



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

---

# 1

# 2021

---

МИНСК  
БГУ



## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- Главный редактор** АНТИПОВА Е. А. – доктор географических наук, профессор; заведующий кафедрой экономической и социальной географии факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь.  
E-mail: antipova@bsu.by
- Заместитель главного редактора** КЛЕБАНОВИЧ Н. В. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; заведующий кафедрой почвоведения и геоинформационных систем факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь.  
E-mail: n\_klebanovich@inbox.ru
- Ответственный секретарь** ГАГИНА Н. В. – кандидат географических наук, доцент; заведующий кафедрой географической экологии факультета географии и геоинформатики 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.  
*Еловичева Я. К.* Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.  
*Зуй В. И.* Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.  
*Калицкий Т.* Институт географии Университета Яна Кохановского в Кельце, Кельце, Польша.  
*Катровский А. П.* Смоленский государственный университет, Смоленск, Россия.  
*Курлович Д. М.* Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.  
*Маркс Л.* Варшавский университет, Варшава, Польша.  
*Мезенцев К. В.* Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина.  
*Нюсупова Г. Н.* Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан.  
*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.  
*Сарменто Ж. К. В.* Университет Минью, Брага, Португалия.

## EDITORIAL BOARD

- Editor-in-chief** ANTIPOVA E. A., doctor of science (geography), full professor; head of the department of economic and social geography of the faculty of geography and geoinformatics of the Belarusian State University, Minsk, Belarus.  
E-mail: antipova@bsu.by
- Deputy editor-in-chief** KLEBANOVICH N. V., doctor of science (agricultural sciences), full professor; head of the department of soil science and land information systems of the faculty of geography and geoinformatics of the Belarusian State University, Minsk, Belarus.  
E-mail: n\_klebanovich@inbox.ru
- Executive secretary** HAHINA N. V., PhD (geography), docent; head of the department of geographical ecology of the faculty of geography and geoinformatics 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.  
*Yelovicheva Ya. K.* Belarusian State University, Minsk, Belarus.  
*Zui V. I.* Belarusian State University, Minsk, Belarus.  
*Kalicki T.* Institute of Geography of the Jan Kochanowski University in Kielce, Kielce, Poland.  
*Katrovskii A. P.* Smolensk State University, Smolensk, Russia.  
*Kurlovich D. M.* Belarusian State University, Minsk, Belarus.  
*Marks L.* University of Warsaw, Warsaw, Poland.  
*Mezentsev K. V.* Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine.  
*Nyusupova G. N.* al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.  
*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.  
*Sarmiento Zh. K. B.* University of Minho, Braga, Portugal.

УДК 551.586+551.588.6

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ БИОКЛИМАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА NDVI

**В. Ф. ЛОГИНОВ<sup>1)</sup>, М. А. ХИТРИКОВ<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Институт природопользования НАН Беларуси,  
ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь

Проведен анализ связи изменений биоклиматического потенциала с изменениями состояния сельскохозяйственных культур. Используются показатель биологической продуктивности по Шашко ( $B_k$ ) и вегетационный индекс NDVI (*normalised difference vegetation index*). Для территории Беларуси свойственно повышение средних значений обоих параметров: с начала XXI в. прирост значений  $B_k$  составил 10–15 баллов, а прирост значений NDVI – 0,02–0,03 пункта. Характер связи между этими показателями зависит от типа растительного покрова. Для лесной растительности современные изменения климата оказались благоприятными, тогда как на обрабатываемых землях наблюдается снижение средних значений NDVI, несмотря на рост  $B_k$ . Главной причиной этого является высокая зависимость состояния сельскохозяйственных культур от общих ресурсов влаги (коэффициент корреляции  $r$  между значениями NDVI и количеством осадков составляет 0,65–0,80), которые, согласно данным измерений TWSA (*terrestrial water storage anomaly*), в последнее десятилетие начинают снижаться.

**Ключевые слова:** биоклиматический потенциал; биопродуктивность; изменения климата; вегетационный индекс NDVI; растительный покров.

---

### Образец цитирования:

Логинов ВФ, Хитриков МА. Оценка изменений биоклиматического потенциала территории Беларуси с использованием вегетационного индекса NDVI. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2021;1:3–12.  
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-1-3-12>

### For citation:

Loginov VF, Khitrykau MA. Estimation of changes in bioclimatic potential values on the territory of Belarus using normalised difference vegetation index (NDVI). *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2021;1:3–12. Russian.  
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-1-3-12>

---

### Авторы:

**Владимир Федорович Логинов** – академик НАН Беларуси, доктор географических наук, профессор; главный научный сотрудник Центра климатических исследований.  
**Максим Александрович Хитриков** – младший научный сотрудник Центра климатических исследований.

### Authors:

**Vladimir F. Loginov**, academician of the National Academy of Sciences of Belarus, doctor of science (geography), full professor; chief researcher at the Centre for Climate Research.  
**Maxim A. Khitrykau**, junior researcher at the Centre for Climate Research.  
[m.a.hitrykau@gmail.com](mailto:m.a.hitrykau@gmail.com)





## ESTIMATION OF CHANGES IN BIOCLIMATIC POTENTIAL VALUES ON THE TERRITORY OF BELARUS USING NORMALISED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI)

V. F. LOGINOV<sup>a</sup>, M. A. KHITRYKAU<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Institute for Nature Management, National Academy of Sciences of Belarus,  
10 F. Skaryny Street, Minsk 220076, Belarus*

*Corresponding author: M. A. Khitrykau (m.a.khitrykau@gmail.com)*

Relations between bioclimatic potential changes and changes in state of crops have been analysed. NDVI (normalised difference vegetation index) and biological productivity parameter by D. I. Shashko ( $B_k$ ) were used for this purpose. Average values of both parameters have been increasing over the territory of Belarus: since the beginning of 21<sup>st</sup> century,  $B_k$  values increased by 10–15 points and NDVI values – by 0.02–0.03 points. Relations between them depend on the type of vegetation. Current climate changes appeared to be favourable for forests, but average NDVI values on the croplands have been decreasing despite  $B_k$  growth. The main reason for this is high correlation between state of vegetation and water resources available (correlation coefficient  $r$  between NDVI and precipitation is 0.65–0.80), which, according to TWSA (terrestrial water storage anomaly) measurements, have begun to decrease during the last decade.

**Keywords:** bioclimatic potential; bioproductivity; climate change; NDVI; vegetation.

### Введение

В условиях современного потепления климата переоценка изменений агроклиматических условий и реакций сельскохозяйственных культур крайне необходима для обеспечения устойчивого функционирования и развития сельскохозяйственного производства. Наибольшее внимание при этом следует уделять изменениям тепло- и влагообеспеченности. Для общей оценки благоприятности агроклиматических условий целесообразно использовать интегральные индексные показатели. Среди них простым и достаточно полным является биоклиматический потенциал (БКП), вычисленный по методике Шашко [1]. Изначально разрабатывавшийся как основа для бонитировки климата и агроклиматического районирования, он очень удобен для сравнения степени благоприятности агроклиматических условий в различных регионах.

Климатические показатели дают представление о возможностях сельскохозяйственного производства и специализации растениеводства, однако только на их основе нельзя судить о реакции сельскохозяйственных культур на изменения климата. Для оценки состояния растений используются вегетационные индексы. Из них на практике наиболее широкое применение нашел индекс NDVI (*normalised difference vegetation index*), служащий характеристикой общего количества зеленой фитомассы и ее состояния. Главным фактором, определяющим его величину, является тип подстилающей поверхности, а изменения индекса позволяют судить о влиянии неблагоприятных погодных условий, нашествий вредителей и болезней, недостаточной обработке посевов. Важная особенность вегетационного индекса NDVI заключается в том, что его изменения становятся более заметными в условиях засушливого климата из-за тесной связи с характеристиками общей влагообеспеченности [2].

Оценку реакции сельскохозяйственных культур на изменения климата можно получить путем сопоставления изменений БКП, вычисленного по методике Шашко, и NDVI. Подобное сравнение оправданно, так как погодно-климатические условия являются главным фактором изменения величины NDVI на отдельных территориях в масштабе административных районов и областей. Оно позволит улучшить понимание того, какие особенности современного изменения климата наиболее значимы для сельскохозяйственных культур и какие меры необходимо применять для успешной адаптации растениеводства в Беларуси.

Известны три пути оценки влияния растительного покрова на климат: через изменения альbedo подстилающей поверхности, интенсивности эвапотранспирации, а также интенсивности фотосинтеза и дыхания [2]. Современные тенденции изменения количества фитомассы свидетельствуют об «озеленении» планеты в результате изменения природных и антропогенных факторов [3; 4]. Однако оно идет преимущественно за счет накопления фитомассы в умеренных широтах и ее сокращения в тропиках. В условиях Беларуси накопление фитомассы приводит к дополнительному отепляющему эффекту [2; 5]. Учитывая текущую тенденцию усиления засушливости климата, возникает необходимость в более глубоком изучении связи изменений растительного покрова и климата.



## Материалы и методы исследования

Биоклиматический потенциал, вычисленный по методике Шашко [1], представляет собой произведение двух коэффициентов роста, термического и влажностного, выраженное в индексной форме. Влажностный коэффициент роста ( $K_p$ ) рассчитывается на основании сложной эмпирической зависимости (основная – логарифмическая, вспомогательная – параболическая):

$$K_p = 1,51g(20КУ) - 0,21 + 0,63КУ - КУ^2,$$

где КУ – коэффициент годового атмосферного увлажнения, выражаемый как отношение годового количества осадков ( $P$ ) к годовой сумме значений дефицита влажности воздуха ( $\sum D$ ), т. е.

$$КУ = \frac{P}{\sum D}.$$

На практике часто используется упрощенная формула расчета влажностного коэффициента роста вида  $K_p = 1,51g(20КУ)$ . Термический коэффициент роста ( $K_t$ ) представляет собой соотношение суммы активных температур выше  $10^\circ\text{C}$  за год ( $\sum T_{>10^\circ\text{C}}$ ) и базовой суммы температур ( $\sum T_{\text{баз}}$ ). В качестве базовой суммы температур преимущественно используется значение  $1000^\circ\text{C}$ , соответствующее сумме активных температур выше  $10^\circ\text{C}$  на северной границе зоны земледелия в открытом грунте. Таким образом, итоговая формула расчета БКП имеет вид

$$\text{БКП} = K_p \frac{\sum T_{>10^\circ\text{C}}}{\sum T_{\text{баз}}}.$$

Для проведения сравнительной оценки и районирования в пределах какой-либо определенной территории применяется производный от БКП показатель биологической продуктивности ( $B_k$ ) в баллах. От БКП он отличается тем, что в качестве базовой суммы температур используется значение  $1900^\circ\text{C}$ , соответствующее среднему значению для территории бывшего СССР, для которой Д. И. Шашко проводил бонитировку климата и агроклиматическое районирование. Кроме того, в целях получения более наглядного значения термический коэффициент роста умножается на 100. Таким образом, расчетная формула  $B_k$  имеет следующий вид:

$$B_k = 100K_p \frac{\sum T_{>10^\circ\text{C}}}{1900^\circ\text{C}}.$$

Для расчета значений  $B_k$  использовались данные метеорологических наблюдений суточного разреза за 2001–2015 гг. по всем станциям Беларуси, за исключением станций Нарочь, Мстиславль, Чечерск, Любань, Щучин, Колодищи и Дрогичин из-за малой продолжительности рядов наблюдений и (или) наличия больших пропусков в них. Период 2001–2015 гг. соответствует второй фазе современного изменения климата [6], когда потепление происходило преимущественно за счет повышения летних температур. Сравнительно небольшой по продолжительности период взят в связи с необходимостью обеспечить сопоставимость с рядами данных по NDVI.

Индекс NDVI – это относительная величина, представляющая собой отношение разности спектральных отражающих способностей земной поверхности в ближнем инфракрасном (NIR) и красном ( $Rd$ ) диапазонах к их сумме:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - Rd}{\text{NIR} + Rd}.$$

Значения данного индекса лежат в пределах от 0 до 1. Индекс NDVI является показателем радиационного типа теплообмена, однако благодаря высокой корреляции с количеством зеленой фитомассы он используется как показатель состояния растительного покрова. Недостаток этого параметра заключается в том, что он отражает общее количество и состояние фитомассы сельскохозяйственных культур, а не их урожайность. Опыт агрономической практики показывает, что большая биомасса не всегда соответствует высокой урожайности. Тем не менее для определения масштаба и характера влияния изменений климата на состояние посевов сельскохозяйственных культур его точности достаточно.



Источником данных по вегетационному индексу NDVI, использованных в настоящей работе, являются электронные архивы спутниковой системы MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*)<sup>1</sup>. Наборы значений NDVI, полученных по результатам ее измерений, размещаются в свободном доступе, обновляются дважды в месяц и имеют пространственное разрешение 1 км, что достаточно для оценки состояния культур на полях на территории отдельных хозяйств.

Оценка изменений общих водозапасах Беларуси была дана исходя из изменений показателя TWSA (*terrestrial water storage anomaly*), значения которого получены на основе измерений спутниковой системы GRACE (*Gravity Recovery and Climate Experiment*)<sup>2</sup>. Определение количества влаги в этой системе базируется на измерении колебаний гравитационного поля Земли.

### Результаты и их обсуждение

Индекс NDVI имеет ряд особенностей пространственного распределения, проявляющихся и на территории Беларуси. Во-первых, его величина сильно зависит от типа растительного покрова: для земель, где доминирует травянистая растительность, средние значения NDVI на 0,15–0,30 ниже, чем для лесных территорий. Во-вторых, NDVI зависит от биоразнообразия рассматриваемой местности: чем оно выше, тем больше значения NDVI. В совокупности эти две особенности приводят к тому, что на картах распределения NDVI часто проявляются физико-географические объекты: горные массивы, возвышенности, долины крупных рек. В-третьих, величина NDVI зависит от видов растений, преобладающих на той или иной территории (например, в умеренном поясе значения NDVI для хвойных лесов в среднем выше, чем для лиственных). В-четвертых, согласно последним исследованиям [7–11] изменения NDVI наиболее выразительно проявляются именно на территориях, где преобладает лесная растительность. Известно, что повышение значений NDVI обусловлено в том числе ростом концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере [7–11]. Поскольку занятые в сельском хозяйстве земли преимущественно представлены травянистыми экосистемами с относительно бедным биоразнообразием, то им свойственны пониженные значения NDVI, а их изменчивость менее выражена.

Распределение значений NDVI по территории Беларуси за период 2000–2016 гг. приведено на рис. 1. Как видно из рисунка, средние значения NDVI для нашей страны составляют 0,60–0,75, что является показателем богатого и развитого растительного покрова. Распределение значений NDVI по территории Беларуси не подчиняется закону широтной зональности, и в нем не прослеживается влияние континентальности климата. В условиях Беларуси пространственное распределение NDVI полностью определяется типом подстилающей поверхности (обрабатываемые и иные сельскохозяйственные земли, леса, земли под застройкой). Таким образом, оно является результатом совместного действия биогеографического, экологического и антропогенного факторов. Максимальные значения NDVI свойственны северу Беларуси, а минимальные – центральной части страны. Это обусловлено тем, что в северных регионах высока доля земель, покрытых лесами, причем эти леса состоят из хвойных пород деревьев (сосна и ель), а центральная часть Беларуси отличается наибольшей распаханностью территории. На юге страны, несмотря на большую площадь лесных земель, значения NDVI на 0,05–0,10 ниже, чем на севере, из-за распространения широколиственных пород деревьев.

Средние значения  $B_k$  для территории Беларуси за период 2001–2015 гг. составляют 175–185 баллов (рис. 2). В отличие от характера распределения значений вегетационного индекса NDVI в пространственном распределении значений  $B_k$  по территории Беларуси частично прослеживается широтная зональность: минимальные значения свойственны северным регионам, а максимальные – южным. Влияние континентальности климата на распределение значений  $B_k$  проявляется в том, что повышение значений  $B_k$  при продвижении с севера на юг в восточной части Беларуси происходит существенно быстрее. Однако на протяжении всего периода современного потепления климата (с конца 1980-х гг.) наблюдалось постепенное усиление неоднородности распределения температуры и количества осадков по территории Беларуси на местном уровне, результатом чего стало исчезновение черт широтной зональности в распределении значений  $B_k$ . Наиболее ярко эта особенность проявляется в 2001–2015 гг. [12; 13]. Текущая тенденция изменения значений  $B_k$  заключается в их повышении: относительно средних значений за первую фазу современного изменения климата (1989–2000) [12] значения  $B_k$  выросли на 10–15 баллов. Наименьший прирост отмечен для западных и юго-восточных регионов Беларуси (за исключением окрестностей станции Брагин), а наибольший – для северных.

<sup>1</sup>MODIS Vegetation Index Products (NDVI and EVI) [Electronic resource]. URL: <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php> (date of access: 10.02.2021).

<sup>2</sup>Monthly Mass Grids – Global mascons (JPL RL06\_v02) [Electronic resource]. URL: [https://grace.jpl.nasa.gov/data/get-data/jpl\\_global\\_mascons/](https://grace.jpl.nasa.gov/data/get-data/jpl_global_mascons/) (date of access: 10.02.2021).

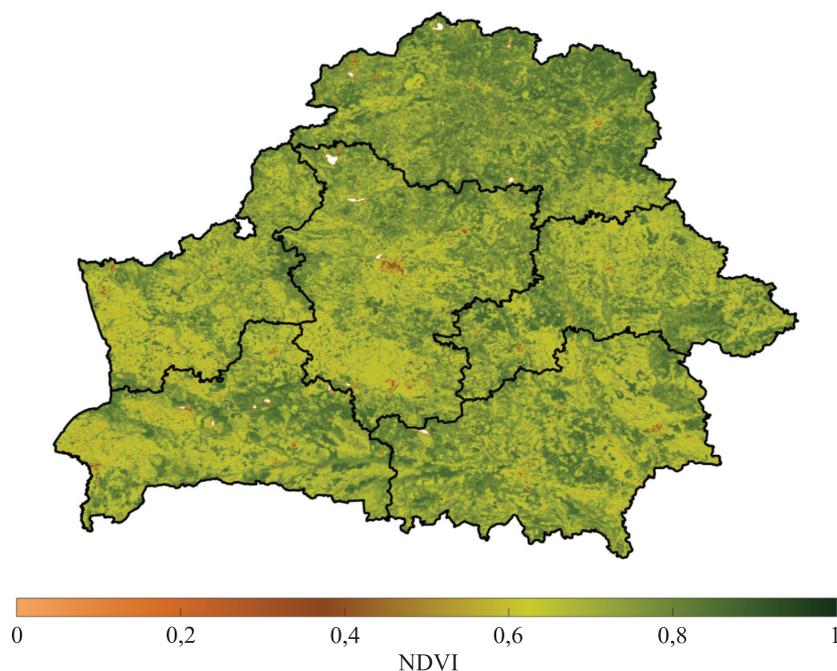


Рис. 1. Средние значения индекса NDVI для территории Беларуси за летний период по данным MODIS за 2000–2016 гг.  
Источник: [14]

Fig. 1. Average NDVI values for summer in Belarus in 2000–2016 according to MODIS data.  
Source: [14]

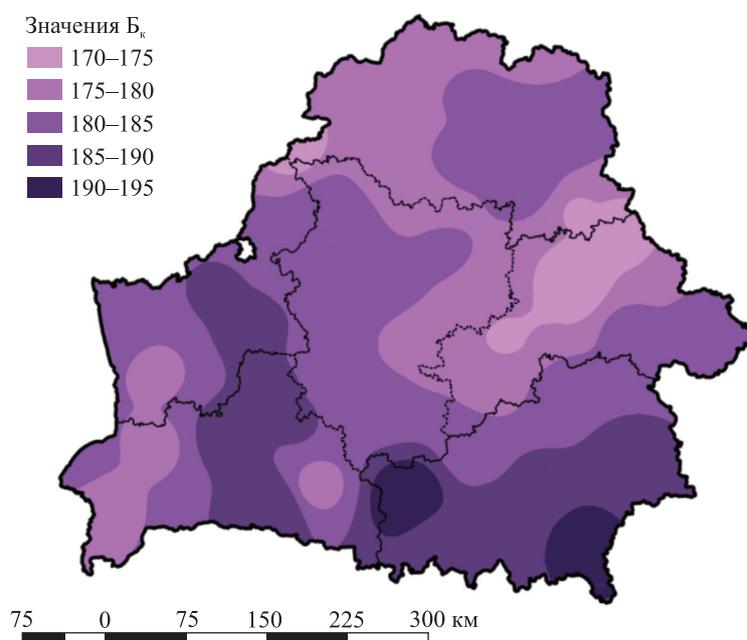


Рис. 2. Средние значения показателя биологической продуктивности для территории Беларуси за 2001–2015 гг.

Fig. 2. Average values of biological productivity parameter for Belarus in 2001–2015



Из рис. 1 и 2 следует, что характер распределения значений NDVI может объяснить причину формирования некоторых локальных аномалий распределения значений  $B_k$ . Так, одним из ярких примеров являются окрестности станции Полесская: на рис. 1 видно, что для данной территории свойственны пониженные значения NDVI, характерные для осушенных болот и заболоченных земель, покрытых травянистой растительностью.

Больше общих черт можно обнаружить при анализе пространственного распределения значений  $B_k$  и трендов изменений значений NDVI ( $\partial NDVI/\partial t$ ) за аналогичный период времени (рис. 3).

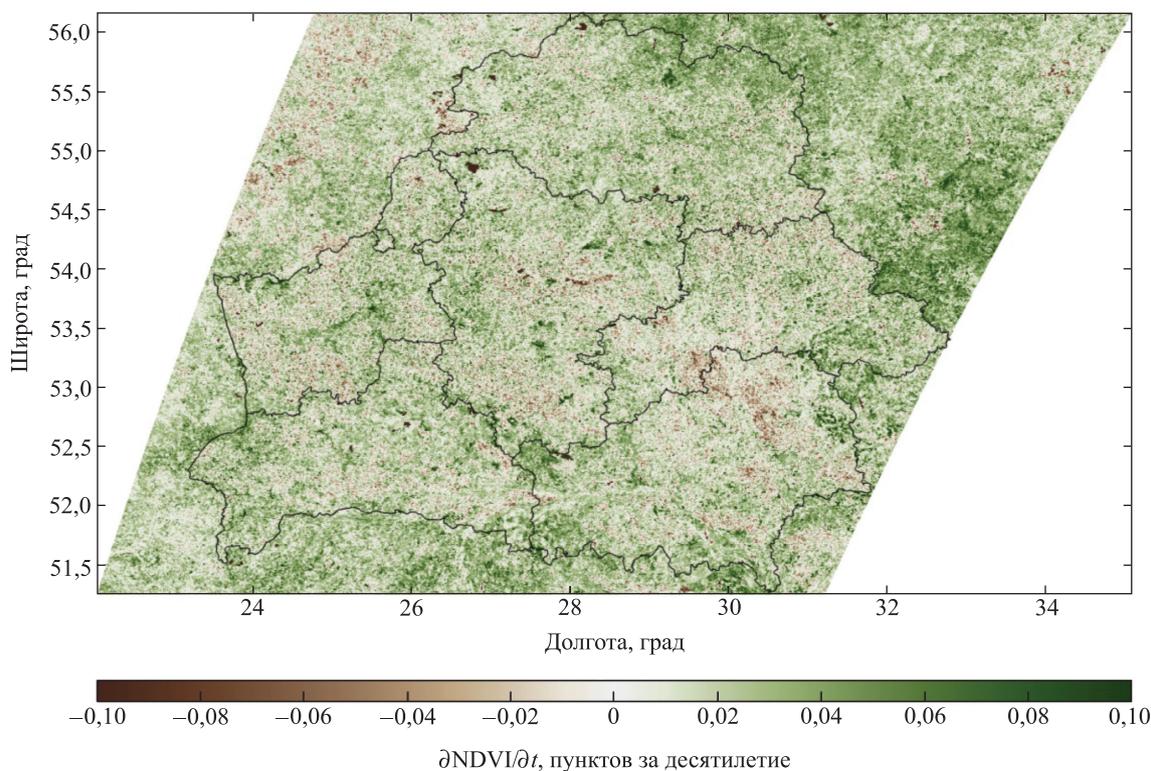


Рис. 3. Тренды изменений значений NDVI в Беларуси за 2001–2016 гг.  
Источник: [14]

Fig. 3. NDVI trends in Belarus in 2001–2016.  
Source: [14]

Как видно из рис. 3, в целом для территории Беларуси характерно повышение значений NDVI примерно на 0,01–0,02 пункта за десятилетие, однако практически для всех обрабатываемых земель, за исключением северных регионов (Поозерская физико-географическая провинция), свойственна обратная тенденция – снижение на 0,015–0,025 пункта за десятилетие, наиболее выраженная в юго-восточной и западной частях Беларуси. Схожий характер изменений имеют значения  $B_k$  (см. рис. 2). Причина этого заключается в том, что западным регионам страны свойствен наименьший прирост ресурсов тепла и влаги, в то время как в юго-восточной части Беларуси наблюдается существенное увеличение тепловых ресурсов при незначительном повышении количества осадков. В результате это приводит к усилению засушливости [13]. На севере Беларуси отмечается прирост тепловых ресурсов при сохранении большого количества осадков, что создает более благоприятные условия для роста и развития растений [12] и, следовательно, повышения значений NDVI и  $B_k$ . Более мелкие особенности пространственного распределения значений  $\partial NDVI/\partial t$  обусловлены особенностями растительного покрова, т. е. соотношением площадей лесных и обрабатываемых земель. Прирост значений NDVI на лесных землях составляет 0,025–0,040 пункта за десятилетие.

Большинство локальных особенностей и аномалий распределения  $\partial NDVI/\partial t$  по территории Беларуси объясняются естественной или антропогенно обусловленной неоднородностью растительного покрова, преобладающими видами растений, типом почв, а также особенностями распределения температуры и количества осадков на местном уровне. Однако есть ряд аномалий распределения значений  $\partial NDVI/\partial t$ , причины формирования которых менее очевидны. Крупнейшие из них расположены на юго-востоке Беларуси, на границе Могилёвской и Гомельской областей, а также на юге Гомельской области. Формирование минимума значений  $\partial NDVI/\partial t$  на территории между Бобруйском и Гомелем обусловле-



но следующими причинами: во-первых, в структуре земель здесь доминируют обрабатываемые земли, во-вторых, на этой территории преобладают супесчаные и песчаные грунты, а в-третьих, в указанном регионе происходит существенное снижение общих водозапасаов. Последнее подтверждается данными измерений показателя TWSA<sup>3</sup> (рис. 4). В юго-восточной части Беларуси отмечается снижение значений TWSA величиной около 1,5 см эквивалентного слоя воды в год, в то время как для остальной территории страны общая тенденция изменений TWSA примерно равна нулю. Формирование максимумов значений  $\partial\text{NDVI}/\partial t$ , расположенных на границах с Российской Федерацией и Украиной, имеет антропогенную природу: это зоны загрязнения Чернобыльской АЭС, где из-за вывода сельскохозяйственных земель из оборота происходит увеличение лесистости. Для данных территорий свойственны наибольшие темпы прироста значений NDVI за последние десятилетия.

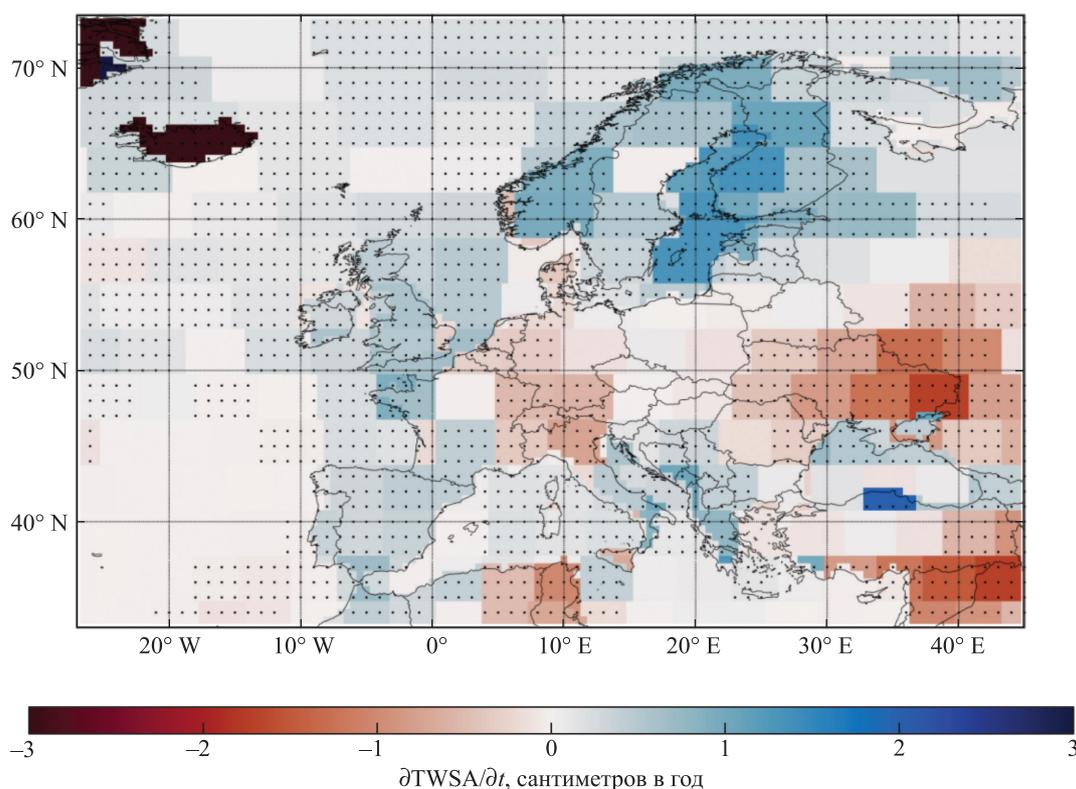


Рис. 4. Тренды изменений значений параметра TWSA для Европы за 2002–2017 гг. (точками отмечены области со статистически значимыми изменениями TWSA).

Источник: [14]

Fig. 4. TWSA trends in Europe in 2002–2017 (dotted areas show regions with statistically significant TWSA changes).  
Source: [14]

Таким образом, на территории Беларуси для обрабатываемых земель характерно снижение значений NDVI, а для лесных – повышение, причем величина прироста NDVI практически одинакова для всех регионов страны (см. рис. 3). В предыдущих работах [12; 13] было показано, что повышение БКП территории Беларуси происходит преимущественно за счет увеличения тепловых ресурсов, тогда как количество осадков меняется незначительно. Следствием этого является постепенное усиление засушливости. В настоящее время оно не представляет серьезной проблемы, однако прогнозы изменения тепло- и влагообеспеченности территории Беларуси показывают, что наблюдаемые сейчас тенденции сохранятся в ближайшие десятилетия, поэтому в будущем отрицательный эффект изменений климата (усиление засушливости) может оказаться более значительным, чем положительный (повышение БКП) [15]. Но результаты измерений  $\partial\text{NDVI}/\partial t$  свидетельствуют, что в сельскохозяйственных экосистемах из-за невысокого биоразнообразия негативные аспекты изменения климата уже проявляются более существенно, а положительные эффекты, связанные с повышением БКП и концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере, нивелируются.

<sup>3</sup>Monthly Mass Grids – Global mascons (JPL RL06\_v02) [Electronic resource]. URL: [https://grace.jpl.nasa.gov/data/get-data/jpl\\_global\\_mascons/](https://grace.jpl.nasa.gov/data/get-data/jpl_global_mascons/) (date of access: 10.02.2021).



Анализ зависимости изменений значений NDVI от температуры и количества осадков (рис. 5) показал, что для обрабатываемых земель характерна относительно слабая отрицательная корреляция с изменениями температуры ( $r = 0,25–0,35$ ), но сильная положительная корреляция с изменениями количества осадков ( $r = 0,45–0,65$ ). Наиболее тесная связь отмечается в области минимума значений  $\partial\text{NDVI}/\partial t$ , расположенного на границе Могилёвской и Гомельской областей, которым свойственны наибольшая негативная тенденция изменений значений TWSA и наибольшая континентальность климата.

