Fig. 2. *Parafossorulus crassitesta* (Brömme): shell from deposits of Korotoyak on the Upper Don and operculum from deposits of the Zharnovo site



Рис. 3. *Fagotia wuesti* Meijer: раковина из отложений разреза Жарново (Польша), образец 28, глубина 138,4–138,6 м (1–2) и 138,5–138,6 м (3)

Fig. 3. *Fagotia wuesti* Meijer: shell from deposits of Zharnovo (Poland), sample 28, depth 138,4–138,6 m (1–2) and 138,5–138,6 m (3)

Экология. Близкое строение раковин *Fagotia wuesti* Meijer и *F. acicularis* (Ferussac) предполагает сходство их экологических условий обитания, таких как предпочтение текучих вод слабой силы и каменистого дна. Обитание в реках и озерах. *F. acicularis* (Ferussac) – понтический вид, заселяет реки бассейна Черного моря. Ареал распространения *F. wuesti* Meijer был, по-видимому, шире – являлся черноморско-средиземноморским. В раннем плейстоцене (бавел) его ареал охватывал также реки в Нидерландах.

Находки в ископаемом состоянии. На территории северо-восточной Польши раковины впервые найдены в отложениях августовского интергляциала (разрезы Коморники, Жарново и Чарнуха). Вид был распространен в водоемах жарновского интергляциала. В течение бибжинского ледникового периода он вымер и в фауне августовского интергляциала не встречается.

В изученных малакофаунистическим методом 93 пробах количество раковин моллюсков отличается. В межледниковых слоях их число увеличивается, в ледниковых (перигляциальных) – уменьшается. Малакологическая диаграмма, показывающая кривые таксонов с высоким процентным участием только самых важных в стратиграфическом и экологическом отношении видов, разделена на девять локальных малакологических зон (рис. 4). На основании определения видового состава моллюсков в этих зонах реконструированы изменения природной среды, происходившие в конце наревского гляциала, жарновского интергляциала, бебжинского гляциала, августовского интергляциала и гляциала нида. Приведем краткое обобщенное описание малакофауны скв. Жарново в этих подразделениях и сравним их с данными синхронного отбора проб на спорово-пыльцевой [9] и палеокарпологический [22] анализ.

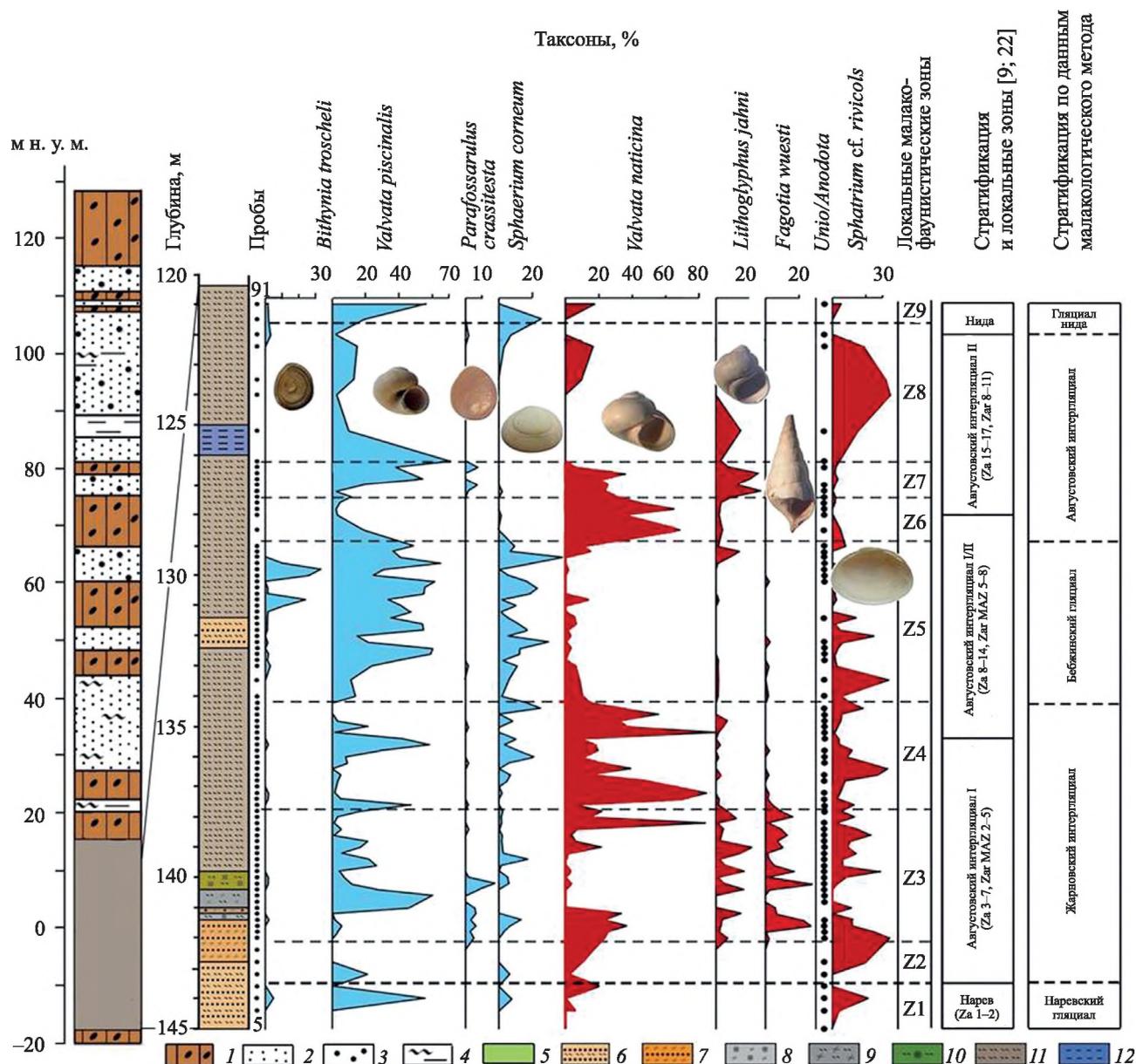


Рис. 4. Малакологическая диаграмма отложений, вскрытых скважиной Жарново на северо-востоке Польши:

- 1 – морена; 2 – песок; 3 – гравий; 4 – примесь глины и алеврита; 5 – озерные отложения;
6 – песок с примесью алеврита; 7 – алеврит с примесью песка; 8 – супесь органогенная;
9 – супесь органогенная тонкая; 10 – гиттия; 11 – супесь легкая; 12 – суглинок

Fig. 4. Malacological diagram of the deposits, opened by borehole Zharnovo in north-eastern Poland:

- 1 – till; 2 – sand; 3 – gravel; 4 – mixture of clay and silt; 5 – lacustrine deposits; 6 – sand and silt; 7 – siltstone with an admixture of sand;
8 – organogenic sandy loam; 9 – sandy loam, organic, thin; 10 – gittyta; 11 – light sandy loam; 12 – clay

Малакофауна наревского гляциала. Ввиду того что фауна моллюсков этого отрезка, соответствующего позднеледниковью, бедная, реконструировать его природную обстановку трудно. Ясно только, что в тот период существовали относительно теплые климатические условия, благоприятные для развития пресноводной фауны. По данным спорово-пыльцевого анализа, сукцессия локальных зон За 1–2 соответствует растительности открытых биотопов, характерных для заключительной части оледенений. В семенной флоре попадаются остатки тундровых растений *Betula nana*, *Polygonum* sp. и др.

Малакофауна жарновского интергляциала. Фауна моллюсков данного интергляциала, впервые выделенного в составе плейстоцена Польши, богата как в видовом, так и в количественном отношении. Число раковин моллюсков, определенных в основном на видовом уровне, составляет 6435 экземпляров (см. таблицу). Выделяются три локальные зоны развития малакофауны: Z2, Z3 и Z4. Первая из них соответствует раннемежледниковью, вторая – оптимуму, третья – позднемежледниковью. В оптимуме жарновского интергляциала максимумы содержания образуют вымершие пресноводные моллюски *Parafossorulus crassitesta*, *Lithoglyphus jahni* и *Fagotia wuesti*. Жарновский интерстадиал для *F. wuesti* был последним этапом массового участия в составе пресноводных малакофаун плейстоцена Польши. Во время интерстадиалов последующего бибжинского ледникового периода (ббжа) вид хотя и появляется (см. рис. 4), но его участие резко сокращается, а в августовском и фердинандовском интергляциалах он не встречается. В позднемежледниковье жарновского интергляциала массовое (иногда свыше 80 % состава всей фауны) распространение в водоеме имел понто-каспийский моллюск *Valvata naticina*. Наземная фауна жарновского интергляциала представлена лесными видами, видами открытых пространств, мезофилами и гидрофилами, которые свидетельствуют о слабо залесенных и заболоченных склонах древнего водоема. Жарновский интергляциал богат реофильными видами моллюсков. Среди них отметим вид *Sphaerium solidum*, который в настоящее время водится в основном в крупных низинных реках.

Фауна моллюсков местонахождения Жарново, кол-во экз.

Molluscs fauna of the location Zharnovo, specimens

E	Таксон	Наревский гляциал	Жарновский интергляциал	Бибжинский гляциал	Августовский интергляциал	Гляциал нида
		Номер образца; глубина, м				
		1–5; 146,0–143,0	6–42; 143,6–135,6	43–73; 135,6–1128,5	74–87; 128,5–123,0	88–93; 122,4–115,4
2	<i>Discus</i> cf. <i>rotundatus</i> (Müller)	–	5	–	3	–
3	<i>Perforatella bidentata</i> (Gmelin)	–	1	–	–	–
5	<i>Pupilla</i> sp.	–	2	–	–	–
7	<i>Limacidae</i> (Large)	–	32	6	–	1
8	<i>Succinea oblonga</i> (Draparnaud)	–	–	–	–	1
9	<i>Succinea putris</i> (Linnaeus)	–	2	1	–	–
10	<i>Valvata cristata</i> Müller	–	1	3	–	–
10	<i>Lymnaea</i> ex gr. <i>peregra</i> (Müller)	–	–	25	–	3
10	<i>Lymnaea truncatula</i> (Müller)	–	1	–	–	–
10	<i>Bithynia leachi troscheli</i> (Paasch)	–	19	187	7	6
10	<i>Planorbis planorbis</i> (Linnaeus)	–	4	5	–	–
10	<i>Sphaerium lacustre</i> (Müller)	–	–	4	–	–
10	<i>Pisidium obtusale</i> (Lamarck)	–	–	3	–	–
11	<i>Valvata piscinalis</i> (Müller)	–	804	1741	651	154
11	<i>Valvata piscinalis antiqua</i> Sowerby	–	–	–	–	1
11	<i>Parafossorulus crassitesta</i> (Brömme)	–	110	8	–	–
11	<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus)	–	6	7	33	1

E	Таксон	Наревский гляциал	Жарновский интергляциал	Бебжинский гляциал	Августовский интергляциал	Гляциал нида
		Номер образца; глубина, м				
		1–5; 146,0–143,0	6–42; 143,6–135,6	43–73; 135,6–1128,5	74–87; 128,5–123,0	88–93; 122,4–115,4
11	<i>Lymnaea stagnalis</i> (Linnaeus)	–	14	–	–	–
11	<i>Lymnaea</i> sp.	2	–	1	–	–
11	<i>Planorbarius corneus</i> (Linnaeus)	–	7	–	1	–
11	<i>Gyraulus albus</i> (Müller)	–	4	8	–	–
11	<i>Sphaerium corneum</i> (Linnaeus)	–	7	496	7	67
11	<i>Pisidium henslowanum</i> (Sheppard)	1	53	55	38	166
11	<i>Pisidium milium</i> Held	–	–	1	–	–
11	<i>Pisidium subtruncatum</i> Malm	–	7	21	–	–
11	<i>Pisidium casertanum ponderosa</i> Stelfox	–	140	18	–	–
11	<i>Pisidium moitessierianum</i> Paladilhe	–	175	22	87	17
11	<i>Pisidium</i> sp.	–	77	316	10	19
12	<i>Theodoxus</i> cf. <i>fluviatilis</i> (Linnaeus)	–	3	–	–	–
12	<i>Viviparus</i> cf. <i>dilivianus</i> (Kunth) – обломки	–	585	1181	203	6
12	<i>Valvata naticina</i> Menke	4	2281	988	2382	45
12	<i>Lithoglyphus jahni</i> Urbanski	–	334	56	1716	1
12	<i>Fagotia wuesti</i> Meijer	–	407	5	–	–
12	<i>Ancylus fluviatilis</i> Müller	–	2	–	–	–
12	<i>Unio</i> sp. – обломки	+	+	+	+	+
12	<i>Sphaerium rivicola</i> Lamarck	1	835	277	191	30
12	<i>Sphaerium solidum</i> (Normand)	–	44	–	–	–
12	<i>Pisidium amnicum</i> (Müller)	1	360	450	73	218
12	<i>Pisidium sulcatum</i> (S. V. Wood)	–	109	79	17	74
12	<i>Pisidium nitidum</i> Jenyns	–	4	39	1	–
Всего		9	6435	6003	5420	810
Лесные виды (2–3)		–	6	–	3	–
Виды открытых пространств (5)		–	2	–	–	–
Мезофилы (7–8)		–	32	6	–	2
Гидрофилы (9)		–	2	1	–	–
Виды временных водоемов (10)		–	25	227	7	9
Озерные моллюски (11)		3	1404	2694	827	425
Речные моллюски (12)		6	4964	3075	4583	374

Примечание. E – экологические группы по В. Ложку и С. В. Александровичу.

Пыльцевые локальные зоны За 3–7, соответствующие жарновскому интергляциалу, характеризуют трехчленное развитие растительности с так называемым дубово-вязовым типом пыльцевых спектров. Польская исследовательница Х. Винтер [9] отмечает прохладный характер климатического оптимума августовского интергляциала I (жарновского интергляциала), что не согласуется с указанными выше данными по пресноводной фауне моллюсков. По составу водной растительности августовского интергляциала I палеоботаник Р. Стахович-Рыбка [22] показала, что средние температуры в этом отрезке времени могли достигать уровня 17–21 °С.

Малакофауна бебжинского гляциала выглядит представительной. Общее количество раковин, выявленных в этом интервале отложений, находится на одном уровне с числом раковин в жарновских осадках. Особенность этой фауны заключается в том, что она почти полностью состоит из представителей интерстадиалов (скорее всего, относящихся к начальным этапам оледенения), а настоящая стадиальная фауна (холодноводные виды) не проявилась, не получила развития. С этой точки зрения становятся понятны сравнительное богатство бебжинской малакофауны и ее близость к фауне предшествующего жарновского интергляциала. Изменения в малакофауне бебжинского гляциала по сравнению с предшествующим этапом связаны с уменьшением содержания тепловодных реофильных видов и увеличением роли эвриэкологических водных моллюсков.

Смены в развитии наземной растительности в бебжинском гляциале, или августовском интергляциале I/II, в понимании Х. Винтер обусловлены колебаниями климата, характерными для стадиально-интерстадиального цикла. Древесная растительность теплых интерстадиалов, по данным спорово-пыльцевого метода, была представлена березово-сосновыми лесами, в составе которых появлялись и широколиственные породы. В то же время, по палеокарпологическим данным, макроостатки древесных пород в составе озерных отложений гляциала не выявлены. Польская исследовательница Р. Стахович-Рыбка указывает на то, что в окрестностях озера в это время существовали в основном бедные сообщества, типичные для открытого местообитания.

Малакофауна августовского интергляциала. Характерными представителями фауны моллюсков оптимума интергляциала, который Х. Винтер и Р. Стахович-Рыбка рассматривают как августовский интергляциал II, являются вымершие виды *Lithoglyphus jahni* и *Parafossorulus crassitesta*. Участие *L. jahni* в малакоценозе превышало 20 %, или (в количественном отношении) свыше 1700 экземпляров. На начальных и заключительных этапах интергляциала в водоеме господствовал понтокаспийский речной моллюск *Valvata naticina*, общее количество раковин которого достигает 2382. Заметим, что роль реофильной фауны в августовском интергляциале еще более повысилась, ее доля достигла 84,5 % (в жарновском интергляциале она составляла 77,1 %). По типу спорово-пыльцевых диаграмм августовский интергляциал является грабовым. Климатический оптимум отмечен участием в составе семенной флоры экзотических водных растений *Azolla filiculoides* и *Euryale*. В целом августовский интерстадиал характеризуется пышным развитием водной и водно-болотной растительности, богатством и разнообразием пресноводной фауны моллюсков, что свидетельствует о гумидном климате.