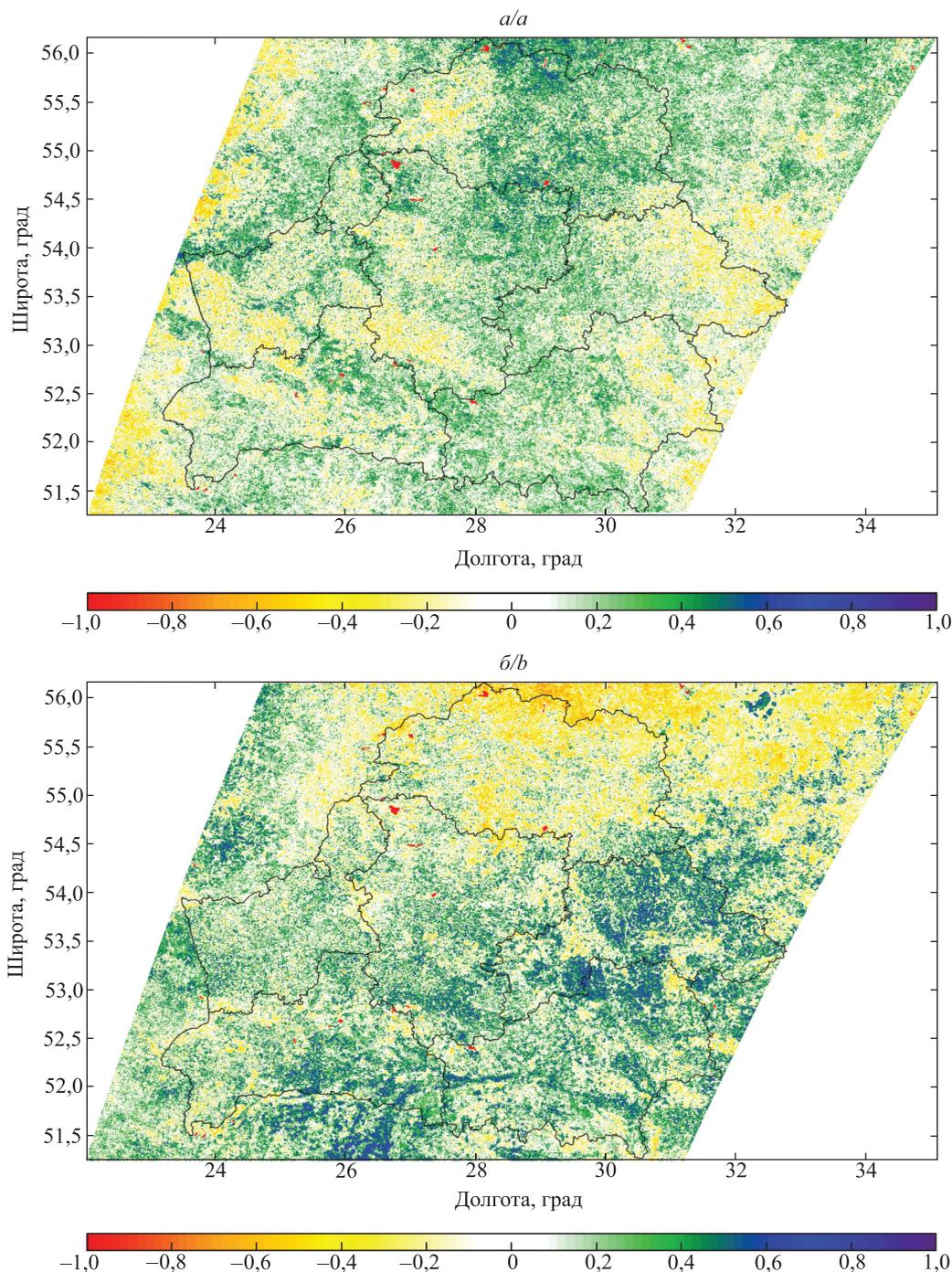


Рис. 5. Коэффициенты корреляции  $r$  между значениями индекса NDVI и средними температурами (а) и количеством осадков (б) за май – август для территории Беларуси за 2000–2017 гг.  
Источник: [14]

Fig. 5. Correlation coefficient  $r$  between NDVI and average temperatures (a) and precipitation amount (b) for May – August in Belarus in 2000–2017.  
Source: [14]



В то же время для лесных земель характерны слабая положительная корреляция с изменениями температуры ( $r = 0,30-0,45$ ) и отрицательная корреляция с изменениями количества осадков ( $r = 0,25-0,45$ ). Наиболее тесная корреляция между значениями NDVI и количеством осадков свойственна северной части Беларуси, где она достигает статистически значимых значений ( $r > 0,5$ ). Причина этого заключается в самом типе растительного покрова. Древесная растительность обладает мощной и развитой корневой системой, проникающей на значительные глубины, благодаря чему она эффективнее поглощает как подземную влагу, так и влагу, поступающую из атмосферы в виде осадков. В условиях Беларуси древесная растительность лучше переносит засуху, поэтому наблюдаемые в настоящее время потепление и повышение содержания  $\text{CO}_2$  будут иметь для нее положительный эффект. Сельскохозяйственные угодья – это преимущественно травянистые экосистемы. У травянистой растительности менее развитая корневая система, не позволяющая поглощать и задерживать поступающую из атмосферы влагу столь же эффективно, как корневая система древесной растительности. Кроме того, корни травянистых растений не могут достигать тех же глубин, что и корни деревьев. Таким образом, возможности травянистой растительности по поглощению влаги более ограничены, поэтому она более восприимчива к засухам. Этот негативный эффект усугубляется бедным биоразнообразием экосистем обрабатываемых земель, в которых нередко наблюдается абсолютное доминирование лишь одного вида растений.

### Заключение

Текущие тенденции изменения БКП показывают, что в настоящее время на территории Беларуси складываются благоприятные условия для роста и развития растений. В ближайшем будущем условия будут улучшаться. Ключевую роль при этом играет тип растительного покрова. Для лесов происходящие сейчас изменения климата в целом являются благоприятными и способствуют повышению NDVI, а следовательно, увеличению биомассы. В то же время на обрабатываемых землях прирост значений  $B_k$  не сопровождается повышением NDVI. Это связано с тем, что для большинства сельскохозяйственных культур, выращиваемых в Беларуси, ресурсы тепла достаточны, и главным лимитирующим фактором для них выступают доступные ресурсы влаги. В первую очередь это обусловлено самими биологическими особенностями сельскохозяйственных культур и бедным биоразнообразием сельскохозяйственных экосистем. Прирост значений  $B_k$  на территории Беларуси обеспечивается преимущественно повышением средних температур, поэтому в настоящее время параллельно с увеличением БКП происходит усиление засушливости. Обрабатываемые земли на территории Беларуси оказываются более чувствительными к негативным аспектам изменения климата. Таким образом, при разработке адаптационных мер для растениеводства в Беларуси наибольшее внимание следует уделять мероприятиям по повышению обеспеченности сельскохозяйственных культур ресурсами влаги и, самое главное, повышению уровня агротехники в целом.

### Библиографические ссылки

1. Шашко ДИ. *Агроклиматические ресурсы СССР*. Ленинград: Гидрометеиздат; 1985. 249 с.
2. Логинов ВФ, Лысенко СА. *Современные изменения глобального и регионального климата*. Минск: Беларуская навука; 2019. 315 с.
3. Chi Chen, Taejin Park, Xuhui Wang, Shilong Piao, Baodong Xu, Chaturvedi RK, et al. China and India lead in greening of the world through land-use management. *Nature Sustainability*. 2019;2(2):122–129. DOI: 10.1038/s41893-019-0220-7.
4. Zaichun Zhu, Shilong Piao, Myneni RB, Mengtian Huang, Zhenzhong Zeng, Canadell JG, et al. Greening of the Earth and its drivers. *Nature Climate Change*. 2016;6(8):791–795. DOI: 10.1038/nclimate3004.
5. Duveiller G, Hooker J, Cescatti A. The mark of vegetation change on Earth's surface energy balance. *Nature Communications*. 2018;9:679. DOI: 10.1038/s41467-017-02810-8.
6. Логинов ВФ, Бровка ЮА. Сезонные особенности изменения климата Беларуси. В: Карабанов АК, редактор. *Природопользование. Выпуск 25*. Минск: Институт природопользования НАН Беларуси; 2014. с. 16–22.
7. Forzieri G, Alkama R, Miralles DG, Cescatti A. Satellites reveal contrasting responses of regional climate to the widespread of greening of Earth. *Science*. 2017;356(6343):1180–1184. DOI: 10.1126/science.aal1727.
8. Jia-Wen Zhu, Xiao-Dong Zeng. Influences of the interannual variability of vegetation LAI on surface temperature. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*. 2016;9(4):292–297. DOI: 10.1080/16742834.2016.1189800.
9. Jiawen Zhu, Xiaodong Zeng. Comprehensive study on the influence of evapotranspiration and albedo on surface temperature related to changes in the leaf area index. *Advances in Atmospheric Sciences*. 2015;32(7):935–942. DOI: 10.1007/s00376-014-4045-z.
10. Zhenzhong Zeng, Zaichun Zhu, Xu Lian, Laurent Z X Li, Anping Chen, Xiaogang He, et al. Responses of land evapotranspiration to Earth's greening in CMIP5 Earth System Models. *Environmental Research Letters*. 2016;11(10):104006. DOI: 10.1088/1748-9326/11/10/104006.
11. Swann ALS, Hoffman FM, Koven CD, Randerson JT. Plant responses to increasing  $\text{CO}_2$  reduce estimates of climate impacts on drought severity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2016;113(36):10019–10024. DOI: 10.1073/pnas.1604581113.



12. Логинов ВФ, Хитриков МА. Пространственно-временные изменения биоклиматического потенциала территории Беларуси. *Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук*. 2017;1:42–57.
13. Хитриков МА. Характеристика изменений биоклиматического потенциала Беларуси и сопредельных территорий Литвы и Украины за период 1977–2015 гг. *Природопользование*. 2018;1:135–149.
14. Логинов ВФ, Лысенко СА, Мельник ВИ. *Изменения климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования*. 2-е издание. Минск: Энциклопедикс; 2020. 263 с.
15. Хитриков МА. Прогноз изменений биоклиматического потенциала территории Беларуси. В: Гусаков ВГ, редактор. *Молодежь в науке – 2018: аграрные, гуманитарные, медицинские, физико-математические, физико-технические, химические науки. Материалы Международной конференции молодых ученых; 29 октября – 1 ноября 2018 г.; Минск, Беларусь*. Минск: Белорусская наука; 2019. с. 180–191.

## References

1. Shashko DI. *Agroklimaticheskie resursy SSSR* [Agroclimatic resources of USSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1985. 249 p. Russian.
2. Loginov VF, Lysenko SA. *Sovremennye izmeneniya global'nogo i regional'nogo klimata* [Modern changes of global and regional climate]. Minsk: Belaruskaja navuka; 2019. 315 p. Russian.
3. Chi Chen, Taejin Park, Xuhui Wang, Shilong Piao, Baodong Xu, Chaturvedi RK, et al. China and India lead in greening of the world through land-use management. *Nature Sustainability*. 2019;2(2):122–129. DOI: 10.1038/s41893-019-0220-7.
4. Zaichun Zhu, Shilong Piao, Myneni RB, Mengtian Huang, Zhenzhong Zeng, Canadell JG, et al. Greening of the Earth and its drivers. *Nature Climate Change*. 2016;6(8):791–795. DOI: 10.1038/nclimate3004.
5. Duveiller G, Hooker J, Cescatti A. The mark of vegetation change on Earth's surface energy balance. *Nature Communications*. 2018;9:679. DOI: 10.1038/s41467-017-02810-8.
6. Loginov VF, Brovka UA. Seasonal climate changes features of Belarus. In: Karabanov AK, editor. *Prirodopol'zovanie. Vypusk 25* [Nature management. Issue 25]. Minsk: Institute of Environmental Management, National Academy of Sciences of Belarus; 2014. p. 16–22. Russian.
7. Forzieri G, Alkama R, Miralles DG, Cescatti A. Satellites reveal contrasting responses of regional climate to the widespread of greening of Earth. *Science*. 2017;356(6343):1180–1184. DOI: 10.1126/science.aal1727.
8. Jia-Wen Zhu, Xiao-Dong Zeng. Influences of the interannual variability of vegetation LAI on surface temperature. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*. 2016;9(4):292–297. DOI: 10.1080/16742834.2016.1189800.
9. Jiawen Zhu, Xiaodong Zeng. Comprehensive study on the influence of evapotranspiration and albedo on surface temperature related to changes in the leaf area index. *Advances in Atmospheric Sciences*. 2015;32(7):935–942. DOI: 10.1007/s00376-014-4045-z.
10. Zhenzhong Zeng, Zaichun Zhu, Xu Lian, Laurent Z X Li, Anping Chen, Xiaogang He, et al. Responses of land evapotranspiration to Earth's greening in CMIP5 Earth System Models. *Environmental Research Letters*. 2016;11(10):104006. DOI: 10.1088/1748-9326/11/10/104006.
11. Swann ALS, Hoffman FM, Koven CD, Randerson JT. Plant responses to increasing CO<sub>2</sub> reduce estimates of climate impacts on drought severity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2016;113(36):10019–10024. DOI: 10.1073/pnas.1604581113.
12. Loginov VF, Khitrykau MA. Spatiotemporal changes of bioclimatic potential of the territory of Belarus. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*. 2017;1:42–57. Russian.
13. Khitrykau MA. The characteristics of bioclimatic potential changes in Belarus and neighboring regions of Lithuania and Ukraine in 1977–2015. *Nature management*. 2018;1:135–149. Russian.
14. Loginov VF, Lysenko SA, Mel'nik VI. *Izmeneniya klimata Belarusi: prichiny, posledstviya, vozmozhnosti regulirovaniya* [Climate change in Belarus: causes, consequences, regulatory opportunities]. 2<sup>nd</sup> edition. Minsk: Entsiklopediks; 2020. 263 p. Russian.
15. Khitrykau MA. Forecast of changes in the bioclimatic potential of the territory of Belarus. In: Gusakov VG, editor. *Molodezh' v nauke – 2018: agrarnye, gumanitarnye, meditsinskie, fiziko-matematicheskie, fiziko-tekhicheskie, khimicheskie nauki. Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii molodykh uchenykh; 29 oktyabrya – 1 noyabrya 2018 g.; Minsk, Belarus'* [Youth in science – 2018: agrarian, humanitarian, medical, physical and mathematical, physical and technical, chemical sciences. Proceedings of the International conference of young scientists; 2018 October 29 – November 1; Minsk, Belarus]. Minsk: Belaruskaja navuka; 2019. p. 180–191. Russian.

Статья поступила в редакцию 09.08.2020.  
Received by editorial board 09.08.2020.



## ОЦЕНКА ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ ЗИМНЕГО ПЕРИОДА В СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЕВРАЗИЙСКОЙ СУБАРКТИКИ

Л. М. КИТАЕВ<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Институт географии РАН, Старомонетный пер., 29, 119017, г. Москва, Россия

Исследовано влияние снежного покрова на динамику температуры почвы в современных климатических условиях Евразийской Субарктики посредством количественной оценки особенностей сезонного и многолетнего хода характеристик. Сезонные и многолетние значения температуры почвы в период с устойчивым снежным покровом снижаются с запада на восток: уменьшение толщины снега приводит к ослаблению его теплоизолирующих свойств на фоне существенного снижения температуры воздуха. С появлением снежного покрова резко снижается вариабельность температуры почвы по сравнению с осенним и весенним периодами. Исключением является северо-восток Сибири: здесь относительно небольшая толщина снега обуславливает заметную зависимость хода температуры почвы от динамики температуры воздуха. Значимые многолетние тенденции в ходе температуры почвы отсутствуют ввиду ее низкой вариабельности в зимний период. Анализ хода аномалий исследуемых характеристик показал незначительное и несистематическое число их совпадений. В настоящее время аналогичных результатов исследований для крупных регионов не обнаружено. Выявленные закономерности могут быть использованы при анализе результатов мониторинга состояния поверхности суши, разработке алгоритмов дистанционного зондирования, уточнении прогнозных сценариев изменений окружающей среды.

**Ключевые слова:** толщина снега; приземная температура воздуха; температура почвы; пространственное распределение; многолетний ход.

**Благодарность.** Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-55-00007 (сбор, обработка и первичный анализ исходной информации)), а также Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук (госзадание № 0148-2019-0009 (интерпретация результатов анализа)).

## REGULARITIES OF SOIL TEMPERATURE CHANGES DURING THE PERIOD WITH SNOW COVER IN MODERN CLIMATIC CONDITIONS OF THE EURASIAN SUBARCTIC

L. M. KITAEV<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, 29 Staromonetny Lane, Moscow 119017, Russia

The influence of snow cover on the dynamics of soil temperature in the modern climatic conditions of the Eurasian Subarctic was investigated through a quantitative assessment of the features of the seasonal and long-term variation of

### Образец цитирования:

Китаев ЛМ. Оценка изменчивости температуры почвы зимнего периода в современных климатических условиях Евразийской Субарктики. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2021;1:13–22. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-1-13-22>

### For citation:

Kitayev LM. Regularities of soil temperature changes during the period with snow cover in modern climatic conditions of the Eurasian Subarctic. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2021;1:13–22. Russian. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-1-13-22>

### Автор:

Лев Михайлович Китаев – кандидат географических наук; старший научный сотрудник лаборатории климатологии.

### Author:

Lev M. Kitayev, PhD (geography); senior researcher at the laboratory of climatology. [lkitaev@mail.ru](mailto:lkitaev@mail.ru) <https://orcid.org/0000-0002-0618-9209>





parameters. Seasonal and long-term values of soil temperature for stable snow period decrease from west to east: a decrease of snow thickness and air temperature from west to east of Eurasia leads to a weakening of the heat-insulating properties of the snow cover with a significant decrease in regional air temperatures. With the emergence of a stable snow cover, the soil temperature seasonal and long-term standard deviation sharply decreases compared to the autumn and spring periods. With the appearance of snow cover, the soil temperature standard deviation drops sharply compared to the autumn and spring periods. An exception is the northeast of Siberia: here, a relatively small thickness of snow determines a noticeable dependence of the course of soil temperature on the dynamics of surface air temperature. There are no significant long-term trends in soil temperature due to its low variability during winter period. Analysis of the course of the studied characteristics anomalies showed an insignificant and non-systematic number of their coincidences. Currently, we have not found similar research results for large regions. The revealed patterns can be used in the analysis of the results of monitoring the state of the land surface, in the development of remote sensing algorithms, in the refinement of predictive scenarios of environmental changes.

**Keywords:** snow thickness; air temperature; soil temperature; spatial distribution; long-term variation.

**Acknowledgements.** This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project No. 20-55-00007 (collection, processing and primary analysis of baseline information)), as well as with the support of the Program of Fundamental Research of State Academies of Sciences (state task No. 0148-2019-0009 (interpretation of analysis results)).

## Введение

Значительные поля снежного покрова, продолжительность залегания которых в высоких широтах Северного полушария составляет до 7 месяцев, во многом определяют связь климатических процессов и изменений в состоянии поверхности. С одной стороны, будучи зависимым от изменений климата, снежный покров существенно влияет на особенности годового водного баланса, состояние почвы и растительности (см., например, [1; 2]). С другой стороны, резкие изменения альбедо в моменты установления и схода снежного покрова осенью и зимой обуславливают через радиационный баланс характер изменений метеорологического режима. Кроме сезонного хода осадков как приходной части, процесс снегонакопления определяется теплообменом в цепочке *грунт – снежный покров – атмосфера*, в связи с чем В. А. Кудрявцевым еще в 1954 г. была предложена система уравнений, описывающих этот процесс [3]. Подобные исследования проводились как для зоны сезонного промерзания почвогрунтов, так и для территорий с вечной мерзлотой (в большей степени), в результате чего уточнялся механизм промерзания почвы в условиях потепления второй половины XX в.

Вместе с тем соотношение сезонного хода приземной температуры воздуха, толщины снега и температуры почвы неоднозначно и оценено не в полной мере, особенно на уровне региональных пространственно-временных обобщений. Так, выявлено наиболее тесное взаимодействие исследуемых параметров в начале снежного периода при тем не менее недостаточной изученности региональных различий в сопряженности хода характеристик [4; 5]. Можно упомянуть работу В. И. Слепцова с соавторами [6], где предложен алгоритм расчета количества циклов замерзания и оттаивания мерзлых грунтов в связи с изменениями температуры воздуха, но только для осеннего и весеннего малоснежных периодов Центральной Якутии. Слабая статистическая связь хода температуры почвы с ходом приземной температуры воздуха и толщины снега для зоны вечной мерзлоты выявлена А. Б. Шерстюковым [7; 8].

Основная цель настоящей работы состоит в определении степени влияния снежного покрова на динамику температуры почвы в современных климатических условиях Евразийской Субарктики. Достижение данной цели реализуется посредством количественной оценки особенностей сезонного и многолетнего хода температуры верхних слоев почвы, толщины снега, приземной температуры воздуха.

## Методические подходы и исходные данные

Ранее автором совместно с В. А. Аблеевой, Ж. А. Асаиновой, А. С. Желтухиным, Е. Д. Коробовым был исследован характер локальной изменчивости приземной температуры воздуха, толщины снежного покрова и температуры почвы на основе анализа результатов экспериментальных наблюдений в Приокско-Террасном и Центрально-Лесном заповедниках (Московская и Тверская области) за период 2013–2016 гг. [9]. Для открытых площадок и лесных массивов с преобладанием лиственных и хвойных пород были выделены фазы изменений температуры почвы, сопряженные с особенностями сезонного хода приземной температуры воздуха и толщины снега, однотипные для участков с различным видовым составом растительности в условиях зим разной снежности. В период с устойчивым снежным покровом на всех типичных участках для глубин 10–40 см характерен ход температуры почвы в узком диапазоне (от +1 до –1 °С) вне зависимости от различий хода температуры воздуха и толщины снега.



Аналогичные результаты получены по данным наблюдений метеорологических станций Великие Луки и Тула (расстояние между ними и заповедниками – 150 км к югу и 100 км к северу соответственно, расстояние между крайними объектами – около 750 км с севера на юг).

В качестве логичного продолжения исследований была проведена оценка изменчивости приземной температуры воздуха, толщины снега и температуры почвы для территории Восточно-Европейской равнины [10]. Анализ данных наблюдений 75 метеорологических станций показал, что в период с устойчивым снежным покровом температура почвы здесь также слабо меняется – в узком коридоре (2–3 °С) околонулевых значений. Сам же коридор в своих границах незначительно сдвигается с севера на юг от отрицательной области температур к положительной, что может быть признаком зональных изменений температурного режима почв. В целом для региона диапазон пространственных различий среднеголетних температур почвы невелик: для глубин до 40 см – от –1,5 до +1,5 °С, для глубины 80 см – от +0,5 до +2,0 °С.

Для территории Восточно-Европейской равнины было показано, что стандартное отклонение многолетнего хода температуры почвы осенью и весной повсеместно больше стандартного отклонения температуры почвы в период с устойчивым снежным покровом [9]. Появление снега определяет снижение межгодовой вариабельности температуры почвы в 3–5 раз относительно вариабельности приземной температуры воздуха и в 1,2–1,5 раза относительно вариабельности температуры почвы в предзимний и весенний периоды. Многолетние тенденции в изменении температуры почвы в период с устойчивым снежным покровом здесь малозначимы, являясь достаточно однородными в пространственном распределении и имея коэффициенты линейного тренда в 2,0–6,5 раза меньше коэффициентов осеннего и весеннего периодов и в 3–4 раза меньше вариабельности приземной температуры воздуха.

Суть настоящих исследований состоит в изучении сезонного и многолетнего хода температуры почвы, толщины снежного покрова и приземной температуры воздуха в пределах Субарктического пояса Евразии. С точки зрения анализа динамики температуры почвы в зимних условиях эта территория интересна преобладанием субарктического типа климата и наличием регионов как с сезонно-мерзлыми грунтами, так и с вечной мерзлотой. Исследования проведены с использованием данных наблюдений 8 реперных метеорологических станций, расположенных в основных секторах Евразийской Субарктики: Кандалакша и Нарьян-Мар (Восточно-Европейская равнина); Березово и Няксимволь (Западная Сибирь); Бор и Ербогачен (Центральная Сибирь); Верхоянск и Оймякон (Восточная Сибирь). Основными характеристиками для анализа являются суточные значения приземной температуры воздуха, толщины снежного покрова и температуры почвы за 1989–2015 гг. ([www.meteo.ru](http://www.meteo.ru)). Для максимально полной проработки особенностей изменчивости динамика характеристик в период с устойчивым снежным покровом рассматривается в сравнении с их динамикой осенью и весной. Таким образом, сезонные особенности ввиду разной продолжительности залегания снежного покрова изучаются для периодов октябрь – ноябрь, декабрь – март, апрель – май для Восточно-Европейской равнины и сентябрь – октябрь, ноябрь – апрель, май – июнь для регионов Сибири. Зимний период в этих случаях (декабрь – март и ноябрь – апрель соответственно), как правило, имеет устойчивый снежный покров с десятибалльным покрытием территории.

### **Сезонная изменчивость температуры почвы, толщины снега и приземной температуры воздуха**

Для севера Восточно-Европейской равнины (метеорологические станции Кандалакша и Нарьян-Мар) ход характеристик близок к ранее выявленным для Восточно-Европейской равнины в целом закономерностям: в период с устойчивым снежным покровом температура стабилизируется в диапазоне от +1 до –1 °С при изменчивости в этот период приземной температуры воздуха и толщины снега в пределах от 0 до –15 °С и от 10 до 60 см (рис. 1; табл. 1). После установления устойчивого снежного покрова стандартное отклонение температуры почвы существенно снижается по сравнению с осенним и весенним периодами – в 1,5–9,0 раза, стандартное отклонение приземной температуры воздуха превышает стандартное отклонение температуры почвы в 5–9 раз.

Для Сибири в соответствии с усилением континентальности в период с устойчивым снежным покровом происходит снижение приземной температуры воздуха и толщины снега с запада на восток: от –14 до –35 °С и от 46 до 20 см (средние за сезон величины (см. рис. 1)) с наиболее низкими значениями в Верхоянске и Оймяконе. Аналогичным образом снижается температура почвы: в среднем за период с устойчивым снежным покровом от +0,7...–0,8 °С в Березово до –15...–20 °С в Верхоянске (см. рис. 1; табл. 1). При этом вариабельность сезонного хода приземной температуры воздуха и температуры почвы с запада на восток увеличивается с коэффициентом стандартного отклонения от +7 до +12 °С и от +0,5 до +5,6 °С соответственно, т. е. при различиях в 2–14 раз. Вариабельность температуры



почвы в период с устойчивым снежным покровом остается ниже variability температуры почвы весной и осенью в 2,5–7,0 раза. Исключение составляет Восточная Сибирь (метеорологические станции Верхоянск и Оймякон) с меньшими различиями значений стандартного отклонения (в 1,2–3,8 раза).

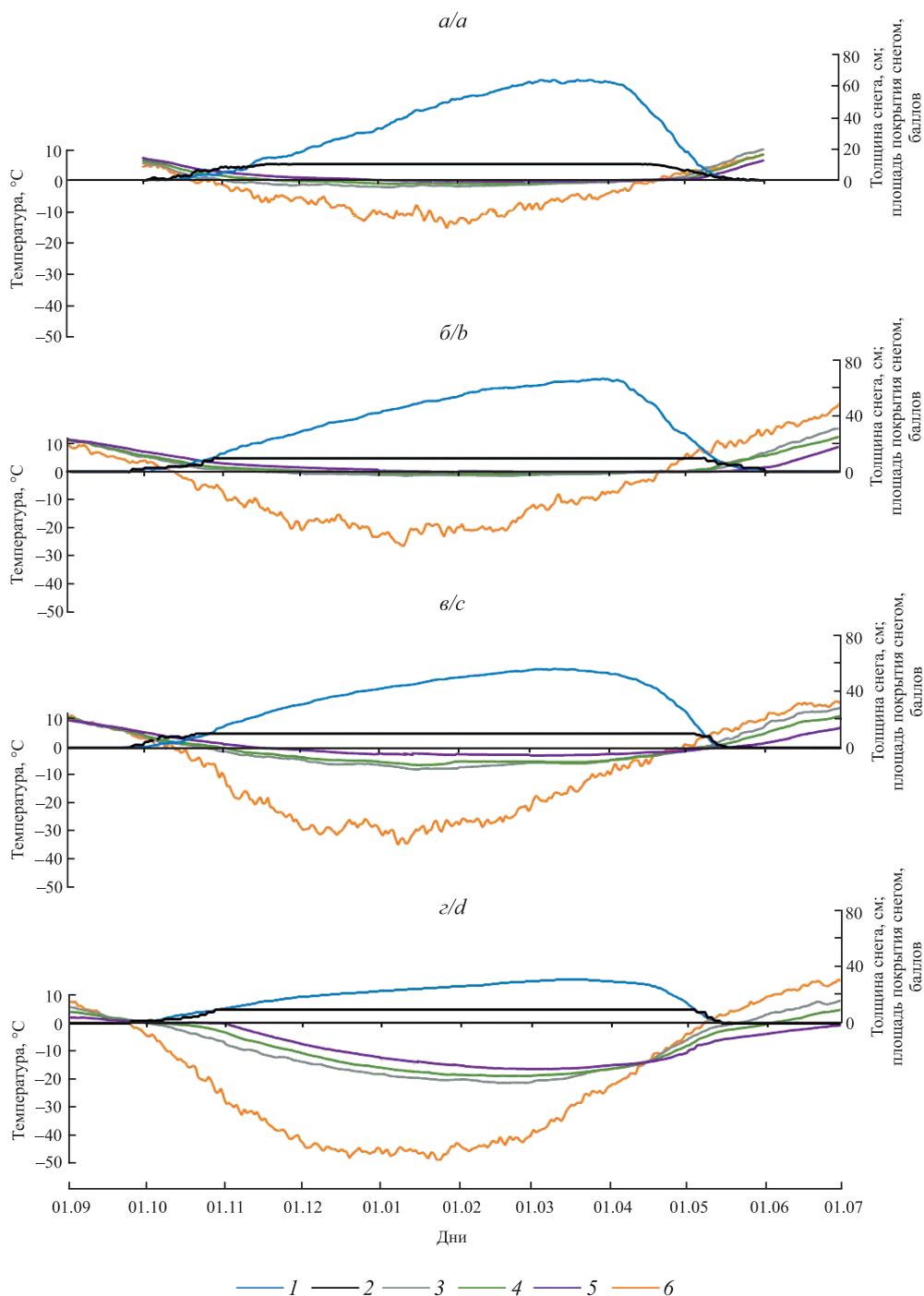


Рис. 1. Сезонная изменчивость толщины снега (1), площади покрытия снегом (2), температуры почвы на глубинах 20 см (3), 40 см (4) и 80 см (5), приземной температуры воздуха (6):  
 а – Кандалакша (Восточно-Европейская равнина); б – Березово (Западная Сибирь);  
 в – Ербогачен (Центральная Сибирь); г – Оймякон (Восточная Сибирь)

Fig. 1. Seasonal variation of snow thickness (1), snow cover area (2), soil temperatures at depths 20 cm (3), 40 cm (4) and 80 cm (5), air temperature (6):  
 а – Kandalaksha (East European Plain); б – Berezovo (Western Siberia);  
 в – Erbogachen (Central Siberia); г – Oymyakon (Eastern Siberia)

**Характеристики сезонного хода температуры почвы (1989–2015)**
**Characteristics of the seasonal variation of soil temperature (1989–2015)**

Пункт	Глубина, см	Среднее значение, °С/стандартное отклонение, °С		
		Октябрь – ноябрь или сентябрь – октябрь	Декабрь – март или ноябрь – апрель	Апрель – май или май – июнь
Кандалакша*	20	0,8/2,2	-1,6/0,4	2,9/3,5
	40	2,0/2,0	-0,9/0,3	2,1/2,8
	80	3,3/1,9	0,0/0,3	1,9/2,0
Нарьян-Мар*	20	0,9/1,7	-3,3/0,9	-0,5/1,4
	40	1,6/1,5	-2,4/0,9	-0,5/1,1
	80	2,3/1,5	-1,4/0,9	-0,5/0,8
Березово**	20	5,4/3,4	-0,8/0,5	6,8/5,1
	40	6,1/3,1	-0,2/0,6	6,0/3,8
	80	7,2/2,6	0,7/0,8	2,7/2,8
Няксимволь**	20	6,0/3,5	-1,0/0,8	9,3/4,5
	40	6,7/2,9	-0,4/0,7	6,1/3,8
	80	7,4/2,4	0,4/0,9	5,1/3,4
Бор**	20	4,1/3,6	-5,2/1,8	7,1/4,9
	40	4,6/3,3	-4,4/1,4	5,0/4,0
	80	5,3/4,9	-2,0/1,0	2,1/2,5
Ербогачен**	20	6,1/4,1	-1,5/1,1	10,1/6,3
	40	7,0/3,9	-0,7/1,0	3,9/5,9
	80	8,0/3,4	0,6/0,9	6,3/5,0
Верхоянск**	20	-0,3/5,0	-20,4/5,6	6,6/4,9
	40	0,3/3,5	-19,5/5,6	2,5/4,5
	80	0,9/1,4	-14,9/5,3	-3,5/3,0
Оймякон**	20	-0,1/3,5	-16,4/4,2	2,6/3,9
	40	0,6/1,9	-14,5/4,5	-0,3/4,3
	80	0,7/0,7	-12,1/4,3	-4,0/2,3

Примечание. \* – осреднение для октября – ноября, декабря – марта, апреля – мая (Восточно-Европейская равнина); \*\* – осреднение для сентября – октября, ноября – апреля, мая – июня (Сибирь).