Малакофауна гляциала нида. Смена интергляциальных условий на гляциальные привела к резкому уменьшению числа экземпляров в пресноводной фауне, хотя видовое разнообразие в общих чертах сохранилось. В наземной фауне в это время появляется холодолюбивый моллюск *Succinea oblonga*. Растительность водосборов, по данным спорово-пыльцевого метода, представлена травянистыми сообществами, березовыми и сосновыми лесами с участием лиственницы, попеременное увеличение и уменьшение которых указывают на чередование нескольких стадиалов и интерстадиалов в ранне-нидское время.

Заключение

Данные по малакофауне разреза Жарново и комплексное геолого-палеонтологическое изучение озерных осадков, вскрытых скважинами Щерба, Калейты, Зелене Крулевске, Янувка, Суха-Весь, Чарнуха и Коморники на северо-востоке Польши, позволяют сделать следующие выводы:

1) рассматриваемые озерные отложения, накопившиеся между моренами оледенений нарев и нида, являются уникальными для низов среднего плейстоцена (гляциоплейстоцена) по стратиграфической полноте и палеонтологическим остаткам. Августовскую равнину и прилегающие к ней территории, где находятся разрезы озерных отложений, следует признать стратотипической местностью, или стратотипом;

2) озерные отложения скв. Жарново предлагается считать голостратотипом для следующих подразделений среднего плейстоцена: жарновского, бебжинского и августовского горизонтов. Жарновский

горизонт Польши соответствует интергляциалу I в среднем плейстоцене с дубово-вязовыми спектрами и присутствием пресноводного моллюска *Fagotia wuesti*, не встречающегося в фауне более молодых интергляциалов Польши. Бебжинский горизонт соответствует малому оледенению на территории Польши и Беларуси. Он представлен комплексом стадияльно-интерстадияльных отложений, соответствующих интервалу между жарновским и августовским горизонтами. Августовский горизонт – это отложения верхней части озерных отложений в скв. Жарново, охватывающие так называемый верхний климатический оптимум августовского интергляциала II. Следовательно, ранг августовского горизонта сужается. Для него характерны отложения с грабовым типом пыльцевых диаграмм, раковинами и крышечками вымершего к концу этого интергляциала нижнеплейстоценового моллюска *Parafossorulus crassitesta*;

3) вымершие виды малакофауны скв. Жарново – это *Parafossorulus crassitesta*, *Lithoglyphus jahni*, *Viviparus cf. dilivianus*, *Fagotia wuesti* и *Pisidium sulcatum*. Их доля в составе наземно-пресноводной фауны составляет 12,5 %. В реофильной фауне вымерших видов 33,3 %. Столь высокое процентное участие вымерших видов указывает на древность плейстоценовой малакофауны и фауносодержащих отложений;

4) присутствие реофильных видов в пресноводной фауне скв. Жарново характеризуется следующими показателями: наревское оледенение – 66 %; жарновский интергляциал – 77 %; бебжинский гляциал – 51 %; августовский интергляциал – 84 % и гляциал нида – 46 %. Эти данные указывают на сильную проточность ископаемого озера и существование развитой речной сети в регионе;

5) 3 из 12 реофильных видов в малакофауне скв. Жарново (*Valvata naticina*, *Lithoglyphus jahni* и *Fagotia wuesti*) относятся к понто-каспийским и балканским моллюскам. В видовом отношении их доля сравнительно невелика (25 %), но она резко возрастает (до 74,1 %), если расчет вести по количеству экземпляров. Значительная роль понто-каспийской и балканской фауны моллюсков в озерной и речной сети августовского страторайона позволяет отнести ее к бассейну Черного моря, менее вероятно – к бассейну Средиземного моря. Балтийского моря в это время, скорее всего, еще не существовало. Большое расстояние между августовским страторайоном и Черным морем позволяет допустить наличие крупного транзитного водотока;

6) вопросы корреляции августовских (в широком смысле) отложений Польши освещены в работах таких ученых, как А. Бер, Х. Винтер, Р. Стахович-Рыбка и др. Одновозрастными с ними, несомненно, являются изученные монографически образования корчевского межледникового на территории Беларуси [23].

Библиографические ссылки

1. Ber A. Geological-floristic setting of the Augustovian (Pastonian, Bavelian?) interglacial lake sediments of Szczebra, near Augustów (NE Poland) // Geological history of the Baltic Sea. Vilnius, 1996. P. 19–20.
2. Janczyk-Kopikowa Z. Ciepłe okresy w mezoplejstocenie północno-wschodniej Polski // Biul. Państw. Inst. Geol. 1996. № 373. S. 49–66.
3. Ber A. Polish Pleistocene stratigraphy – a review of interglacial stratotypes // Netherl. J. Geosci, Geol. en Mijnbouw. 2005. Vol. 84, № 2. P. 61–76.
4. Ber A., Lisicki S., Winter H. Stratygrafia dolnego plejstocenu północno-wschodniej polski na podstawie badań osadów jeziornych z profilu Sucha Wieś – Pojezierze Elckie I Czarnucha – Równina Augustowska w nawiązaniu do obszarów Rosji, Litwy i Białorusi // Biul. Państw. Inst. Geol. 2009. № 435. S. 23–36.
5. Ber A. Plejstocen Polski północno-wschodniej w nawiązaniu do głębszego podłoża i obszarów sąsiednich // Pr. Państw. Inst. Geol. 2000. № 170. S. 1–89.
6. Nitychoruk J., Ber A., Hoefs J. Usw. Interglaziale Klimaschwankungen in Nordost-Polen – palynologische und isotope-geochemische Untersuchungen an organischen Seesedimenten // Eiszeitalt. und Gegenwart. 2000. № 50. S. 86–94.
7. Lindner L., Marks L. Pleistocene stratigraphy of Poland and its correlation with stratotype sections in the Volhynian upland (Ukraine) // Geochronometria. 2008. № 31. P. 31–37.
8. Lisicki S. Paleosrodowisko sedymentacji osadów miedzymorenowych z profilu Sucha Wies (Pojezierze Elckie) i Czarnucha (Równina Augustowska), północno-wschodnia Polska // Biul. Państw. Inst. Geol. 2009. № 435. S. 47–56.
9. Winter H. Zapis palinologiczny zmian roślinności i klimatu interglacjalu augustowskiego w profilu Żamowo (Równina Augustowska, północno-wschodnia Polska) // Przegl. Geol. 2008. № 56. S. 1011–1018.
10. Winter H. Nowe stanowisko interglacjalu augustowskiego w północno-wschodniej Polsce // Geneza, litol. i stratygr. utw. czwartorzędowych. Ser. Geografia. 2001. Vol. 3, № 64. S. 439–450.
11. Winter H. Analiza palinologiczna jako podstawa do odtworzenia roślinności i klimatu interglacjalu augustowskiego i interstadialu z Domurat // Badania paleobotaniczne jako podstawa rekonstrukcji zmian klimatu w czwartorzędzie Polski : materiały i Pol. konf. paleobot. czwartorzędu (Białowieża, 22–24 maja 2003). Warszawa, 2003. S. 60–61.
12. Lindner L., Gozik P., Jelowiczewa J. i in. Główne problem klimatostatygrafii czwartorzędu Polski, Białorusi i Ukrainy // Geneza, litol. i stratygr. utw. czwartorzędowych. Ser. Geografia. Poznań, 2004. Vol. 4, № 68. S. 243–258.

13. Санько А. Ф. Корреляция отложений корчевского межледникового Беларуси и августовского интергляциала Польши // Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых : материалы Междунар. науч. конф., посв. 110-летию со дня рожд. акад. К. И. Лукашѣва (1907–1987) (Минск, 23–25 мая 2017 г.) / отв. ред. О. В. Лукашѣв ; редкол.: А. Ф. Санько [и др.] : в 2 ч. Минск, 2017. Ч. 1. С. 116–119.
14. Ber A. Litologia i sytuacja geologiczna osadów interglacjalu augustowskiego z profili Sucha Wieś – Pojezierze Elckie i Czarnucha – Równina Augustowska // Biul. Państw. Inst. Geol. 2009. № 435. S. 3–22.
15. Drees M. An evaluation of the Early Pleistocene chronology of the Netherlands // The Netherlands Early Pleistocene vertebrate palaeontology. URL: www.palarch.nl. 2005. № 1, issue 1. P. 1–46.
16. Stachowicz-Rybka R. Reconstruction of climate and environment in the Augustovian Interglacial on the basis of select plant macrofossil taxa // Pol. Geol. Inst., Special Pap. 2005. № 16. P. 127–132.
17. Mamakowa K., Rylowa T. B. The interglacial from Korchewo in Belarus in the light of new palaeobotanical studies // Acta Palaeobot. 2007. Vol. 47, № 2. P. 425–453.
18. Skompski S. Fauna z osadów plejstocenskich w stanowiskach Sucha Wies (Pojezierze Elckie) i Czarnucha (Równina Augustowska), północno-wschodnia Polska // Biul. Państw. Inst. Geol. 2009. № 435. S. 85–96.
19. Khursevich G., Nita M., Ber A., et al. Palaeoenvironmental and climatic changes during the Early Pleistocene recorded in the lacustrine-boggy-fluvial sediments at Komorniki, NE Poland // Reconstruction of Quaternary palaeoclimate and palaeoenvironments and their abrupt changes : proc. of the workshop. Pol. Geol. Inst. Special Pap. 2004. № 16. P. 35–44.
20. Meijer T., Preece R. C. Malacological evidence relating to the stratigraphical position of the Cromerian // Turner C. (ed.) The early Middle Pleistocene in Europe. Rotterdam, 1996. P. 53–82.
21. Meijer T. Notes on Quaternary freshwater mollusca of the Netherlands, with description of some new species // Meded. Werkgr. Tert. Geol. 1989. Vol. 26. № 4. P. 145–181.
22. Stachowicz-Rybka R. Flora and vegetation changes on the basis of plant macroremains analysis from an early Pleistocene lake of the Augustów Plain, NE Poland // Acta Palaeobot. 2011. Vol. 51. № 1. P. 39–103.
23. Якубовская Т. В., Литвинюк Г. И., Мотузко А. Н. Корчевское межледниковье Беларуси. Минск, 2014.

References

1. Ber A. Geological-floristic setting of the Augustovian (Pastonian, Bavelian?) interglacial lake sediments of Szczebra, near Augustów (NE Poland). *Geological history of the Baltic Sea*. Vilnius, 1996. P. 19–20.
2. Janczyk-Kopikowa Z. Warm periods in mezopleistocene of North-Eastern Poland. *Biul. Państw. Inst. Geol.* 1996. No. 373. P. 49–66 (in Pol.).
3. Ber A. Polish Pleistocene stratigraphy – a review of interglacial stratotypes. *Netherl. J. Geosci., Geol. Mijnbouw*. 2005. Vol. 84, No. 2. P. 61–76.
4. Ber A., Lisicki S., Winter H. Lower stratigraphy of northeastern Poland on the basis of lake deposits from the Sucha Wies (Elk lareland) and Czarnucha (Augustow plain) sections with reference to the areas of Russia, Lithuania and Belarus. *Biul. Państw. Inst. Geol.* 2009. No. 435. P. 23–36 (in Pol.).
5. Ber A. Pleistocene of North-Eastern Poland and neighbouring areas against crystalline and sedimentary basement. *Pr. Państw. Inst. Geol.* 2000. No. 170. P. 1–89 (in Pol.).
6. Nitychoruk J., Ber A., Hoefs J. Interglacial climate variability in North-Eastern Poland – palynological and isotope-geochemical research of organic lake sediments. *Eiszeitalter Gegenwart*. 2000. No. 50. P. 86–94 (in Ger.).
7. Lindner L., Marks L. Pleistocene stratigraphy of Poland and its correlation with stratotype sections in the Volhynian upland (Ukraine). *Geochronometria*. 2008. No. 31. P. 31–37.
8. Lisicki S. Sedimentary palaeoenvironment of intermoraine deposits from Sucha Wies (Elk lakeland) and Czarnucha (Augustów plain), northeastern Poland. *Biul. Państw. Inst. Geol.* 2009. No. 435. P. 47–56 (in Pol.).
9. Winter H. [Palinological record of vegetation and climate changes of Augustovian Interglacial at the Zamowo site (Augustów Plain, northeastern Poland)]. *Przegl. Geol.* 2008. No. 56. P. 1011–1018 (in Pol.).
10. Winter H. [New site of Augustovian Interglacial in northwestern Poland]. *Geneza, litol. i stratygr. utw. czwartorzędowych. Ser. Geografia* [Genes., litol. stratygr. quat. depos. Ser. Geografia]. 2001. Vol. 3, No. 64. P. 439–450 (in Pol.).
11. Winter H. [Palinological analysis as a base for the reconstruction of vegetation and climate Augustovian Interglacial and Interstadial from Domuraty]. *Badania paleobotaniczne jako podstawa rekonstrukcji zmian klimatu w czwartorzędzie Polski : materials I Pol. Conf. of Paleobot. of Quaternary (Białowieża, 22–24 May 2003)*. Warszawa, 2003. P. 60–61 (in Pol.).
12. Lindner L., Gozik P., Jelowiczewa J., et al. The main problems of the climate stratigraphy of the Poland, Belarus and Ukraine Quaternary. *Geneza, litol. i stratygr. utw. czwartorzędowych. Ser. Geografia* [Genes., litol. stratygr. quat. depos. Ser. Geografia]. 2004. Vol. 4, No. 68. P. 243–258 (in Pol.).
13. Sanko A. F. [Correlation of the Korchevian Interglacial of Belarus sediments and the Poland Augustovian Interglacial]. *sovremennye problemy geokhimii, geologii i poiskov mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh* [Modern problems of geochemistry, geology and searches of mineral deposits]: materialy Mezhdunar. nauch. konf., posv. 110-letiyu so dnya rozhd. akad. K. I. Lukashaeva (1907–1987) (Minsk, 23–25 May 2017): in 2 parts. Minsk, 2017. Part 1. P. 116–119 (in Russ.).
14. Ber A. [Lithology and geological position of the Augustovian Interglacial deposits from Sucha Wies (Elk lakeland) and Czarnucha (Augustów plain)]. *Biul. Państw. Inst. Geol.* 2009. No. 435. P. 3–22 (in Pol.).
15. Drees M. An evaluation of the Early Pleistocene chronology of the Netherlands. *The Netherlands Early Pleistocene vertebrate palaeontology*. 2005. No. 1, issue 1. P. 1–46.
16. Stachowicz-Rybka R. Reconstruction of climate and environment in the Augustovian Interglacial on the basis of select plant macrofossil taxa. *Pol. Geol. Inst. Special Pap.* 2005. No. 16. P. 127–132.
17. Mamakowa K., Rylowa T. B. The interglacial from Korchewo in Belarus in the light of new palaeobotanical studies. *Acta Palaeobot.* 2007. Vol. 47, No. 2. P. 425–453.

18. Skompski S. [Pleistocene fauna in the Sucha Wies (Elk lakeland) and Czamucha (Augustów plain) sections, northeastern Poland]. *Biul. Panstw. Inst. Geol.* 2009. No. 435. P. 85–96 (in Pol.).
19. Khursevich G., Nita M., Ber A., et al. Palaeoenvironmental and climatic changes during the Early Pleistocene recorded in the lacustrine-boggy-fluvial sediments at Komorniki, NE Poland. *Reconstruction of Quaternary palaeoclimate and palaeoenvironments and their abrupt changes: proc. of the workshop.* Pol. Geol. Inst. Special Pap. 2004. No. 16. P. 35–44.
20. Meijer T., Preece R. C. Malacological evidence relating to the stratigraphical position of the Cromerian. In: Turner C. (ed.). *The early Middle Pleistocene in Europe.* Rotterdam, 1996. P. 53–82.
21. Meijer T. Notes on Quaternary freshwater Mollusca of the Neterlands, with description of some new species. *Meded. Werkgr. Tert. Geol.* 1989. Vol. 26, No. 4. P. 145–181.
22. Stachowicz-Rybka R. Flora and vegetation changes on the basis of plant macroremains analysis from an early Pleistocene lake of the Augustów Plain, NE Poland. *Acta Palaeobot.* 2011. Vol. 51, No. 1. P. 39–103.
23. Yakubovskaya T. V., Litviniuk G. I., Motuzko A. N. [Korchevian Interglacial of Belarus]. Minsk, 2014 (in Russ.).

Статья поступила в редакцию 09.03.2017.
Received by editorial board 09.03.2017.

УДК 911.2:551.4(476)(043.3)+91:004(043.3)

НОВЕЙШАЯ ГЕОДИНАМИКА СЕВЕРНОГО УЧАСТКА ПЕТРИКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Д. В. БАРБИКОВ¹⁾, Д. М. КУРЛОВИЧ²⁾, В. Э. КУТЫРЛО³⁾

¹⁾ОАО «Беларуськалий», ул. Коржа, 5, 223710, г. Солигорск, Беларусь

²⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

³⁾ОАО «Белгорхимпром», пр. Машерова, 17, 220029, г. Минск, Беларусь

Исследована новейшая геодинамика северного участка Петриковского месторождения калийных солей. Эндо- и экзогенные процессы, происходившие с конца позднего олигоцена, изучены комплексом методов, включавших в себя линеаментный и структурно-геоморфологический анализы. В результате линеаментного анализа установлено, что большая часть территории северного участка стабильна в геодинамическом плане, лишь пятая часть площади объекта исследований относится к зонам потенциального проявления неогеодинимических процессов, соответствующим ослабленным участкам земной коры, на которых может наблюдаться повышенная трещиноватость пород. По результатам структурно-геоморфологического анализа выявлены неогеодинимически активные структуры и системы линеаментов. Определена геодинамическая активность территории с конца среднего плейстоцена: за период, охватывающий конец среднего плейстоцена, верхний плейстоцен и голоцен, слабая активность зафиксирована на 54 % площади северного участка; средняя активность затрагивает 33 % территории объекта исследований; выше средней и высокая активность наблюдается на 13 % площади участка. Сделан вывод о том, что на протяжении голоцена 78 % изучаемой территории относятся к зоне со слабой степенью активности геодинамических процессов; 9 % составляют зону со средней степенью активности; 3 % территории затронуты проявлениями геодинамики со степенью активности выше средней. Полученные результаты учитываются при проектировании и строительстве особо важных инженерных сооружений Петриковского горно-обогатительного комбината.

Ключевые слова: неогеодинимика; линеамент; плотность линеаментов; морфоструктуры; неогеодинимически активные структуры; зоны неогеодинимической активности; географические информационные системы.

Образец цитирования:

Барбиков Д. В., Курлович Д. М., Кутырло В. Э. Новейшая геодинамика северного участка Петриковского месторождения калийных солей // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 175–183.

For citation:

Barbikov D. V., Kurlovich D. M., Kutyro V. E. Neogeodynamics at northern prospect area of Petrikov potash deposit. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 175–183 (in Russ.).

Авторы:

Дмитрий Владимирович Барбиков – помощник главного геолога.

Дмитрий Мирославович Курлович – кандидат географических наук, доцент; заведующий кафедрой почвоведения и земельных информационных систем географического факультета.

Виталий Эдуардович Кутырло – кандидат геолого-минералогических наук, доцент; заведующий лабораторией прикладных геологических проблем научно-исследовательского геолого-экологического отдела.

Authors:

Dzmitry Barbikov, assistant of chief geologist.

barbikov@kali.by

Dzmitry Kurlovich, PhD (geography), docent; head of the department of soil science and land information systems, faculty of geography.

kurlovich@bsu.by

Vitali Kutyro, PhD (geology and mineralogy), docent; head of the laboratory of applied geological problems, research geological and ecological department.

vital2000@tut.by

NEOGEODYNAMICS AT NORTHERN PROSPECT AREA OF PETRIKOV POTASH DEPOSIT

D. V. BARBIKOV^a, D. M. KURLOVICH^b, V. E. KUTYRLO^c

^aJSC «Belaruskali», Korzh Street, 5, 223710, Soligorsk, Belarus

^bBelarusian State University, Niezaliežnasci Avenue, 4, 220030, Minsk, Belarus

^cJSC «Belgorkhimprom», Masherov Avenue, 17, 220029, Minsk, Belarus

Corresponding author: D. M. Kurlovich (kurlovich@bsu.by)

The results of studies of neogeodynamics at northern prospect area of Petrikov potash deposit in Belarus are discussed. Endogenic and exogenic processes, active since the Late Oligocene have been studied with the complex of methods, including lineament and structural-geomorphological analysis. As a result of lineament analysis, it was determined that the most area of Northern prospect of Petrikov potash deposit is stable in terms of geodynamics. The zones of potential development of neogeodynamic processes occupy only 20 % of the area of prospect. These zones are referred to areas of weakened earth crust, within which higher fracturing of rocks may occur. Based on the results of structural-geomorphological analysis, geodynamic active structures and lineament are revealed. Geodynamic activity of the territory since the end of Middle Pleistocene is defined. During the period from the end of Middle Pleistocene to Holocene, a weak intensity of geodynamic processes occurred for 54 % of total area of Northern prospect, a moderate intensity was registered for 33 %, and higher than moderate and high intensity was characteristic for 13 % of total area. In Holocene a weak intensity of recent geodynamic processes is registered for 78 % of the research area, moderate intensity is relevant to 9 %, and higher than moderate intensity is recorded for 3 % of study area. The received results are considered at design and construction of especially important engineering constructions of Petrikovsky ore-dressing and processing enterprise.

Key words: geodynamics; lineament; lineaments density; morphostructures; neogeodynamic active structures; zones of neogeodynamic activity; geographic information systems.

Введение

Петриковское месторождение калийных солей включает в себя северный и южный участки и расположено в основном на территории Петриковского района Гомельской области Республики Беларусь. Площадь месторождения составляет около 450 км², северный участок занимает 141 км² (рис. 1).

Кристаллический фундамент в пределах северного участка находится на глубине 2576–2865 м. В тектоническом плане территория исследований приурочена к Припятскому прогибу, сформированному в основном в эпоху герцинской складчатости [1]. В рифтовый период были заложены наиболее крупные разломы (Северо-Шестовичский, Бриневский, Скрыгаловско-Слободский, Шестовичско-Гостовский).

В строении осадочного чехла принимают участие отложения верхнего протерозоя (с глубины 2510 м); девонской (210–445 м), каменноугольной (214–331 м) и пермской (210–421 м) систем палеозоя; триасовой (166–313 м), юрской (128–192 м) и меловой (82–120 м) систем мезозоя; палеогеновой (26–68 м), неогеновой (с глубины 10–39 м) и четвертичной систем кайнозоя. Калиеносные горизонты приурочены к отложениям верхнего девона.

Основные черты рельефа объекта исследований были сформированы в днепровскую стадию припятского оледенения [2]. В конце среднего плейстоцена территория северного участка подвергалась воздействию вод, появившихся при таянии сожского ледника. Талые ледниковые воды сформировали крупный водоем, существовавший на протяжении конца среднего плейстоцена и в верхнем плейстоцене (в поозерское время – уже фрагментарно). В конце среднего плейстоцена и в верхнем плейстоцене образуется долина р. Припяти – главной водной артерии в пределах объекта исследований.

Эндо- и экзогенные процессы, происходившие с конца позднего олигоцена, изучены в пределах северного участка комплексом методов, включавших в себя линеаментный и структурно-геоморфологический анализы [3–12].

Линеаментный анализ

В результате исследований по цифровым топографическим планам в масштабе 1 : 5000, цифровым ортофотопланам в масштабе 1 : 5000 и свободно распространяемым цифровым многозональным космическим снимкам в среде географической информационной системы (ГИС) ArcGIS 10 были выявлены линейно ориентированные элементы ландшафта – прямолинейные участки гидрографической сети

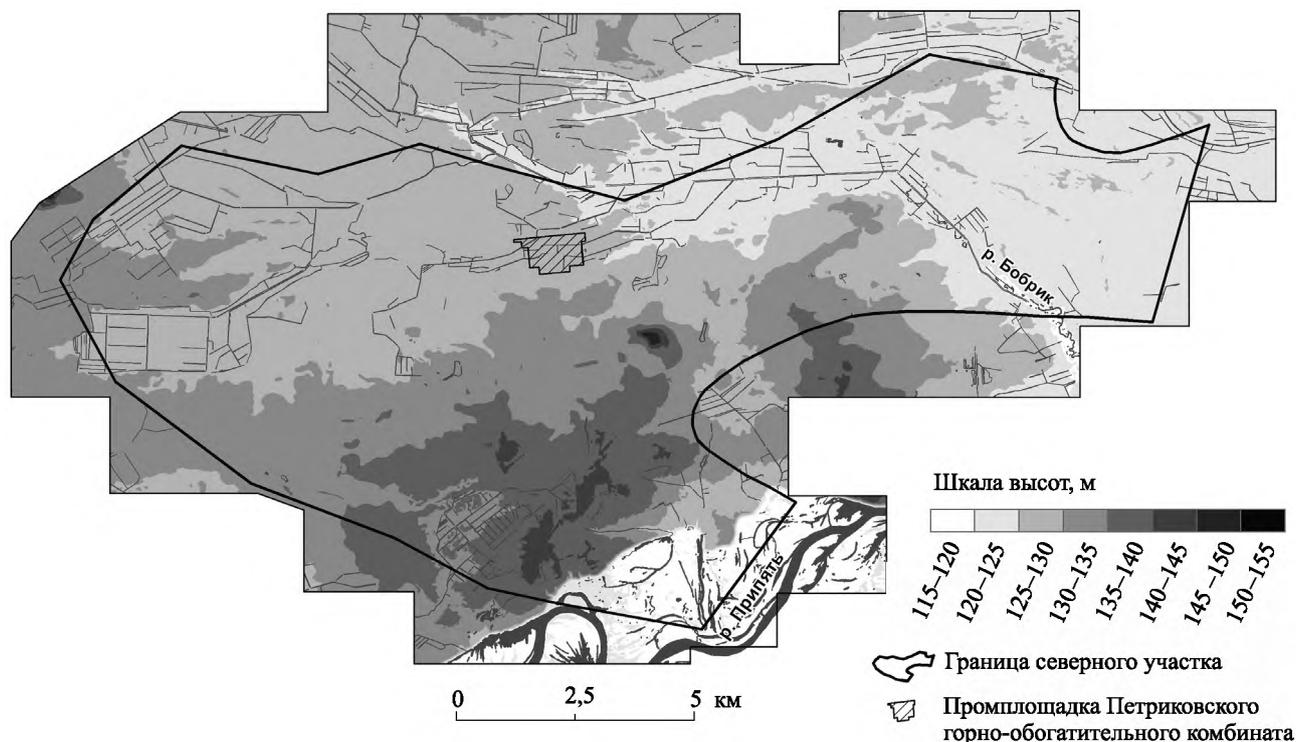


Рис. 1. Гипсометрическая карта северного участка Петриковского месторождения

Fig. 1. Hypsometric map of Northern prospect area of Petrikov deposit

(за исключением участков, сформированных путем антропогенной деятельности), овражно-балочных систем, береговой линии водоемов (за исключением участков, сформированных путем антропогенной деятельности), форм микро- и мезорельефа.

В дальнейшем был проведен анализ пространственной дифференциации линеаментов путем построения модели их плотности. Для выявления связей между разломами кристаллического фундамента и осадочного чехла и линеаментами в среде ArcGIS 10 был осуществлен корреляционный анализ, а также анализ ориентации данных линейных векторов.

По результатам совместного анализа карты корреляции полей плотности, а также векторов линеаментов и разломов установлено, что четкой взаимосвязи между ними не наблюдается. Лишь на отдельных участках положение линеаментов и разломов, а также пики полей плотности совпадают.

Совместный анализ роз-диаграмм ориентации линеаментов и разломов показал, что они имеют схожую направленность (широтную либо субширотную). Исследование длин выявило, что линеаменты представлены маленькими отрезками (как правило, до 500 м). Разломы же имеют большую, нежели линеаменты, протяженность. Превалирует интервал от 2 до 6 км.

Таким образом, разломы и линеаменты являются самостоятельными группами линейных структур, которые только в мелких деталях повторяют друг друга в границах объекта исследований. Основная часть разломов Припятского прогиба была сформирована на протяжении герцинского тектонического этапа. Разломы отмечаются на поверхности фундамента и пронизывают нижний (дорифтовый) и средний (рифтовый) этажи прогиба. В пределах верхнего (послерифтового) этажа разломы постепенно уменьшаются, превращаются во флексуры и полностью исчезают.

По нашему мнению, на образование линеаментов в основном повлияли плейстоцен-голоценовые геодинамические процессы. Им соответствуют ослабленные зоны земной коры.

Итоговым блоком линеаментного анализа стало выделение зон потенциального проявления неогеодинамических процессов в пределах северного участка. Для этого была переклассифицирована модель плотности линеаментов. Выделены участки с плотностью линеаментов более $1,5 \text{ км/км}^2$, представляющие собой ослабленные зоны земной коры, на которых может наблюдаться повышенная трещиноватость пород (рис. 2). В границах северного участка такие зоны занимают 25 % его площади ($35,04 \text{ км}^2$).

Структурно-геоморфологический анализ

Исследования проводились на основе методик В. П. Философова и Л. Б. Аристарховой [10; 11]. В среде ГИС ArcGIS 10 на базе цифровых топографических планов в масштабе 1 : 5000 была построена

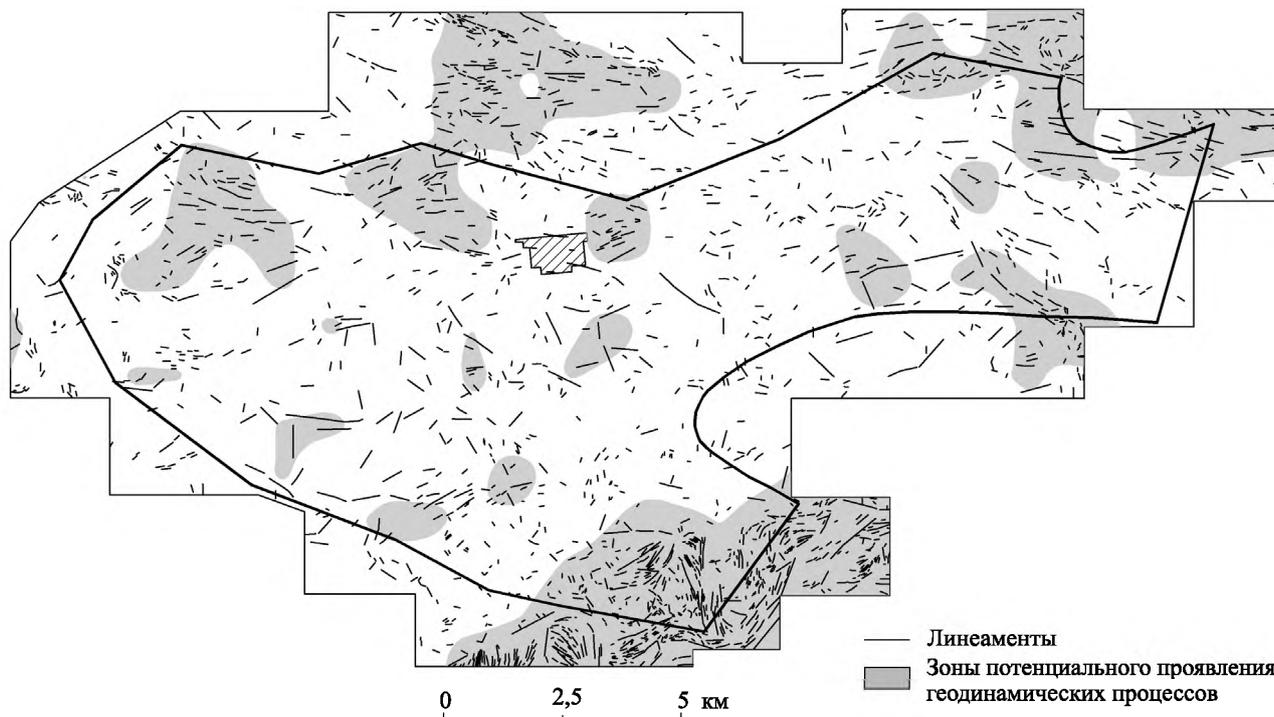


Рис. 2. Поле линеаментов в пределах северного участка Петриковского месторождения
Fig. 2. Field of lineaments within the Northern prospect area of Petrikov deposit

цифровая модель рельефа. По ней автоматизированным способом [12] была получена карта порядков долин водотоков. Они выявлялись по классификации, предложенной Р. Хортоном. Долина 1-го порядка не принимает ни одного притока, т. е. является неразветвленной. Долина 2-го порядка формируется в результате слияния двух долин 1-го порядка. Долина 3-го порядка образуется путем слияния двух долин 2-го порядка и т. д. За долины низших порядков чаще всего принимаются линейные эрозионные формы временных водотоков (овраги, балки, ложбины стока и другие родственные им формы). Долины низших порядков относятся к голоценовому возрасту, долины более высоких порядков сформированы в плейстоцене.