**Многолетняя изменчивость температуры почвы,  
толщины снега и приземной температуры воздуха**

В связи с наличием в свободном доступе данных многолетних наблюдений метеорологических станций ([www.meteo.ru](http://www.meteo.ru)) наряду с анализом особенностей сезонного хода была проведена оценка особенностей межгодовой изменчивости и многолетних тенденций исследуемых характеристик в 1989–2015 гг. В этом случае в период с устойчивым снежным покровом также происходит закономерное, связанное с усилением континентальности снижение толщины снега и температуры приземного воздуха с запада на восток: от 46–50 см и -9...-14 °С в Европейском секторе до 19–24 см и -34...-35 °С на северо-востоке Восточной Сибири (рис. 2). Соответственно изменениям приземной температуры воздуха значительно снижена на северо-востоке Восточной Сибири и температура почвы при увеличении диапазона температур разных глубин (см. рис. 2; табл. 2).

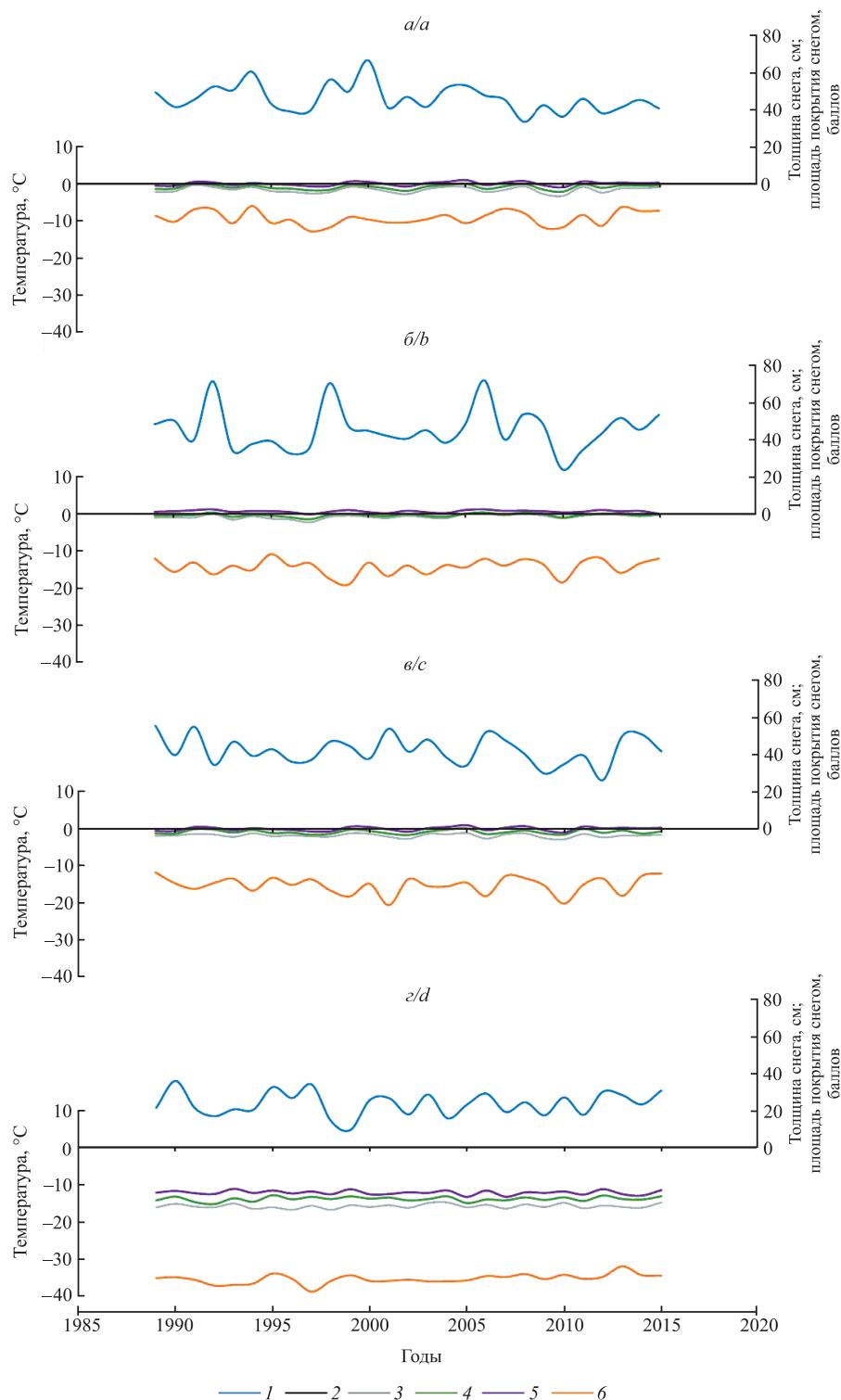


Рис. 2. Многолетняя изменчивость толщины снега (1), площади покрытия снегом (2), температуры почвы на глубинах 20 см (3), 40 см (4) и 80 см (5), приземной температуры воздуха (6):

*a* – Кандалакша (Восточно-Европейская равнина); *б* – Березово (Западная Сибирь);  
*в* – Ербогачен (Центральная Сибирь); *г* – Оймякон (Восточная Сибирь)

Fig. 2. Long-term variation of snow thickness (1), snow cover area (2), soil temperature at depths 20 cm (3), 40 cm (4) and 80 cm (5), air temperature (6):  
*a* – Kandalaksha (East European Plain); *b* – Berezovo (Western Siberia);  
*c* – Erbogachen (Central Siberia); *d* – Oymyakon (Eastern Siberia)



Стандартное отклонение многолетнего хода толщины снежного покрова на севере Восточно-Европейской равнины составляет 6,6–7,5 см, увеличиваясь в Западной и Центральной Сибири до 9,6–11,6 и 8,7–12,2 см соответственно и вновь снижаясь на северо-востоке Восточной Сибири до 5,0–6,5 см. Стандартное отклонение приземной температуры воздуха в период с устойчивым снежным покровом повсеместно превышает ее стандартное отклонение осенью и весной (1,6–2,7 и 1,0–2,5 °С соответственно). Стандартное отклонение температуры почвы в это время, напротив, в 1,5–4,5 раза меньше стандартного отклонения осенью и весной (см. табл. 2). Исключение составляет северо-восток Восточной Сибири (метеорологические станции Верхоянск и Оймякон) с меньшим в 1,3–2,7 раза соотношением значений стандартного отклонения.

Тенденции с коэффициентами линейного тренда значимостью 95 % в многолетнем ходе толщины снега отсутствуют, приземная температура воздуха повсеместно увеличивается лишь в весенний период с коэффициентами линейного тренда в диапазоне 0,04–0,10 °С в год. Особенность северо-востока Восточной Сибири (метеорологические станции Верхоянск и Оймякон) состоит в наличии только здесь значимой многолетней тенденции хода температуры почвы с коэффициентами линейных трендов 0,05–0,17 °С в год при отсутствии значимых изменений в других регионах (см. рис. 1, 2; табл. 1, 2).

Таблица 2

Характеристики многолетнего хода температуры почвы (1989–2015)

Table 2

Characteristics of the long-term course of soil temperature (1989–2015)

Пункт	Глубина, см	Среднее значение, °С/стандартное отклонение, °С/тренд, °С·год <sup>-1</sup>		
		Октябрь – ноябрь или сентябрь – октябрь	Декабрь – март или ноябрь – апрель	Апрель – май или май – июнь
Кандалакша*	20	0,8/1,2/0,033	-1,6/0,7/-0,022	2,9/0,9/0,049
	40	2,0/0,9/0,042	-0,9/0,6/0,009	2,1/0,8/0,050
	80	3,3/0,8/0,044	0,2/0,5/0,016	1,5/0,7/0,050
Нарьян-Мар*	20	0,9/1,0/0,035	-3,2/0,8/-0,014	-0,4/1,2/0,015
	40	1,5/0,9/0,051	-2,6/0,7/0,049	-0,5/1,3/0,022
	80	2,2/0,7/0,031	-1,4/0,9/0,025	-0,5/0,7/0,020
Березово**	20	5,4/1,0/0,041	-0,8/0,6/0,033	6,9/1,9/0,043
	40	6,1/0,9/0,020	-0,2/0,5/0,015	6,1/2,3/0,226
	80	7,2/0,9/0,004	0,6/0,3/-0,002	3,0/0,4/-0,006
Няксимволь**	20	6,0/1,0/0,050	-1,1/0,8/0,026	9,4/1,4/-0,044
	40	6,7/0,9/0,039	-0,4/0,5/-0,005	6,3/2,2/0,211
	80	7,4/0,7/0,006	0,5/0,4/-0,016	5,2/1,2/-0,003
Бор**	20	4,1/0,9/0,008	-5,4/1,3/-0,037	7,2/1,2/0,006
	40	7,0/1,2/0,031	-0,8/1,0/0,024	8,9/1,4/0,081
	80	5,3/0,7/0,009	-1,9/0,5/0,024	2,1/1,7/0,015
Ербогачен**	20	6,1/1,3/0,038	-1,5/1,2/-0,021	10,1/1,5/0,085
	40	2,0/0,9/0,042	-0,9/0,7/0,009	2,1/0,8/0,050
	80	3,3/0,8/0,044	0,0/0,5/0,016	1,6/0,7/0,052
Верхоянск**	20	-0,3/1,7/0,092	-20,2/3,5/0,241	6,6/1,3/0,051
	40	0,3/1,1/0,083	-19,5/1,8/0,068	2,5/0,9/0,047
	80	0,9/0,5/0,008	-14,9/1,2/0,036	-3,5/1,5/0,168
Оймякон**	20	-0,1/0,7/0,023	-16,3/1,2/0,052	2,6/0,7/0,027
	40	0,6/0,5/0,011	-14,6/2,1/0,106	0,4/1,9/-0,154
	80	0,6/0,6/-0,058	-12,1/1,1/0,019	-4,1/0,8/-0,064

Примечание. Полужирным начертанием выделены незначимые на уровне 95 % коэффициенты линейных трендов; \* – осреднение для октября – ноября, декабря – марта, апреля – мая (Восточно-Европейская равнина); \*\* – осреднение для сентября – октября, ноября – апреля, мая – июня (Сибирь); °С·год<sup>-1</sup> – градусов Цельсия в год.



### Аномалии температуры почвы, толщины снега и приземной температуры воздуха

В данном случае рассматриваются значения характеристик, превышающие стандартное отклонение в период 1989–2015 гг. как в положительной, так и в отрицательной области распределения (при снятых многолетних трендах за вычетом величины стандартного отклонения). Как положительные, так и отрицательные аномалии температуры почвы повторяются по 3–7 раз за исследуемый период, т. е. в 12–27 % от всех случаев.

При этом совпадения аномальных значений температуры почвы на разных глубинах, будучи немногочисленными, носят случайный характер в своем расположении в многолетнем ряду. Не обнаружено и закономерностей в распределении в многолетнем ряду немногочисленных совпадений аномалий температуры почвы и аномалий толщины снега и приземной температуры воздуха (рис. 3). Полученный результат совпадает с выводами А. Б. Шерстюкова о том, что в зимний период значимая корреляционная связь хода толщины снежного покрова и хода приземной температуры воздуха на территории Сибири отсутствует, слабая значимая корреляция хода температуры почвы и хода высоты снежного покрова в субарктической зоне Сибири отмечена только на Дальнем Востоке [7; 8].

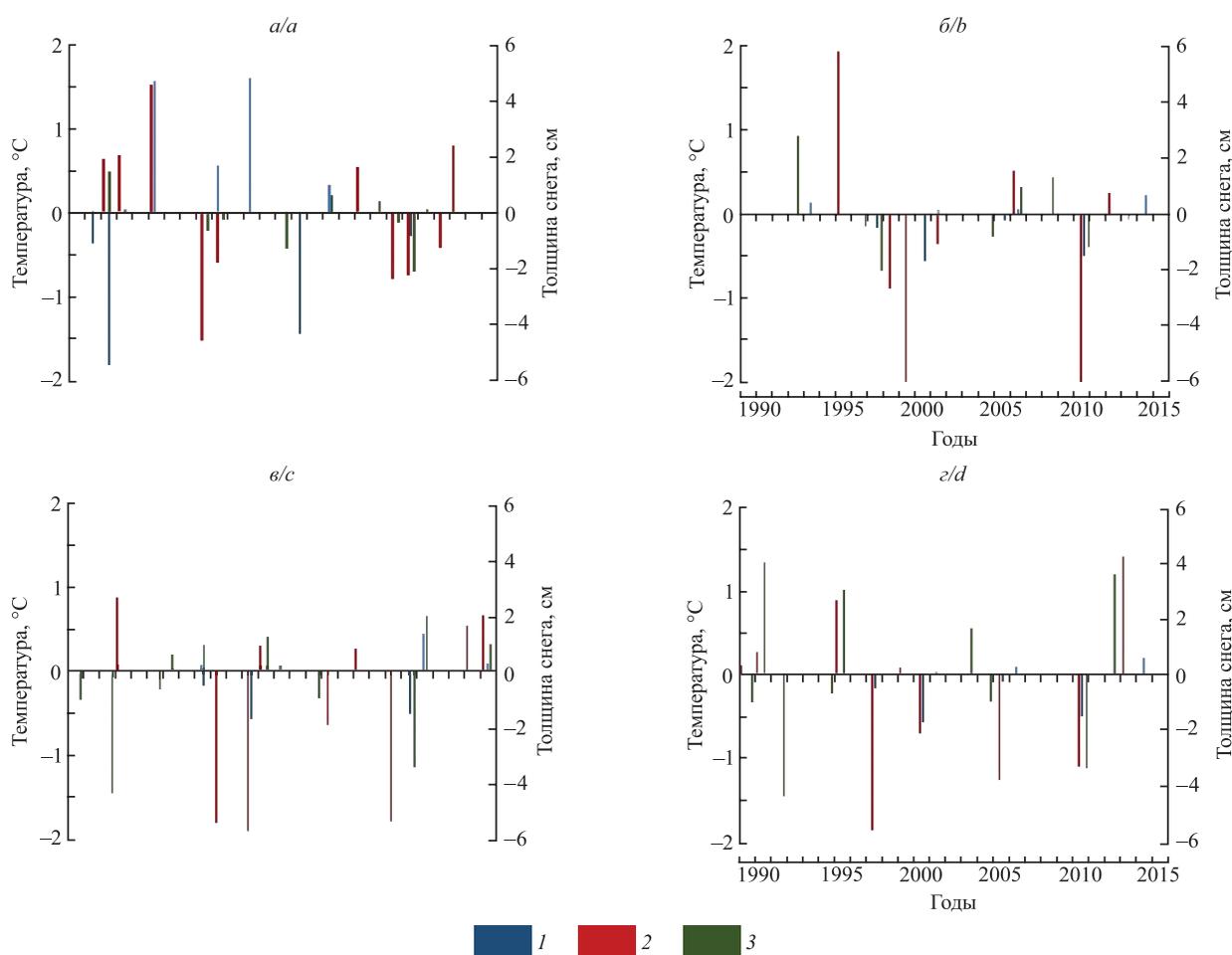


Рис. 3. Ход аномалий толщины снега (1), приземной температуры воздуха (2) и температуры почвы на глубине 40 см (3):  
а – Кандалакша (Восточно-Европейская равнина);  
б – Березово (Западная Сибирь); в – Ербогачен (Центральная Сибирь);  
г – Оймякон (Восточная Сибирь)

Fig. 3. Course of anomalies in snow thickness (1), air temperature (2) and soil temperature at depth 40 cm (3):  
a – Kandalaksha (East European Plain);  
b – Berezovo (Western Siberia); c – Erbogachen (Central Siberia);  
d – Oymyakon (Eastern Siberia)



## Выводы

Проведенный анализ степени влияния снежного покрова на динамику температуры почвы в современных климатических условиях Евразийской Субарктики посредством количественной оценки особенностей сезонного и многолетнего хода исследуемых характеристик дал следующие результаты.

На территории Евразийской Субарктики сезонная и многолетняя температура почвы на глубинах до 80 см в период с устойчивым покровом снижается от +1...–1 °С на северо-западе Восточно-Европейской равнины до –15...–20 °С на северо-востоке Восточной Сибири: уменьшение толщины снега и снижение приземной температуры воздуха с запада на восток Евразийской Субарктики приводят к ослаблению теплоизолирующих свойств снежного покрова при существенном снижении региональных температур воздуха.

Особенности сезонной и межгодовой изменчивости температуры почвы большей части Евразийской Субарктики соответствуют закономерностям ее хода для Восточно-Европейской равнины в целом: появление в этих регионах устойчивого снежного покрова определяет снижение вариабельности температуры почвы в сравнении с весной и осенью в 1,5–9,0 раза для сезонной изменчивости и в 2,5–7,0 раза для многолетнего хода. Исключением является северо-восток Восточной Сибири (метеорологические станции Верхоянск и Оймякон), где вариабельность температуры почвы выше, чем в бесснежные периоды. Здесь относительно небольшая толщина снега обуславливает сильную зависимость хода температуры почвы от динамики приземной температуры воздуха.

В связи с меньшей толщиной снега и экстремально низкой региональной приземной температурой для северо-запада Восточной Сибири характерны самая низкая для Евразийской Субарктики температура почвы и возрастание ее вариабельности в снежный период, что в целом обусловлено влиянием на регион сибирского антициклона.

Общим между Восточно-Европейской равниной и Евразийской Субарктикой является отсутствие значимых многолетних тенденций в ходе температуры почвы, что, по-видимому, связано с ее низкой сезонной и многолетней вариабельностью в период с устойчивым снежным покровом. Анализ хода аномалий исследуемых характеристик (превышение стандартного отклонения в положительной и отрицательной области распределения) также показывает незначительное и несистематическое число их совпадений при суммарном количестве аномальных случаев 12–27 % от общей продолжительности ряда. Редкие совпадения во времени аномалий температуры почвы на разных глубинах и высоты снежного покрова носят скорее случайный характер. Можно предположить, что в этих случаях сказывается принципиальное изменение вариабельности температуры почвы вследствие отепляющих свойств снежного покрова, а также значительная неоднородность в пространстве и времени водно-физических свойств почвогрунтов.

На данный момент аналогичных результатов исследований для крупных регионов автором не обнаружено. Выявленные закономерности могут быть использованы при анализе результатов мониторинга состояния поверхности суши, разработке алгоритмов дистанционного зондирования, уточнении прогнозных сценариев изменений окружающей среды.

## Библиографические ссылки

1. Львович МИ. *Вода и жизнь: водные ресурсы, их преобразование и охрана*. Москва: Мысль; 1986. 254 с.
2. Николаев АН, Скачков ЮБ. Влияние снежного покрова и температурного режима мерзлотных почв на радиальный прирост деревьев Центральной Якутии. *Журнал Сибирского федерального университета. Биология*. 2012;5(1):43–51.
3. Кудрявцев ВА. *Температура верхних горизонтов вечномерзлой толщи в пределах СССР*. Москва: Издательство Академии наук СССР; 1954. 182 с.
4. Павлов АВ. *Мониторинг криолитозоны*. Новосибирск: Гео; 2008. 230 с.
5. Осокин НИ, Сосновский АВ. Влияние динамики температуры воздуха и высоты снежного покрова на промерзание грунта. *Криосфера Земли*. 2015;19(1):99–105.
6. Слепцов ВИ, Мордовской СД, Петров ЕЕ. Расчет количества циклов замерзания-оттаивания породного массива для условий Центральной Якутии на горизонтальных поверхностях. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2012; 9:99–103.
7. Шерстюков АБ. Корреляция температуры почвогрунтов с температурой воздуха и высотой снежного покрова на территории России. *Криосфера Земли*. 2008;12(1):79–87.
8. Шерстюков АБ, Анохин ЮА. Пространственные особенности изменения температуры воздуха и почвы в зоне многолетней мерзлоты России. В: Израэль ЮА, редактор. *Научные аспекты экологических проблем России. Труды II Всероссийской конференции; 29–31 мая 2006 г.; Москва, Россия*. Москва: Наука; 2006. с. 22–23.
9. Китаев ЛМ, Аблеева ВА, Асаинова ЖА, Желтухин АС, Коробов ЕД. Сезонная динамика температуры воздуха, снегозапасов и промерзания почвы в центральной части Восточно-Европейской равнины. *Лед и снег*. 2017;57(4):518–526. DOI: 10.15356/2076-6734-2017-4-518-526.
10. Китаев ЛМ, Аблеева ВА, Коробов ЕД, Желтухин АС. Многолетние тенденции и межгодовые колебания характеристик снежного покрова, климата и температуры почвы Восточно-Европейской равнины. В: *Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения. Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции с международным участием; 8–14 сентября 2019 г.; Нижний Новгород, Россия*. Москва: Студия Ф1; 2019. с. 166–171.



## References

1. L'vovich MI. *Voda i zhizn': vodnye resursy, ikh preobrazovanie i okhrana* [Water and life: water resources, their transformation and protection]. Moscow: Mysl'; 1986. 254 p. Russian.
2. Nikolaev AN, Skachkov YuB. Snow cover and permafrost soil temperature influence on the radial growth of trees in Central Yakutia. *Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2012;5(1):43–51. Russian.
3. Kudryavtsev VA. *Temperatura verkhnikh gorizontov vechnomerzloi tolshchi v predelakh SSSR* [The temperature of the upper layers of permafrost in the USSR]. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of USSR; 1954. 182 p. Russian.
4. Pavlov AV. *Monitoring kriolitozony* [Permafrost monitoring]. Novosibirsk: Geo; 2008. 230 p. Russian.
5. Osokin NI, Sosnovskiy AV. Impact of dynamics of air temperature and snow cover thickness on the ground freezing. *Earth's Cryosphere*. 2015;19(1):99–105. Russian.
6. Sleptsov VI, Mordovskoi SD, Petrov EE. [Calculating the number of freeze-thaw cycles of the rock mass conditions for the Central Yakutia on horizontal surfaces]. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2012;9:99–103. Russian.
7. Sherstyukov AB. Correlation of soil temperature with air temperature and snow cover depth in Russia. *Earth's Cryosphere*. 2008;12(1):79–87. Russian.
8. Sherstyukov AB, Anokhin YuA. [Spatial features of air and soil temperature changes in the permafrost zone of Russia]. In: Izrael' YuA, editor. *Nauchnye aspekty ekologicheskikh problem Rossii. Trudy II Vserossiiskoi konferentsii; 29–31 maya 2006 g.; Moskva, Rossiya* [Scientific aspects of environmental problems in Russia. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> All-Russian conference; 2006 May 29–31; Moscow, Russia]. Moscow: Nauka; 2006. p. 22–23. Russian.
9. Kitaev LM, Ableeva VA, Asainova ZA, Zheltukhin AS, Korobov ED. Seasonal dynamics of air temperature, snow storage and soil freezing in Central part of the East European Plain. *Ice and Snow*. 2017;57(4):518–526. Russian. DOI: 10.15356/2076-6734-2017-4-518-526.
10. Kitaev LM, Ableeva VA, Korobov ED, Zheltukhin AS. [Long-term trends and interannual fluctuations in snow cover characteristics, climate and soil temperature of the East European Plain]. In: *Nauchnye problemy ozdorovleniya rossiiskikh rek i puti ikh resheniya. Sbornik nauchnykh trudov Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem; 8–14 sentyabrya 2019 g.; Nizhnii Novgorod, Rossiya* [Scientific problems of rehabilitation of Russian rivers and ways to solve them. Collection of scientific papers of the All-Russian scientific conference with international participation; 2019 September 8–14; Nizhny Novgorod, Russia]. Moscow: Studiya F1; 2019. p. 166–171. Russian.

Статья поступила в редакцию 21.07.2020.  
Received by editorial board 21.07.2020.



## ОБРАЗНОЕ ВИДЕНИЕ ПРОСТРАНСТВА В ГЕОПОЛИТИКЕ: ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ

В. КРЫСТЕВ<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Экономический университет Варны, бул. Князя Бориса I, 77, 9002, г. Варна, Болгария

Определяется видение пространства в критической геополитике, выражаемое через образ. Геополитическое представление о пространстве интерпретируется как результат геополитического взаимодействия последнего с внешним миром. Решающую роль в этом плане играют его историческое развитие, характер организации и поведение по отношению к другим геополитическим субъектам. Накопление данных процессов во времени формирует семантику стереотипных политических представлений о пространстве, таких как предназначение, безопасность, буферизация, склонность к интеграции и взаимопроникновению, привлекательность, конфликтность, центральность, периферийность и т. д., выражающихся в геополитическом образе. Образы пространства, которые приобретают все большее значение в геополитическом взаимодействии, направляют современную геополитику к более глубокому осмыслению статуса, роли и ориентации различных ее субъектов. Разработана системно-репрезентативная модель изучения геополитического образа пространства как основы методической направленности, представленной в качестве главной идеи исследования. Этой моделью автор поддерживает идею запуска алгоритма, который адекватно структурирует процесс формирования геополитического образа пространства. Модель синтезирует взаимодействие между основными факторами и элементами, которые формируют геополитическое видение пространства и проецируются на его образ в зависимых отношениях. Отображены атрибуты, определяющие формирование геополитического образа пространства: факторы восприятия пространства внутреннего и внешнего характера; источники восприятия пространства (социальный опыт и образование, искусство, медиа-продукция, карты, СМИ); геополитическая идентификация; геополитическая идентичность; геополитический дискурс; семантическая стратификация и масштабность геополитического образа. В этом отношении затронуты идентичность и политические дискурсы, лежащие в основе образного восприятия пространства. В методологическом аспекте отстаивается авторская позиция о том, что образы пространства раскрывают новый постструктуралистский слой геополитических исследований, соответствующий потребностям эпохи постмодерна.

**Ключевые слова:** постструктурализм; критическая геополитика; идентичность пространства; геополитический образ; геополитический дискурс.

## IMAGINATIVE VISION OF SPACE IN GEOPOLITICS: APPROACH TO STUDY

V. KRASTEVA<sup>a</sup>

<sup>a</sup>University of Economics – Varna, 77 Knyaz Boris I Boulevard, Varna 9002, Bulgaria

The vision of space in critical geopolitics, expressed through the image, is defined. The geopolitical concept of space is interpreted as the result of the geopolitical interaction of the latter with the outside world. Its historical development,

### Образец цитирования:

Крыстев В. Образное видение пространства в геополитике: подход к изучению. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2021;1:23–34. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-1-23-34>

### For citation:

Krastev V. Imaginative vision of space in geopolitics: approach to study. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2021;1:23–34. Russian. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-1-23-34>

### Автор:

**Вилиян Крыстев** – кандидат географических наук; доцент кафедры экономики и организации туризма факультета менеджмента.

### Author:

**Viliyan Krastev**, PhD (geography); associate professor at the department of economics and organisation of tourism, faculty of management. [viliank@ue-varna.bg](mailto:viliank@ue-varna.bg)





the nature of organisation and behaviour in relation to other geopolitical entities play a decisive role in this regard. The accumulation of these processes over time forms the semantics of stereotypical political ideas about space, such as: mission, security, buffering, a tendency to integrate and interpenetrate attractiveness, conflict, centrality, peripherality, etc., expressing themselves in a geopolitical image. The images of space, which are becoming increasingly important in geopolitical interaction, direct modern geopolitics to a deeper understanding of the status, role and orientation of various entities expressing geopolitics. A system-representative model of the study of the geopolitical image of space as a basis of methodological orientation, presented as the main idea of the study, has been developed. The model synthesises the interaction between the main factors and elements that form the geopolitical vision of space, which are projected onto its image in a dependent relationship. With this model, we defend the idea of launching an algorithm that adequately structures the process of forming a geopolitical image of space. The attributes that determine the formation of the geopolitical image of space have been displayed: factors of perception of space of internal and external character; sources of space perception (social experience and education, art, media products, maps, media); geopolitical identification; geopolitical identity; geopolitical discourse; semantic stratification and the scale of the geopolitical image.

**Keywords:** post-structuralism; critical geopolitics; identity of space; geopolitical image; geopolitical discourse.

## Введение

Геополитика, рассматриваемая как область науки, политической идеологии или практическая деятельность (геостратегия), неразрывно связана с категорией пространства (в его географическом измерении). Через пространство геополитика выражает свою предметную сущность и оперирует в идеографическом и аналитическом дискурсах [1–8]. Отношение геополитики к пространству принципиально обусловлено стремлением к поиску и совершенствованию механизмов его освоения, а также управления им. Присущие определенным историческим периодам модели социальной организации и используемые технические средства оказывают существенное влияние на поведение геополитических субъектов (государств, коалиций, этнических и экономических районов, экономических субъектов, организаций различных типов и т. д.) в процессе взаимодействия с пространством. В последние три десятилетия сформировалось так называемое сетевое общество [9], в котором обмен информацией диктует политические настроения и намерения, требует нового способа геополитического «употребления» географического пространства.

В результате постоянного накапливания в геопространстве исторических процессов геополитика в аналитическом дискурсе все больше оперирует представлениями о нем. Являясь функцией общественного сознания, представления о пространстве трансформируются в образы, которые «кодифицируют» его, производя ощущения о месте и роли пространства в социальных процессах. Характеристики концентрации психологического заряда образа пространства становятся надежными атрибутами современного геополитического взаимодействия. Сила и масштаб их проявления посредством информационных и культурных механизмов затрагивают потенциал геополитических субъектов к использованию косвенных действий, а также накоплению так называемой мягкой силы [10]. В методологическом аспекте, по мнению автора, образы пространства раскрывают новый постструктуралистский слой геополитических исследований, соответствующий потребностям эпохи постмодерна. Исходя из такой постановки проблемы, цель статьи состоит в выяснении геополитической функциональности и значения образной атрибутики, изучении пространства на основе разработки конструктивной модели его системно-репрезентативного исследования.

## От абсолютного к относительному пространству в геополитике

В соответствии с традиционным (с периода модернизма) схоластическим пониманием географическое пространство рассматривается как объективно структурированное и четко определенное на земной поверхности. Установление характера пространства осуществляется на основе структуралистского подхода посредством конвенциональной интерпретации его составных элементов (границы, конфигурации, сегментации, географическое положение), энтропии и эластичности с точки зрения внутренней неоднородности. В структурных рамках объективное пространство квалифицируется как *многомерное* [11] или *абсолютное* [12]. Такое пространство подчинено взаимосвязям между геоторией (пространство в его земных, подземных и надземных составляющих) и обществом, что подчеркивает его «материальное овеществление» [11, р. 12].

Взаимодействие с абсолютным пространством характерно для классической и отчасти постклассической (ревизионистской, модернистской) геополитики. С позиций структурализма пространство подчинено объективным характеристикам с рациональной точки зрения, а в зависимости от географических координат определяется положением относительно сторон света, Мирового океана (приморское или



континентальное). Абсолютное пространство находит реальное воплощение в развитии геополитических теорий для проектирования государственной власти (органическая теория государства (Ф. Ратцель)) и концепций, структурирующих геосумму с сильным упрощением географической реальности (концепции морской силы (А. Мэхэн), хартленда (Х. Маккиндер), панрегионализма (К. Хаусхофер), хартленда – римленда (Н. Спайкмен)). В этих концепциях, использующих в качестве основного средства геополитической интерпретации географические карты [13], пространство характеризуется свойствами, выражающими его в структурном профиле. Физические особенности пространства усугубляются догматом географического детерминизма, который определяет взаимодействие между географией и политикой, опираясь на подчиненную пространственную нормативную константу: теллуократия – талассократия, континентализм – атлантизм, восток – запад, север – юг. Пространство данного типа «семантически замкнуто» и «однозначно» в своей геополитической идентификации, оно определяет себя как «евклидово, декартово, однородное, подчиняющееся законам ньютоновской физики»<sup>1</sup> [14, р. 3–4]. Картезианская логика в этом смысле рассматривает пространство как «внешнее по отношению к субъекту» [14, р. 98], исследуя его в зависимости от структурных элементов.

Абсолютное пространство также занимает лидирующие позиции в геополитике идеологического и экономического дискурсов холодной войны. Однако, в отличие от классического, в постклассический период структурное измерение геополитического потенциала пространства смещается с естественных факторов на социальные (экономика, культура, демография, транспорт, технологические и информационные ресурсы). Экстраполяция их влияния в пространстве создает более сложные ситуации соперничества и зависимости, значительно расширяющие предметную и проблемную области геополитики. Опора на тенденцию, которая подчиняется структурализму пространства, характерна и для так называемого радикального течения геополитической мысли (под влиянием идей И. Лакоста и школы «Геродот») с той разницей, что предпочтение отдается выражающим его региональным и локальным геополитическим системам [15].

Со второй половины XX в. с ростом мобильности людей и повсеместным внедрением технологий в сфере коммуникации и информации отношение к географическому пространству стало медленно меняться, в то время как в его структурной интерпретации наблюдался постоянный кризис. Характерные для абсолютного пространства связи системно-структурного порядка заменяются доминированием исторического и социального контекстов [16]. Структурализм, основанный на изучении пространства как комплекса материальных форм, постепенно уступает место постструктурализму. Последний опирается на восприятие пространства, которое меняется в зависимости от социальной практики [17; 18].

В качестве научного подхода постструктурализм направлен на раскрытие набора формирующих пространство стереотипных представлений, неоднозначных по своему значению. Как таковые в геополитике устанавливаются измерения представлений о пространстве: сильное или слабое; безопасное или небезопасное; близкое или далекое; центральное или периферийное; родственное, чужое или нейтральное и т. д. Данные субъективные особенности трансформируют пространство в форму ментальной конструкции, что приводит к его классификации как *относительного* или *переходного* [11; 19]. В постструктуралистском ракурсе пространство – это продукт сознания и воображения, полученный посредством символизации дискурсов и образов как «отражение исторической памяти общества» [20, р. 50].