На основе карты порядков долин и цифровой модели рельефа строились карты базисных поверхностей, объединяющих местные базисы эрозии. Всего для территории северного участка в автоматическом режиме [12] были составлены карты базисных поверхностей 1–5-го порядков.

Рассмотрим методику построения карты базисной поверхности. Так, для построения карты базисной поверхности 2-го порядка из всех долин, выделенных по цифровой модели рельефа, оставались только долины 2-го и более высоких порядков и выявлялись точки пересечения долин с горизонталями. В итоге получался ряд точек с абсолютными отметками. Путем интерполяции создавалась грид-модель, из которой извлекались изобазиты, т. е. линии равных базисов эрозии. При построении карты базисной поверхности 3-го порядка не учитывались долины 1-го и 2-го порядков и т. д.

Базисная поверхность наиболее высокого порядка является нижним пределом денудационной поверхности выравнивания, к которой стремится рельеф на этапе нисходящего развития. При восходящих вертикальных движениях земной коры базисная поверхность понижается вследствие углубления долин и повышается в результате аккумуляции в долинах при нисходящих движениях.

Базисные поверхности использовались для построения в ГИС ArcGIS 10 моделей их разности. Для территории северного участка Петриковского месторождения была построена серия карт разностей между базисными поверхностями 1-го и 2-го, 2-го и 3-го, 3-го и 4-го, 4-го и 5-го порядков. Разности между ними показывают алгебраическую сумму вертикальных движений земной коры и эрозии за определенные промежутки времени: короткие (1–2-й порядки) и более длительные (3–5-й порядки).

В рельефе северного участка Петриковского месторождения ведущее место занимает реликтовая ледниковая морфоскульптура. Подчиненную, но также важную роль играет азональная морфоскульптура, представленная унаследованно развивающимися речными долинами, оврагами, балками, западинами и т. п.

В результате структурно-геоморфологических исследований было установлено, что в условиях ледниково-аккумулятивного рельефа ни один из морфометрических методов не позволяет исключить из анализа формы рельефа экзогенного (ледникового) происхождения. Поэтому морфоструктурный план исследуемой территории изучался по поверхности кровли дочетвертичных отложений, созданной в результате растрового ГИС-анализа данных бурения.

На основе поверхности кровли дочетвертичных отложений строились морфоизогипсы – графическое преобразование палеоизогипсов в целях исключения из рассмотрения вторичных форм экзогенного происхождения и восстановления таким образом первичной поверхности, не измененной последующими экзогенными процессами и образующей каркас структурно-тектонического рельефа [11]. По морфоизогипсам были выявлены морфоструктуры, а именно тектонически обусловленные погребенные формы рельефа, развивавшиеся в конце мезозоя – начале кайнозоя (рис. 3). Главными факторами, определившими характер формирования морфоструктур, явились статические (строение и состав земной коры) и динамические (тектонические движения и деформации) свойства геологического субстрата.

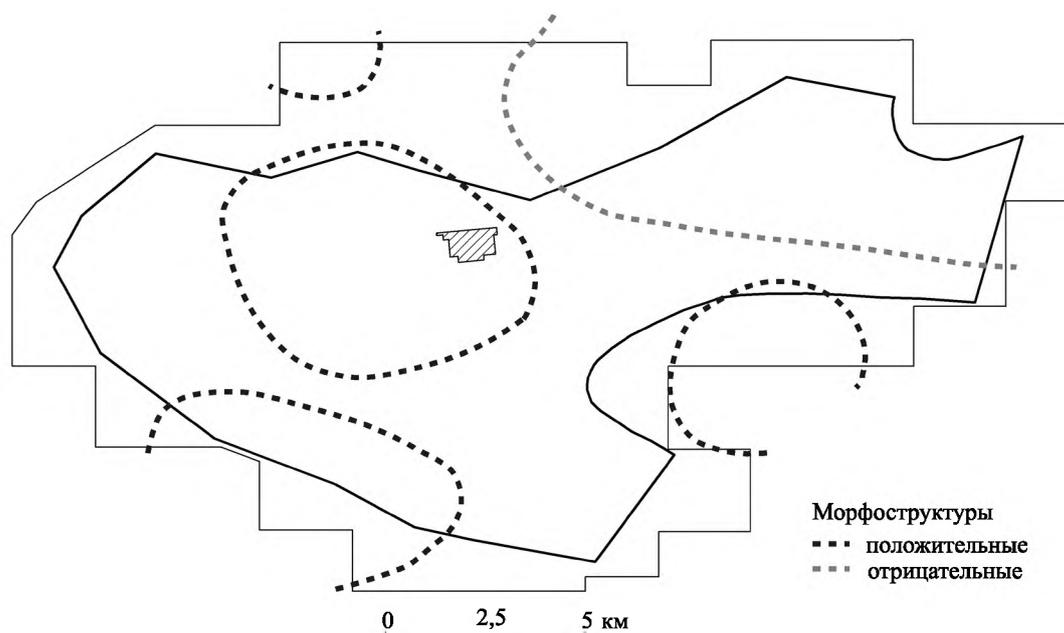


Рис. 3. Морфоструктуры в пределах северного участка Петриковского месторождения

Fig. 3. Morphostructures of Northern prospect area of Petrikov deposit

На протяжении четвертичного периода морфоструктурные черты северного участка Петриковского месторождения были в значительной степени трансформированы деятельностью плейстоценовых оледенений, однако интенсивность и формы проявления ледникового лито- и морфогенеза контролировались эндогенными процессами. Во время формирования морфоскульптур эндогенные факторы проявлялись скрыто и сложно и оказывали влияние на их развитие в целом, а конкретные морфологические элементы морфоскульптур были созданы экзогенными процессами [13].

В пределах северного участка в результате структурно-геоморфологического анализа были построены базисные поверхности пяти порядков. Таким образом, на территории объекта исследований можно проследить пять этапов истории неотектонической активности. Базисные поверхности низших порядков (1-го и 2-го) незначительно отличаются от поверхности современного рельефа и отражают тектонические движения, происходившие на протяжении голоцена. Базисные поверхности высоких порядков заметно отличаются от топографической поверхности и отражают историю развития территории в среднем и верхнем плейстоцене.

Региональные и локальные неогеодинамически активные структуры были выделены путем обобщения результатов, полученных при построении карт порядков долин, базисных поверхностей 3–5-го порядков и разностей между ними. Всего выявлено семь региональных и несколько десятков локальных структур (рис. 4). Некоторые неогеодинамически активные структуры наследуют морфоструктуры, выделенные по кровле дочетвертичных отложений.

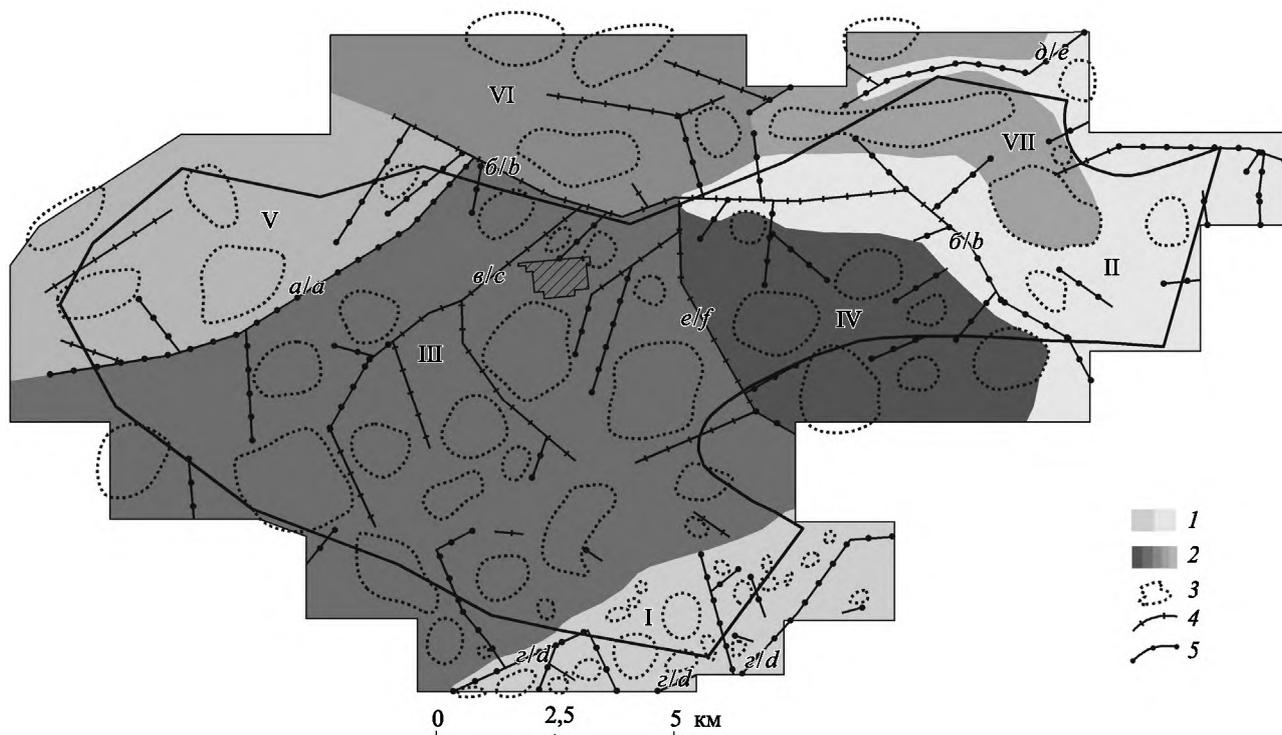


Рис. 4. Неогеодинамически активные структуры в пределах северного участка Петриковского месторождения:

1 – региональные отрицательные структуры; 2 – региональные положительные структуры; 3 – локальные положительные структуры. Системы линеаментов: 4 – представляющие собой активизированные фрагменты разломов кристаллического фундамента и осадочного чехла; 5 – проявившиеся на неотектоническом этапе. Неогеодинамически активные структуры: I – Припятская депрессия; II – Бобриковско-Лукичская депрессия; III – Петриковский купол; IV – Новоселкинский купол; V – Белолесненский купол; VI – Сметаничский купол; VII – Муляровский купол. Линеаменты:

a – Железницкий; б – Бобриковский; в – Первомайский; г – Припятский; д – Лукичский; е – Белановичский

Fig. 4. Neogeodynamic active structures of Northern prospect area of Petrikov deposit:

1 – regional negative structures; 2 – regional positive structures; 3 – local positive structures. System of lineaments: 4 – representing active fragments of faults in crystalline basement and sedimentary cover; 5 – developed during neotectonic epoch.

Labeled with numbers: I – Pripjat depression; II – Bobrik-Lukichi depression; III – Petrikov dome; IV – Novoselki dome; V – Belolesnenski dome; VI – Smetanichi dome; VII – Mulyarovsky dome.

Labeled with letters lineaments: a – Zheleznytsky; b – Bobrik; c – Pervomaisky; d – Pripjat; e – Lukichi; f – Belanovich

По нашему мнению, основными факторами, определившими характер заложения и развития неогеодинамически активных структур, являются геодинамические процессы в районах Карпат и Балтийского моря, а также воздействие плейстоценовых ледниковых покровов (изостатическое прогибание под ледниками, поднятие блоков земной коры по периферии области оледенений, гляциотектоническая переработка субстрата).

Для выявления линеаментов изучался характер рисунка базисных поверхностей, построенных в рамках структурно-геоморфологического ГИС-анализа.

Линеаменты неравномерно распределены по территории северного участка Петриковского месторождения. Большинство из них группируются в протяженные зоны, часто пересекающие всю территорию объекта исследований и даже выходящие на смежные площади. Всего было выделено несколько десятков линеаментов (см. рис. 4).

По ориентации преобладают линеаменты субширотной, субмеридиональной и меридиональной направленности. В пределах объекта исследований для них характерен интервал длины от 2 до 6 км.

Линеаменты были сопоставлены с известными разломами кристаллического фундамента, что позволило выделить среди них две основные группы (см. рис. 4, 4 и 5).

Линеаменты, представляющие собой активизированные фрагменты разломов кристаллического фундамента и осадочного чехла, наследуют (совпадают или близки по своему пространственному положению и ориентировке) фрагменты ранее существовавшей сети платформенных или доплатформенных

дизъюнктивов. Линеаменты, проявившиеся на неотектоническом этапе, являются системами зон повышенной трещиноватости, которые пространственно не связаны с древними разломами.

Для количественной оценки амплитуд вертикальных движений использовались карты разностей базисных поверхностей смежных порядков.

По результатам морфометрического анализа было выполнено районирование территории северного участка Петриковского месторождения по степени геодинамической активности за конец среднего плейстоцена – голоцен. Принцип районирования заключается в следующем: для всех разностей базисных поверхностей от 4–5-го до 1–2-го порядков была вычислена алгебраическая сумма амплитуд вертикальных движений. Это позволило получить поверхность суммарных амплитуд, ячейки которой были далее разделены на четыре класса, соответствующие четырем степеням активности территории (рис. 5):

- слабоактивной;
- среднеактивной;
- активной выше среднего;
- высокоактивной.