Под влиянием социальных отношений, как внутренних, так и внешних, возникающих в результате взаимодействия с другими пространствами, относительное пространство сильно изменяется во времени. Это и является причиной ссылки на генетические корни пространства в истории, самобытности, культуре и ценностях населявших его народов. Социальная практика моделирует понятие пространства, превращая его в относительное – политическое, экономическое, этническое, идеологическое, культурное, информационное. Однако в большинстве случаев между этими качественными измерениями нет четких различий, поскольку пространство, в котором живет человек и материализуется его деятельность, является «социально сконструированным феноменом» [12, с. 19].

Ведущей тенденцией в конце межблочного противостояния холодной войны стали постструктуралистские исследования пространства в геополитике, представленные в идеях французского географа Ж. Готмана (1915–1994). Он вводит понятие иконографии пространства, выражающее мифы его социальной природы, возникшие под влиянием символизма и отраженные в истории, религии, культурных традициях и искусстве [21]. Понимаемая сообществом как своего рода ментальная матрица – икона окружающего мира, иконография трансформирует объективное пространство в социальное, придавая ему историческую идентичность. Геополитическое значение иконографии выражается в чувстве привязанности народов к определенным территориям, возникшем вследствие приобретенной духовной связи. Сквозь призму иконографии, например, можно объяснить особое отношение (под влиянием

<sup>1</sup>Здесь и далее перевод наш. – В. К.



мифа об исконной территории) сербов к Косово, русских к Украине, румын к Молдове, азербайджанцев к Карабаху и др. [12]. Под влиянием иконографии также развиваются проекты великодержавности: «Великая Болгария» («Болгария на трех морях»), «Великая Сербия», «Великая Греция» и т. д. В духе глобализации в ее вестернизированной форме иконография является необходимым атрибутом для разрушения «утопического видения унифицированного мира» [22, с. 259]. В последнем отношении на фоне социокультурного и политико-экономического влияния Запада, который пользуется идеологическим превосходством и лидерством после окончания холодной войны, иконографические представления трансформируют пространства «рельефно», раскрывая разнообразие мира и уникальность различных мест.

Нагруженное смыслами и функциями относительно пространство считается центральной предметной областью постмодернистской (критической) геополитики [23–26]. Научное объяснение этого новейшего курса геополитической мысли вытекает из возросшего влияния социальных наук на политические процессы, которые в корне меняют представление о пространственном распределении власти в результате ускоренной глобализации. Методологически на постструктуралистское исследование пространства в критической геополитике влияют идеи французских философов М. Фуко (1926–1984) и Ж. Деррида (1930–2004) о деконструкции материального мира. Исследовательский процесс осуществляется с использованием заимствованного у гуманитарных наук (социология, политология, культурология, культурная география, социальная психология) инструментария, через который пространство рассматривается в социальной и исторической семантике (с символами, изображениями, нарративами). Содержание их понимания направляет внимание критической геополитики на изучение идеализированных представлений о пространстве [24; 27; 28].

Информатизация общественной жизни и связанные с ней образно-географические конфигурации геополитического пространства совпадают с ликвидацией биполярной геополитической модели в мире. Распад социалистического блока и многонациональных государств в нем (СССР, Югославия, Чехословакия), объединение ФРГ и ГДР стимулируют глубокие изменения в мировой структуре международных отношений. Эти процессы развиваются одновременно с ростом экономической глобализации и кросс-культурности, а также фрагментации (с точки зрения неравного участия отдельных стран и регионов в глобальном взаимодействии) планетарного политического пространства. С учетом новых политических реалий после окончания холодной войны возникновение критической геополитики считается закономерностью, продиктованной необходимостью уловить «связь между идеями и политическими практиками, связанными с территориальным экспансионизмом и доминирующей ролью пространства» [29, с. 127].

Изначально критическая геополитика была ориентирована на критику традиционного (основанного на структурализме) геополитического подхода к исследованию пространства. В первую очередь это касается упрощенных поляризованных моделей глобального геополитического пространства (*суша – море, запад – восток, север – юг, хартленд – римленд* и т. д.), а также характерного евроцентризма в аналитических интерпретациях. В то же время критика, направленная на недооценку универсальных моделей мироустройства, связана с переходом к более глубокому анализу пространственных факторов, влияющих на политические процессы [14; 28; 30]. В частности, предполагается, что «география является продуктом истории соперничества между политическими субъектами власти, навязывающими власть для организации, завоевания и управления пространством» [14, р. 2].

Впоследствии в центре внимания критической геополитики оказывается изучение субъективных факторов, влияющих на представления о пространстве [26; 27; 31; 32]. Субъективный политический взгляд на пространство используется в качестве основного ориентира, артикулирующего его нарративами, символами и образами (под влиянием личного опыта, СМИ, рекламы, медиапродукции, массовой культуры и т. д.) в отношении политического веса и привлекательности пространства. Этот процесс связан с «производством значений» сквозь призму социально структурированного дискурса в форме набора пространственных знаков, языковых и культурных норм. Дискурс направляет к виртуальному ощущению пространства, определяющему его идентичность и роль в международной политической реальности. Со стороны государственной или региональной политики образы и дискурсы устанавливаются как эффективное средство достижения политических и экономических выгод, главным образом посредством «мягкой силы» [10]. Базовым элементом стереотипного образа выступает привлекательность места, что проявляется в таком важном факторе, как «внешнее признание» [33, с. 112].

Представления о пространстве трансформируют критическую геополитику в социальную науку, в которой основное внимание уделяется географическому воображению, основанному на пространственных мифах и геосимволизме [24; 25; 29]. Геополитическое видение, в соответствии с его социальной природой, может быть целенаправленно сформировано в целях достижения политических и экономических выгод. В этом случае возрастает роль пространства в качестве инструмента геополитического



взаимодействия, подчеркивающего конкурентный потенциал выражающих его субъектов [34]. В связи с этим даже классические геополитические концепции, соотносящиеся с понятиями «хартленд», «римленд», «панрегион» и т. д., могут быть представлены как один из вариантов «мифологизации пространства», стереотипизирующих реальность [35, с. 77].

В эпоху постмодерна обмен информацией в сетевом обществе усиливает представления о пространстве в сторону его идентичности. В общественном сознании этот процесс сводится к синтезу взглядов на территориальную и культурную принадлежность, сферу интересов, желаемую модель развития, историческую цель и т. д., накопленных как его гражданами, так и внешним миром. Идентичность связана с культивированием чувств, мифов, иррациональности, аморфности пространства, которые кристаллизуются в форме характерных образов [6]. Последние формируются под влиянием различных факторов (семейные традиции, образование, личный опыт, реклама, литература, искусство, кино, СМИ), «производящих и распространяющих набор мифов, стереотипов и представлений о национальной истории и территории» [36, с. 38]. В этом плане относительное пространство является не только замкнутой гуманизированной средой, но и внешним контекстом (через характерную символику), который влияет на намерения и решения геополитических субъектов [7; 37].

Дискурсы, синтезирующие определенные геополитические представления о пространстве сегодня, в основном связаны со СМИ, которые в большинстве случаев служат частным или корпоративным интересам. Однако через них в общественном сознании закладываются прочные представления о геополитическом статусе, функциях и ориентации различных типов пространств [14]. В связи с этим возрастает роль механизмов управления информацией, что заставляет геополитику обращаться к исследованию пространства через «картографию человеческой души», «символический капитал культуры», «виртуальный мир символов» [38, с. 6]. Опираясь на соответствующую информацию, можно управлять и манипулировать представлениями о пространстве. По этой причине современная геополитика ориентирована на проектную деятельность по планированию и моделированию географических образов пространства, «которые способны трансформировать реальную политическую карту и фактически управлять ей» [6, с. 64].

### Геополитический образ пространства

Сравнительно точное определение сущности образной пространственности (географического образа) дал Д. Н. Замятин: «...совокупность ярких, характерных знаков, символов, ключевых представлений определенного пространства» [39, с. 49]. Семантика географического образа сравнивается с анимированной (одухотворенной) моделью земной поверхности, которая персонализирует и ориентирует развитие пространства. Образ эволюционирует во времени, насыщается событиями и процессами, размножается, впитывая различные смысловые значения. Последние стратифицируют его на различных уровнях в образную траекторию, создавая гетерогенное семантическое ощущение пространства на основе геоисторических, геосоциальных, геоэкономических, геокультурных, геополитических образов [39].

Изучение образа пространства, как правило, базируется на использовании феноменологического подхода, чьи изначальные методологические основы разработаны в философии [16; 40; 41]. Характер применения этого подхода ориентирован на описательно-репрезентативный способ исследования пространства с точки зрения его значения и функций в общественном восприятии. Изучая культивируемые в общественном сознании мифы, нарративы и различного рода символики, рассматриваемые как знаки ландшафтной реальности, феноменология раскрывает особенности пространства, такие как отношение, уникальность, преодоление, притягательность, привлекательность. В совокупности данные характеристики параметризуют пространство в определенной семантике, которая создает ощущения в его восприятии: топофильное или топофобное, центральное или периферийное, сильное или слабое, свое или чужое [42–44]. М. Оже в своих исследованиях, посвященных антропологическому осмыслению значения пространства, которое характеризует его сущность для общественного сознания, рассматривает понятия исторического места и лишённого идентичности пространства [45].

Результатом политического понимания пространства выступает его геополитический образ. Он является функцией географического образа под влиянием прежде всего (гео)политического дискурса о пространстве. Геополитический образ в совокупности составляющих его когнитивных сегментов характеризуется сложной и одновременно иерархической структурой геополитического видения. Данная особенность позволяет квалифицировать его как «общественно наиболее значимый», «максимально анаморфированный» и «наиболее масштабный» географический образ [6, с. 190].

Формирование геополитического образа является результатом геополитического взаимодействия пространства с внешним миром. Решающую роль в этом плане играют его историческое развитие, ха-



рактер организации и поведение по отношению к другим геополитическим субъектам. Составляющие субъекта, выражающие пространство (страна, регион, коалиция), включают политические решения, дипломатию, внешнеэкономическую деятельность, культурный диалог и т. д. Накапливание этих процессов во времени формирует семантику стереотипных политических представлений о пространстве, таких как предназначение, безопасность, тенденция к интеграции, привлекательность, конфликтность, центральность, периферийность и др., кристаллизующихся в геополитический образ.

С точки зрения критической геополитики геополитический образ содержит нормы и традиции восприятия в понимании пространства на разных уровнях, что широко распространено в «низкой» и «высокой» геополитике [26; 46]. «Низкая» геополитика отождествляется с геополитическим восприятием в массовом общественном сознании, т. е. на низком уровне. Геополитические образы низкого уровня обычно являются результатом воздействия массовой информации, традиций, норм воспитания и образования. «Высокая» геополитика охватывает восприятие пространства в сознании государственной элиты и академических кругах [37; 47]. Образы на низком и высоком уровнях переплетены, поскольку взаимно подпитывают друг друга, меняя с течением времени геополитическое видение пространства [36].

Необходимость создания геополитического образа может быть продиктована как внутренними (в рамках определенного политического пространства) призывами к консолидации или оптимизации определенных процессов, так и курсом политико-экономического и культурного взаимодействия с внешним миром (другими странами, территориями). В Европейском союзе, например, часто эксплуатируемый эндогенный геополитический образ, нацеленный на сопричастность и взаимопонимание по конкретным политическим вопросам, – это образ европейской семьи или европейского дома, хотя культурная и политическая история его отдельных стран и регионов, периферийных частей достаточно разнообразна. С другой стороны, экзогенный геополитический образ Евросоюза традиционно подчинен евроатлантической интеграции. Он призван подчеркнуть геополитическую принадлежность (а в некоторых случаях даже лидерство) объединенной Европы к Западу.

Изначальное определение геополитического образа пространства обычно основывается на образах-архетипах или ядерных образах [6], которые придают ему достаточно устойчивые стереотипные черты. Как таковые следует рассматривать образы, когнитивно связанные с социокультурным и историческим развитием пространства в ретроспективе. Характерная особенность образов-архетипов заключается в том, что они дают упрощенное (штампованное) геополитическое представление о пространстве, но обрамляют его геополитическую идентичность и служат отправной точкой для вторичных образных конфигураций. Например, для такой страны, как Болгария, образами-архетипами, выражающими ее геополитическую идентичность, являются следующие: Восточная Европа, православная культура, славянская этническая и языковая идентичность, балканская идентичность [48; 49]. Ядерные образы, влияющие на ее текущий геополитический статус, – евроатлантическое пространство, экономическая периферия Европы, маленькая страна, «дешевая» туристская дестинация [50]. Для такой страны, как Россия, ключевые геополитические образы-архетипы традиционно подпитываются концепцией «Москва – Третий Рим», которая подчеркивает ее мессианскую роль в качестве ведущего христианского центра. Историко-географической основой геополитической индивидуальности российского государства являются идеологическое геополитическое прошлое советской эпохи (коммунизм, культ личности, авторитарное правление), идея России – Евразии. Последний образ-архетип находит воплощение в неоевразийской концепции, воспринимаемой как некая формула для российской модели геополитической перспективы после распада СССР [51–53].

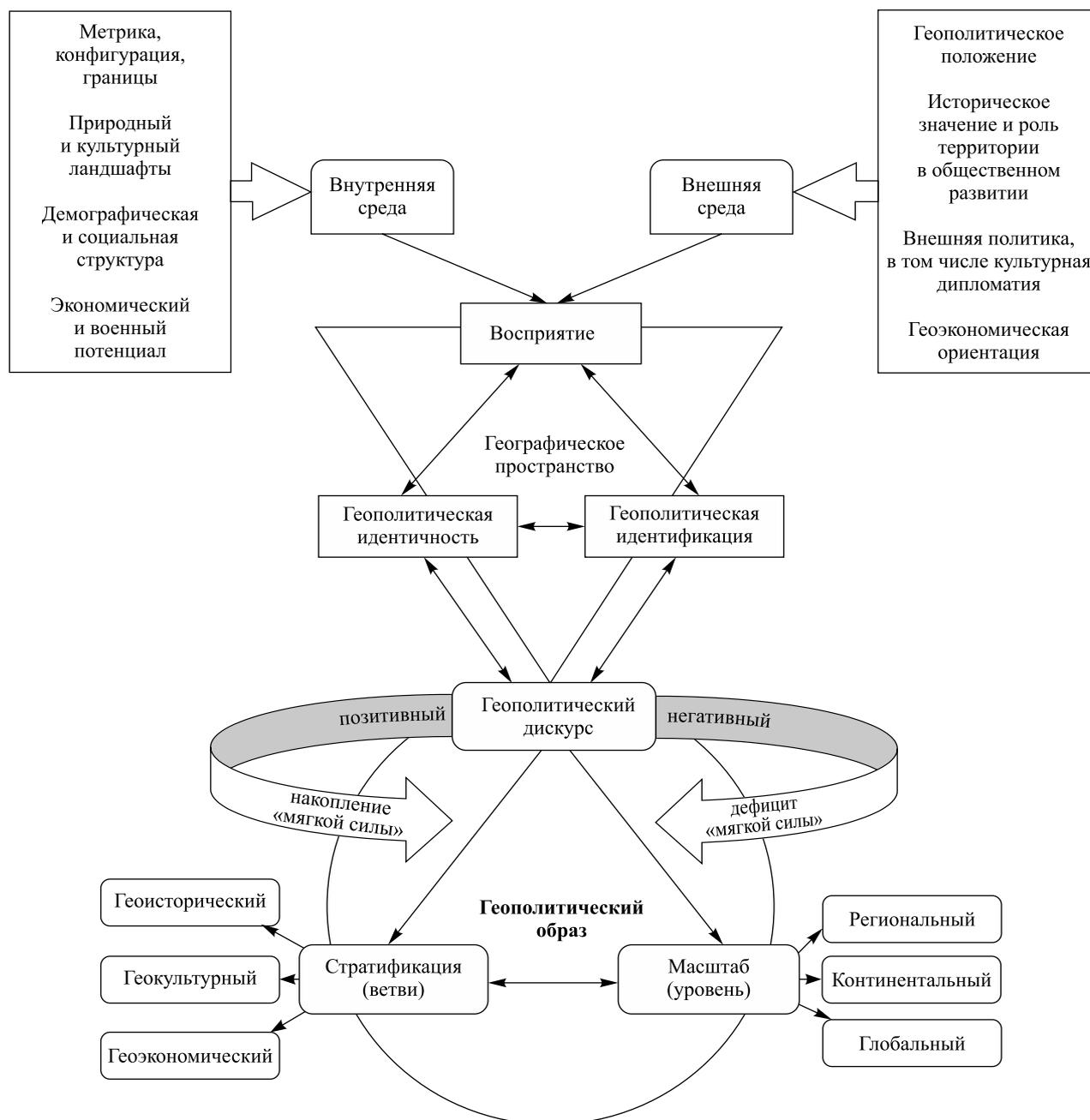
Рассмотренный в деталях геополитический образ является многослойным, что делает его гораздо более разнородным и многогранным. Это результат сложного взаимодействия социокультурных, политических и экономических слоев на пространственной основе. Политический дискурс различного рода социальных процессов, протекающих в пространстве, способен расслаивать геополитический образ на исторические, культурные или экономические составляющие. В его содержании также отражаются символы национальной истории и географии в восприятии местных сообществ и внешнего мира, устойчивые элементы цивилизационного характера, типичные особенности социокультурной среды и экономических процессов, уровень и степень вовлеченности в мировую экономику и политику и т. д.

### **Модель исследования геополитического образа пространства**

Геополитический образ, представляющий собой стереотипную проекцию географического пространства, является результатом наслоения различных элементов и процессов политически осмысленной реальности. Рассматриваемые как ткань из знаков, они подчеркивают типичные особенности территории и ее геополитическое положение, природные и культурные ландшафты, международный политический



статус, геополитические функции и др. Переплетение характерных особенностей пространства через призму восприятия выражается сложной стратификацией и масштабом проявления, что затрудняет построение конфигурации комплексной модели геополитического видения пространства. Учитывая это обстоятельство, но придерживаясь упрощенной версии схематического изображения, автор предлагает двухступенчатую системно-репрезентативную модель изучения геополитического образа пространства. Схема основана на подчиненной зависимости образа от особенностей пространства в иерархическом порядке (см. рисунок).



Системно-репрезентативная модель геополитического образа пространства  
Systematic representative model of the geopolitical image of space

Геополитическое видение пространства подчинено восприятию различных факторов внутреннего и внешнего характера. Динамика и сила их проявления меняются со временем и зависят от конфигурации и метрики пространства, его социальной структуры, экономического и военного потенциала, ландшафтного своеобразия, типа общественно-политической организации, геополитических отношений с внешним миром, геоэкономической ориентации. В совокупности все факторы, влияющие на вос-



приятие пространства, преломляются сквозь призму источников восприятия (социальный опыт и образование, искусство, медиапродукция, карты, СМИ). Социальный опыт и образование формируют пространственные представления, связанные с определенным опытом и значениями подлинности. Искусство (живопись, литература, архитектура, сценическое искусство) тесно связано с мифологизацией пространственной уникальности, отраженной в самобытности места. Медиапродукция (реклама, кино, музыка) создает настроение в понимании пространства, которое моделирует нюансы в подсознательном его восприятии (с точки зрения известности, привлекательности, доступности и др.). Карты влияют на формирование образа пространства в общественном сознании через «искушение простоты» и «универсальную понятность» [54, р. 573]. Закодированные в сознании, эти представления переходят в так называемые ментальные карты, на которых пространство приобретает ярко выраженные репрезентативные культурно-образные черты. По мнению В. Н. Калуцкова, как типичный инструмент географии (и геополитики) карта не только предоставляет объективную информацию об окружающем мире, но и «всегда придает ему образ, даже если пользователь не стремился к этому» [55, с. 58]. В сетевом обществе, однако, можно предположить, что наиболее существенное влияние на процесс идентификации и структуру идентичности географического пространства оказывают СМИ.

Атрибуты, которые лежат в основе геополитического видения географического пространства, касаются его идентификации и идентичности. Идентификация выражает восприятие пространства как места памяти, опираясь на особенности ландшафта, отличающие его от остального мира. Однако, как указывает К. Магрис, ландшафт как понятая реальность – это не только «природа и архитектура, заливы, леса и дома, травяные и каменные дорожки, но и общество, люди, движения, привычки, предрассудки, страсти, еда, флаги, вера» [56, р. XVII]. В этом отношении ландшафт обладает как материальным, так и нематериальным измерением, что придает пространству характерную символику, значение и динамику [57]. Идентичность, как правило, это форма индивидуального или коллективного самоопределения к конкретному сообществу, отражающая «перспективу, с которой мы воспринимаем окружающий мир» [58]. Она опирается на серию маркеров сопричастности (род, язык, обычаи, символика, ценности), основанных на географических, исторических и культурных компонентах и отражающих нормы и сочетание социальных зависимостей. Особая форма коллективной идентичности – территориальная идентичность, которая в информационную эпоху отождествляется в первую очередь с образами пространства, базирующимися на определенных культурных ландшафтах [59–61]. Геополитическая идентичность пространства основана на элементах идентификации, выражающихся в идеях принадлежности к тому или иному сообществу, а также в осмыслении положения пространства в процессе его геополитического взаимодействия с другими пространствами [12]. В своей первичной форме геополитическая идентичность связана с пространственной рефлексией геополитических образов-архетипов.

Интерпретация и репрезентация символов и знаков из контекста (исторические и литературные тексты, публикации о социально-политических и экономических событиях в СМИ), влияя на геополитическую идентификацию и идентичность пространства, формируют геополитический дискурс о нем. Изучение тенденции этого дискурса позволяет выявить общую когнитивную конструкцию геополитического образа. В зависимости от характера восприятия информации и влияния политических событий на пространство семантика геополитического дискурса характеризуется топофильными и топофобными чертами. Взаимоотношение между этими чертами определяет возможности для накопления «мягкой силы» в геополитическом образе, что имеет особое значение для повышения статуса и роли субъекта, выражающего пространство в геополитическом взаимодействии.

Углубленное исследование геополитического образа предполагает дискурсивное «распутывание» его когнитивной конструкции с выделением стратифицированных представлений и географической масштабности проявления. Образная стратификация определяется степенью гетерогенного «наслоения» ментальных геополитических представлений о пространстве, среди которых наиболее важны измерения геоисторического, геокультурного и геоэкономического образов. Согласно предложенной модели масштабность является степенью проявления геополитического образа в зависимости от роли и статуса пространства в геополитическом взаимодействии на региональном и (или) глобальном уровне.

### Заключение

Переход от объективного к субъективному восприятию пространства в геополитике – это закономерный процесс, продиктованный потребностями эпохи постмодерна. Во взаимосвязанном сетевом обществе географическое пространство, в котором живет и творит человек, наполнено серией образов, функционирующих в различных вариантах стилизованных конфигураций. Эти образы создают стереотипные представления о пространстве, которые впоследствии находят воплощение в политической и экономической ориентации, конкурентоспособности и характере его взаимодействия с внешним ми-



ром. С прагматической точки зрения, по мнению В. А. Колосова, географический образ пространства, основанный на политических представлениях, выполняет тройственную функцию: отражает и укрепляет региональную идентичность; помогает обосновать политическую повестку дня и способствует ее легитимизации в глазах граждан; служит ориентиром перспективного территориального планирования [62]. Наиболее сильно эффект его целенаправленного создания традиционно проявляется в сочетании с региональным самосознанием населяющих пространства сообществ. Последние, признавая образ пространства таким, каким хотят его видеть, повышают устойчивость геополитического потенциала пространства.

Предлагаемая системно-репрезентативная модель геополитического образа пространства не является исчерпывающей. В зависимости от социальной практики и цели исследования схема может претерпевать изменения в направлении сокращения элементов или, наоборот, расширения факторных зависимостей восприятия, а также представления о пространстве в соответствии с его гетеротопией. Однако с помощью данной модели автор предлагает идею создания конструктивного алгоритма, который адекватно структурирует процесс формирования геополитического образа пространства. Представленная модель направлена на систематизацию и обобщение эмпирических знаний о геополитическом образе пространства для достижения в перспективе более точных (учитывая субъективность материи) результатов.

### Библиографические ссылки

1. Massi E. Geopolitica: dalla teoria originaria ai nuovi orientamenti. *Bollettino della Società Geografica Italiana*. 1986;11(3/1–6): 3–45.
2. Göney S. *Siyasi coğrafya. Cilt 2*. Istanbul: Istanbul Üniversitesi; 1993. 175 s.
3. Lacoste Y. Che cos'è la Geopolitica? (I). *Limes*. 1993;4:265–270.
4. Колосов ВА, Мироненко НС. *Геополитика и политическая география*. Москва: Аспект Пресс; 2001. 479 с.
5. Agnew J. *Geopolitics: re-visioning world politics*. 2<sup>nd</sup> edition. London: Routledge; 2003. 154 p.
6. Замятин ДН. *Власть пространства и пространство власти. Географические образы в политике и международных отношениях*. Москва: РОССПЭН; 2004. 352 с.
7. Jean C. *Manuale di geopolitica*. 4<sup>o</sup> edizione. Roma: Laterza; 2007. 348 p.
8. Дугин АГ. *Геополитика*. Москва: Академический проект; 2011. 583 с. Совместно с издательством «Гаудеамус».
9. Castells M. *The information age: economy, society and culture. Volume 1. The rise of the network society*. Oxford: Blackwell Publishers; 1996. 594 p.
10. Nye JS Jr. *Soft power. The means to success in world politics*. New York: Public Affairs; 2004. 191 p.
11. Turco A. Pragmatiche della territorialità: competenza, scienza, filosofia. *Bollettino della Società Geografica Italiana*. 2000; 11(5/1–2):11–22.
12. Окунев ИЮ. Территориальная и пространственная идентичность: концептуализация базовых понятий. *Сравнительная политика*. 2018;9(1):18–25. DOI: 10.24411/2221-3279-2018-00002.
13. Parker G. *Geopolitics: past, present and future*. London: Pinter Publishers; 1998. VIII, 199 p.
14. Ó Tuathail G. *Critical geopolitics. The politics of writing global space*. Minneapolis: University of Minnesota Press; 1996. 326 p.
15. Бъчваров М, съставител. *Геополитика. Терминологичен справочник*. София: Петексон; 1999. 196 с.
16. Vallega A. *Geografia culturale: luoghi, spazi, simboli*. Turin: UTET Università; 2003. XV, 381 p.
17. Harvey D. *The condition of postmodernity: an enquiry into the origins of cultural change*. Oxford: Blackwell Publishing; 1989. IX, 378 p.
18. Soja EW. *Postmodern geographies: the reassertion of space in critical social theory*. London: Verso; 1990. 228 p.
19. Abler RF, Adams JS, Gould P. *Spatial organization: the geographer's view of the world*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall; 1971. 587 p.
20. Settis S. *Paesaggio, costituzione, cemento. La battaglia per l'ambiente contro il degrado civile*. Turin: Einaudi; 2010. 326 p.
21. Gottmann J. *La politique des États et leur géographie*. Paris: Armand Colin; 1952. XI, 228 p.
22. Бъчваров М. Сблъсък на цивилизацията или културна иконография в глобализацията се свят. В: Кръстева А, съставител. *Общности и идентичности в България*. София: Петексон; 1998. с. 241–261.
23. Dalby S. Critical geopolitics: discourse, difference and dissent. *Environment and Planning D: Society and Space*. 1991;9(3): 261–283. DOI: 10.1068/d090261.
24. Ó Tuathail G, Agnew J. Geopolitics and discourse: practical geopolitical reasoning in American foreign policy. *Political Geography*. 1992;11(2):190–204. DOI: 10.1016/0962-6298(92)90048-X.
25. Sharp JP. Publishing American identity: popular geopolitics, myth and the reader's digest. *Political Geography*. 1993;12(6): 491–503. DOI: 10.1016/0962-6298(93)90001-N.
26. Dalby S, Ó Tuathail G. *Rethinking geopolitics*. London: Routledge; 1998. 333 p.
27. Antonsich M. Itinerari geopolitici contemporanei. *Quaderni del Dottorato di Ricerca in Geografia politica*. 1995;5:15–57.
28. Окунев ИЮ. *Геополитика микрогосударств*. Москва: МГИМО-Университет; 2014. 243 с.
29. Окунев ИЮ. Географическое воображение как предмет исследования критической геополитики (обзор). *Политическая наука*. 2009;4:126–137.
30. O'Loughlin J, Ó Tuathail G, Kolossov V. Russian geopolitical culture and public opinion: the masks of Proteus revisited. *Transactions of the Institute of British Geographers*. 2005;30(3):322–335. DOI: 10.1111/j.1475-5661.2005.00174.x.



31. Ó Tuathail G. Understanding critical geopolitics: geopolitics and risk society. *Journal of Strategic Studies*. 1999;22(2–3): 107–124. DOI: 10.1080/01402399908437756.
32. Müller M. Reconsidering the concept of discourse for the field of critical geopolitics: towards discourse as language and practice. *Political Geography*. 2008;27(3):322–338. DOI: 10.1016/j.polgeo.2007.12.003.
33. Бусыгина ИМ, Окунев ИЮ. Пространственное распределение силы и стратегии государств, или Что и как объясняет геополитика. *Полис. Политические исследования*. 2014;2:106–123.
34. Бусыгина ИМ. Судьба географических знаний в политической науке и образовании. *Полис. Политические исследования*. 2003;1:149–158.
35. Окунев ИЮ, Кучинов АМ. Сопряжение пространства и власти: многообразие ликов современной геополитики. *Международные процессы*. 2013;11(3–4):74–84.
36. Колосов ВА. Критическая геополитика: основы концепции и опыт ее применения в России. *Политическая наука*. 2011;4:31–52.
37. Колосов ВА. «Низкая» и «высокая» геополитика. *Отечественные записки*. 2002;3:33–51.
38. Василенко ИА. *Геополитика современного мира*. Москва: Гардарики; 2006. 317 с.
39. Замятин ДН. *Гуманитарная география: пространство и язык географических образов*. Санкт-Петербург: Алетейя; 2003. 331 с.
40. Замятин ДН. Феноменология географических образов. *Социологические исследования*. 2001;8:12–21.
41. Козолупенко ДП. *Мифопоэтическое мировосприятие*. Москва: Канон-плюс; 2009. 432 с.
42. Tuan Y-F. Space and place: humanistic perspective. In: Gale S, Olsson G, editors. *Philosophy in geography*. Dordrecht: Springer; 1979. p. 378–427. (International series in the philosophy and methodology of the social and behavioral sciences; volume 20). DOI: 10.1007/978-94-009-9394-5\_19.
43. Agnew JA. Space and place. In: Agnew JA, Livingstone DN, editors. *Sage handbook of geographical knowledge*. London: SAGE Publications; 2011. p. 316–331. DOI: 10.4135/9781446201091.n24.
44. Замятин ДН. Географические образы мирового развития. *Общественные науки и современность*. 2001;1:125–137.
45. Оже М. *Не-места. Введение в антропологию гипермодерна*. Коннов АЮ, переводчик. Москва: Новое литературное обозрение; 2017. 136 с.
46. Dodds K. Political geography III: critical geopolitics after ten years. *Progress in Human Geography*. 2001;25(3):469–484. DOI: 10.1191/030913201680191790.
47. Дроздов АЮ. Психологические аспекты массового геополитического сознания. *GESJ: Education Science and Psychology*. 2013;2:8–15.
48. Todorova M. *Imagining the Balkans*. New York: Oxford University Press; 1997. 272 p.
49. Михайлов ВТ. Балканы как пространство проблемной наднациональной идентичности. *Культурная и гуманитарная география*. 2013;2(2):140–152.
50. Крыстев В. Туризм как инструмент «мягкой силы»: геополитическая интерпретация на примере Болгарии. *Социально-экономическая география. Вестник Ассоциации российских географов-обществоведов*. 2017;6:92–102.
51. Орлова ИБ. *Евразийская цивилизация. Социально-историческая ретроспектива и перспектива*. Москва: Норма; 1998. 275 с.
52. Дугин АГ. *Проект «Евразия»*. Москва: Эксмо; 2004. 512 с.
53. Замятин ДН. Геократия. Евразия как образ, символ и проект российской цивилизации. *Полис. Политические исследования*. 2009;1:71–99.
54. Corna-Pellegrini G. Cartografia e geografia: un rapporto in evoluzione. *Bollettino della Società Geografica Italiana*. 1982; 10(11):565–576.
55. Калуцков ВН. Географические подходы к созданию историко-культурных образов. В: Малькова ВК, Тишков ВА, редакторы. *Культура и пространство. Книга 2. Историко-культурные бренды территорий, регионов и мест*. Москва: ИЭА РАН; 2010. с. 58–82.
56. Magris C. *L'infinito viaggiare*. Milano: Mondadori; 2005. XXVIII, 243 p.
57. De Blij HJ. *Geografia umana. Cultura, società, spazio*. Bologna: Zanichelli; 2002. 544 p.
58. Стойчева М. *Европейска идентичност. Теоретични дилеми и аналитични подходи*. София: Св. Климент Охридски; 2016. 368 с.
59. Paasi A, Zimmerbauer K. Theory and practice of the region: a contextual analysis of the transformation of Finnish regions. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*. 2011;71–72:163–178.
60. Замятин ДН. Идентичность и территория. В: Семенов ИС, Фадеева ЛА, Лапкин ВВ, Панов ПВ, редакторы. *Идентичность как предмет политического анализа. Сборник статей по итогам Всероссийской научно-теоретической конференции; 21–22 октября 2010 г.; Москва, Россия*. Москва: ИМЭМО РАН; 2011. с. 186–203.
61. Замятина НЮ. Территориальные идентичности и социальные структуры. *Общественные науки и современность*. 2012; 5:151–163.
62. Колосов ВА. Географические образы и геополитические представления: пути формирования и подходы к изучению. *Вестник Дальневосточной государственной социально-гуманитарной академии. Серия 1. Гуманитарные науки*. 2008;1:72–91.