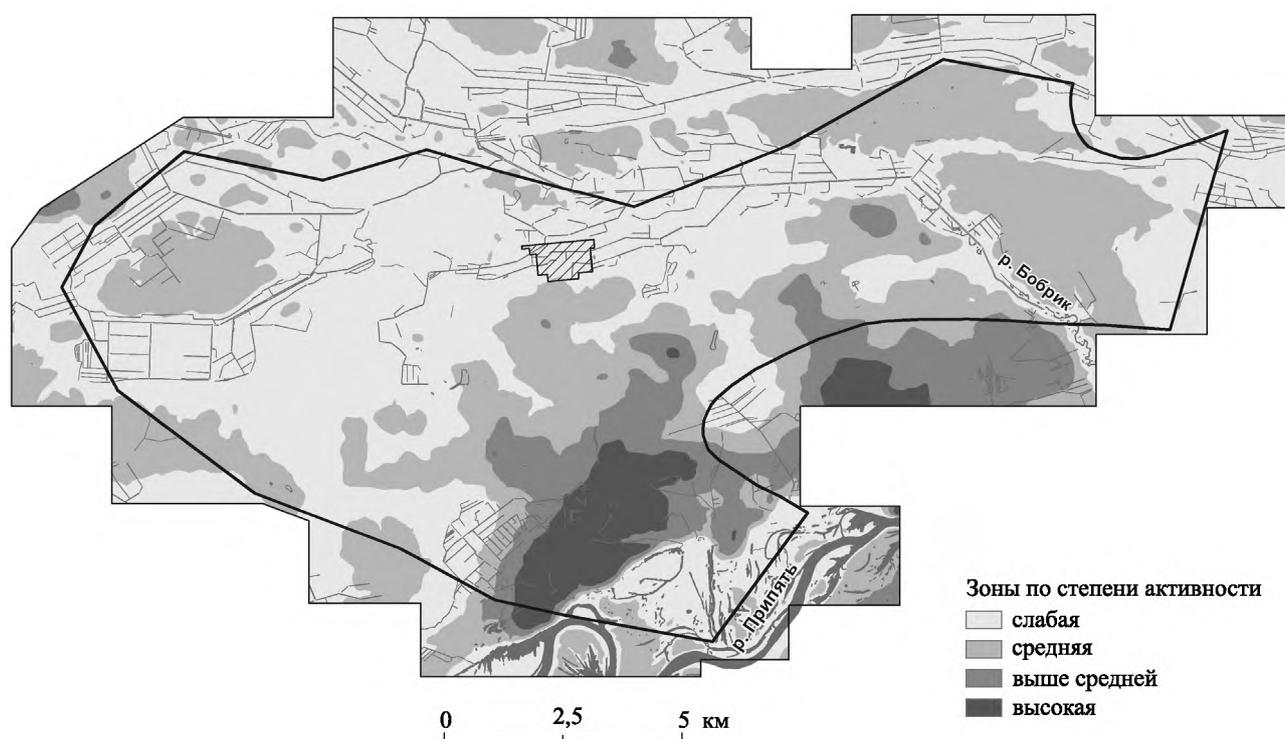


Рис. 5. Неогеодинамическая модель северного участка Петриковского месторождения (конец среднего плейстоцена – голоцен)

Fig. 5. Neogeodynamic model of Northern prospect area of Petrikov deposit (the end of Middle Pleistocene – Holocene)

Границами классов служили суммарные разности 1,5; 5,0 и 10,0 м.

Площадь зоны слабой активности в границах северного участка составляет 76,11 км² (54 % территории объекта исследований); зоны средней активности – 46,39 км² (33 %); зоны выше средней активности – 11,40 км² (8 %); зоны высокой активности – 6,94 км² (5 %).

Разность базисных поверхностей 1-го и 2-го порядков использовалась в качестве источника информации о геодинамической активности исследуемой территории в голоцене. Для получения конечного результата была выполнена переклассификация поверхности и выделены три класса (рис. 6):

- зона слабой активности с суммарной амплитудой движений до 0,25 м;
- зона средней активности – от 0,25 до 2,0 м;
- зона выше средней активности – более 2,0 м.

Площадь зоны слабой активности в границах северного участка составляет 109,52 км² (78 % территории объекта исследований); зоны средней активности – 27,05 км² (19 %); зоны выше средней активности – 4,29 км² (3 %).

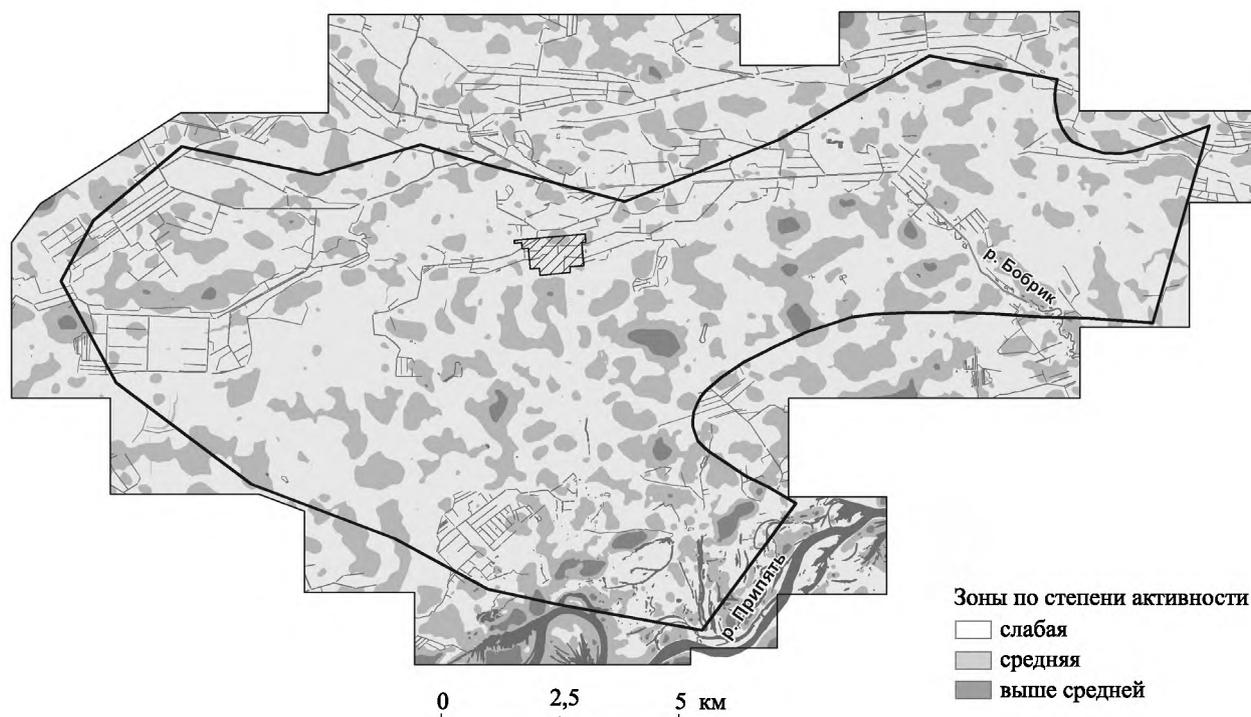


Рис. 6. Неогеодинамическая модель северного участка Петриковского месторождения (голоцен)

Fig. 6. Neogeodynamic model of Northern prospect area of Petrikov deposit (Holocene)

Выводы

В результате линеamentного анализа установлено, что большая часть территории северного участка Петриковского месторождения является стабильной в геодинамическом плане. Лишь пятая часть площади объекта исследований относится к зонам потенциального проявления неогеодинамических процессов, соответствующим ослабленным участкам земной коры, на которых может наблюдаться повышенная трещиноватость пород.

Структурно-геоморфологический анализ позволил выявить неогеодинамически активные структуры и системы линеamentов, а также определить геодинамическую активность территории с конца среднего плейстоцена.

За период, охватывающий конец среднего плейстоцена, верхний плейстоцен и голоцен, слабая активность зафиксирована на 54 % площади северного участка Петриковского месторождения; средняя активность затрагивает 33 % территории объекта исследований; выше средней и высокая активность наблюдается на 13 % площади участка.

В течение голоцена на 78 % территории северного участка Петриковского месторождения отмечается слабая активность геодинамических процессов; на 9 % площади объекта исследований зафиксирована средняя активность; на 3 % территории наблюдается геодинамика со степенью активности выше средней.

Полученные результаты исследований учитываются при проектировании и строительстве особо важных инженерных сооружений Петриковского горно-обогатительного комбината.

Библиографические ссылки

1. Махнач А. С., Гарецкий Р. Г., Матвеев А. В. Геология Беларуси. Минск, 2001.
2. Матвеев А. В., Гурский Б. Н., Левицкая Р. И. Рельеф Белоруссии. Минск, 1988.
3. Губин В. Н., Ковалев А. А. Космическая геология Беларуси. Минск, 2008.
4. Матвеев А. В., Нечипоренко Л. А. Линеamentы территории Беларуси. Минск, 2001.
5. Матвеев А. В., Ажгиревич Л. Ф., Вольская Л. С. и др. Кольцевые структуры территории Беларуси. Минск, 1993.
6. Гарецкий Р. Г., Айзберг Р. Е., Карабанов А. К. и др. Космотектоническая карта Беларуси. Минск, 2012.
7. Florinsky I. V. Digital terrain analysis in soil science and geology. Amsterdam, 2011.
8. Codilean A. T., Bishop P., Hoey T. B. Surface process models and the links between tectonics and topography // Prog. Phys. Geogr. 2006. Vol. 30, issue 3. P. 307–333.

9. Karabanov A., Garetsky R., Aizberg R., et al. Neogeodynamics phenomena investigation and computerized mapping in Belarus // The current role of geological mapping in geosciences. NATO science series. Ser. IV : Earth and environmental sciences. 2005. Vol. 56. P. 157–168.
10. *Философов В. П.* Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Саратов, 1975.
11. *Аристархова Л. Б.* Морфоструктурный анализ аэрокосмических снимков и топографических карт. М., 2000.
12. *Курлович Д. М.* Пространственная дифференциация и динамика морфоструктур Белорусского Поозерья. Минск, 2014.
13. *Коржув С. С.* Морфотектоника и рельеф земной поверхности. М., 1974.

References

1. Makhnach A. S., Garetskii R. G., Matveev A. V. [Geology of Belarus]. Minsk, 2001 (in Russ.).
2. Matveev A. V., Gurskii B. N., Levitskaya R. I. [The Relief of Belarus]. Minsk, 1988 (in Russ.).
3. Gubin V. N., Kovalev A. A. [Space geology in Belarus]. Minsk, 2008 (in Russ.).
4. Matveev A. V., Nechiporenko L. A. [Lineaments in the territory of Belarus]. Minsk, 2001 (in Russ.).
5. Matveev A. V., Azgirevich L. F., Volskaya L. S., et al. [Ring structures in the territory of Belarus]. Minsk, 1993 (in Russ.).
6. Garetskii R. G., Aizberg R. E., Karabanov A. K., et al. [Kosmotectonic map of Belarus]. Minsk, 2012 (in Russ.).
7. Florinsky I. V. Digital terrain analysis in soil science and geology. Amsterdam, 2011.
8. Codilean A. T., Bishop P., Hoey T. B. Surface process models and the links between tectonics and topography. *Prog. Phys. Geogr.* 2006. Vol. 30, issue 3. P. 307–333.
9. Karabanov A., Garetsky R., Aizberg R., et al. Neogeodynamics phenomena investigation and computerized mapping in Belarus. *The current role of geological mapping in geosciences. NATO science series. Ser. IV: Earth and environmental sciences.* 2005. Vol. 56. P. 157–168.
10. Filosofov V. P. [Fundamentals of morphometric method of determination of tectonic structures]. Saratov, 1975 (in Russ.).
11. Aristarkhova L. B. [Morphostructural analysis of satellite images and topographic maps Moscow]. Moscow, 2000 (in Russ.).
12. Kurlovich D. M. [Spatial differentiation and dynamics of morphostructures of the Belarusian Poozerye]. Minsk, 2014 (in Russ.).
13. Korzhuev S. S. [Morphotectonics and relief of the Earth surface]. Moscow, 1974 (in Russ.).

*Статья поступила в редколлегию 22.11.2016.
Received by editorial board 22.11.2016.*

ДОСТОВЕРНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

О. А. ЛАЖЕВИЧ¹⁾, Ю. В. ЗАЙКА¹⁾

¹⁾УП «Геосервис», ул. Я. Мавра, 53, 220015, г. Минск, Беларусь

Обращается внимание на то, что применение традиционных для Беларуси методов полевых исследований при оценке инженерно-геологических условий на территории строительства высотных зданий и сооружений, а также наиболее ответственных объектов промышленности и энергетики с нестандартными характеристиками требует определения прочностных и деформационных свойств грунтов на глубине 70 и более метров. На основе анализа обширного фактического материала, полученного по итогам инженерно-геологических изысканий, сделан вывод о том, что используемые в настоящее время корреляционные зависимости между результатами зондирования и модулем деформации для значений q_c и p_d более 30 МПа не всегда отражают реальные деформационные свойства грунтов и нуждаются в дополнительной проверке. Практически на всех строительных площадках выявлено отсутствие четких корреляционных зависимостей, что указывает на недостатки действующих технических кодексов установившейся практики и необходимость их доработки.

Ключевые слова: грунты; статическое зондирование; динамическое зондирование; модуль деформации; инженерно-геологические условия.

ACCURACY OF DETERMINATION OF SOIL MECHANIC PROPERTIES

O. A. LAZHEVICH^a, Y. U. ZAIKA^a

^aUE «Geoservice», Ja. Maŭra Street, 53, 220015, Minsk, Belarus

Corresponding author: Y. U. Zaika (yu_z@tut.by)

Application of conventional methods of field testing of soils, which are currently in use in the Republic of Belarus, for estimation of geotechnical conditions on building grounds of high-rise buildings as well as of the most crucial industrial and power producing objects with nonstandard characteristics, requires determining the deformational and strength properties of soils on depths of 70 meters and even more. At that, there are valuable reasons to assume that correlation ratios widely used in Belarus between results of CPT and DPT and modules of deformation may not reflect the reality and require further verification when q_c and p_d exceed 30 MPa. This assumption is based on our practical experience and numerous facts obtained during carrying out engineering-geological survey in Belarus. Thus, there is an objective necessity to revise our currently used correlation ratios, which in many cases do not fully reflect real deformational properties of soil.

Key words: soils; cone penetration testing; dynamic penetration testing; modulus of deformation; engineering-geological conditions.

Образец цитирования:

Лажевич О. А., Заика Ю. В. Достоверность определения механических свойств грунтов // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 184–192.

For citation:

Lazhevich O. A., Zaika Y. U. Accuracy of determination of soil mechanic properties. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 184–192 (in Russ.).

Авторы:

Олег Анатольевич Лажевич – директор.
Юрий Владимирович Заика – кандидат геолого-минералогических наук, главный геолог.

Authors:

Oleg Lazhevich, director.
lazhevich@live.ru
Yury Zaika, PhD (geology and mineralogy); chief geologist.
yu_z@tut.by

Для расчета оснований и фундаментов, как правило, применяются четыре основные характеристики грунтов:

- модуль общей деформации E , МПа;
- угол внутреннего трения φ , °;
- удельное сцепление C , кПа;
- удельный вес γ , кН/м³.

Существует ряд методов для определения данных показателей – в частности, по физическим свойствам или результатам зондирования.

Методической основой оценки прочностных и деформационных свойств грунтов для условий Беларуси является положение об определяющей роли их структурно-текстурных особенностей [1]. Физические характеристики (коэффициент пористости e , показатель текучести IL) не являются единственным и необходимым критерием, отражающим механические свойства глинистых и песчаных грунтов. Такое представление сформировалось с начала 1970-х гг. – времени массового внедрения зондирования – и было закреплено в Республиканских строительных нормах [2]. На протяжении 25 лет данные нормы считались ключевым элементом технической политики ведущей в этой сфере организации – Белорусского государственного института инженерных изысканий (БелГИИЗ), позднее преобразованного в УП «Геосервис». С 1996 г. методической основой инженерно-геологических изысканий стали Строительные нормы Беларуси [3].

На рис. 1 и 2 приведена динамика средних по инженерно-геологическим элементам (ИГЭ) значений показателей физических свойств, модуля деформации и параметров зондирования глинистых и песчаных грунтов сожского горизонта. Фактический материал к графикам взят из отчета УП «Геосервис» [4].