## References

1. Massi E. Geopolitica: dalla teoria originaria ai nuovi orientamenti. *Bollettino della Società Geografica Italiana*. 1986;11(3/1–6): 3–45.
2. Göney S. *Siyasi coğrafya. Cilt 2*. Istanbul: Istanbul Üniversitesi; 1993. 175 s.
3. Lacoste Y. Che cos'è la Geopolitica? (I). *Limes*. 1993;4:265–270.
4. Kolosov VA, Mironenko NS. *Geopolitika i politicheskaya geografiya* [Geopolitics and political geography]. Moscow: Aspekt Press; 2001. 479 p. Russian.



5. Agnew J. *Geopolitics: re-visioning world politics*. 2<sup>nd</sup> edition. London: Routledge; 2003. 154 p.
6. Zamyatin DN. *Vlast' prostranstva i prostranstvo vlasti. Geograficheskie obrazy v politike i mezhdunarodnyh otnosheniyah* [Power of space and the space of power. Geographical images in politics and international relations]. Moscow: ROSSPEN; 2004. 352 p. Russian.
7. Jean C. *Manuale di geopolitica*. 4<sup>o</sup> edizione. Roma: Laterza; 2007. 348 p.
8. Dugin AG. *Geopolitika* [Geopolitics]. Moscow: Akademicheskii proekt; 2011. 583 p. Co-published by the «Gaudeamus». Russian.
9. Castells M. *The information age: economy, society and culture. Volume 1. The rise of the network society*. Oxford: Blackwell Publishers; 1996. 594 p.
10. Nye JS Jr. *Soft power. The means to success in world politics*. New York: Public Affairs; 2004. 191 p.
11. Turco A. Pragmatiche della territorialità: competenza, scienza, filosofia. *Bollettino della Società Geografica Italiana*. 2000; 11(5/1-2):11-22.
12. Okunev IYu. Territorial and spatial identity: new approach to the basic concepts. *Comparative Politics Russia*. 2018;9(1): 18-25. Russian. DOI: 10.24411/2221-3279-2018-00002.
13. Parker G. *Geopolitics: past, present and future*. London: Pinter Publishers; 1998. VIII, 199 p.
14. Ó Tuathail G. *Critical geopolitics. The politics of writing global space*. Minneapolis: University of Minnesota Press; 1996. 326 p.
15. Bachvarov M, compiler. *Geopolitika. Terminologichen spravochnik* [Geopolitics. Terminological dictionary]. Sofia: Petekson; 1999. 196 p. Bulgarian.
16. Vallega A. *Geografia culturale: luoghi, spazi, simboli*. Turin: UTET Università; 2003. XV, 381 p.
17. Harvey D. *The condition of postmodernity: an enquiry into the origins of cultural change*. Oxford: Blackwell Publishing; 1989. IX, 378 p.
18. Soja EW. *Postmodern geographies: the reassertion of space in critical social theory*. London: Verso; 1990. 228 p.
19. Abler RF, Adams JS, Gould P. *Spatial organization: the geographer's view of the world*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall; 1971. 587 p.
20. Settis S. *Paesaggio, costituzione, cemento. La battaglia per l'ambiente contro il degrado civile*. Turin: Einaudi; 2010. 326 p.
21. Gottmann J. *La politique des États et leur géographie*. Paris: Armand Colin; 1952. XI, 228 p.
22. Bachvarov M. [Clash of civilizations or cultural iconography in a globalizing world]. In: Krasteva A, compiler. *Obshchnosti i identichnosti v Balgariya* [Communities and identities in Bulgaria]. Sofia: Petekson; 1998. p. 241-261. Bulgarian.
23. Dalby S. Critical geopolitics: discourse, difference and dissent. *Environment and Planning D: Society and Space*. 1991;9(3): 261-283. DOI: 10.1068/d090261.
24. Ó Tuathail G, Agnew J. Geopolitics and discourse: practical geopolitical reasoning in American foreign policy. *Political Geography*. 1992;11(2):190-204. DOI: 10.1016/0962-6298(92)90048-X.
25. Sharp JP. Publishing American identity: popular geopolitics, myth and the reader's digest. *Political Geography*. 1993;12(6): 491-503. DOI: 10.1016/0962-6298(93)90001-N.
26. Dalby S, Ó Tuathail G. *Rethinking geopolitics*. London: Routledge; 1998. 333 p.
27. Antonsich M. Itinerari geopolitici contemporanei. *Quaderni del Dottorato di Ricerca in Geografia politica*. 1995;5:15-57.
28. Okunev IYu. *Geopolitika mikrogosudarstv* [Geopolitics of microstates]. Moscow: MGIMO-Universitet; 2014. 243 p. Russian.
29. Okunev IYu. [Geographical imagination as a subject of research of critical geopolitics (review)]. *Political Science (RU)*. 2009;4:126-137. Russian.
30. O'Loughlin J, Ó Tuathail G, Kolossov V. Russian geopolitical culture and public opinion: the masks of Proteus revisited. *Transactions of the Institute of British geographers*. 2005;30(3):322-335. DOI: 10.1111/j.1475-5661.2005.00174.x.
31. Ó Tuathail G. Understanding critical geopolitics: geopolitics and risk society. *Journal of Strategic Studies*. 1999;22(2-3): 107-124. DOI: 10.1080/01402399908437756.
32. Müller M. Reconsidering the concept of discourse for the field of critical geopolitics: towards discourse as language and practice. *Political Geography*. 2008;27(3):322-338. DOI: 10.1016/j.polgeo.2007.12.003.
33. Busygina IM, Okunev IYu. [The spatial distribution of power and the strategy states, or How and what explains the geopolitics]. *Polis. Political studies*. 2014;2:106-123. Russian.
34. Busygina IM. [Destiny of geographical knowledge in political science and education]. *Polis. Political studies*. 2003;1:149-158. Russian.
35. Okunev IYu, Kuchinov AM. Examining space and power: multiple variations of geopolitical studies. *Mezhdunarodnye protsessy*. 2013;11(3-4):74-84. Russian.
36. Kolosov VA. [Critical geopolitics: main concepts and field experience in Russia]. *Political Science (RU)*. 2011;4:31-52. Russian.
37. Kolosov VA. [«Low» and «high» geopolitics]. *Otechestvennye zapiski*. 2002;3:33-51. Russian.
38. Vasilenko IA. *Geopolitika sovremennogo mira* [Geopolitics of the modern world]. Moscow: Gardariki; 2006. 317 p. Russian.
39. Zamyatin DN. *Gumanitarnaya geografiya: prostranstvo i yazyk geograficheskikh obrazov* [Human geography: space and language of geographical images]. Saint Petersburg: Aleteiya; 2003. 331 p. Russian.
40. Zamyatin DN. Phenomenology of geographic images. *Sotsiologicheskie issledovaniya*. 2001;8:12-21. Russian.
41. Kozolupenko DP. *Mifopoeticheskoe mirovospriyatie* [Mythopoetic worldview]. Moscow: Kanon-plyus; 2009. 432 p. Russian.
42. Tuan Y-F. Space and place: humanistic perspective. In: Gale S, Olsson G, editors. *Philosophy in geography*. Dordrecht: Springer; 1979. p. 378-427. (International series in the philosophy and methodology of the social and behavioral sciences; volume 20). DOI: 10.1007/978-94-009-9394-5\_19.
43. Agnew JA. Space and place. In: Agnew JA, Livingstone DN, editors. *Sage handbook of geographical knowledge*. London: SAGE Publications; 2011. p. 316-331. DOI: 10.4135/9781446201091.n24.
44. Zamyatin DN. [Geographical images of world development]. *Social Sciences and Contemporary World*. 2001;1:125-137. Russian.
45. Augé M. *Non-lieux. Introduction à une anthropologie de la surmodernité*. Seuil: La Librairie de XXI<sup>e</sup> siècle; 1992. 160 p.



Russian edition: Augé M. *Ne-mesta. Vvedenie v antropologiyu gipermoderna*. Konnov AYu, translator. Moscow: Novoe literaturnoe obozrenie; 2017. 136 p.

46. Dodds K. Political geography III: critical geopolitics after ten years. *Progress in Human Geography*. 2001;25(3):469–484. DOI: 10.1191/030913201680191790.

47. Drozdov AYu. Psychological aspects of mass geopolitical consciousness. *GESJ: Education Science and Psychology*. 2013;2: 8–15. Russian.

48. Todorova M. *Imagining the Balkans*. New York: Oxford University Press; 1997. 272 p.

49. Mihaylov VT. Balkans as a problematic space of supranational identity. *Kul'turnaya i gumanitarnaya geografiya*. 2013;2(2): 140–152. Russian.

50. Krastev V. The tourism as an instrument of «soft power» of the space: geopolitical interpretation on the example of Bulgaria. *Sotsial'no-ekonomicheskaya geografiya. Vestnik Assotsiatsii rossiiskikh geografov-obshchestvovedov*. 2017;6:92–102. Russian.

51. Orlova IB. *Evraziyskaya tsivilizatsiya. Sotsialno-istoricheskaya retrospektiva i perspektiva* [Eurasian civilization. Socio-historical retrospective and perspective]. Moscow: Norma; 1998. 275 p. Russian.

52. Dugin AG. *Proekt «Evrasiya»* [«Eurasia» project]. Moscow: Eksmo; 2004. 512 p. Russian.

53. Zamyatin DN. [Geocracy. Eurasia as an image, symbol and project of Russian civilization]. *Polis. Political studies*. 2009;1: 71–99. Russian.

54. Corna-Pellegrini G. Cartografia e geografia: un rapporto in evoluzione. *Bollettino della Società Geografica Italiana*. 1982; 10(11):565–576.

55. Kalutskov VN. [Geographic approaches to the creation of historical and cultural images]. In: Mal'kova VK, Tishkov VA, editors. *Kul'tura i prostranstvo. Kniga 2. Istoriko-kul'turnye brendy territorii, regionov i mest* [Culture and space. Book 2. Historical and cultural brands of territories, regions and places]. Moscow: Institute of Anthropology and Ethnography, Russian Academy of Sciences; 2010. p. 58–82. Russian.

56. Magris C. *L'infinito viaggiare*. Milano: Mondadori; 2005. XXVIII, 243 p.

57. De Blij HJ. *Geografia umana. Cultura, società, spazio*. Bologna: Zanichelli; 2002. 544 p.

58. Stoycheva M. *Evropeiska identichnost. Teoretichni dilemi i analitichni podhodi* [European identity. Theoretical dilemmas and analytical approaches]. Sofia: Publishing House of the St. Kliment Ohridski; 2016. 368 p. Bulgarian.

59. Paasi A, Zimmerbauer K. Theory and practice of the region: a contextual analysis of the transformation of Finnish regions. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*. 2011;71–72:163–178.

60. Zamyatin DN. [Identity and territory]. In: Semenenko IS, Fadeeva LA, Lapkin VV, Panov PV, editors. *Identichnost' kak predmet politicheskogo analiza. Sbornik statei po itogam Vserossiiskoi nauchno-teoreticheskoi konferentsii; 21–22 oktyabrya 2010 g.; Moskva, Rossiya* [Identity as a subject of political analysis. Collection of articles on the results of the All-Russian scientific-theoretical conference; 2010 October 21–22; Moscow, Russia]. Moscow: Primakov National Research Institute of World Economy and International Relations, Russian Academy of Sciences; 2011. p. 186–203. Russian.

61. Zamyatina NYu. [Territorial identities and social structures]. *Social Sciences and Contemporary World*. 2012;5:151–163. Russian.

62. Kolosov VA. Geographical images and geopolitical ideas: ways of formation and approaches to studying. *Vestnik Dal'nevostochnoi gosudarstvennoi sotsial'no-gumanitarnoi akademii. Seriya 1. Gumanitarnye nauki*. 2008;1:72–91. Russian.

Статья поступила в редколлегию 15.07.2020.  
Received by editorial board 15.07.2020.



## ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ В МИРОВОМ ОКЕАНЕ

Ю. Д. ШУЙСКИЙ<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова,  
ул. Дворянская, 2, 65082, г. Одесса, Украина

На основе данных теоретических разработок в области географии океана и системно-географического анализа предложена иерархическая схема природных систем в слое воды Мирового океана. Впервые выполнено сопоставление ландшафтов на суше, природных систем в береговой зоне (зона контакта между сушей и Мировым океаном) и в Мировом океане. Обсуждаются ход дифференциации океанической природной среды, возможный вариант систематизированного перечня систем, начиная от самостоятельных океанов и заканчивая отдельными вихрями (или импульсами) в глубоком море и на шельфовом мелководье. Предпринята попытка найти новые пути для синхронного исследования иерархических рядов береговой зоны и слоя воды Мирового океана наряду с ландшафтами суши в составе географической оболочки Земли. Такой подход позволит получить ряды систем для всей географической оболочки. Он перспективен для дальнейшего развития физической географии в целом.

**Ключевые слова:** природные системы; Мировой океан; стратификация; иерархический ряд; ландшафт; аквашафт; талассоген.

## PHYSICAL-GEOGRAPHICAL NATURAL SYSTEMS WITHIN WATERS OF THE WORLD OCEAN

Yu. D. SHUISKY<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Odessa I. I. Mechnikov National University,  
2 Dvoryanskaya Street, Odessa 65082, Ukraine

Based on the data of theoretical developments in the fields of ocean geography and system-geographical analysis, a hierarchical scheme of natural systems in the water layer of the World Ocean has been examined. The aim of the work is to carry out the first attempt to compare landscapes on land, natural systems in the coastal zone (the zone of contact between land and the World Ocean) and those in the World Ocean. The differentiation of the oceanic natural environment which is a possible version of a systematised list of systems ranging from individual oceans to individual eddies (or impulses) in the deep sea and on the shelf of shallow water are discussed. This work therefore, attempts to find new ways for the synchronous study of the hierarchical series of the coastal zone and the water layer of the World Ocean, along with land landscapes as part of the geographic shell of the Earth. This approach will make it possible to obtain a series of systems for the entire geographic envelope. This is a promising approach for an indebt development of physical geography in general.

**Keywords:** natural systems; the World Ocean; stratification; hierarchical series; landscape; aquasoft; thalassogen.

### Образец цитирования:

Шуйский ЮД. Физико-географические природные системы в Мировом океане. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2021;1:35–49.  
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-1-35-49>

### For citation:

Shuisky YuD. Physical-geographical natural systems within waters of the World Ocean. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2021;1:35–49. Russian.  
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-1-35-49>

### Автор:

**Юрий Дмитриевич Шуйский** – доктор географических наук, профессор; заведующий кафедрой физической географии, природопользования и геоинформационных технологий геолого-географического факультета.

### Author:

**Yuriy D. Shuisky**, doctor of science (geography), full professor; head of the department of physical geography, natural management and GIS-technologies, faculty of geology and geography.  
[physgeo\\_onu@ukr.net](mailto:physgeo_onu@ukr.net)  
<http://orcid.org/0000-0001-5308-0233>





## Введение

В текущий период основная масса исследователей природные системы географической оболочки Земли именуют ландшафтами различной иерархии, а саму географическую оболочку – ландшафтной. Главная причина указанной тенденции видится в том, что ландшафты повсеместно встречаются на земной поверхности и при этом являются синонимами понятия «природный комплекс» («природная система»). Вместе с тем в науке уже давно сложилось определение ландшафта. Со времен А. Гумбольдта и К. Риттера в нем прочно закрепилось понятие территории (от лат. *terra* – суша, земля), т. е. участка *суши*, где есть *почвенный покров* и ведется *сельское хозяйство*, включая занятие овощеводством, садоводством и виноградарством, использование пастбищ. Эти ключевые свойства подтверждаются в новейшем географическом пятиязычном академическом справочнике В. М. Котлякова и А. И. Комаровой [1, с. 270], а ранее были определены в словаре И. С. Щукина [2, с. 222]. В списке использованной вспомогательной литературы широко представлены издания, опубликованные в 1970–90-х гг., потому что именно тогда наметился очередной этап развития теории географических систем. Появлялись единичные работы, которые рекомендовали применять ландшафтный подход к структурам морей и океанов [3, с. 32; 4], но при этом практически не указывали, как это осуществить. Результаты последних 10–20 лет в общем почти ничего не добавили, но возникли новые идеи и подходы к тому, чтобы всю структуру географической оболочки показать в единой иерархической структуре.

На сегодняшний день в ландшафтоведении и географии в целом сложились четкие и недвусмысленные представления об элементах структуры ландшафта, их границах и иерархии; распределении, взаимовлиянии, качестве, свойствах элементов и компонентов ландшафтов всех уровней, особенностях их динамики, механизмах взаимодействия со смежными. Однако, как ни странно, и сейчас имеются многочисленные попытки именовать ландшафтами те части географической оболочки, которые представлены морями, океанами, береговыми зонами, хотя на суше они не находятся. Не подлежит сомнению утверждение Б. Л. Гуревича и К. К. Маркова о том, что без упорядоченности, системности, постоянства и устойчивости, тесного взаимовлияния в меняющихся географических образованиях география как наука уже невозможна.

В работах многих географов-комплексников и специалистов других отраслей очень часто можно встретить такие грубые нарушения понятийного аппарата, как «морские ландшафты», «ландшафты морского дна», «ландшафты на морской акватории», «ландшафты береговой зоны» и др. Конечно, обозначаемые ими объекты входят в состав географической оболочки, хотя они не содержат почву как «зеркало ландшафта», в их пределах не ведется сельское хозяйство (что обязательно), а иерархия морских, гидрогенных комплексов (систем) даже не рассматривается. Ранее тема природных систем Мирового океана (далее – Океан) разрабатывалась лишь на постановочном уровне. Сегодня, по мнению автора, назрел вопрос об океанических системах в составе географической оболочки и об установлении принципиальной разницы в содержании главных (планетарных) ступеней географической оболочки, их отличий и закономерностей развития, невозможности применять один и тот же понятийный аппарат для отдельных таксонов в составе и континентальной, и океанической среды.

## Постановка вопроса

Практически массовыми стали отождествления (в виде синонимов) гидрогенных (океанических) природных систем с понятием «терригенный ландшафт» [3, с. 36; 4, с. 14; 5, с. 28]. Они стали появляться еще в 1960-х гг. как постановочные, но реальных глубоких предметных теоретических разработок все эти годы не происходило [6, с. 41; 7, с. 18]. Мало того, гидрогенные системы были представлены как «ландшафтные комплексы», но не природные системы, как, например, в работах [8, с. 120; 9, с. 253], где рассматриваются структуры циркуляции ветровых фрикционных и анемобарических волн. Автор считает такие отождествления некорректными, не отвечающими сути общепринятого понятия *landschaft*, иерархии, процессам дифференциации, строению отдельных иерархических подразделений, их взаимодействию и развитию, структуре и динамике каждого таксона и др. Как же можно *гидрогенный* комплекс называть словом с корнем *land-* (*terra-*), если он развивается под влиянием фактора с корневым словом *wasser* (*water* или *agua*)? В открытом море и на суше эти характеристики и их иерархия выглядят в принципе иначе и по своей природе не могут быть тождественны природной системе типа *landschaft* [7, с. 112; 9, с. 297]. Даже в новом академическом географическом справочнике географический ландшафт именуется терригенной единицей с единообразным сочетанием почв и биоценозов [1, с. 270; 2, с. 222], а Океан и суша представлены двумя мегасистемами «с однородным происхождением и историей развития» каждая. Какие бы заменители ни предлагались для океанической среды, совершенно разными являются в первую очередь потоки энергии и вещества [3, с. 16; 10, с. 26; 11, с. 40]. Они нетождественны еще и потому, что в море нельзя вести сельское хозяйство, нет условий для



формирования почвенного покрова и, кроме того, отличаются биоценозы и многое другое. Основой формирования являются морские физико-географические процессы типа *талассогенов*, т. е. зарождающиеся, развивающиеся и взаимодействующие между собой в сугубо морских нетерригенных условиях. Сегодня уже достоверно известно, что размещение, природа, свойства, строение, динамика объектов в толще океанической воды и на дне Океана различаются принципиально [4, с. 98; 12, с. 83; 13, с. 37; 14, с. 89].

На коренные физико-географические различия между разными частями океанов, морей, континентов и береговой зоной указывают также ряд западных исследователей. Так, в работе [15, с. 467] рассмотрено формирование гидротермальных систем и их термогалинных очагов в пределах дна активного Восточно-Тихоокеанского рифта, а в работе [16, р. 530] авторы анализируют волновые поля, которые способствуют возникновению поверхностной структурной зоны Океана и первичных водных масс. Поэтому для них неприемлемо применение термина «ландшафт» в системах Океана в целом, поскольку процессы дифференциации гидрогенных систем в океанах коренным образом отличаются от терригенных. Сегодня, в первой половине XXI в., «созрело время» фундаментального географического обобщения [6, с. 28; 14, с. 35], в котором для океаносферы и природной среды на границе суши и моря логично и массово применяется термин «система» как понятие, установившееся с античных времен (и окончательно). При этом, как было показано, в океанических и субокеанических условиях термин «ландшафт» неприемлем. Этому препятствуют другие физико-географические компоненты с иным режимом взаимодействия атмосферы и Океана, с изменениями рельефа и педосферы. Тем не менее, к большому сожалению, и сегодня типичным и практически повсеместным является употребление географами по отношению к Океану термина «территория» при оценке ландшафтов и ландшафтных систем в работах В. В. Жарикова, Л. В. Дубейковского, Г. А. Ларионова, В. М. Литвина, К. С. Лосева, Э. П. Романовой, И. П. Свинцова, С. Я. Трофимова, В. Ф. Суховой и многих других [5, с. 54; 8, с. 110; 15, с. 283; 17, с. 108].

С середины XX в. резко активизируется исследование Океана. Совершенствуется так называемый рейсовый метод исследований (морской аналог маршрутно-экспедиционного). Он становится комплексным, одному судну-научнику ставятся многие задачи синхронного исследования вод, дна, живых организмов Океана, предусматривается исследование глубинных слоев, островов, применение автоматизации и новой техники, а также «метода океанических полигонов» с одновременным участием десятков исследовательских судов в какой-то из типичных узловых точек Океана. Избирательнее, чем ранее, внедряются методы дистанционных исследований (применяются морские буи, донные шумофоны и иные установки, искусственные спутники и др.). Как результат, получен огромный массив информации о процессах перемешивания, устойчивости и стратификации водной толщи Океана, рельефе дна, донных осадках и всех остальных компонентах [5; 15; 17]. Были выделены структурные зоны, установлена их динамика, локализованы водные массы в каждой зоне, определены закономерности глобальной и бассейновой циркуляции вод, обнаружены и околочены гидротермы, циркуляционные системы, фронтальные зоны, очаги апвеллинга, получены достоверные представления о турбулентной структуре водной толщи и др. [5; 6; 18; 19, с. 56; 20, с. 48]. И что особенно важно, появились данные об их распространении, масштабе, взаимовлиянии и соподчинении. Все перечисленное в совокупности доказывает, что только к концу XX в. сложились общие условия для разработки моделей дифференциации природных систем разного уровня организации в Океане и построения общей теории. В конце концов в качестве итога был сделан вывод, что водная толща Океана требует совершенно иной системной структуры по сравнению с той, которая характеризует наземные территории (ландшафты) [21; 22, с. 5].

Выполненный здесь краткий анализ работ предшественников позволяет сформулировать **цель данной статьи**: установить принципиальную разницу в строении акватории и по вертикали водной толщи, где проявляются особенности природной системы и ее иерархии в Океане как отдельной части географической оболочки планетарного уровня, отличия и закономерности развития объекта исследования. В итоге открывается порядок дальнейших действий по созданию системных представлений для всех частей (сред) географической оболочки, своеобразный предварительный замысел в виде нуль-гипотезы, точки отсчета для последующих работ по теории географической систематизации. В рамках достижения данной цели ранее уже были представлены главнейшие закономерности строения и развития береговой зоны моря (*системы аквашафтов*) [6, с. 5–16; 21].

В настоящей статье с общих позиций рассматривается неустойчивая и самоорганизующаяся динамическая система Океана. На ее пространственную дифференциацию уже в конце XX в. указывают выводы из фундаментальных монографий В. Н. Степанова [18, с. 48] и К. К. Маркова [19, с. 102]. После этого встречаются редкие публикации в периодике о структуре водной толщи Океана, в основном связанные с современными изменениями климата и определенными изменениями гидрогенной структуры океанических вод в материалах ряда иностранных ученых [15, с. 532; 23, с. 22; 24, с. 105]. Эти данные окончательно заставили автора приступить к разработке темы настоящей статьи о реальном строении географической оболочки.



## Материалы и методика исследования

В конце XX в. стало ясно: все природные подразделения географической оболочки могут быть объединены в единое понятие, поскольку все больше исследователей стали их называть природными, физико-географическими, географическими *системами* [3; 9; 12; 25]. Будем исходить из того, что системой является любой таксон любого иерархического ряда и природной среды в составе географической оболочки. Методически нуль-гипотеза ориентирует на валовой сбор необходимой информации, весьма многочисленной, разнообразной и достаточно достоверной, надежной, на ее целенаправленный отбор, систематизацию, абстракцию. Основным материал представлен теоретическими разработками исследователей, необходимые работы которых содержатся в списке использованной литературы. Значительная часть данных – это собственный опыт автора, полученный в процессе географической деятельности в течение десятков лет. Принимается, что все составные части географической оболочки – это природные системы, в том числе и в океанах, например, системой (таксоном) является апвеллинг, даунвеллинг, водная масса, фронтальная зона и др. В статье речь идет об авторском обобщении, при котором объект исследования дифференцируется на ряд менее сложных частей с разными местоположением, структурой, свойствами, динамикой, особенностями взаимодействия и иерархией. Наряду с этим в качестве теоретических применяются метод анализа, сравнительно-географический, картографический методы, идеализация, абстракция.

## Изложение основного материала

Обозначенные части географической оболочки с разными местоположением, строением, набором элементов и действующих компонентов, свойствами и природной значимостью должны иметь установленные разные названия, разную иерархию и, как следствие, разные правила использования различных типов природных ресурсов.

**Различия строения разных природных систем.** В фундаментальной понятийной работе И. С. Щукина [2, с. 222] природный (географический) ландшафт считается синонимом природного *территориального комплекса*. Это условие принимается автором как используемое достоверное. Данный комплекс И. С. Щукин определяет в качестве регионального как основу выделения разных единиц физико-географического районирования, а в типологическом аспекте – как совокупность природных *территориальных* участков (в широком смысле понятия), сходных по своим морфологическим и функциональным особенностям, так называемым иерархическим уровням организации [26, р. 255]. Отнесение ландшафтов (ландшафтных систем) к территориальным (согласно *terra* – земля, суша) отражает всю историю развития ландшафтоведения до настоящего времени, хотя уже С. В. Калесник [8, с. 245] и Д. Л. Арманд [3, с. 21] отмечают важное значение физико-географической дифференциации морских акваторий, морского дна, физико-химических свойств толщи воды. К этой позиции присоединяются также М. М. Ермолаев [5], И. В. Круть [9], К. К. Марков [19] при анализе понятий «компоненты природы» и «природный комплекс», а Т. В. Бобра [23, с. 28] – при рассмотрении и анализе понятий «движение», «физико-географический процесс», «ландшафтная граница». Показательно, что в качестве иллюстраций к этим понятиям они приводят карты флювиальных систем, почвенные, ледниковые, морфометрические, фитогенные системы в пределах суши, чем демонстрируют высокие достижения в процессе исследований наземных сугубо континентальных природных географических комплексов, т. е. ландшафтов (ключевое слово *land* – земля, суша) [3; 4; 15], но не талассогенов в Океане.

К концу XX в. утвердился вывод [16, р. 529; 18, с. 53; 25], что географическая оболочка, включая ее океаническую часть (гидрогенная среда), является средой множества крайне разных по уровню организации природных систем. Все они находятся в непрерывном взаимодействии всех с каждой отдельной и каждой отдельной со всеми остальными. Причем, по мнению Т. В. Бобры [23, с. 37], границы систем находятся в состоянии хрупкого динамического равновесия, а М. М. Ермолаев [5, с. 201] и В. Н. Степанов [18, с. 34] относят Океан вообще к единой динамической системе, где немалую роль играет свойство неразрывности. Из этого вывода следует, что малейшее внешнее возмущение систем (а в Океане – в первую очередь) приводит их в движение, т. е. в состояние взаимовлияния и перестройки, существенных изменений, как отмечают А. Д. Арманд [10, с. 63], Д. Л. Арманд [3, с. 82], А. Г. Исаченко [7, с. 48]. В океанах и морях под влиянием внешнего возмущения изменения «включаются» быстрее, чем на суше, но и скорее проявляются различия между отдельными подразделениями Океана. В связи с этим уже начальные различия природных систем отдельных океанов и морей под влиянием естественной дифференциации проявились в первую очередь.

Даже выделение отдельных морей в составе Океана было не столь простым и однозначным, не говоря уже о более многочисленных отмелях, заливах, бухтах, устьях рек и пр. Реальные и оригинальные различия открывались постепенно, со временем. Не сразу обозначились океаны, как, например, на кар-

тах международной гидрографической классификации (рис. 1, *a*) и гидрографической классификации СССР (см. рис. 1, *б*). На рис. 1, *a*, выделен Южный океан, а вот Атлантический и Северный Ледовитый океаны объединены. В то же время на рис. 2, *б*, Северный Ледовитый океан уже отделен от Атлантического океана. Более полные исследования позволили создать свои карты Н. Н. Зубову, А. В. Эверлингу (см. рис. 2, *a*) и А. М. Муромцеву (см. рис. 2, *б*). С течением времени и по мере получения новых океанографических данных обозначались границы океанов и морей. Сегодня в мире их насчитывается более 90 согласно списку Международной гидрографической организации.

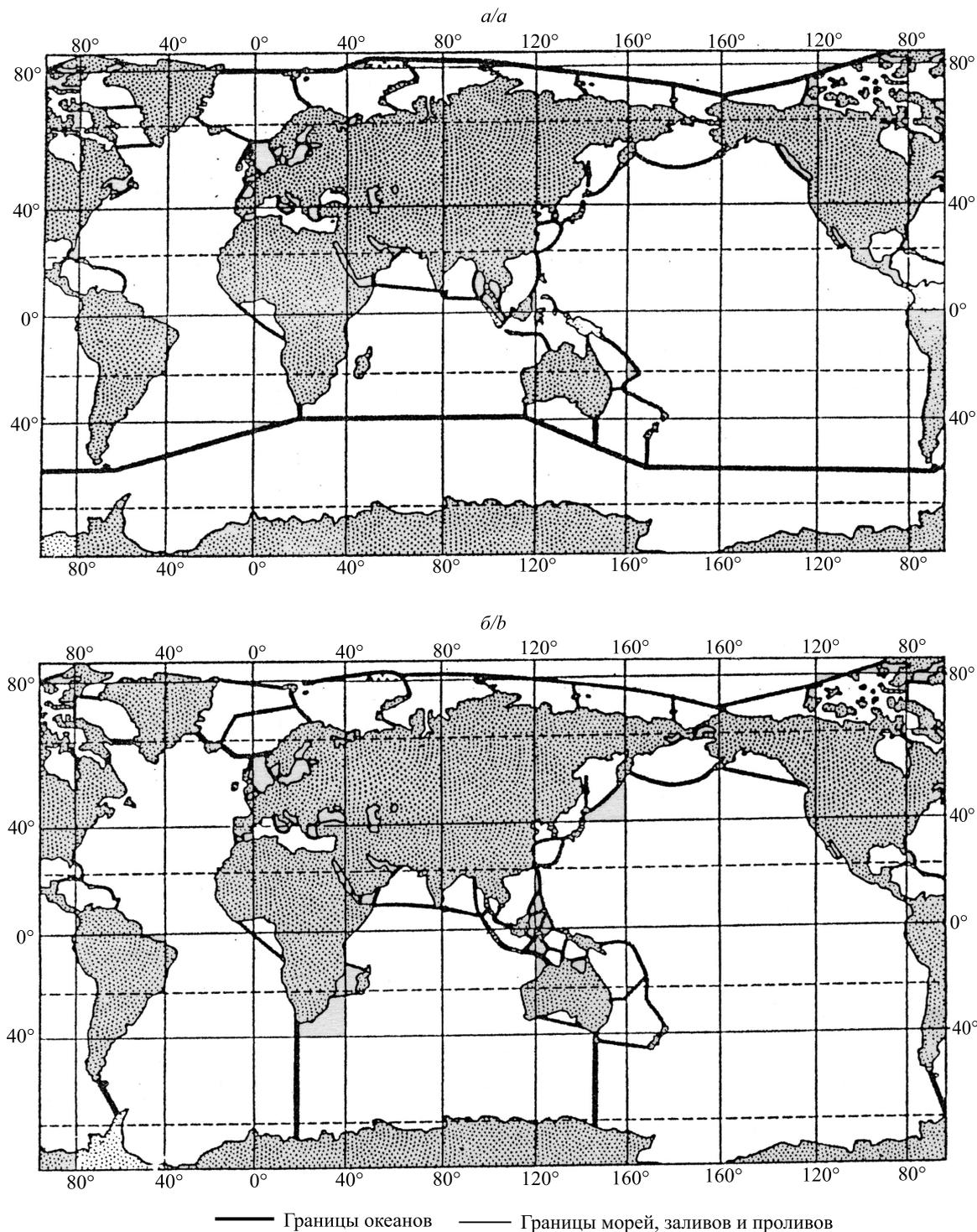


Рис. 1. Границы океанов и морей согласно международной гидрографической классификации (*a*) и гидрографической классификации СССР (*б*)

Fig. 1. Boundaries the oceans and seas, according to International hydrographic classification (*a*) and hydrographic classification of USSR (*b*)

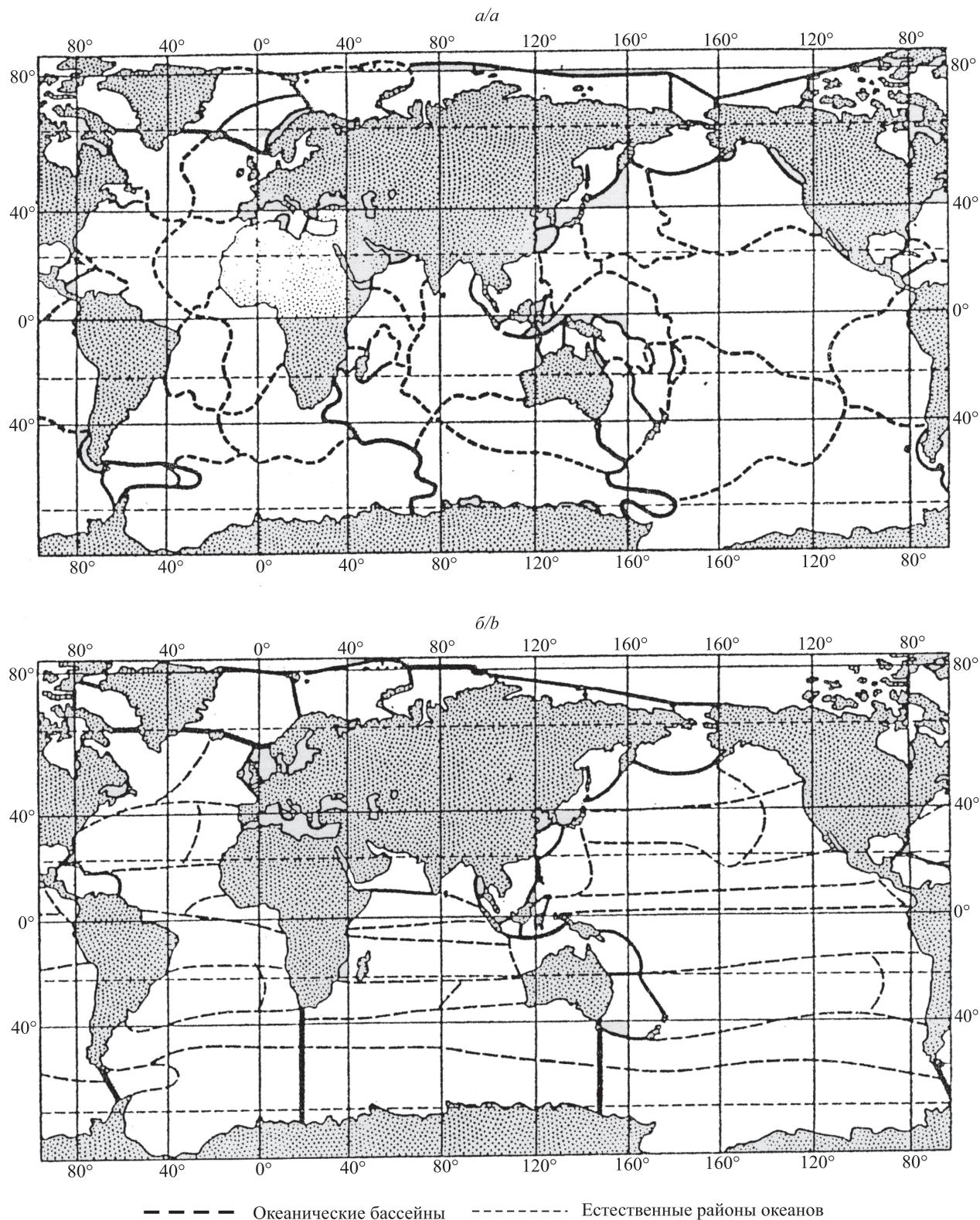


Рис. 2. Границы океанов и морей по данным океанографов Н. Н. Зубова и А. В. Эверлинга (а), А. М. Муромцева (б)

Fig. 2. Boundaries of the oceans and seas, according to scientist-oceanographers of N. N. Zubov and A. V. Everling (a), A. M. Muromtsev (b)

Таким образом, получается, что гидрогенная океаническая часть географической оболочки не является ландшафтом по определению и свойствам, но при этом дифференцируется на отдельные океаны, в которых выделяются также и отдельные моря. Но при этом для определения таких подразделений



потребовалось больше усилий и времени. Поскольку океанология является одной из географических наук, то, как и на суше, в Океане по аналогии стали выделять отдельные зоны. И это несмотря на очевидную принципиальную разницу между ними: по иерархическим уровням и генезису системы на континенте «ландшафты» не соответствуют системам в водной толще и на дне Океана. Объекты с такими различиями, к тому же принадлежащие к разным природным средам, нельзя называть одним и тем же термином и вкладывать в них одно и то же понятие («ландшафт») согласно установившимся определениям. Очевидной стала природа поверхности океанического дна и толщи воды в Океане, она принципиально отличается практически по всем показателям при сравнении с ландшафтами. Именно эти два элемента географической систематизации сегодня вызывают наибольшие трудности и обычно географами во внимание не принимаются. В связи с этим, по выводу автора, в географической науке созрели условия для определения термина «талассоген».

Далее, подавляющее большинство исследователей вплоть до рубежа XX–XXI вв. указывают на важнейшее свойство природного территориального комплекса, как считали А. Г. Исаченко [7, с. 10], С. В. Калесник [8, с. 120] и Т. В. Бобра [23, с. 28], – его целостность, четкое обозначение в географическом пространстве, сложившиеся границы (т. е. относительное единство) каждого «ландшафта». Параллельно океанологи активно развивают теорию устойчивости в водной толще, ее перехода в стратифицированный слой и наоборот, на фронтальные зоны, турбулентные системы разного масштаба и пр. [14, с. 98; 15, с. 189]. Это значит, что на континенте в ландшафте любого уровня организации исторически сложилась определенная структура, которая обозначена границами, определенными путями взаимовлияния между компонентами, строго заданным соотношением в системе радиация + рельеф + климат + вода + биота и др., что говорит об уникальности каждой соответствующей геосистемы согласно законам географической локальности и закону окружающего влияния [24, с. 306]. В «континентальных» аэральных условиях это соотношение характеризуется различиями в каждой ландшафтной системе, однако при этом каждая система имеет относительный, но непрямолинейный и зримый тренд стойкости структуры, границ, местоположения, взаимодействия в море с соседними системами. Каждое подразделение моря или океана (см. рис. 2, а) отличается от всех остальных, как и подразделения отдельных материков на суше. Например, природная система Чукотского моря отличается не только от других океанов, но и от «своего» Северного Ледовитого океана. Можно сослаться на любые океан и море, закономерности сохраняются в любом самостоятельном водном бассейне.

С другой стороны, на суше, как в степных, так и в лесных условиях, и само соотношение, и биологическая продуктивность, и характер границ, и направленность взаимовлияний отличаются от наблюдаемых в тундровой или, скажем, экваториальной влажной зоне. Как известно [1, с. 290; 11, с. 9; 24, с. 250], зонально меняются свойства, структура и пути развития почв, растительности, животного мира, особенности влияния выветривания, образования осадочного материала, интенсивность и направленность изменений эрозионных и денудационных процессов и др. Разумеется, в данном случае неприемлемым является употребление понятия «зональные типы подводных ландшафтов» (К. М. Петров [13, с. 53]), или «зональные типы донных ландшафтов» (В. А. Мануйлов [12, с. 72]), или «зональные типы ландшафтных комплексов» (В. М. Литвин и В. В. Федоров [27, с. 21, 98]). По мере дальнейших работ получаемые данные все дальше отодвигают идентичность комплексов на суше, с одной стороны, и на море, с другой стороны. В самом деле, представим себе в качестве примера подводные леса на морском дне, полноценную биологическую ассоциацию в фиксированных природных морских условиях. Такие ассоциации обусловлены влиянием строго определенного состава подводного субстрата, физико-химическими свойствами придонных и поверхностных вод, степенью освещенности, мутности и других причин. Скажем, если в течение столетий стойко поменялась соленость или мутность воды, глубина, сила волнового влияния, то меняется и видовой состав растений и животных, а значит, строение донной общей ассоциации. Затем по закону окружающего влияния [24, с. 308] меняющийся природный комплекс ведет к изменению биологической ассоциации на этом участке дна. Пример отвлеченный, но пусть кто-нибудь укажет на суше в пределах такого же уровня организации ландшафтов точно такой же состав растений, животных, такие же субстрат, рельеф, температуры и др. Биологические ассоциации, условия развития и компоненты разные, а следовательно, и названия природных систем в море и на суше отличаются.

Изложенное здесь показывает, что природным чертам, структурам, свойствам, действующим факторам отвечают геосистемы суши (а), типично континентальные, распространенные на суше, весьма своеобразные по гидрологическому, геохимическому, геолого-геоморфологическому, биогидроценологическому звеньям, а также режимам потоков энергии и вещества [9; 11; 28]. Именно в их составе выделяются ландшафтные системы разного уровня организации, никак не приемлемые для природных комплексов Океана (б) и береговой зоны (в). Строение океанических систем принципиально индивидуально и глубоко отличается от строения и природной дифференциации континентальных (ландшафтных) систем.



**Мировой океан как природная система планетарного масштаба.** Исследователи К. Валло, Э. Мартонн, М. Мори, Ю. М. Шокальский, Г. Дитмар, А. Д. Добровольский, К. К. Марков, Ж.-И. Кусто, В. Н. Степанов и др., определяя понятия «Глобальный океан» и «Мировой океан», указывают в первую очередь (а в некоторой степени даже и вне очереди) на его единство, т. е. целостность и непрерывность. Еще в конце 1940-х гг. академик В. Г. Богоров назвал его *талассогеном* (от греч. *θάλασσα* – море), хотя не представил соответствующий иерархический ряд и не сравнил его с ландшафтным в отрыве от понятия «географическая оболочка Земли». К тому же и А. Д. Добровольский, и представители его научной школы без сомнений считают Океан планетарной системой, единой, своеобразной природной ступенью, которая по строению, свойствам и закономерностям развития принципиально отличается и от географической оболочки в целом, и от каждой ее ступени. Поэтому автор считает целесообразным качественно различать названные здесь ступени *а, б* и *в* как составные части единой физико-географической оболочки. Иерархический ряд талассогенов чаще всего обусловлен тремя видами дифференциации: по площади, глубине и компонентам. Понятно, что водная толща и рельеф дна различаются по основным природно-генетическим характеристикам, а потому принципы построения иерархических рядов у них столь же серьезно отличаются [5; 14; 20]. Методологически неверно относить к единому уровню организации природные объекты морского дна (с его рельефом, донными осадками, генезисом, гидротермами, вулканизмом и пр.), с одной стороны, и природные объекты и компоненты водной толщи океанов и морей (с их структурными этажами, апвеллингами, отдельными циркуляциями, фронтальными зонами, зонами конвергенции и дивергенции, водными массами, разномасштабными вихрями, распределением взвесей, первичной продукции и пр.), с другой стороны. Разумеется, сегодня важно сформулировать понятие «талассоген». Когда такие идеи обрели реальные черты и тесно вписались в общую теорию географии, стала очевидной необходимость приступить к разработке темы данной статьи [11, с. 40; 22, с. 5; 29, р. 7467].

Понятие «талассоген» включает единицы океанической дифференциации, т. е. по площади и глубине Океан представлен различными частями и подразделениями [19; 20]. Важнейшими из них являются отдельные океаны, в разное время их выделялось от 3 до 5 (см. рис. 1, *а, б*; рис. 2, *а, б*). Та или иная площадь в составе каждого океана содержит разнообразную водную толщу и донный рельеф, а кроме того, различную конфигурацию береговых линий материков и островов, с разным климатом, самостоятельными течениями, характерными отличительными особенностями горизонтального и вертикального распределения солёности, температуры, первичной продукции, различных живых организмов и др. Как отмечает И. В. Круть [9, с. 34, 271], это все преимущественно объёмные составляющие части структуры экваториальных систем водной толщи Океана, чего сегодня не хотят (или не могут?) учитывать многие ландшафтоведы. В связи с этим определяются такие подразделения, как моря разных типов, их заливы, проливы, бухты и ряд специфических подразделений, которые дали названия типам побережий [4, с. 96, 135; 6, с. 365, 427, 470, 502]. При рассмотрении генезиса, анализе и оценке крупных природных систем следует учитывать главнейшее свойство океанических систем, а именно: океаническое дно в общем меняется очень медленно и потому считается относительно стабильным, за исключением сравнительно небольших очагов вулканизма и сейсмической активности. Каждая система из океанов и их морей может рассматриваться в целом, а может – частично.

В литературе [1; 2; 19; 20; 24] покомпонентные различия в океанах чаще принято представлять в виде горизонтальных и вертикальных распределений того или иного компонента. Этой цели обычно служат вертикальные эпюры (рис. 3), с одной стороны, и отдельные карты (солёности, температуры, плотности воды, скоростей и направлений течений, величин прилива и т. п.), с другой стороны, тогда как при выделении ландшафтов на материках и островах подобного не применяют. Слишком разными являются их естественная история и современное состояние. Важными различиями выступают территории с вечной мерзлотой на суше и покровом морских льдов в Океане. В связи с этим четко проявляются расположение, форма, строение, взаимовлияние, дифференциация, текущая трансформация физико-географических ландшафтов и талассогенов. По аналогии с ландшафтами глобальная ступень в Океане подвергается наиболее общему влиянию солнечной радиации в пределах тепловых поясов: жаркого, умеренного и даже холодного. Первопричиной этого, как и на суше, оказывается неоднородность распределения вещества и поступления энергии, которые зависят от неровностей и формы поверхности планеты (прежде всего уровенной поверхности Океана) с ее рельефом, наклоном оси вращения к плоскости эклиптики, приливами, силами Кориолиса, притяжения и т. д. Причем черты динамичности неодинаково проявляются на разных широтах. Поэтому в географии, в отличие от суши, система Океана получила название динамической системы и неоднородной системы (например, в работах Т. А. Айзатуллина, В. Л. Лебедева, В. Н. Степанова, К. М. Хайлова и других авторов).

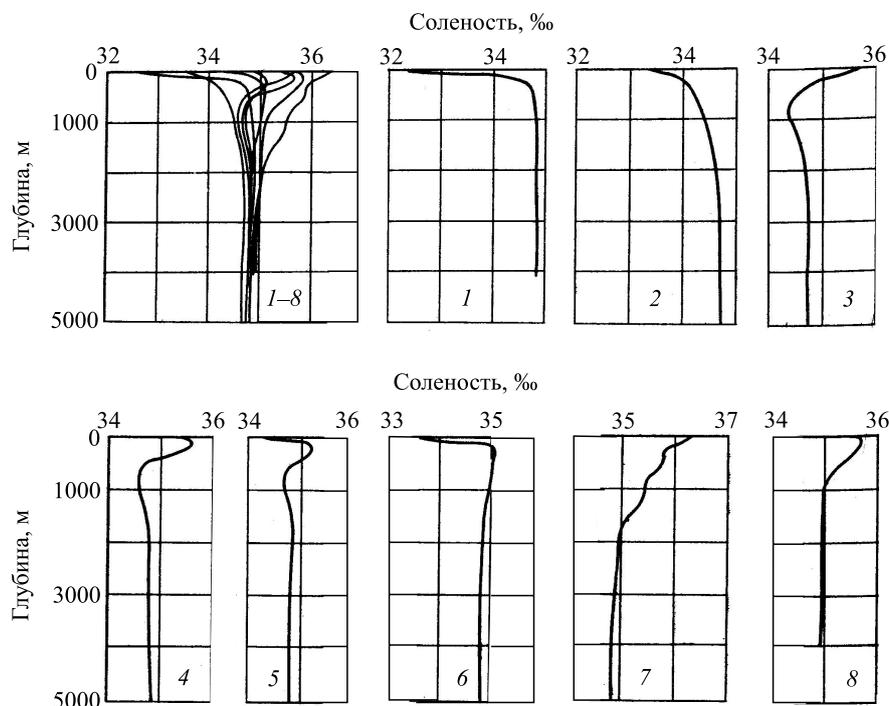


Рис. 3. Множество эпюр в разных частях акватории Мирового океана, которые показывают различные типы стратификации морской воды по значениям солёности (32–37 ‰) от поверхности водной толщи до дна.

Названия типов стратификации: 1 – полярный; 2 – субполярный; 3 – умеренно тропический; 4 – субтропический; 5 – экваториальный; 6 – индо-малайский; 7 – присредиземноморский; 8 – североатлантический; 1–8 – поле кривых эпюр.

Источник: [18, с. 46]

Fig. 3. Great number curves within different parts of the World Ocean aquathory, which shows on different types of the sea water stratification, according the salinity sense (32–37 ‰), from water surface to deep-ocean bottom.

Significance of the stratification types: 1 – polar; 2 – subarctic; 3 – temperate tropical; 4 – subtropical; 5 – equatorial; 6 – Indo-Malayskiy; 7 – Sub-Mediterranean; 8 – North Atlantic; 1–8 – fields of the vertical curves.

Source: [18, p. 46]

Данная неоднородность в наиболее общем виде связана с влиянием тепловых поясов на примере карт распределения средних годовых температур и средних многолетних значений солёности воды, карт разности между испарением и атмосферными осадками (в сантиметрах или миллиметрах в год) в поверхностном слое акватории Океана [5; 19; 20]. На этих картах четко обозначено горизонтальное распределение типов вертикальной стратификации солёности воды в Океане (рис. 4) по данным рис. 3. Могут быть представлены, например, области в целом повышенной солёности в тропических аридных широтах и пониженной солёности в экваториальных и умеренных гумидных широтах, а также в субполярных широтах под влиянием таяния льдов. Следует заметить, что иллюстративные карты, представленные на рис. 4 и 5, обособливают собой эпохи в изучении Океана, при этом они составляются многими десятилетиями усилиями десятков научных организаций разных стран.

Неравномерное поле нагревания акватории океанов и морей в разных тепловых поясах ведет к формированию температурных градиентов. Они порождают образование барических центров атмосферных систем циркуляции (циклонические тропические, антициклонические субтропические и циклонические высокоширотные) и связанных с ними фронтальных зон (арктическая, субарктическая, тропическая северная, субэкваториальная, экваториальная, тропическая южная, субантарктическая, антарктическая) (см. рис. 5). Фронтальные зоны являются подвижными, выступают своеобразными границами, но их природа принципиально отличается от природы ландшафтов или аквашафтов любого ранга. Подвижность является непрерывной и подчиняется режиму приводной атмосферы и распределению плотности морской воды на акватории. Возникшее неравномерное поле ветра порождает систему дрейфовых течений, которая определяет основную структуру и характер динамики поверхностного слоя воды всего Океана.

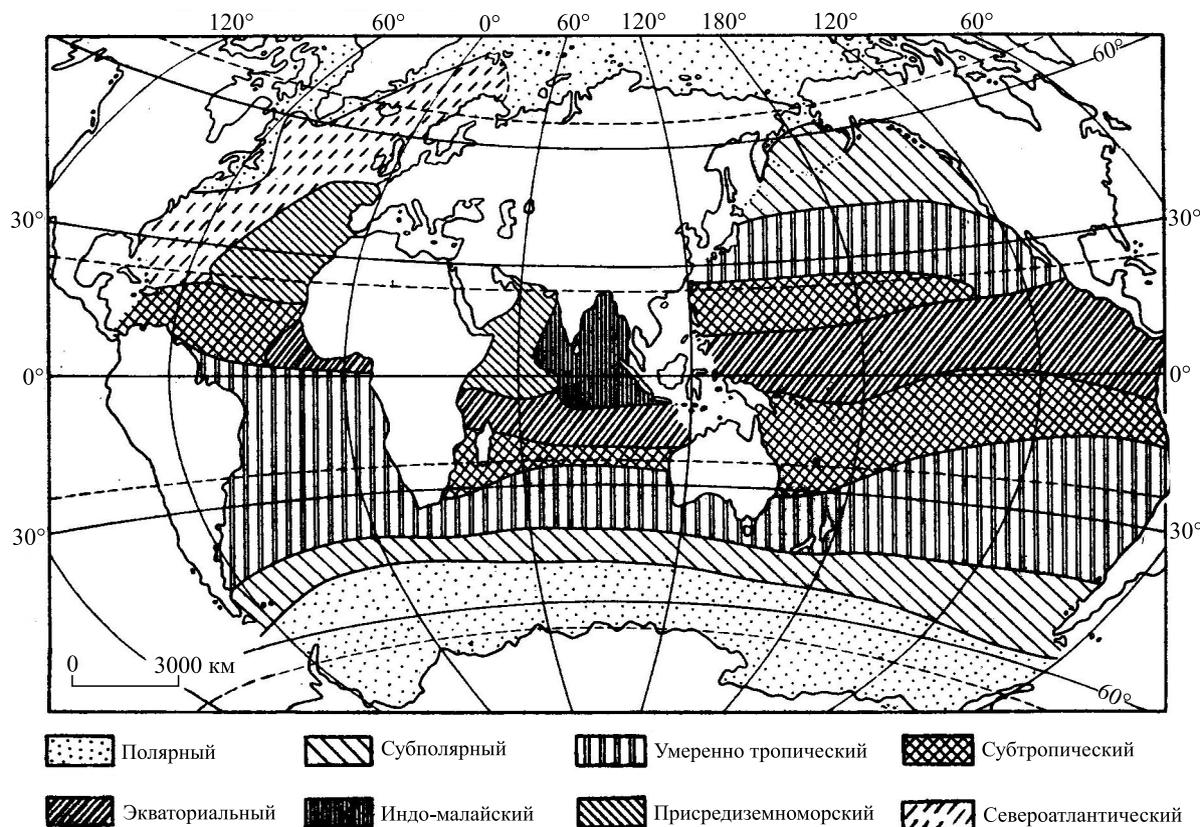


Рис. 4. Общая схема горизонтального географического распределения типов вертикальной стратификации солености воды в Мировом океане.

Порядок расположения названий соответствует номерам на рис. 3.

Источник: [18, с. 46]

Fig. 4. General map of horizontal geographical distribution of vertical stratification types by water salinity in the World Ocean.

The types line on line are corresponding by numbers that were representative on fig. 3.

Source: [18, p. 46]

Такие системные единицы большинство географов [7, с. 28; 8, с. 43; 27, с. 25] чаще всего называют «ландшафтами в океане», хотя они и не являются ландшафтными системами. Как утверждают океанологи [18; 20; 27], с этой структурой связаны почти все физические, химические и биологические процессы физико-географической дифференциации Океана. Это значит, что названные процессы устанавливают те или иные единицы горизонтальной дифференциации – океаны, моря и их части в поверхностном «динамическом слое». Как считают Д. В. Богданов, В. А. Бурков, С. В. Бруевич, А. С. Мониин, Л. И. Галеркин и др., в составе циркуляционных и фронтальных систем в пределах зон возможно выделение физико-географических провинций, и опять же ландшафтных, по утверждению А. М. Рябчикова, С. В. Калесника [8, с. 85, 222], К. М. Петрова [13, с. 37] и др. Но конечно же, карты физико-географических зон Земли, составленные для территории суши и акватории Океана на основании одних и тех же правил, принципов, методов, научно-теоретических положений (одновременно на суше и в Океане), являются методологически неверными и неприемлемыми. При этом и ранее, и теперь по той же причине в выделении подразделений Океана имеется путаница. Например, принципиально различались карты О. Крюммеля, Ю. М. Шокальского, Н. Н. Зубова, А. В. Эверлинга, А. М. Муромцева (см. рис. 1 и 2), хотя все авторы данных построений исходили из процессов всемирной дифференциации как на суше, так и в толще воды морей и океанов. Существенные помехи создает применение авторами карт различных принципов и подходов. Выделяемые согласно принятой Международной гидрографической организацией отдельные океаны и моря, по мнению автора, целесообразно назвать физико-географическими бассейнами, а в барических центрах океанов – квазистационарными циркуляционными системами.

Уже в составе провинций в пределах отдельных зон прослеживаются четкие различия между отдельными эпюрами и их группами. Такие различия обобщены В. Н. Степановым [18, с. 43] на примере

карты типов стратификации солености морской воды (североатлантический, присредиземноморский, индо-малайский и др.) (см. рис. 3 и 4). В результате были замечены признаки существенных различий в свойствах воды по вертикали и горизонтали, с несколькими однотипными *водными массами*. Достаточно стойкой оказалась вертикальная циркуляция в каждом из мегагоризонтов, что может указывать на их относительную автономность (см. рис. 3). Это свойство заставило применить для мегагоризонтов объединяющий термин, который указывал бы на местоположение масс в толще вод Океана. В связи с этим было предложено понятие «структурная зона Океана» [18, с. 48]. В целом в Океане выделены следующие зоны: *поверхностная* в интервале глубин от 0 до 200–300 м (мощность – от 150 до 400 м), *промежуточная* в интервале глубин от 200 до 2000 м (мощность – от 600 до 1200 м), *глубинная* в интервале от 2000 до 4000 м (мощность – примерно 2000 м на большей части площади водной толщи), *придонная* на глубинах свыше 4000 м. Придонная структурная зона образована холодными водами, которые движутся на север и заполняют все глубокие части океанов. Она наименее динамичная. В данном случае приоритетное значение придается способности водной толщи подвергаться дифференциации в сугубо гидрогенных (талассогенных) условиях.

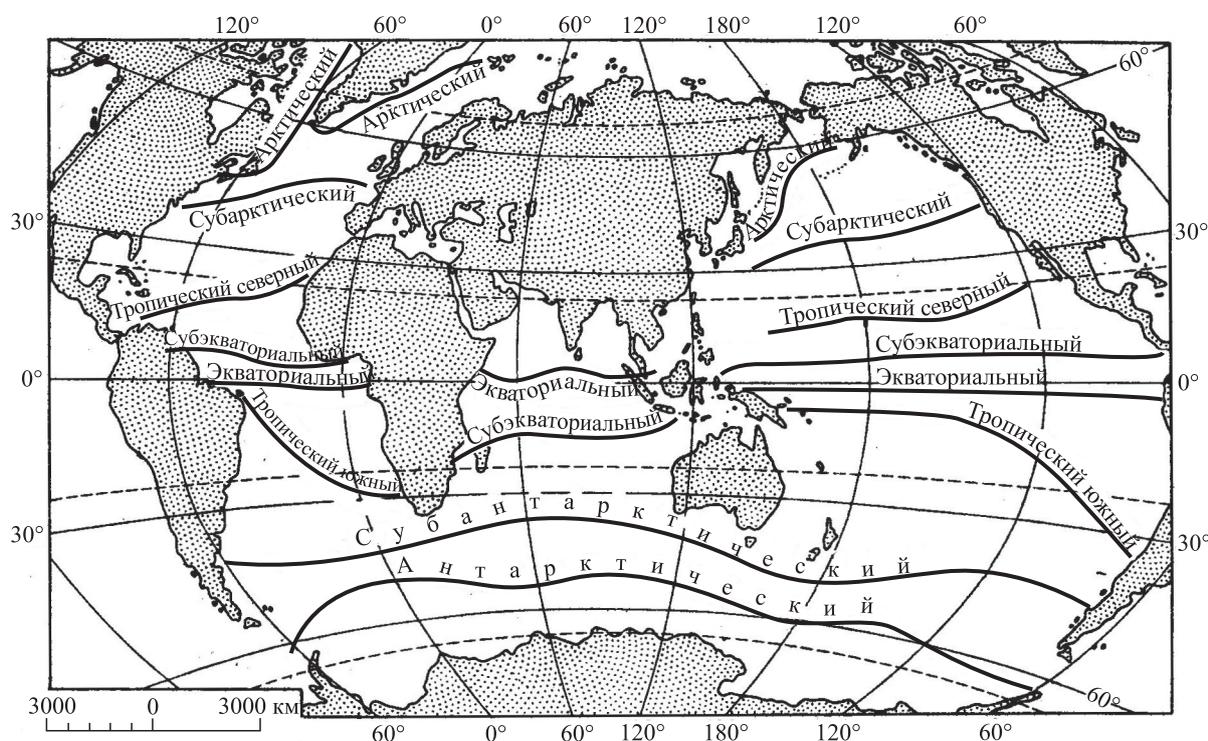


Рис. 5. Общая схема важнейших океанических фронтов на акватории Мирового океана по данным В. Н. Степанова.

Источник: [18, с. 58]

Fig. 5. General map of the oceanic fronts on the World Ocean aquathory according to V. N. Stepanov.

Source: [18, p. 58]

Конечно же, названные океанические системы настолько отличаются от континентальных, что относить их к ландшафтным нелогично и к тому же научно необоснованно.

Теперь считаем целесообразным каждую структурную зону относить к физико-географическим мегаярусам – океаническим природным системам (комплексам) с особой вертикальной циркуляцией, в каждой из которых распространены определенные *водные массы*. По всем своим признакам и свойствам каждая водная масса, независимо от размеров, ближе всего тяготеет к *физико-географическим (океаническим) областям*, хотя в будущем это положение требует дополнительного обоснования. Конечно же, ни по местоположению, ни по структуре, ни по размерам, ни по свойствам, ни по уровню природной организации такая область и ее составляющие не имеют аналогов ни среди ландшафтов суши, ни среди аквашафтов береговой зоны.



Водные массы представляют собой результат взаимного действия перемешивания и устойчивости слоев воды в каждой структурной зоне и развиваются под влиянием постоянного перемешивания воды. В общем они обособлены. Различают *первичные* и *вторичные* водные массы. Большинство первичных водных масс зарождаются в поверхностной структурной зоне в основном непосредственно от контакта с атмосферой, а затем дрейфовыми и ветровыми течениями перемещаются в другие районы и на другие глубины. Их перемещение сопровождается соприкосновениями с соседними водными массами по фронтальным поверхностям. В результате взаимовлияния происходит смешение вод и погружение более плотных масс на глубину (зона конвергенции), в пределы промежуточной и даже глубинной структуры. Так образуются новые (вторичные) водные массы. В случаях подъема к поверхности вод пониженной плотности формируются зоны дивергенции. Зоны конвергенции и дивергенции являются очагами водообмена в водной толще по вертикали. Одновременно их следует отнести к отдельным природным системам Океана как производные от водных масс (*океанических областей*). Все они отличаются друг от друга по био-физико-химическим свойствам (температура, соленость, содержание кислорода, азота, фосфора, щелочность, активная реакция, первичная продукция и ряд других), чего нет на суше в составе ландшафтов. Поэтому системы зон конвергенции и дивергенции предлагается отнести к *океаническим подобластям*, они абсолютно отличаются от ландшафтов в континентальных условиях в целом. Соответственно, обращаем внимание на то, что иерархическое положение этой системы не зависит от того, какими структурами представлено дно мелководного или глубоководного моря под зонами конвергенции и дивергенции, как на этом настаивает К. М. Петров [13, с. 28]. Отдельными *физико-географическими районами* в толще вод Океана можно считать фронтальные природные среды с максимальными физико-химическими и биологическими градиентами (своеобразная «кухня» формирования водных масс и перемешивания вод [19, с. 125]).

Основные закономерности глобальной циркуляции вод в открытых акваториях выявляются по однотипным условиям. Берутся во внимание циркуляционные системы, их трансформация, перестройка и перемещение в толще вод (рис. 6). В низких широтах происходит антициклоническое обращение водных и воздушных масс, а в высоких широтах – циклоническое. В северной полярной области Океана оно снова меняется на антициклоническое. Соответственно, в Океане складывается закономерная схема направления обращения масс в циркуляционных системах. В Океане одни и те же системы сохраняются на протяжении круглого года, что обусловлено однородностью подстилающей (водной) акватории и относительно неактивной сезонной изменчивостью свойств воды, включая процессы циркуляции на разных горизонтах.