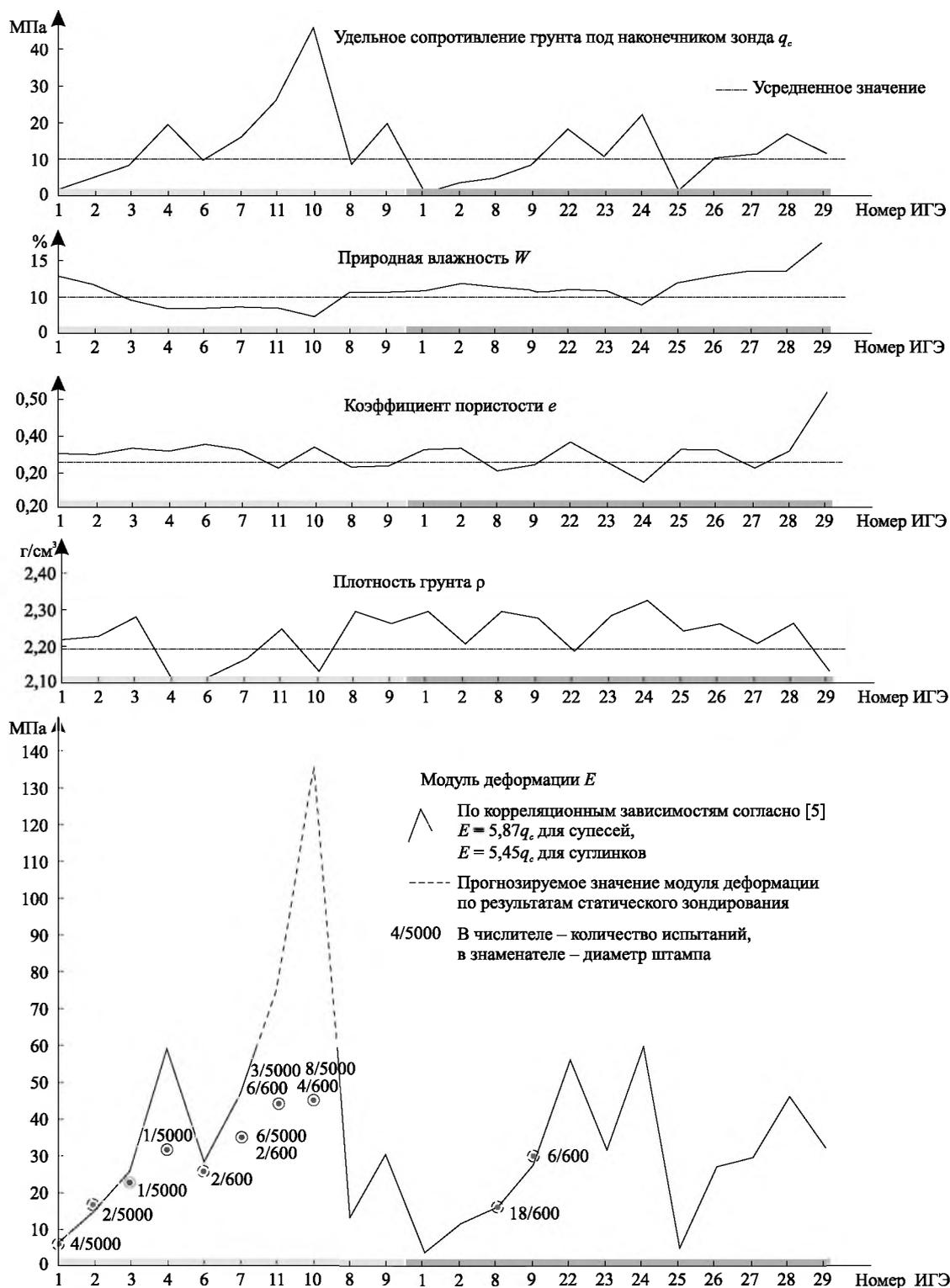
На графиках для большой выборки ИГЭ визуально отображено отсутствие корреляционной зависимости между модулями общей деформации и параметрами зондирования, с одной стороны, и физическими свойствами грунтов – с другой.

В последнее десятилетие в Республике Беларусь все большую актуальность приобретают инженерные изыскания для зданий и сооружений с нестандартными характеристиками (повышенной этажности, с подземными помещениями, объектами с увеличенным общим весом надземной части), что предполагает поиск нового подхода к проведению исследований. Кроме того, это подразумевает определение деформационных и прочностных свойств грунтов на глубине 70 и более метров. Данные факторы обуславливают необходимость более взвешенной интерпретации результатов полевых исследований. В целях решения инженерно-геологических задач при выявлении механических свойств грунтов на большой глубине методами зондирования для значений q_c (удельное сопротивление грунта под наконечником зонда) и p_d (условное динамическое сопротивление грунта погружению зонда) до 70–100 МПа применяются установки тяжелого типа, но, как видно на рис. 1 и 2, а также следует из таблицы, установленные корреляционные зависимости между результатами зондирования и модулем деформации для значений q_c и p_d более 30 МПа требуют дополнительной проверки и уточнения. Примеры зондирования на большой глубине приведены на рис. 3 и 4.

В таблице приведены полученные по результатам испытаний штампом площадью 5000 см² модули общей деформации, рассчитанные в различных интервалах, а также модули деформации, определенные в соответствии с [5] по итогам зондирования. Для значений q_c или p_d от 20 до 100 МПа величины модуля деформации для q_c и p_d согласно [5] будут равны 50 и 54 МПа соответственно. Полевые испытания этих же грунтов штампом выявляют значения от 70 до 90 МПа (расчетный интервал – от 0,5 до 0,2 МПа); при увеличении расчетного интервала значение модуля деформации снижается до 50–70 МПа (расчетный интервал – от 1,0 до 0,2 МПа).

Фактически при установлении корреляционных зависимостей, принятых в [5], опирались на выборку результатов определений модулей деформации в интервалах от 0,3 до 0,1 МПа; они не отражают и не могут отразить реальных деформационных свойств грунтов при значениях q_c и p_d более 30 МПа.

Применение статического или динамического зондирования как единственно верного метода определения механических свойств в песчаных или глинистых грунтах без дополнительного комплексного исследования прямыми методами может привести к серьезным ошибкам в выборе типа и конструкции фундаментов. В таблице приведены результаты сравнения модулей деформации в соответствии с [5] для статического и динамического зондирования. Средние значения модуля деформации согласно [5] составляют 13 (q_c) и 54 (p_d) МПа (для ИГЭ-6), 27 (q_c) и 54 (p_d) МПа (для ИГЭ-8), причем модуль общей деформации в соответствии с испытаниями штампом для ИГЭ-6 изменяется в пределах от 10 до 20 МПа, для ИГЭ-8 – от 32 до 48 МПа. Подобные факты отсутствия четкой корреляционной зависимости встречаются практически на всех строительных площадках, что указывает на недостатки действующих технических кодексов установившейся практики. Следовательно, для достоверной оценки механических свойств грунтов необходимо одновременно использовать несколько методов полевых исследований при выполнении инженерных изысканий.



- ⊙ Значения E для данной стадии изысканий, условно принятые как статистически значимые (количество испытаний > 1), не противоречащие корреляционной зависимости $E - q_c$ [5]
- Статистически не значимые значения (число определений = 1), не противоречащие (ИГЭ-3) или противоречащие (ИГЭ-4) согласно [5]
- ⊙ Значения, не согласующиеся с корреляционной зависимостью согласно [5] в силу вероятной недостоверности зависимости в области высоких значений a . (ИГЭ-10, ИГЭ-11) или со спецификой свойств грунтов (повышенные значения показателя R_c в гравиях ИГЭ-7)

Рис. 1. Изменение средних по ИГЭ значений показателей физических свойств, модуля деформации и параметра статического зондирования супесей и суглинков конечной (—) и основной (==) сожских морен (по [4])

Fig. 1. Engineering-geological elements average values of physical properties, deformation modules, CPT parameters of loamy sands and loams of the terminal (—) and ground (==) moraines of the Sozh Horizon (Pleistocene) (after [4])

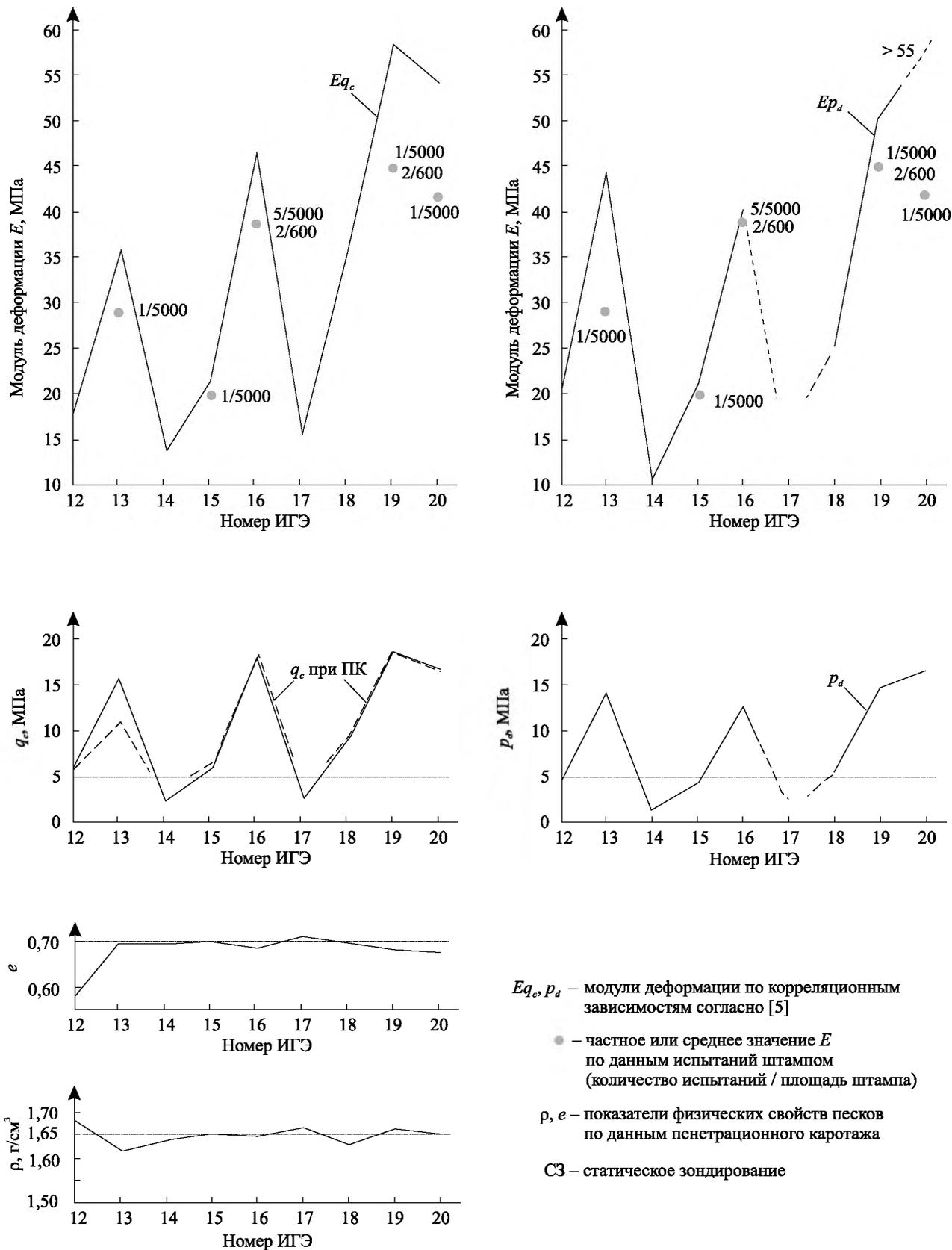


Рис. 2. Изменение средних по ИГЭ значений показателей физических свойств, модуля деформации, параметров статического и динамического зондирования конечно-моренных песков (по [4])

Fig. 2. Engineering-geological elements average values of physical properties, deformation modules, CPT and DPT parameters of terminal moraine sands (after [4])

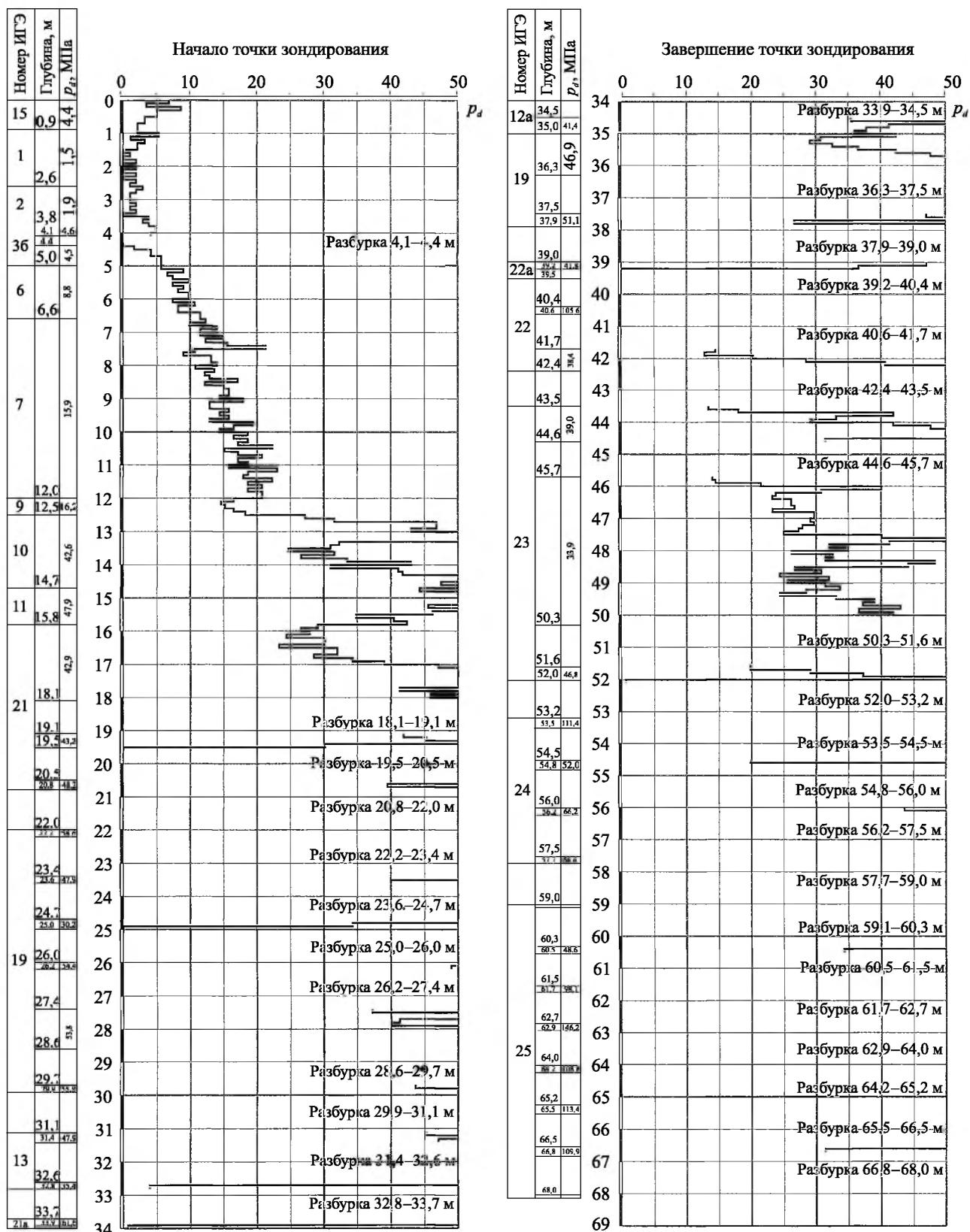


Рис. 3. Точка глубокого динамического зондирования (по материалам изысканий УП «Геосервис»)

Fig. 3. An example of a deep Dynamic Penetration Test log (UE «Geoservice» engineering-geological survey data)