Исключения наблюдаются в северных частях Атлантического и Тихого океанов (см. рис. 6). При постоянном циклоническом обращении вод характерно небольшое смещение всех систем воды в течение холодного сезона в меридиональном направлении. При этом циркуляция усиливается. Все это объясняется неравномерным посезонным нагревом и охлаждением водной поверхности, изменчивостью цветности, температуры и плотности. Весьма показательны, что квазиустоявшиеся токи воды порождают более многочисленные вторичные вихри на поверхностях водных масс различных уровня и соподчиненности. Они, в свою очередь, образуют вихревые потоки на всю мощность поверхностного структурного слоя, причем с разными массами, скоростями, размерами. Немаловажным для процессов гидродифференциации является повсеместное вихревое строение всей толщи воды до дна, только скорости воды в вихрях и их радиус закономерно уменьшаются с глубиной.

Таким образом, нами изложены основные теоретические разработки о выделении иерархии отдельных физико-географических систем (комплексов) в открытой части Океана. Ряд авторов (М. М. Ермолаев [5, с. 202], К. М. Петров [13, с. 31], В. Н. Степанов [18, с. 56], К. К. Марков [19, с. 270, 289]) попытались обобщить эти разработки и представить их в виде особых схем (см., например, рис. 6). Эти схемы строились на основе разных признаков и закономерностей, в частности по площадям водного зеркала, характеру циркуляции поверхностных вод, распределению конвергентных и дивергентных «почв» Океана, очагам активного взаимодействия, природе фронтов и водных масс. Такое разнообразие признаков построения схем глобальной циркуляции указывает также на единство Океана.

Но океанические системы принципиально отличаются от континентальных практически по всем показателям и свойствам. Они не могут быть ландшафтами, поскольку подвергаются *гидродифференциации*, генетически являются совершенно иным географическим объектом, который был назван *талассогеном*. Следовательно, совокупность океанических систем в порядке их расположения, происхождения, иерархии, размеров и формы, взаимодействия между собой целесообразно назвать *талассогенами*, в отличие от наземных *ландшафтов* и прибрежно-морских *аквашафтов*.

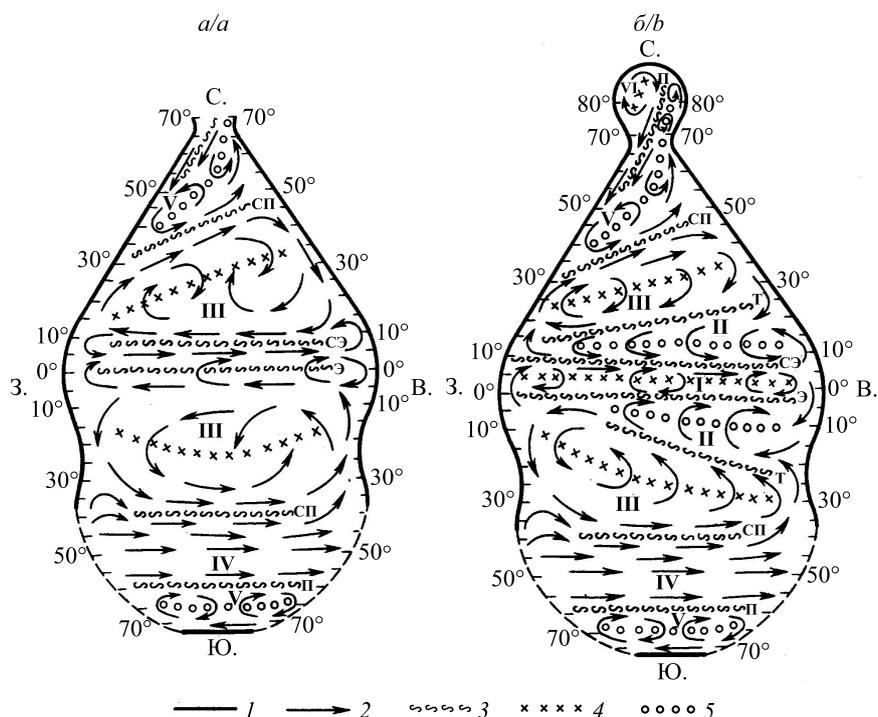


Рис. 6. Общая схема циркуляции вод Мирового океана в поверхностной структурной зоне: а – по полю векторов течений; б – по линиям токов (С. – север, Ю. – юг, З. – запад, В. – восток).

Основные системы циркуляции вод: I – экваториальная антициклоническая; II – тропическая циклоническая; III – субтропическая антициклоническая; IV – антарктическая циркумполярная; V – высокоширотная циклоническая; VI – арктическая антициклоническая.

Остальные обозначения: 1 – береговая линия, ограничивающая площадь океана, занимаемую им (в среднем по всем океанам) на данной географической широте; 2 – направления перемещения основных потоков течений;

3 – главные океанические фронты (зоны, которые разделяют циркуляционные системы):

Э – экваториальный; СЭ – субэкваториальный;

Т – тропический; СП – субполярный; П – полярный.

Динамические зоны циркуляционных систем (проходящие по их гребням и ложбинам):

4 – конvergенции при схождении потоков; 5 – дивергенции при расхождении потоков.

Источник: [18, с. 56]

Fig. 6. General graphic model of circulation of the World Ocean waters within surface structural zone by indications:

a – by the field of flow vectors; b – along the lines of the flows

(С. – north direction, Ю. – south direction, З. – west direction, В. – east direction).

The basical systems of sea water circulation: I – equatorial anti-cyclonic; II – tropical cyclonic; III – subtropical anti-cyclonic; IV – Antarctic circumpolar; V – cyclones' into the high latitudes; VI – Arctic anti-cyclonic.

The rest designations: 1 – situation of the shoreline that is mark the every ocean areas along concrete latitudes;

2 – directions of movement by basic current flows; 3 – principal the oceanic fronts where circulation systems are dividing:

Э – equatorial; СЭ – subequatorial; Т – tropical; СП – subpolar; П – polar.

Dynamical zones of the circulation systems which located along crests and hollows:

4 – focus the convergences by currents; 5 – focus the divergences by currents.

Source: [18, p. 56]

## Выводы

Вышеизложенное позволяет сформулировать ряд важнейших выводов.

Географическая оболочка Земли является наиболее крупной и сложной физико-географической экзогенной системой, которая состоит из трех главных ступеней: континентов и островов (а); водной толщи Океана (б); контактной природной среды между ними – береговой зоны моря (в). Каждая из них характеризуется собственными происхождением, размерами, географическим положением на Земле и положением относительно остальных ступеней, строением, иерархическим рядом, элементами, компонентами, потоками вещества и энергии и пр.



Принципиальные различия главных ступеней географической оболочки требуют отдельных определений для каждой из них, поскольку в географии любой объект требует единственных неповторных названия и понятия. В связи с этим предлагается отдельные физико-географические системы суши по традиции продолжать называть *ландшафтами*. Океан, ряд комплексов разного уровня организации в его водной толще и на дне в совокупности предлагается именовать *талассогенами*. Прибрежно-морские природные комплексы в среде экзогенного взаимодействия, где абсолютно доминируют гидрогенные силы, по мнению автора, целесообразно назвать *аквашафтами*.

Установлены принципиальная разница в содержании главных (планетарных) ступеней географической оболочки Земли, их отличия и закономерности развития. Впервые выделен иерархический ряд природных систем в Океане, начиная от единого океана и его подразделений и заканчивая отдельными водными объектами на разных широтах и глубинах. В связи с процессами гидродифференциации океанической толщи воды значительные трудности возникли во время выделения океанических урочищ, мозаики фаций и отдельных фаций. Предпринята первая краткая попытка разработать корреляцию ряда талассогенов и ландшафтов.

В открытом Океане антропогенное воздействие в общем в такой степени рассеяно по всей площади акватории, что никак не идет в сравнение с влиянием в береговой зоне, а тем более на суше. К тому же в Океане антропогенный фактор не является системообразующим и не определяет дифференциацию водной толщи на отдельные комплексы в иерархическом ряду. Итак, *талассогеном автор предлагает называть эволюционно образовавшуюся, генетически организованную совокупность теснейшим образом взаимодействующих между собой элементов и компонентов Океана, иерархически построенную в виде географических систем различного уровня организации, причем различными, хотя и связанными между собой, являются отдельные части – водная толща и дно Океана.*

Полученные результаты и выводы данной статьи могут усовершенствовать теорию океанологии, береговедения, ландшафтоведения и увеличить практическую значимость перечисленных географических дисциплин.

### Библиографические ссылки

1. Котляков ВМ, Комарова АИ. *География, понятия и термины. Пятиязычный академический словарь*. Москва: Наука; 2007. 860 с.
2. Щукин ИС, составитель. *Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии*. Спиридонов АИ, редактор. Москва: Советская энциклопедия; 1980. 703 с.
3. Арманд ДЛ. *Наука о ландшафте. Основы теории и логико-математические модели*. Москва: Мысль; 1975. 288 с.
4. Гродзинский МД. *Пізнання ландшафту: місце і простір. Том 1*. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет»; 2005. 431 с.
5. Ермолаев ММ. *Введение в физическую географию*. Ленинград: Издательство Ленинградского университета; 1975. 260 с.
6. Зенкович ВП. *Основы учения о развитии морских берегов*. Москва: Издательство АН СССР; 1962. 710 с.
7. Исаченко АГ. *География сегодня*. Москва: Просвещение; 1979. 192 с.
8. Калесник СВ. *Проблемы физической географии. Избранные труды*. Ленинград: Наука; 1984. 288 с.
9. Круть ИВ. *Введение в общую теорию Земли*. Москва: Мысль; 1978. 368 с.
10. Арманд АД. *Самоорганизация и саморегулирование географических систем*. Москва: Наука; 1988. 264 с.
11. Лямин ВС. *Место географии в генетической классификации наук*. Одесса: Астропринт; 2012. 184 с.
12. Мануйлов ВА. *Подводные ландшафты залива Петра Великого*. Владивосток: Издательство Дальневосточного университета; 1990. 168 с.
13. Петров КМ. *Подводные ландшафты. Теория, методы исследования*. Ленинград: Наука; 1989. 126 с.
14. Преображенский БВ, Жариков ВВ, Дубейковский ЛВ. *Основы подводного ландшафтоведения (Управление морскими экосистемами)*. Владивосток: Дальнаука; 2000. 360 с.
15. Касимов НС, Клинге РК, редакторы. *Современные глобальные изменения природной среды. Том 1*. Москва: Научный мир; 2006. 696 с.
16. Takahashi M, Zhao N, Kumakura T. Equatorial waves in a general circulation model simulating a quasi-biennial oscillation. *Journal of the Meteorological Society of Japan. Series II*. 1997;75(2):529–540. DOI: 10.2151/jmsj1965.75.2\_529.
17. Григорьев АА. *Закономерности строения и развития географической среды. Избранные труды*. Москва: Мысль; 1966. 382 с.
18. Степанов ВН. *Природа Мирового океана*. Москва: Просвещение; 1982. 192 с.
19. Марков КК, редактор. *Физическая география Мирового океана*. Ленинград: Наука; 1980. 362 с.
20. Суховей ВФ. *Моря Мирового океана*. Ленинград: Гидрометеиздат; 1986. 288 с.
21. Golley FB. Introducing landscape ecology. *Landscape Ecology*. 1987;1(1):1–3. DOI: 10.1007/BF02275260.
22. Шуйський ЮД. До питання про природні системи в різних середовищах географічної оболонки Землі. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Географія*. 2019;31(3–4):5–15.
23. Бобра ТВ. *Ландшафтные границы: выявление, анализ, картографирование*. Симферополь: [б. и.]; 2005. 168 с.
24. Шуйский ЮД. *История развития и методология береговедения*. Одесса: Астропринт; 2018. 448 с.
25. Steffen WL, Tyson P, editors. *Global change and the Earth system: a planet under pressure*. Stockholm: [s. n.]; 2001. 32 p. (IGBP science; issue 4).
26. Unal YS, Ghil M. Interannual and interdecadal oscillation patterns in sea level. *Climate Dynamics*. 1995;11(5):255–278. DOI: 10.1007/BF00211679.



27. Литвин ВМ, Федоров ВВ. *Мир подводных ландшафтов*. Санкт-Петербург: Издательство Русского географического общества; 1994. 133 с.
28. Урманцев ЮА. Начала общей теории систем. В: Горский ДП, редактор. *Системный анализ и научное знание*. Москва: Наука; 1978. с. 7–41.
29. Williams DL, Green K, van Andel TH, von Herzen RP, Dymond JR, Crane K. The hydrothermal mounds of the Galapagos Rift: observation with DSRV Alvin and detailed heat flow studies. *Journal Geophysical Research: Solid Earth*. 1979;84(B13):7467–7484. DOI: 10.1029/JB084iB13p07467.

## References

- Kotlyakov VM, Komarova AI. *Geografiya, ponyatiya i terminy. Pyatiazychnyi akademicheskii slovar'* [Geography, concepts and terms. Five-language academic dictionary]. Moscow: Nauka; 2007. 860 p. Russian.
- Shchukin IS, compiler. *Chetyrekh 'yazychny entsiklopedicheskii slovar' terminov po fizicheskoi geografii* [Four-language encyclopedic dictionary of terms in physical geography]. Spiridonov AI, editor. Moscow: Sovetskaya entsiklopediya; 1980. 703 p. Russian.
- Armand DL. *Nauka o landshafte. Osnovy teorii i logiko-matematicheskie modeli* [Science on landscape. Theoretic bases and logmathic models]. Moscow: Mysl'; 1975. 288 p. Russian.
- Grodzyns'kyj MD. *Piznannja landshaftu: misce i prostir. Tom 1* [Understanding of landscape: place and space. Volume 1]. Kyiv: Vydavnycho-poligrafichnyj centr «Kyiv's'kyj universytet»; 2005. 431 p. Ukrainian.
- Ermolaev MM. *Vvedenie v fizicheskuyu geografiyu* [Introduction to the physical geography]. Leningrad: Izdatel'stvo Leningradskogo universiteta; 1975. 260 p. Russian.
- Zenkovich VP. *Osnovy ucheniya o razvittii morskikh beregov* [Instruction to bases on sea-coast evolution]. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR; 1962. 710 p. Russian.
- Isachenko AG. *Geografiya segodnya* [Geography today]. Moscow: Prosveshchenie; 1979. 192 p. Russian.
- Kalesnik SV. *Problemy fizicheskoi geografii. Izbrannye trudy* [Physical geography problems. Selected works]. Leningrad: Nauka; 1984. 288 p. Russian.
- Krut' IV. *Vvedenie v obshchuyu teoriyu Zemli* [Introduction in the World general theory]. Moscow: Mysl'; 1978. 368 p. Russian.
- Armand AD. *Samoorganizatsiya i samoregulirovanie geograficheskikh sistem* [Auto-organization and auto-regulation by geographical systems]. Moscow: Nauka; 1988. 264 p. Russian.
- Lyamin VS. *Mesto geografii v geneticheskoi klassifikatsii nauk* [Geography in line of genetic sciences classification]. Odessa: Astroprint; 2012. 184 p. Russian.
- Manuilov VA. *Podvodnye landshafty zaliva Petra Velikogo* [Underwater landscape in Petr Velikiy bay]. Vladivostok: Izdatel'stvo Dal'nevostochnogo universiteta; 1990. 168 p. Russian.
- Petrov KM. *Podvodnye landshafty. Teoriya, metody issledovaniya* [Underwater landscapes. Theory and development methods]. Leningrad: Nauka; 1989. 126 p. Russian.
- Preobrazhenskii BV, Zharikov VV, Dubeikovskii LV. *Osnovy podvodnogo landshaftovedeniya (Upravlenie morskimi ekosistemami)* [Basic elements of underwater landscape science (Management of marine ecosystems)]. Vladivostok: Dal'nauka; 2000. 360 p. Russian.
- Kasimov NS, Klige RK, editors. *Sovremennye global'nye izmeneniya prirodnoi sredy. Tom 1* [Modern global changes of environment. Volume 1]. Moscow: Nauchnyi mir; 2006. 696 p. Russian.
- Takahashi M, Zhao N, Kumakura T. Equatorial waves in a general circulation model simulating a quasi-biennial oscillation. *Journal of the Meteorological Society of Japan. Series II*. 1997;75(2):529–540. DOI: 10.2151/jmsj1965.75.2\_529.
- Grigor'ev AA. *Zakonomernosti stroeniya i razvitiya geograficheskoi sredy. Izbrannye trudy* [Peculiarities of composition and development of environment. Selected works]. Moscow: Mysl'; 1966. 382 p. Russian.
- Stepanov VN. *Priroda Mirovogo okeana* [Nature of the World Ocean]. Moscow: Prosveshchenie; 1982. 192 p. Russian.
- Markov KK, editor. *Fizicheskaya geografiya Mirovogo okeana* [Physical geography of the World Ocean]. Leningrad: Nauka; 1980. 362 p. Russian.
- Sukhovoi VF. *Morya Mirovogo okeana* [Seas of the World Ocean]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1986. 288 p. Russian.
- Golley FB. Introducing landscape ecology. *Landscape Ecology*. 1987;1(1):1–3. DOI: 10.1007/BF02275260.
- Shujs'kyj JuD. About natural systems in different fields of the Earth Geography Mantle. *Scientific notes of Vinnytsya State Pedagogical University named after Michailo Kotzubytskyi. Series: Geography*. 2019;31(3–4):5–15. Ukrainian.
- Bobra TV. *Landshaftnye granitsy: vyyavlenie, analiz, kartografirovaniye* [Landscape borders: analysis, discover, mapping]. Simferopol: [s. n.]; 2005. 168 p. Russian.
- Shuiskii YuD. *Istoriya razvitiya i metodologiya beregovedeniya* [The history of development and methodology of coastal science]. Odessa: Astroprint; 2018. 448 p. Russian.
- Steffen WL, Tyson P, editors. *Global change and the Earth system: a planet under pressure*. Stockholm: [s. n.]; 2001. 32 p. (IGBP science; issue 4).
- Unal YS, Ghil M. Interannual and interdecadal oscillation patterns in sea level. *Climate Dynamics*. 1995;11(5):255–278. DOI: 10.1007/BF00211679.
- Litvin VM, Fedorov VV. *Mir podvodnykh landshaftov* [Environment of underwater landscape]. Saint Petersburg: Izdatel'stvo Russkogo geograficheskogo obshchestva; 1994. 133 p. Russian.
- Urmantsev YuA. [Starts of general system theory]. In: Gorskii DP, editor. *Sistemnyi analiz i nauchnoye znanie* [System analysis and scientific knowledge]. Moscow: Nauka; 1978. p. 7–41. Russian.
- Williams DL, Green K, van Andel TH, von Herzen RP, Dymond JR, Crane K. The hydrothermal mounds of the Galapagos Rift: observation with DSRV Alvin and detailed heat flow studies. *Journal Geophysical Research: Solid Earth*. 1979;84(B13):7467–7484. DOI: 10.1029/JB084iB13p07467.

Статья поступила в редколлегию 19.10.2020.  
Received by editorial board 19.10.2020.



УДК 332.132

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ РАЙОНОВ И ГОРОДОВ ОБЛАСТНОГО ПОДЧИНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Н. П. ДРАГУН<sup>1)</sup>, А. С. МАЗАН<sup>1)</sup>, М. А. ДУБОВЕЦ<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Научно-исследовательский экономический институт Министерства экономики Республики Беларусь,  
ул. Славинского, 1, корп. 1, 220086, г. Минск, Беларусь

Предложена методика оценки экономико-географического положения территории, которая апробирована на примере районов и городов областного подчинения Республики Беларусь. Установлена статистически значимая взаимосвязь между уровнем социально-экономического развития исследуемых территорий и расстоянием от их административных центров до крупных экономических центров страны, площадью территории, плотностью автомобильных дорог и протяженностью международных магистральных нефте- и газопроводов, проходящих по территории административно-территориальных единиц. Предложен интегральный показатель экономико-географического положения районов и городов областного подчинения Республики Беларусь. Обоснован дифференцированный подход к социально-экономическому развитию исследуемых территорий на основе изменения их экономико-географического положения, в связи с чем разработаны соответствующие меры практического характера.

**Ключевые слова:** экономико-географическое положение; социально-экономическое развитие; район; административно-территориальная единица; оценка; рекомендации.

## ASSESSMENT OF ECONOMIC AND GEOGRAPHICAL LOCATION OF REGIONS AND CITIES OF REGIONAL SUBMISSION OF THE REPUBLIC OF BELARUS

M. P. DRAHUN<sup>a</sup>, A. S. MAZAN<sup>a</sup>, M. A. DUBAVETS<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Research Economic Institute, Ministry of Economy of the Republic of Belarus,  
1 Slavinskaha Street, 1 building, Minsk 220086, Belarus

Corresponding author: M. P. Drahun (dragunnp@gmail.com)

### Образец цитирования:

Драгун НП, Мазан АС, Дубовец МА. Оценка экономико-географического положения районов и городов областного подчинения Республики Беларусь. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2021; 1:50–64.

<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-1-50-64>

### For citation:

Drahun MP, Mazan AS, Dubavets MA. Assessment of economic and geographical location of regions and cities of regional submission of the Republic of Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2021;1:50–64. Russian.

<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-1-50-64>

### Авторы:

**Николай Павлович Драгун** – кандидат экономических наук, доцент; заведующий отделом сводного планирования и методологии регионального развития.

**Артур Станиславович Мазан** – младший научный сотрудник отдела сводного планирования и методологии регионального развития.

**Максим Александрович Дубовец** – младший научный сотрудник отдела сводного планирования и методологии регионального развития.

### Authors:

**Mikalai P. Drahun**, PhD (economics), docent; head of the department of consolidated planning and regional development methodology.

[dragunnp@gmail.com](mailto:dragunnp@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-7764-2322>

**Artur S. Mazan**, junior researcher at the department of consolidated planning and regional development methodology.

[horus3222@gmail.com](mailto:horus3222@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-8040-2207>

**Maksim A. Dubavets**, junior researcher at the department of consolidated planning and regional development methodology.

[maksim.dubovecz@gmail.com](mailto:maksim.dubovecz@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-8221-0305>





A methodology for assessing the economic and geographical location of the territory is proposed, which is tested on the example of regions and cities of regional submission of the Republic of Belarus. A statistically significant relationship has been established between the level of socio-economic development of the studied territories and the distance of their administrative centers to large economic centers of the country, the area of the territory, the density of highways and the length of international oil and gas pipelines passing through the territory of administrative-territorial units. An integral indicator of the economic and geographical location of regions and cities of regional submission of the Republic of Belarus is proposed. A differentiated approach to the socio-economic development of the studied territories is substantiated on the basis of a change in their economic and geographical location, in connection with which appropriate measures of a practical nature are proposed.

**Keywords:** economic and geographical location; socio-economic development; district; administrative-territorial unit; assessment; recommendations.

## Введение

Согласно основным положениям Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 гг. пространственное развитие является одним из его приоритетных направлений<sup>1</sup>. Это обусловлено, во-первых, достаточно высокой поляризацией экономического пространства страны и тенденцией к ее увеличению, во-вторых, наличием в регионах потенциала развития, который в настоящее время используется не полностью, в-третьих, возможностью задействования объективных пространственных механизмов, например агломерационного эффекта, для решения задач развития не только отдельных регионов, но и страны в целом.

В ряду факторов социально-экономического развития (СЭР (SED)) территорий важнейшее место занимает их экономико-географическое положение (ЭГП (EGL)), определяемое как совокупность пространственных отношений предприятий, населенных пунктов, ареалов, районов, отдельных стран и их групп к внешним объектам, имеющим для них экономическое значение [1].

Определение сущности ЭГП принадлежит Н. Н. Баранскому, который трактовал его как отношение объекта (города, района, страны) «к вне его лежащим данностям, имеющим то или иное экономическое значение, – все равно, будут ли эти данности природного порядка или созданные в процессе истории» [2, с. 129]. В литературе ЭГП в целом трактуется в контексте определения Н. Н. Баранского с рядом вариаций, как то: совокупность пространственных аспектов отношений объектов (стран, регионов, городов, сельских поселений) к другим экономико-географическим объектам [3], «пространственное расположение местности... по отношению к путям сообщения, другим местностям, с которыми данная местность или объект связаны и взаимодействуют» [4, с. 79], совокупность отношений территориально локализованных объектов, описываемых в категориях экономических и социальных параметров [5], географическое свойство структурированной территории [6], система рентных отношений, рентное поле [7], «отношение к экономически значимым объектам» [8, с. 23], «исторически сложившаяся, но изменяющаяся совокупность пространственных отношений между городом как социально-экономической системой и внешними факторами, потенциально влияющими на городское развитие» [9, с. 39].

В то же время, например, К. П. Космачев предлагает рассматривать ЭГП в качестве одного из видов ресурсов и даже говорит о запасах ресурсов ЭГП: «Их запасы при прочих равных условиях обратно пропорциональны экономической удаленности осваиваемой территории по отношению к осваиваемой и прямо пропорциональны размерам хозяйственного потенциала последней» [10, с. 54].

Обобщив опыт оценки ЭГП разных объектов, В. И. Блануца выделил три методологических подхода к определению данного понятия: объектный (ЭГП как расположение относительно значимых объектов); сетевой (ЭГП как взаиморасположение сетей); потоковый (ЭГП как степень вовлечения в системообразующие потоки). По утверждению автора, почти все исследования по проблематике ЭГП выполнены в рамках объектного подхода, а сетевой и потоковый подходы в настоящее время не имеют ни развернутого методологического обоснования, ни многочисленных методических исследований [11].

Относительно влияния ЭГП на развитие территории П. Я. Бакланов отмечает, что выгодное ЭГП приморских территорий является благоприятной предпосылкой с точки зрения возможностей развития морского транспорта, расширения рынков сбыта за счет выхода к морским побережьям других стран и в целом осуществления внешнеэкономических связей через морской транспорт [12]. Н. Дж. Спикмэн утверждает, что географическое положение государства – наиболее существенный фактор, обу-

<sup>1</sup>Основные положения проекта Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 гг. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sb.by/articles/osnovnye-polozeniya-proekta-programmy-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-respubliki-belarus-na-2021-2025.html> (дата обращения: 19.01.2021).



словливающий его внешнюю политику, оно определяет климатические зоны и тем самым структуру экономики, обозначает потенциальных противников в регионе [13]. Значимость близости рынков сбыта, выхода к морю, «островного» положения территории для уровня ее развития отмечается в работах Дж. Уильямса и др.<sup>2</sup> И. А. Потапов констатирует, что выгодное ЭГП может способствовать оптимизации регионального развития туризма, улучшению работы транспортной системы по обслуживанию туризма. При этом путем строительства дорог, оптимизации движения транспорта можно повысить выгодность ЭГП объекта в целом [14]. С. Н. Соколов утверждает, что ЭГП в значительной мере определяет связи городов в системе географического разделения труда, поэтому оно влияет на перспективы их социально-экономического развития [15]. В работе Д. Е. Морковкина, В. А. Умнова, С. В. Шманева высказывается мнение, что выгодное ЭГП территории (у авторов – Самарской области) делает регион привлекательным для инвестиционного развития, а также обуславливает высокое развитие транспортной инфраструктуры [16].

Важность ЭГП для развития регионов отмечается в ряде эмпирических исследований регионов Беларуси, выполненных Е. А. Антиповой [17], Л. В. Козловской [18], Д. А. Чижом [19], А. Чубриком, И. Пелипасем, И. Точицкой<sup>3</sup> и др., а также Научно-исследовательским экономическим институтом Министерства экономики Республики Беларусь под руководством Н. Г. Берченко и А. В. Богдановича (региональное направление). В работах названных авторов прежде всего отмечается отставание развития территорий, периферийных по отношению к крупным экономическим центрам.

Проведенное исследование позволило выделить четыре основные группы подходов к оценке ЭГП. Первая группа подходов предполагает использование достаточно широкого перечня различных показателей ЭГП. Так, Г. Г. Ткаченко для количественной оценки ЭГП федеральных субъектов Дальнего Востока применяет такие показатели, как площадь территории, максимальное и минимальное расстояния от других субъектов, расстояние от административного центра до Москвы, протяженность береговой линии, расстояние до ближайшей государственной границы со странами северо-восточной Азии, протяженность государственных границ со странами северо-восточной Азии, прямой выход к государственной границе стран северо-восточной Азии (по суше и по морю), густота путей сообщения. Итоговая оценка показателей ЭГП выражается в баллах для каждой территории с выделением степени благоприятности потенциала ЭГП [20].

Вторая группа подходов основана на использовании гравитационных моделей. Так, В. Л. Бабурин, С. П. Земцов, В. М. Кидяева выполнили стоимостную оценку потенциала ЭГП российских городов на основе моделей, оценивающих потенциал экономического взаимодействия между городами в зависимости от объема экономики города и его соседей, скорректированный на расстояние до них. Авторами получены стоимостные оценки потенциала внутрироссийского и международного положения городов (центры регионов) [9]. По аналогичной методике В. Л. Бабуриным и С. П. Земцовым была проведена стоимостная оценка ЭГП российских регионов [21]. Другим примером использования гравитационных моделей является оценка ЭГП городов степной зоны России [22]. В качестве объекта исследования были взяты 50 городов с численностью населения более 100 тыс. человек. В результате авторами были выделены пять уровней потенциала ЭГП городов (от очень высокого до очень низкого).

Третья группа подходов основана на оценке экономических расстояний, т. е. размеров затрат, необходимых для преодоления физических расстояний между рассматриваемыми объектами [23–25]. Так, Л. А. Безруков и Ц. Б. Дашпилов за основу оценки ЭГП районов взяли экономические расстояния, адаптированные к особенностям транспортной системы Сибири, – показатели средней доходной ставки от перевозки грузов по видам транспорта относительно важнейших российских морских портов. Итоговым показателем являются издержки на грузовые перевозки (в тысячах рублей за тонну), в соответствии с которыми авторы оценивают благоприятность ЭГП [25].

Четвертая группа включает подходы, которые объединяют в себе ряд вышеперечисленных. Так, И. П. Смирнов и А. А. Ткаченко выполнили оценку ЭГП городов нестоличных областей Центральной России на основе двух составляющих: транспортно-географического положения (ТГП) и метрополи-

<sup>2</sup>Williams J. Geographical factors that affect development [Electronic resource]. URL: <https://earthbound.report/2007/07/01/geographical-factors-that-affect-development/> (date of access: 04.01.2021); BRIDGES – Territories with geographical specifics [Electronic resource]. URL: <https://www.espon.eu/geographical-specificities> (date of access: 04.01.2021).

<sup>3</sup>Точицкая И., Пелипась И. Конкурентоспособность регионов Беларуси: общий обзор : рабочий материал Исслед. центра ИПМ WP/13/03 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.research.by/webroot/delivery/files/wp2013r03.pdf> (дата обращения: 04.01.2021); Чубрик А. Влияние рецессии на регионы Беларуси: роль стартовых условий, экономической политики и малого бизнеса : рабочий материал Исслед. центра ИПМ WP/17/04 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.research.by/webroot/delivery/files/english/wp/wp2017r04.pdf> (дата обращения: 04.01.2021).



тенского положения (МП) относительно основных центров, способных оказывать влияние на развитие рассматриваемых городов. При этом ТПП оценивалось авторами по положению города в сети железных и автомобильных дорог (учитывались количество железнодорожных линий общего пользования, автомагистралей и других автодорог общегосударственного значения и расстояние до них). Для каждого вида транспорта было введено по четыре градации, отражающих определенный уровень транспортных условий. При оценке МП учитывалось положение города по отношению к Москве и ближайшему областному центру. Итоговая оценка ЭГП городов была получена путем объединения оценок ТПП и МП с выделением пяти классов ЭГП [26].

В то же время, несмотря на большое количество существующих исследований ЭГП различных территорий и значимость полученных в их ходе результатов, ряд аспектов ЭГП остаются недостаточно изученными. В литературе отмечаются слабая методическая разработанность концепции ЭГП, ее статичность, неполный учет внешнеэкономических сфер деятельности, сложности с оценкой ЭГП площадных и линейных объектов, неинтегрированность частных видов в единое целое, отсутствие «нулевой величины» ЭГП и неясность с его верхним пределом, неопределенность интервала времени, в пределах которого изменения ЭГП можно признать несущественными, и др. [27–29]. Серьезные недостатки имеют применяемые методы оценки ЭГП. Так, метод экономических расстояний учитывает издержки транспортировки, но не учитывает выгоды потенциального взаимодействия территорий, метод балльной оценки и построения индексов предполагает субъективную оценку набора переменных и весов и оценивает относительный потенциал ЭГП, а метод гравитационных моделей часто не учитывает реальных расстояний, особых видов положения (например, приморское) и др. [9]. Основными недостатками применяемых методик оценки ЭГП являются ограниченный круг оцениваемых показателей, связанный с необходимостью обеспечения их однородности, субъективизм балльных оценок разнородных показателей, отсутствие верификации взаимосвязи полученных оценок ЭГП с уровнем СЭР территорий. Применительно к Беларуси отсутствуют комплексные оценки ЭГП территорий и его количественного влияния на уровень их СЭР. Указанные обстоятельства обусловили актуальность настоящей работы, ее научную и практическую значимость.