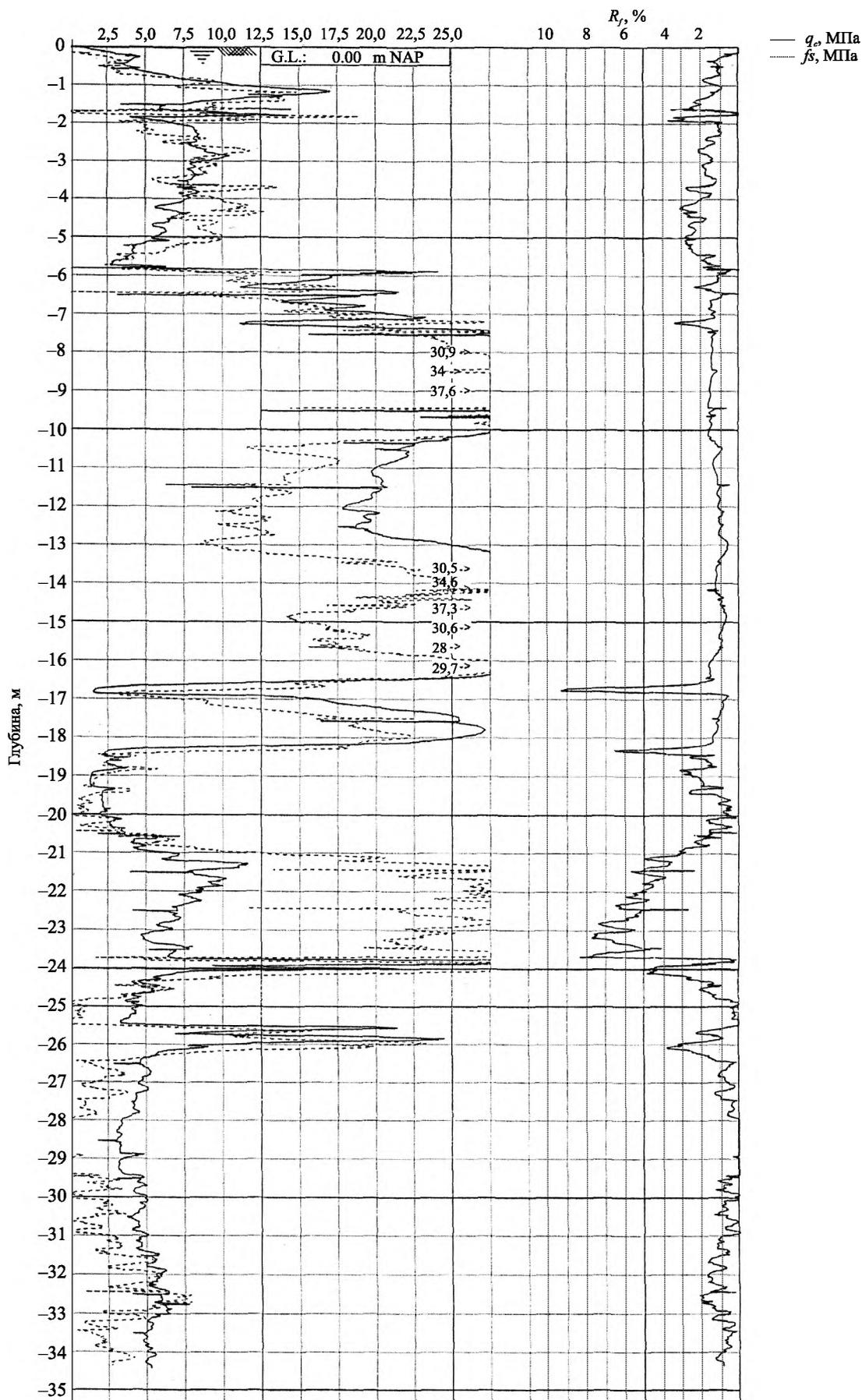


Рис. 4. Точка глубокого статического зондирования (по материалам изысканий УП «Геосервис»)

Fig. 4. An example of a deep CPT log (UE «Geoservice» engineering-geological survey data)

Результаты определения модуля деформации грунтов, МПа

Results of the determination of the soil deformation modulus, MPa

Номер ИГЭ	Вид грунта	Модуль общей деформации МПа, полученный по результатам испытаний штампом площадью 5000 см ²					Зондирование			
							Модуль по [5], q_c	Модуль по [5], p_d	Статическое	Динамическое
		1,0–0,2	0,7–0,2	0,5–0,2	0,7–0,2	0,5–0,2				
6	Супесь прочная	–	–	–	67	88	30	38	5,7	10,2
		–	–	–	61	67				
		31	36	38	67	73				
		61	80	98	78	94				
		–	–	–	65	75				
		–	–	–	55	59				
8	Супесь средней прочности	11	16	20	–	–	13	54	2,5	18,6
		10	15	16	–	–				
		–	–	13	–	–				
9	Супесь прочная	–	–	–	32	41	27	54	5,1	17,9
		33	37	40	–	–				
		41	46	48	–	–				
10	Супесь очень прочная	–	–	–	88	90	50	54	25,0	29,8
		–	–	–	38	38				
		–	–	–	81	85				
		–	–	–	63	70				
		53	63	72	–	–				
		49	58	65	–	–				
		56	68	82	–	–				
11	Супесь очень прочная	–	–	–	67	75	50	54	22,8	35,3
		–	–	–	70	81				
		–	–	–	80	97				
		–	–	–	65	73				
		–	–	–	63	69				
		–	–	–	68	72				
		–	–	–	74	81				
		–	–	–	64	72				
		–	–	–	70	77				
		–	–	–	75	82				
		–	–	–	64	70				
		13	Песок пылеватый прочный	–	–	–				
42	49			55	–	–				

Таким образом, сделанные выводы указывают на необходимость проведения исследований в целях установления единых инженерно-геологических закономерностей, проверки используемой в Беларуси корреляционной зависимости $E - q_c$ (согласно [5]) или выявления новой зависимости для оперативной оценки в будущем деформационных свойств грунтов и их динамики.

Особое внимание необходимо уделить показателю трения R_f при статическом зондировании, закономерности изменчивости которого в условиях Беларуси до настоящего времени в должной мере не учтены. По литературным данным, на этот показатель прямо влияют такие факторы, как увеличение содержания тонкозернистых частиц, глинистости, пластичности и концентрации органического вещества в грунте [6; 7]. Однако на некоторых площадках, изученных специалистами УП «Геосервис», установлены отклонения от этих правил. Так, рост средних по ИГЭ значений R_f от 2 до 4 % в глинистых грунтах сожского горизонта на объекте, рассмотренном в [4], не был связан с повышением глинистости и пластичности грунтов, а также с какими-либо отчетливыми литологическими изменениями. Причины данного явления остаются невыясненными. Также неясна природа дальнейшего снижения R_f с глубиной до средних значений 2 % [4]. Нельзя исключать связи показателя трения R_f с величиной порового давления в грунте, влияние которого на показатели статического зондирования необходимо изучать с применением зондов, снабженных датчиками порового давления (пъезоконусов).

График показателя трения R_f для песчаных и глинистых грунтов морен даже при одинаковых значениях, например 2 %, имеет различную форму. В частности, кривые песчаных грунтов обладают более ровной (гладкой) формой без выраженной зубчатости. Между тем график, отражающий состояние глинистого грунта, имеет пилообразную форму. Опыт изучения показателя трения R_f специалистами УП «Геосервис» выявил следующие закономерности его изменения в зависимости от вида моренных грунтов: песчаные – от 1 до 4 %; супеси – от 2 до 8 %; суглинки и глины – от 6 до 12 %. Данные исследования получены на ограниченном количестве площадок и в настоящее время не могут быть использованы для прогнозирования свойств грунтов на всей территории Беларуси.

Опираясь на итоги настоящего исследования, можно с высокой степенью уверенности судить о целесообразности применения результатов статического зондирования для определения вида грунтов. Отображенную на рис. 4 форму графика R_f можно получить, используя точность оценки значений q_c и f_s (трение по боковой поверхности зонда), составляющую не менее одного определения на каждый сантиметр глубины погружения зонда. Приведенная в [8] методика выполнения статического зондирования устанавливает точность, соответствующую не менее чем одному измерению на 10 см глубины погружения, однако этого недостаточно для максимально достоверной оценки показателя трения R_f .

Применение результатов зондирования на большой глубине без накопления материалов по другим видам полевых инженерно-геологических и геофизических работ в сочетании с лабораторным анализом, а также без опоры на научно-исследовательский базис недопустимо. Недопонимание того обстоятельства, что одни и те же значения зондирования в разных грунтах и на разной глубине отражают физико-механические характеристики несопоставимым образом, приводит к необоснованному выбору конструкций фундаментов, что в лучшем случае обернется существенным удорожанием работ при строительстве, а в худшем – станет причиной аварии.

Таким образом, для адекватной и безошибочной интерпретации результатов статического зондирования на большой глубине крайне важным является комплексное применение различных инженерно-геологических методов исследований, что также позволит осуществить независимую проверку их результатов. Для особо значимых и технически сложных зданий и сооружений количество этих методов должно быть максимально возможным.

Библиографические ссылки

1. Бусел И. А. Прогнозирование строительных свойств грунтов. Минск, 1989.
2. Инструкция по учету особенностей моренных грунтов при проектировании естественных оснований на территории БССР : РСН 27–78. Минск, 1979.
3. Инженерные изыскания для строительства : СНБ 1.02.01–96. Минск, 1996.
4. Заключительный отчет о комплексной инженерно-геологической и гидрогеологической съемке в масштабах 1 : 50 000 – 1 : 5 000 Островецкой площадки возможного размещения АЭС. УП «Геосервис». Объект № 333/08-02. Минск, 2009.
5. Прочностные и деформационные характеристики грунтов по данным статического зондирования и пенетрационного каротажа. Правила определения : введ. 01.07.2006. ТКП 45-5.01-15-2005. Минск, 2006.
6. Olsen R. S. Using the CPT for dynamic site response characterization // Proceedings of the Earthquake Engineering and Soil Dynamics II. Conference, American Society of Civil Engineers. New York, 1988. P. 374–388.
7. Rogers J. D. Subsurface Exploration Using the Standard Penetration Test and the Cone Penetrometer Test // Environ. Eng. Geosci. 2006. Vol. XII, № 2. P. 161–179.
8. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием : введ. Респ. Беларусь 01.01.2013. ГОСТ 19912–2012. Минск, 2015.

References

1. Busel I. A. [Prediction of engineering properties of soils]. Minsk, 1989 (in Russ.).
2. [Instruction on calculation of characteristics of moraine soils for design of natural foundations on the territory of BSSR : RSN 27–78]. Minsk, 1979 (in Russ.).
3. [Engineering survey for construction : SNB 1.02.01–96]. Minsk, 1996 (in Russ.).
4. [Final report on comprehensive engineering-geological and hydro-geological survey of the 1 : 50 000 – 1 : 5 000 scale on the Astravets Site of possible location of the NPP]. UE «Geoservice» technical archive. Object No. 333/08–02. Minsk, 2009 (in Russ.).
5. [Strength and deformational characteristics of soils according to CPT and Penetration Logging data. Technical regulations : intr. 01.07.2006. ТКР 45-5.01-15–2005]. Minsk, 2006 (in Russ.).
6. Olsen R. S. Using the CPT for dynamic site response characterization. In: *Proceedings of the Earthquake Engineering and Soil Dynamics II*. Conference, American Society of Civil Engineers. New York, 1988. P. 374–388.
7. Rogers J. D. Subsurface Exploration Using the Standard Penetration Test and the Cone Penetrometer Test. *Environ. Eng. Geosci.* 2006. Vol. XII, No. 2. P. 161–179.
8. [Soils. Field CPT and DPT methods : GOST 19912–2012]. Minsk, 2015 (in Russ.).

Статья поступила в редакцию 13.03.2017.
Received by editorial board 13.03.2017.

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

OUR JUBILEE



Николай Васильевич
КЛЕБАНОВИЧ

Nikolai Vasilievich
KLEBANOVICH

Исполнилось 60 лет декану географического факультета Белорусского государственного университета (БГУ) доктору сельскохозяйственных наук, профессору Николаю Васильевичу Клебановичу.

Николай Васильевич родился 1 мая 1957 г. в семье служащих. Отец, Василий Федорович, – лауреат Государственной премии БССР, работал в НИИ почвоведения и агрохимии. Мать, Валентина Афанасьевна, – преподаватель русского языка и литературы БГУ.

В 1974 г. Н. В. Клебанович поступил на географический факультет БГУ, где учебу сочетал с научно-исследовательской деятельностью. Уже в студенческие годы были опубликованы его две первые статьи в журнале «Вестник БГУ» в соавторстве с доцентом В. В. Стецко. В становлении будущего почвоведом важную роль сыграли практики (дважды на геостанции, по Уралу, в почвен-

ной экспедиции Белорусского технологического института). Учебу на географическом факультете Н. В. Клебанович завершил в 1979 г., получив диплом с отличием.

В 1980 г. Николай Васильевич поступил в аспирантуру Белорусского НИИ почвоведения и агрохимии. Под руководством Н. И. Смеяна, впоследствии академика, изучал вопросы эволюции свойств дерново-подзолистых почв при окультуривании, самостоятельно провел множество лабораторных анализов и полевых исследований, что позволило ему своевременно подготовить и в 26 лет защитить диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности «Почвоведение» на тему «Изменение морфологических признаков, основных свойств и плодородия дерново-подзолистых супесчаных почв в процессе окультуривания».

После окончания аспирантуры Н. В. Клебанович последовательно работал младшим, старшим, ведущим научным сотрудником сектора экономики применения средств химизации БелНИИ почвоведения и агрохимии (1983–1999). Основной сферой научных интересов в эти годы стала проблема оптимизации кислотности почв Беларуси, проводились многочисленные полевые и лабораторные эксперименты, благодаря которым удалось создать экспериментальный задел для подготовки докторской диссертации. Были разработаны оптимальные дозы извести для условий Беларуси, в том числе для загрязненных радионуклидами территорий, нормативы удельного сдвига рН при известковании, а также прибавок урожаев культур, потерь кальция и магния в результате выщелачивания, что нашло отражение в действующей инструкции по известкованию кислых почв Беларуси. Николай Васильевич является автором ряда производственно-практических изданий, таких как «Методика определения энергетической эффективности применения минеральных, органических и известковых удобрений» (1996), «Руководство по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 1997–2000 гг.», «Инструкция о порядке известкования кислых почв сельскохозяйственных земель» (1997, 2008).

С августа 1999 г. Н. В. Клебанович трудился в должности доцента кафедры почвоведения и геологии географического факультета БГУ, активно передавая свои знания будущим специалистам. В течение 18 лет разработал и читал ряд учебных курсов: «Основы химической мелиорации», «Земельный кадастр», «Методы обследования земель», «Физика почв», «Землеустройство», «Основы земельного законодательства», «Гидрология почв», «Биофизика почв», «Почвоведение и земельные ресурсы». По всем основным дисциплинам написаны учебные пособия, три из которых вышли в серии «Классическое университетское издание». Всего Николай Васильевич разработал более 40 учебных пособий и карт, в том числе половину самостоятельно.

Научные исследования в области химической мелиорации были обобщены в объемной монографии «Известкование почв Беларуси». В 2003 г. за цикл работ по известкованию кислых почв Н. В. Клебанович был удостоен премии Национальной академии наук Беларуси. В марте 2004 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности «Агрохимия» на тему «Система поддержания известкования почв Беларуси» (научный консультант – академик И. М. Богдевич).

В работе, помимо прочего, был сделан прогноз эволюции кислотности почв, полностью оправдавшийся за 13 лет. Внесение в 2010-х гг. 1,2–1,6 млн CaCO_3 вместо предложенных Н. В. Клебановичем для сохранения существующего положения 2,2 млн CaCO_3 привело к постепенному подкислению сельскохозяйственных земель: значение рН увеличилось с 5,99 до 5,89.

С сентября 2004 по февраль 2017 г. Н. В. Клебанович возглавлял кафедру почвоведения и земельных информационных систем БГУ, создал перспективный творческий коллектив, способный решать серьезные учебные и научные задачи. В течение восьми лет состоял в специализированном совете по защите диссертаций при БелНИИ почвоведения и агрохимии, с 2013 г. работу по аттестации кадров высшей квалификации продолжил в экспертном совете по сельскохозяйственным наукам ВАК Республики Беларусь. Являлся руководителем нескольких аспирантов, трое из которых успешно защитились, причем по разным специальностям: М. А. Ересько (физическая география, биогеография, география почв и геохимия ландшафтов); А. С. Домась (агропочвоведение, агрофизика); С. Н. Прокопович (картография). В 2016 г. удостоен ученого звания профессора.

С 2010 г. Н. В. Клебанович работает в Топонимической комиссии при Совете Министров Республики Беларусь, в течение многих лет участвует в работе редколлегии нескольких научных журналов: «Почвоведение и агрохимия», «Земля Беларуси», «Журнал Белорусского государственного университета» (ранее – «Вестник БГУ»), «Агрохимический вестник» (Москва). Опубликовал более 300 научных и учебно-методических работ, в том числе свыше 40 учебных пособий и карт, около 100 статей в журналах из списка ВАК Беларуси.

За успехи в научной и педагогической деятельности Н. В. Клебанович награжден почетными грамотами БГУ, Министерства образования Республики Беларусь, грамотой Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь, занесен на Доску почета БГУ (в 2013 г.).

В настоящее время Н. В. Клебанович является деканом географического факультета БГУ.

Высокий профессионализм, глубокая эрудиция, трудолюбие, отзывчивость и доброжелательное отношение к коллегам и студентам снискали Николаю Васильевичу большой авторитет и уважение.

Коллеги и сотрудники географического факультета БГУ от всего сердца поздравляют Николая Васильевича с юбилеем и желают ему здоровья, счастья, успехов в административной, научной и учебно-педагогической деятельности.



Лариса Ивановна
МУРАШКО

Larisa Ivanovna
MURASHKO

В апреле отметила юбилей известный белорусский геолог, ученый и педагог, кандидат геолого-минералогических наук доцент кафедры инженерной геологии и геофизики географического факультета Белорусского государственного университета Лариса Ивановна Мурашко.

Родилась Л. И. Мурашко в д. Блонь Пуховичского района Минской области, получила среднее образование в марьиногорской школе № 3, окончив ее с отличием. В 1974–1979 гг. обучалась на географическом факультете БГУ, после чего прошла трудовой путь от старшего лаборанта и аспиранта лаборатории геологии и палеопотамологии антропогена до ведущего научного сотрудника лаборатории неогеодинамики в Институте геологических наук Национальной академии наук (НАН) Беларуси (1979–2000 гг.). Здесь после окончания аспирантуры в 1993 г. защитила кандидатскую диссертацию «Олигоцен Беларуси: строение, вещественный состав и условия формирования отложений» по специальности «Литология». Лариса Ивановна разработала критерии и выполнила палеогеографические реконструкции событий кайнозоя на территории Беларуси, методами изотопной геохронометрии К/Аг по аутигенному глаукониту ей удалось установить геохронометрические рубежи палеогена.

В процессе экспериментально-практической деятельности Л. И. Мурашко разработала методику обогащения глауконитового сырья, организовала и провела множество экспериментов по его использованию в нескольких отраслях промышленности и сельского хозяйства (производство пигментов,

сорбентов, строительных материалов, мелиорантов и т. п.), внедрила десятки предложений в производственные организации; экспериментальные образцы экспонировались на международных выставках. С 1992 г. в качестве минералога участвовала в прикладных исследованиях государственного предприятия «Белгео», где изучала золотосодержащую четвертичную толщу, алмазосодержащую диатрем Жлобинской седловины, а также участвовала в разработке методик обогащения железистых кварцитов, россыпей цветных и благородных металлов. Минералогические исследования Л. И. Мурашко проводила в Беларуси, России, Литве, Монголии, Нигерии и других странах.

Приобретенный в НАН Беларуси научный и практический опыт пригодился Л. И. Мурашко в педагогической деятельности на географическом факультете БГУ, где с 2000 г. она работала на кафедрах почвоведения и геологии, а также инженерной геологии и геофизики старшим преподавателем, затем доцентом, разработала учебные программы и успешно читает лекции по дисциплинам «Историческая геология», «Геология Беларуси», «Геология», «Геология и полезные ископаемые Беларуси», ведет практические занятия и учебно-полевую практику студентов. Ее лекции дополняются и иллюстрируются материалами собственных исследований, экспедиций и путешествий.

Лариса Ивановна является автором более 200 научных работ, в том числе 14 научных монографий («Геология Беларуси» (2001), «Палеогеография кайнозоя Беларуси» (2002), «Постседиментационные изменения платформенного чехла Бела-

руси» (2007), «Самородное золото в четвертичных отложениях Беларуси» (2006) и др.) и четырех учебно-методических пособий («Геология Беларуси. Лабораторный практикум для студентов географического факультета» (2007), «Учебные полевые практики на географической станции “Западная Березина”» (2007), «Историческая геология» (2011, 2012)), геологических карт из Национального атласа Республики Беларусь (2003) и Школьного атласа учителя (2016), а также соавтором «Региональной стратиграфической схемы палеогеновой системы Беларуси» (2010). Будучи активной участницей международных и республиканских совещаний, симпозиумов и конференций, Л. И. Мурашко страстно увлечена наукой, отлича-

ется организованностью, трудолюбием, оптимизмом и упорством в достижении поставленных целей, стойкостью в преодолении невзгод. Ее труды широко известны среди ученых Беларуси, стран Содружества и дальнего зарубежья. Как опытный педагог и известный белорусский ученый, она пользуется авторитетом у своих коллег и студентов, являясь куратором студенческой группы.

За работу по подготовке кадров высшего образования в Беларуси Л. И. Мурашко награждена грамотой БГУ (2007) и почетной грамотой БГУ (2012).

Сотрудники географического факультета БГУ, друзья и коллеги сердечно поздравляют Ларису Ивановну Мурашко с юбилеем и желают ей доброго здоровья и больших творческих успехов.

АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ В БГУ РАБОТ INDICATIVE ABSTRACTS OF THE PAPERS DEPOSITED AT BSU

УДК 33:911.3(06)+332.1(06)

Социально-экономическая география в XXI веке: региональное развитие [Электронный ресурс] : материалы межвуз. респ. семинара (Минск, 17–18 нояб. 2016 г.) / редкол.: Е. А. Антипова (пред.) [и др.]. БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск, 2017. 294 с. : ил. Библиогр. в конце ст. URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/169718>. Загл. с экрана. Деп. 22.03.2017, № 001722032017.

В сборнике материалов межвузовского республиканского семинара собраны результаты исследований преподавателей, аспирантов и студентов, которые раскрывают современные тенденции в социально-экономической географии. Особое внимание уделено инновационным факторам социально-экономического развития регионов Беларуси. Ряд докладов посвящен социально-демографическим рискам стран в условиях глобализации, современным структурным и территориальным сдвигам в развитии мирового хозяйства и туризма, а также природно-ресурсному потенциалу как фактору устойчивого развития регионов. Важной частью сборника являются статьи о научном наследии первого профессора географии в Беларуси А. А. Смолича.

Сборник адресован преподавателям, научным работникам, аспирантам, студентам вузов, преподавателям и слушателям системы повышения квалификации и переподготовки специалистов образования, педагогам и руководителям общеобразовательных школ, учреждений внешкольного воспитания.

УДК 911.2(082)

Региональная физическая география в новом столетии : (к 55-летию кафедры физической географии мира и образовательных технологий) [Электронный ресурс] : сб. науч. статей. Вып. 10 / под общ. ред. Я. К. Еловичевой. БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск, 2017. 160 с. : ил. Библиогр. в конце отд. ст. URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/170830>. Загл. с экрана. Деп. 14.04.2017, № 002414042017.

Сборник работ посвящен новым результатам научных исследований и учебно-методических разработок сотрудников и студентов кафедры физической географии мира и образовательных технологий географического факультета Белорусского государственного университета и кафедры экономической географии и охраны природы факультета естествознания Белорусского государственного педагогического университета им. М. Танка. Работа включает в себя введение, шесть разделов по региональной физической географии, стратиграфии и эволюционной географии, биогеографии, методике преподавания и методическим аспектам вузовского и школьного образования, геоэкологии, туризму и экономике, которые представляют собой основные направления работ этих кафедр и ведутся их сотрудниками и студентами на основе различных методов исследований; имеется также заключение, содержание, список авторов сборника.

Работа рекомендуется преподавателям географических дисциплин вузов, ученым в области современной физической и эволюционной географии, стратиграфии, туризма, экономики, географической экологии, методики преподавания географии.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОГРАФИЯ

<i>Матюшевская Е. В., Киселёв В. Н., Яротов А. Е., Митрахович П. А.</i> Продукционный потенциал ели для нарастания стволовой массы в условиях изменяющегося климата	3
<i>Бараннык А. В., Позняк С. П.</i> Горно-лугово-буроземные почвы (<i>Cambic Umbrisols</i>) Украинских Карпат	13
<i>Патши И. Я.</i> Дифференциация вещественного состава агрочерноземов типичных (<i>Haplic Chernozems</i>) Западной лесостепи Украины	22
<i>Абрамова И. В.</i> Сукцессия населения птиц в ходе восстановительной смены еловых лесов в юго-западной части Беларуси	31
<i>Закиров И. В., Шавель А. Н.</i> Сравнительно-географический анализ внешней торговли товарами регионов Беларуси и России (на примере Гомельской области и Республики Башкортостан)	40
<i>Шевцова Н. С., Гордейчук О. Н.</i> Туристско-рекреационное использование рек Минской области: профилирующие виды и лимитирующие факторы	52
<i>Сидоренко В. П., Запрудский И. И.</i> Региональная дифференциация уровня промышленного развития в Республике Беларусь	63
<i>Воробьёв Д. С.</i> Геоэкологическая оценка энергетического потенциала древесного сырья Беларуси	73
<i>Струк М. И., Сливинская Т. В.</i> Оценка интенсивности авиаперевозок в странах Европейского региона	82
<i>Клебанович Н. В., Прокопович С. Н., Сазонов А. А., Куликова А. С.</i> Картометрическая и генетико-морфологическая характеристика почвенного покрова средствами ГИС-технологий	92
<i>Витченко А. Н., Телеш И. А.</i> Современные тенденции изменения комфортности климата в городе Минске	103
<i>Герман А. Р., Атоян Л. В.</i> Автоматизированный способ получения живописного трехмерного картографического изображения	114
<i>Жумарь П. В.</i> Местообитание как элементарная операционная единица ландшафтно-экологического картографирования	124
<i>Брусак В. Ф., Кляпчук Т. В.</i> Морфоструктуры горной части бассейна реки Быстрицы Надворнянской в Украинских Карпатах	134

ГЕОЛОГИЯ

<i>Богдасаров М. А., Кухарик Е. А.</i> Особенности строения и формирования четвертичных отложений Западного Полесья в связи с их янтароносностью	143
<i>Власов Б. П., Жуковская Н. В., Ковальчик Н. В.</i> Содержание микроэлементов в донных отложениях водоемов и водотоков Беларуси по данным мониторинга	152
<i>Санько А. Ф.</i> Августовский интергляциал Польши по данным изучения фауны моллюсков	163
<i>Барбиков Д. В., Курлович Д. М., Кутырло В. Э.</i> Новейшая геодинамика северного участка Петриковского месторождения калийных солей	175
<i>Лажевич О. А., Заика Ю. В.</i> Достоверность определения механических свойств грунтов	184

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

Николай Васильевич Клебанович	193
Лариса Ивановна Мурашко	195
Аннотации депонированных в БГУ работ	197

CONTENTS

GEOGRAPHY

<i>Matsiusheuskaya K. V., Kisialiou V. N., Jarotau A. E., Mitrachovich P. A.</i> The potential productivity of spruce to rise of mass of tree trunk in a changing climate.....	3
<i>Barannyk A. V., Pozniak S. P.</i> The mountainous meadowy brown soils (<i>Cambic Umbrisols</i>) of the Ukrainian Carpathians	13
<i>Papish I. Y.</i> Differentiation of substance composition in the Typical Agrochernozems (<i>Haplic Chernozems</i>) of the Western Ukrainian Forest-Steppe	22
<i>Abramova I. V.</i> Succession of bird population in the course of secondary spruce forest succession in South-Western Belarus.....	31
<i>Zakirov I. V., Shavel A. N.</i> Comparative geographical analysis of foreign trade in goods of Belarusian and Russian regions (by the example of Gomel oblast and the Republic of Bashkortostan)	40
<i>Shevtsova N. S., Gordeychuk O. N.</i> Tourist and recreational use of the rivers in Minsk region: profiling types and limiting factors.....	52
<i>Sidorenko V. P., Zaprudski I. I.</i> Regional disparity of the industrial development level in the Republic of Belarus	63
<i>Vorobyov D. S.</i> Geoecological assessment of energy potential of wood raw materials of Belarus	73
<i>Struk M. I., Slivinskaya T. V.</i> Evaluation of the intensity of air transportation in the European region	82
<i>Klebanovich N. V., Prokopovich S. N., Sazonov A. A., Kulikova H. S.</i> Cartometrics and genetic-morphological characteristics of the soil cover by means of GIS-technologies	92
<i>Vitchenko A. N., Telesh I. A.</i> Current trends of the climatic comfort change in Minsk	103
<i>German A. R., Atayan L. V.</i> An automated method of producing of a picturesque three-dimensional map image	114
<i>Zhoomar P. V.</i> Habitat as an elementary operation unit of the landscape ecological mapping	124
<i>Brusak V. F., Klapchuk T. V.</i> The morphostructures of the mountainous part basin river Bystrica Nadvirimianska in Ukrainian Carpathians.....	134

GEOLOGY

<i>Bahdasarau M. A., Kukharyk Y. A.</i> Structure and formation features of quaternary deposits of the West Polesie because of its amber content	143
<i>Vlasov B. P., Zhukovskaya N. V., Kavalchyk N. V.</i> Trace elements contents in Belarusian reservoirs and rivers bottom sediments according to monitoring	152
<i>Sanko A. F.</i> Augustovian Interglacial of Poland according to the study of molluscs fauna	163
<i>Barbikov D. V., Kurlovich D. M., Kutyrla V. E.</i> Neogeodynamics at northern prospect area of Petrikov potash deposit.....	175
<i>Lazhevich O. A., Zaika Y. U.</i> Accuracy of determination of soil mechanic properties.....	184

OUR JUBILEE

Nikolai Vasilievich Klebanovich	193
Larisa Ivanovna Murashko	195
Indicative abstracts of the papers deposited at BSU.....	197

Журнал включен Высшей аттестационной комиссией Республики Беларусь в Перечень научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований по географическим и геолого-минералогическим наукам.

Журнал включен в библиографическую базу данных научных публикаций «Российский индекс научного цитирования» (РИИЦ).

**Журнал Белорусского
государственного университета. География. Геология.
№ 2. 2017**

Учредитель:
Белорусский государственный университет

Юридический адрес: пр. Независимости, 4,
220030, Минск.
Почтовый адрес: ул. Кальварийская, 9, каб. 636, 637,
220004, Минск.
Тел. 259-70-74, 259-70-75.
E-mail: vestnikbsu@mail.ru
vestnikbsu@bsu.by

«Журнал Белорусского государственного
университета. География. Геология»
издается с января 1969 г.
До 2017 г. выходил под названием «Вестник БГУ.
Серия 2. Химия. Биология. География»
(ISSN 2308-9164).

Редакторы *О. Л. Диброва*
Технические редакторы *Ю. А. Тарайковская*,
Корректоры *Л. А. Меркуль*, *М. А. Подголина*

Подписано в печать 02.08.2017.
Тираж 105 экз. Заказ 493.

Республиканское унитарное предприятие
«Издательский центр Белорусского
государственного университета».
ЛП № 02330/117 от 14.04.2014.
Ул. Красноармейская, 6, 220030, Минск.

© БГУ, 2017

**Journal
of the Belarusian State University. Geography and Geology.
No. 2. 2017**

Founder:
Belarusian State University

Registered address: Nezavisimosti ave., 4, 220030, Minsk.
Correspondence address: Kal'variiskaya str., 9, office 636, 637,
220004, Minsk.
Tel. 259-70-74, 259-70-75.
E-mail: vestnikbsu@mail.ru
vestnikbsu@bsu.by

«Journal of the Belarusian State University.
Geography and Geology»
published since January, 1969.
Until 2017 named «Vestnik BGU.
Seriya 2. Khimiya. Biologiya. Geografiya»
(ISSN 2308-9164).

Editors *O. L. Dibrova*
Technical editors *Y. A. Taraikouskaya*
Proofreaders *L. A. Merkul'*, *M. A. Podgolina*

Signed print 02.08.2017.
Edition 105 copies. Order number 493.

Publishing Center of BSU.
License for publishing No. 02330/117, 14 April, 2014.
Krasnoarmeiskaya str., 6, 220030, Minsk.

© BSU, 2017