Объектом исследования является ЭГП районов и городов областного подчинения (далее – АТЕ) Республики Беларусь, предметом – количественные оценки ЭГП и его влияния на СЭР АТЕ страны.

Цель исследования – количественно оценить ЭГП АТЕ Республики Беларусь и его влияние на уровень их СЭР. Для достижения данной цели поставлены и решены следующие задачи:

- разработать и апробировать на примере АТЕ Беларуси методику оценки ЭГП, учитывающую специфику объекта исследования;
- провести оценку влияния ЭГП АТЕ Беларуси на уровень их СЭР;
- разработать меры по развитию территорий Беларуси с учетом оценки их ЭГП.

### Методика исследования

Предлагаемая система индикаторов ЭГП АТЕ, источники информации, порядок определения и нормализации их значений представлены в табл. 1.

Уровень СЭР АТЕ для оценки влияния на него индикаторов ЭГП определялся с использованием 20 индикаторов, разбитых на пять основных групп (табл. 2).

Значения пяти частных интегральных индикаторов уровня СЭР АТЕ, т. е. интегральных индикаторов демографического и экономического развития, состояния рынка труда, уровня доходов населения, комфортности среды проживания, определялись путем расчета среднего арифметического нормированных по формулам (1), (2) значений соответствующих им частных индикаторов, а общего интегрального индикатора уровня СЭР АТЕ – путем расчета среднего геометрического значений пяти частных интегральных индикаторов.

Значения индикаторов СЭР рассчитывались за 2017–2019 гг. на основе информации, предоставляемой Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь.

В качестве меры тесноты связи индикаторов ЭГП и уровня СЭР АТЕ использовались частные коэффициенты корреляции, рассчитанные для каждого из индикаторов ЭГП и нормированных к единице значений общего интегрального индикатора уровня СЭР (среднее значение за 2017–2019 гг. (Soc)) 128 АТЕ Беларуси при устранении влияния других индикаторов в пакете *SPSS*. Взаимосвязь индикаторов ЭГП и СЭР признавалась значимой при условии статистической значимости частных коэффициентов корреляции.

**Индикаторы ЭГП АТЕ Республики Беларусь,  
порядок определения и нормализации их значений**

Table 1

**EGLATU indicators of the Republic of Belarus,  
the procedure for determining and normalising their values**

Индикатор ЭГП	Источник информации / порядок определения значения индикатора	Порядок расчета/нормализации значения индикатора
<p>Расстояние (по прямой) от административного центра АТЕ до ее географического центра, км (g1)</p>	<p>В ArcGIS 10.4.1 определены координаты географического центра АТЕ путем нахождения барицентра (среднего арифметического положения всех точек фигуры) полигона АТЕ. После этого найдены искомые расстояния с учетом координат административного центра АТЕ как наименьшие расстояния (по прямой) между точками</p>	<p>Значения расстояний нормировались по формуле</p> $x_n = \frac{x_{\max} - x}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (1)$ <p>где <math>x</math>, <math>x_p</math>, <math>x_{\max}</math>, <math>x_{\min}</math> – исходное, нормированное, максимальное и минимальное значения индикатора соответственно</p>
<p>Расстояние (по автомобильным дорогам) от административного центра АТЕ до крупных экономических центров (городов с численностью населения более 80 тыс. человек, включая областные центры и г. Минск), км (g2)</p>	<p>Принято согласно документу «Об утверждении рекомендуемых норм расстояний перевозок пассажиров и грузов между населенными пунктами Республики Беларусь»<sup>4</sup></p>	<p>1. Матрица расстояний (строки – АТЕ, столбцы – крупные экономические центры) нормировалась по формуле (1).          2. Построено для каждой АТЕ рассчитывались средневзвешенные (на нормированное значение расстояния) значения:          • выручки от реализации продукции, товаров, работ, услуг крупных экономических центров в 2019 г.;          • численности занятого населения крупных экономических центров в 2019 г.          3. Средневзвешенные для каждой АТЕ значения выручки от реализации и численности занятых нормировались по формуле</p> $x_n = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}. \quad (2)$ <p>4. Значение g2 для каждой АТЕ определялось как среднее арифметическое нормированных значений выручки от реализации и численности занятых</p>

<sup>4</sup>Об утверждении рекомендуемых норм расстояний перевозок пассажиров и грузов между населенными пунктами Республики Беларусь : приказ М-ва транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь от 12 апр. 2012 г. № 175-Ц [Электронный ресурс]. URL: <https://zakonrb.com/npa/ob-utverzhenii-rekomenduemyh-norm-rasstoyaniy> (дата обращения: 04.01.2021).

Продолжение табл. 1  
Continuation table 1

Индикатор ЭГП	Источник информации / порядок определения значения индикатора	Порядок расчета/нормализации значения индикатора
Расстояние (по прямой) от административного центра АТЕ до трансъевропейских транспортных коридоров под номерами II (Запад – Восток) и IX (Север – Юг) с ответвлением IX В, км (среднее – g31, минимальное – g32)	Рассчитано по публичной кадастровой карте Республики Беларусь с помощью инструмента «Измерения (расстояние)» <sup>5</sup>	Рассчитывались два индикатора: • g31 – нормированное по формуле (1) среднее значение расстояния до трех транспортных коридоров; • g32 – нормированное по формуле (1) значение расстояния до ближайшего транспортного коридора
Расстояние (по прямой) от административного центра АТЕ до морских портов (Клайпеда, Рига, Одесса), км (среднее – g41, минимальное – g42)	Рассчитано по публичной кадастровой карте Республики Беларусь с помощью инструмента «Измерения (расстояние)» <sup>6</sup>	Рассчитывались два индикатора: • g41 – нормированное по формуле (1) среднее значение расстояния до трех портов; • g42 – нормированное по формуле (1) значение расстояния до ближайшего порта
Площадь территории АТЕ, км <sup>2</sup> (g5)	Принята согласно статистическому сборнику «Регионы Республики Беларусь, 2020» <sup>7</sup>	Значение нормировалось по формуле (2)
Протяженность границ АТЕ, км (g6)	Рассчитана в ArcGIS 10.4.1 с использованием карты административно-территориального деления Республики Беларусь по соответствующим полям таблицы атрибутов (районы, города областного подчинения) с помощью инструментов «вычисление геометрии», «периметр»	Значение нормировалось по формуле (1)
Количество пунктов пропуска в сопредельные государства на территории АТЕ (в том числе на железнодорожном вокзале и в аэропорту), ед. (g7)	Принято согласно перечню пунктов таможенного оформления и пунктов пропуска через государственную границу Республики Беларусь <sup>8</sup>	Значение нормировалось по формуле (2)

<sup>5</sup> Публичная кадастровая карта Республики Беларусь [Электронный ресурс]. URL: <http://map.pcb.by/map.html> (дата обращения: 05.01.2021).

<sup>6</sup> Там же.

<sup>7</sup> Регионы Республики Беларусь, 2020 (том 2) [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. 2021. URL: [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public\\_compilation/index\\_18079/](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_18079/) (дата обращения: 05.01.2021).

<sup>8</sup> Перечень пунктов таможенного оформления и пунктов пропуска через государственную границу Республики Беларусь [Электронный ресурс]. URL: [https://sanatori.by/?Perecheni\\_punktov\\_tamozhennogo\\_oforneniya\\_i\\_punktov\\_propuska\\_cherez\\_Gosudarstvennyu\\_granicu\\_Respubliki\\_Belarusi#:-:text=B%20настоящее%20время%20Беларусь%20границит,%3B%20Украиной%20-%20около%20108,4%20км](https://sanatori.by/?Perecheni_punktov_tamozhennogo_oforneniya_i_punktov_propuska_cherez_Gosudarstvennyu_granicu_Respubliki_Belarusi#:-:text=B%20настоящее%20время%20Беларусь%20границит,%3B%20Украиной%20-%20около%20108,4%20км) (дата обращения: 05.01.2021).

Индикатор ЭГП	Источник информации / порядок определения значения индикатора	Порядок расчета/нормализации значения индикатора
Плотность автомобильных и железных дорог в АТЕ, км/100 км <sup>2</sup> (автомобильных – g81, железных – g82, суммарная – g83)	Рассчитана на основе данных портала <i>OpenStreetMap</i> <sup>9</sup> . Векторные данные для <i>ArcGIS 10.4.1</i> по Республике Беларусь импортированы на портале <i>geofabrik.de</i> <sup>10</sup> . В <i>ArcGIS 10.4.1</i> векторные линии автомобильных и железных дорог были привязаны к АТЕ. Через инструмент «вычисление геометрии» найдена длина дорог внутри каждой АТЕ	1. Отдельно определялись плотность автомобильных и железных дорог в АТЕ на 100 км <sup>2</sup> площади территории. 2. Находилась суммарная плотность дорог в АТЕ как сумма плотностей автомобильных и железных дорог. 3. Значение суммарной плотности нормировалось по формуле (2)
Плотность судоходных рек в АТЕ, км/100 км <sup>2</sup> (g9)	Участки судоходных рек определены с использованием карты «Транспорт. Транспортная система» из атласа «География Беларуси» <sup>11</sup> . Протяженность судоходных участков рек по территории АТЕ рассчитана на основе публичной кадастровой карты Республики Беларусь с помощью инструмента «измерения (расстояние)» <sup>12</sup>	1. Определялась плотность судоходных рек в АТЕ на 100 км <sup>2</sup> площади территории. 2. Значение плотности нормировалось по формуле (2)
Протяженность международных магистральных нефте- и газопроводов, проходящих по территории АТЕ, км (g10)	Рассчитана в <i>ArcGIS 10.4.1</i> с помощью инструмента «измерить (измерить длину)» на основе карты «Транспорт. Транспортная система» из атласа «География Беларуси» <sup>13</sup>	Значение нормировалось по формуле (2)

Примечание. Разработано авторами.

<sup>9</sup>OpenStreetMap [Electronic resource]. URL: [www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org) (date of access: 11.01.2021).

<sup>10</sup>Download OpenStreetMap data for this region: Europe [Electronic resource]. URL: <http://download.geofabrik.de/europe.html> (date of access: 11.01.2021).

<sup>11</sup>Лотух П. С. География Беларуси [Карты] : атлас : учеб. пособие для 10-го кл. учреждений общ. сред. образования. Минск : Белкартография, 2016. 64 с.

<sup>12</sup>Публичная кадастровая карта Республики Беларусь [Электронный ресурс]. URL: <http://map.nca.by/map.html> (дата обращения: 05.01.2021).

<sup>13</sup>Лотух П. С. География Беларуси [Карты] : атлас : учеб. пособие для 10-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения. Минск : Белкартография, 2016. 64 с.



Таблица 2

Индикаторы уровня СЭР АТЕ

Table 2

Indicators of the level of SED ATU

Группа частных интегральных индикаторов	Индикаторы уровня СЭР
Индикаторы демографического развития	Темпы роста численности населения в результате естественного и миграционного движения
Индикаторы состояния рынка труда	Темпы роста численности занятых в экономике, соотношение численности занятых в экономике и численности населения в трудоспособном возрасте, уровень зарегистрированной безработицы, доля работников организаций, которые работали в режиме вынужденной неполной занятости, в среднем за месяц в численности занятых, доля работников организаций, находившихся в целодневном (целосменном) простое, в среднем за месяц в численности занятых
Индикаторы уровня доходов населения	Номинальная начисленная среднемесячная заработная плата, розничный товароборот на душу населения
Индикаторы экономического развития	Выручка от реализации продукции, товаров, работ, услуг на душу населения, количество организаций на 10 тыс. человек населения, количество малых организаций и микроорганизаций на 10 тыс. человек экономически активного населения, объем собственных доходов консолидированных бюджетов АТЕ на душу населения
Индикаторы комфортности среды проживания	Обеспеченность населения жильем в расчете на 1 жителя, количество нуждающихся в улучшении жилищных условий на 1 тыс. жителей, количество детей в учреждениях дошкольного образования в расчете на 1 учреждение, численность учащихся в дневных учреждениях общего среднего образования в расчете на 1 учителя, численность практикующих врачей на 10 тыс. человек населения, число зарегистрированных преступлений на 100 тыс. жителей, выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников на душу населения

Примечание. Разработано в Научно-исследовательском экономическом институте Министерства экономики Республики Беларусь под руководством Н. Г. Берченко с участием авторов.

Обсуждение результатов

Результаты корреляционного анализа взаимосвязи рассматриваемых индикаторов ЭГП АТЕ Республики Беларусь и среднего уровня их СЭР за период 2017–2019 гг. позволили установить статистически значимую прямую взаимосвязь расстояния от административного центра АТЕ до крупных экономических центров страны ( $g_2$ ; частный коэффициент корреляции равен 0,26 при  $p = 0,01$ ), площади территории АТЕ ( $g_5$ ; 0,21 при  $p = 0,03$ ), плотности автомобильных дорог в АТЕ ( $g_{81}$ ; 0,53 при  $p < 0,001$ ), суммарной плотности автомобильных и железных дорог в АТЕ ( $g_{83}$ ; 0,52 при  $p < 0,001$ ), протяженности международных магистральных нефте- и газопроводов, проходящих по территории АТЕ ( $g_{10}$ ; 0,19 при  $p < 0,05$ ), со средним уровнем их СЭР в 2017–2019 гг. (табл. 3).

Таким образом, сложившаяся к настоящему времени структура экономики большинства АТЕ страны, особенности регионального и межрегионального разделения труда обуславливают решающее влияние на уровень СЭР действия двух факторов:

- агломерационного эффекта, заключающегося в концентрации экономической активности в крупных экономических центрах на основе использования эффектов масштаба и разнообразия. Агломерационный эффект вызывает возникновение крупных сконцентрированных рынков сбыта и рабочей силы. Соответственно, чем ближе к этим рынкам находится АТЕ, тем больший положительный агломерационный эффект она получает. Это же обстоятельство объясняет значимость плотности автомобильных дорог как фактора СЭР, поскольку основной объем внутренних перевозок приходится на автомобильный транспорт, тогда как специализация железнодорожного транспорта – транзитные международные перевозки или доставка экспортных грузов в порты отгрузки;



• транзитного потенциала АТЕ, который в настоящем исследовании оценивается протяженностью международных магистральных нефте- и газопроводов, проходящих по ее территории. Анализ показывает наличие значимого влияния предприятий трубопроводного транспорта на рынки и уровень оплаты труда в АТЕ их функционирования. По нашему мнению, такой же эффект оказывает железнодорожный транспорт, но в силу централизации его организации в стране сложно количественно оценить эффект от транзитных перевозок на уровне АТЕ.

Таблица 3

Результаты корреляционного анализа взаимосвязи индикаторов ЭГП  
и уровня СЭР АТЕ Республики Беларусь

Table 3

The results of the correlation analysis of the relationship between the EGL indicators  
and the level of SED ATU of the Republic of Belarus

Индикатор ЭГП	g1	g2	g31	g32	g41	g42	g5	g6	g7	g81	g82	g83	g9	g10
Значение частного коэффициента корреляции	-0,13	0,26	0,17	0,14	-0,06	-0,04	0,21	0,09	0,11	0,53	-0,14	0,52	0,03	0,19
Значимость частного коэффициента корреляции ( <i>p</i> )	0,17	0,01	0,06	0,12	0,51	0,68	0,03	0,33	0,26	0,00	0,12	0,00	0,79	0,05

Примечание. Рассчитано авторами.

Интерес представляет наличие значимой положительной корреляции между площадью территории АТЕ и уровнем ее СЭР. С одной стороны, это можно объяснить взаимосвязью площади территории и емкости рынков АТЕ. С другой стороны, проведенные ранее авторами исследования показали, что оптимальный размер АТЕ имеет ограничения как снизу, так и сверху и находится в пределах от 1200 до 2950 км<sup>2</sup> [30].

Кластеризация исследуемых АТЕ по индикаторам ЭГП (кластеризация методом *k*-средних в пакете *R-Studio*) позволила выделить шесть кластеров территорий (рис. 1; табл. 4).

К кластерам с высокими значениями нормированных интегральных индикаторов ЭГП и СЭР относятся кластеры 1 (10 АТЕ) и 5 (17), средними значениями – кластеры 4 (45) и 6 (11), низкими значениями – кластеры 2 (11) и 3 (34).

Отдельные кластеры включают АТЕ, которые по сравнению со средними значениями по всей исследуемой совокупности (128 АТЕ) характеризуются:

- малым расстоянием между географическим и административным центрами АТЕ, малыми удаленностью от крупных экономических центров, площадью территории и протяженностью административных границ, высокой плотностью автомобильных и железных дорог (кластер 1) (города областного подчинения);
- низкой плотностью дорог и высокой плотностью судоходных рек, близкими к средним по всей совокупности АТЕ значениями остальных индикаторов ЭГП (кластер 2);
- большим расстоянием до крупных экономических центров, близостью расположения к трансъевропейским транспортным коридорам, удаленностью от морских портов и государственной границы, низкой плотностью дорог (кластер 3);
- удаленностью от трансъевропейских транспортных коридоров, близостью к морским портам, низкой плотностью железных дорог, близкими к средним по всей совокупности АТЕ значениями остальных индикаторов ЭГП (кластер 4);
- малой удаленностью от крупных экономических центров и трансъевропейских транспортных коридоров, большой площадью территории и протяженностью административных границ и магистральных трубопроводов, удаленностью от государственной границы (кластер 5);
- большим расстоянием между географическим и административным центрами АТЕ, удаленностью от трансъевропейских транспортных коридоров, большой площадью территории и протяженностью административных границ, наличием большого числа пунктов пропуска через государственную границу (кластер 6).

Обозначения кластеров

- Кластер 1
- Кластер 2
- Кластер 3
- Кластер 4
- Кластер 5
- Кластер 6
- Минск Областные центры и г. Минск
- О Районные центры
- Лидя Города с населением 80 тыс. человек и более

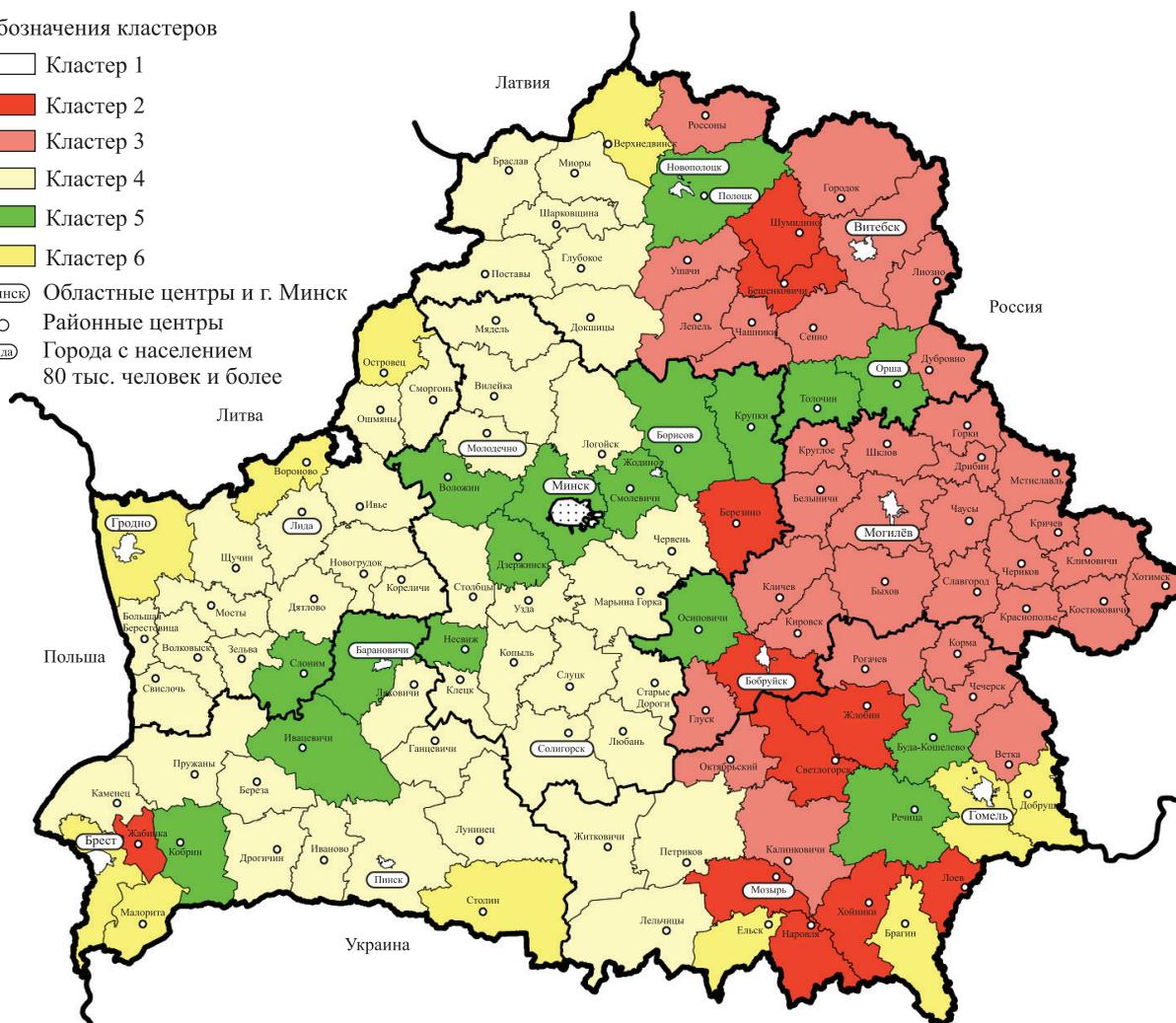


Рис. 1. Кластеризация АТЕ Республики Беларусь по величине индикаторов ЭГП  
Fig. 1. Clustering of ATU of the Republic of Belarus by the value of EGL indicators

С использованием нормированных к единице статистически значимых значений частных коэффициентов корреляции для индикаторов ЭГП (см. табл. 3) нами предложен интегральный показатель ЭГП АТЕ Республики Беларусь, который рассчитывается по формуле

$$I_{\text{ЭГП}} = 0,2184 g_2 + 0,1776 g_5 + 0,4486 g_8 + 0,1555 g_{10},$$

где  $g_2$  – нормированная величина среднего арифметического нормированных значений выручки от реализации и численности занятых, взвешенных на расстояние от административного центра АТЕ до крупных экономических центров;  $g_5$  – нормированная величина площади территории АТЕ;  $g_8$  – нормированная величина плотности автомобильных дорог в АТЕ;  $g_{10}$  – нормированная величина протяженности международных магистральных нефте- и газопроводов, проходящих по территории АТЕ.

Распределение АТЕ по уровню СЭР и интегральному показателю ЭГП, представленное на рис. 2, позволило установить следующее:

- имеет место очевидная прямая взаимосвязь между ЭГП и уровнем СЭР АТЕ;
- к АТЕ с высокими значениями интегрального показателя ЭГП преимущественно относятся крупные экономические центры и АТЕ, расположенные около крупных экономических центров (особенно это касается АТЕ, входящих в формирующуюся Минскую агломерацию); АТЕ, по территории которых проходят транспортные коридоры (наиболее выделяется цепь АТЕ, проходящая через территорию страны с северо-востока на юго-запад); АТЕ, имеющие общую границу со странами ЕС и Украиной;
- к АТЕ с низкими значениями интегрального показателя ЭГП преимущественно относятся АТЕ, занимающие периферийное положение относительно крупных экономических центров (особенно это касается АТЕ юго-восточного региона Могилёвской области и юга Гомельской области); АТЕ, находящиеся в глубине страны (ряд АТЕ Могилёвской, Витебской, Гомельской и Брестской областей); АТЕ, имеющие общую границу с Россией.

Средние нормированные к единице значения индикаторов ЭГП  
и СЭР кластеров АТЕ Республики Беларусь

Table 4

Average values of the EGL and SED indicators of ATU clusters  
of the Republic of Belarus normalised to unity

Номер кластера (число АТЕ в кластере)	Индикатор ЭГП										Интегральное значение ЭГП (I <sub>ЭГП</sub> )	Уровень СЭР за 2017–2019 гг. (Soc)				
	g1	g2	g31	g32	g41	g42	g5	g6	g7	g81			g82	g83	g9	g10
1 (10)	1,000	0,495	0,613	0,784	0,624	0,548	0,022	0,781	0,043	0,556	0,694	0,731	0,000	0,000	0,361	0,458
2 (11)	0,534	0,349	0,707	0,726	0,601	0,402	0,471	0,430	0,026	0,082	0,021	0,060	0,505	0,195	0,227	0,358
3 (34)	0,653	0,257	0,827	0,717	0,306	0,305	0,456	0,413	0,008	0,064	0,010	0,043	0,023	0,121	0,185	0,324
4 (45)	0,579	0,433	0,543	0,598	0,833	0,691	0,543	0,356	0,032	0,143	0,016	0,097	0,033	0,110	0,272	0,353
5 (17)	0,685	0,533	0,779	0,930	0,670	0,564	0,590	0,303	0,008	0,166	0,032	0,121	0,069	0,564	0,383	0,428
6 (11)	0,372	0,344	0,431	0,591	0,749	0,593	0,560	0,296	0,403	0,160	0,018	0,110	0,139	0,239	0,284	0,374
<b>Среднее по всем АТЕ</b>	<b>0,624</b>	<b>0,390</b>	<b>0,660</b>	<b>0,699</b>	<b>0,628</b>	<b>0,527</b>	<b>0,481</b>	<b>0,399</b>	<b>0,055</b>	<b>0,153</b>	<b>0,070</b>	<b>0,133</b>	<b>0,082</b>	<b>0,183</b>	<b>0,268</b>	<b>0,366</b>

Примечание. Рассчитано авторами.

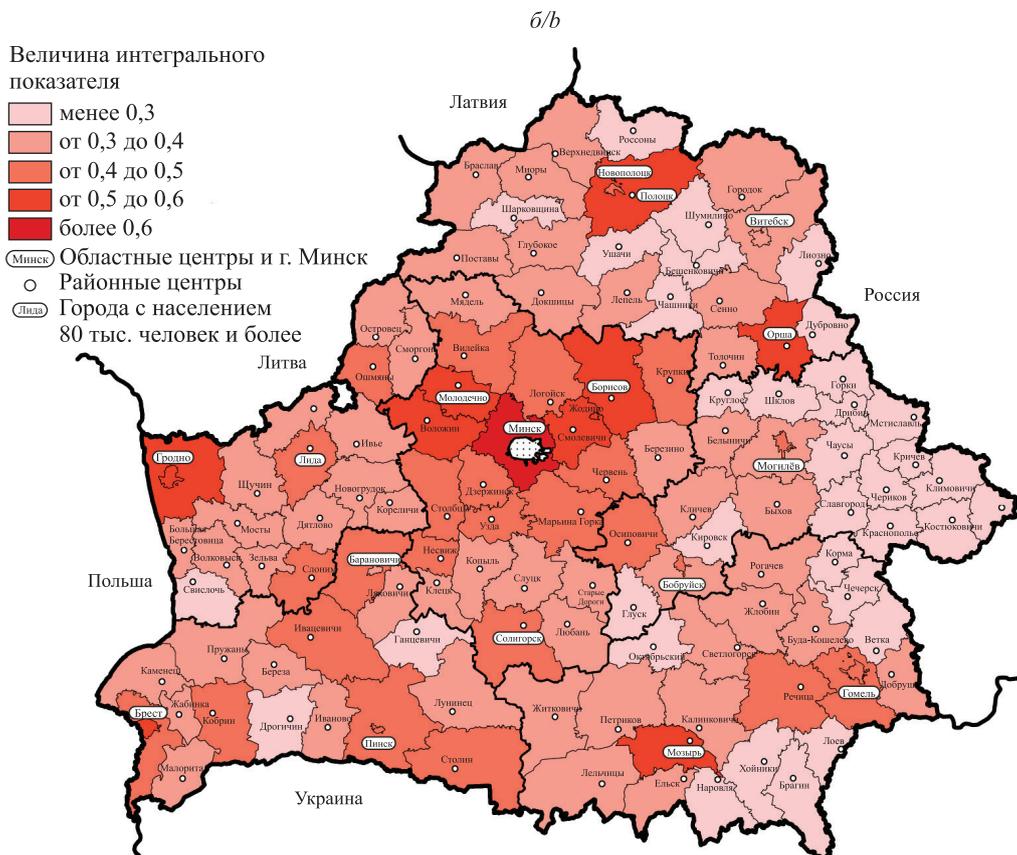
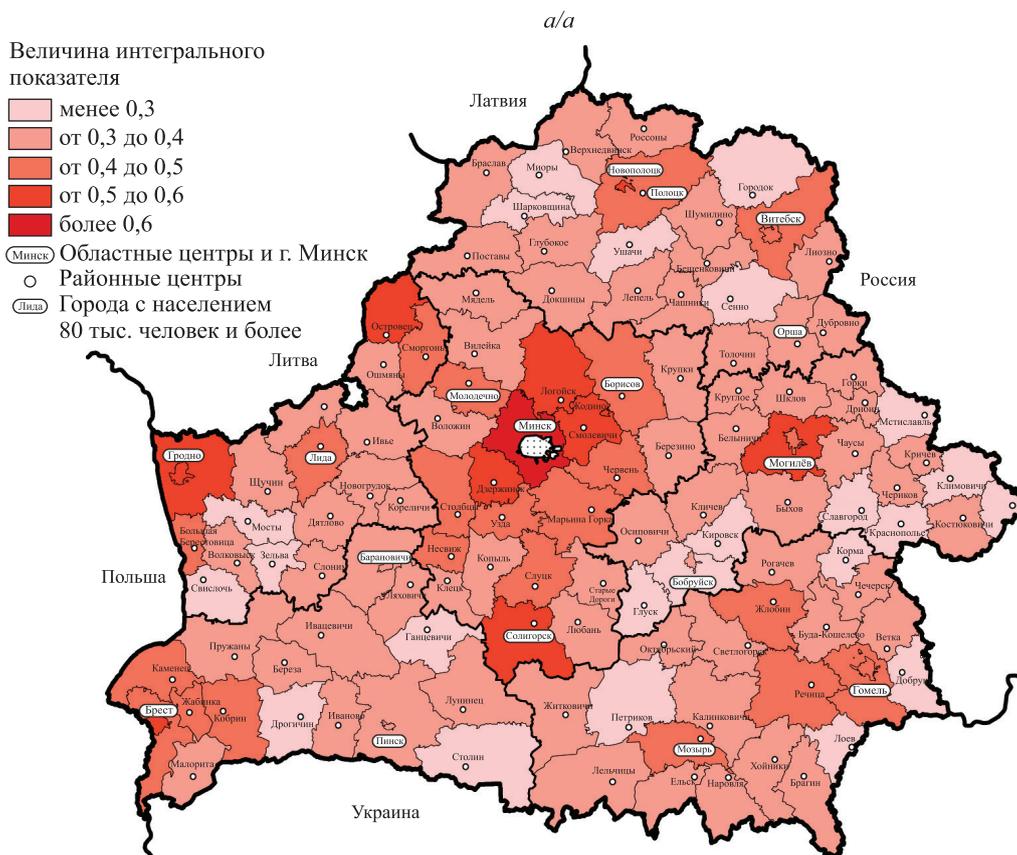


Рис. 2. Распределение АТЕ: а – по уровню СЭР (нормированное среднее значение за период 2017–2019 гг.); б – по интегральному показателю ЭГП (по состоянию на начало 2020 г.)

Fig. 2. Distribution of ATU: a – by the level of SED (normalised average value for the period 2017–2019); b – by the integral indicator of EGL (as of the beginning of 2020)



Регрессионный анализ зависимости уровня СЭР исследуемых АТЕ (Soc) от величины интегрального показателя ЭГП ( $I_{ЭГП}$ ) позволил установить статистически значимую линейную зависимость данных показателей, объясняющую 47 % вариации Soc ( $F$ -statistic = 113,6 при  $p < 0,001$ ). При увеличении  $I_{ЭГП}$  на 0,01 значение Soc возрастает на 0,0067 ( $t$ -statistic = 10,7 при  $p < 0,001$ ).

### Выводы и рекомендации

1. Установлена устойчивая статистически значимая прямая взаимосвязь ЭГП АТЕ Республики Беларусь с уровнем их СЭР. Определены ключевые в существующих условиях характеристики ЭГП АТЕ (положение относительно крупных экономических центров, площадь территории, плотность автомобильных дорог, протяженность международных магистральных нефте- и газопроводов, проходящих по территории АТЕ), на основе индикаторов величины которых разработан интегральный индикатор ЭГП АТЕ Беларуси.

2. Согласно значениям индикаторов ЭГП все АТЕ базового уровня Республики Беларусь разделены на шесть групп (кластеров). Определены ключевые отличия АТЕ каждой из групп от остальных АТЕ, которые могут быть положены в основу разработки дифференцированных мер государственной политики, направленных на СЭР исследуемых АТЕ с использованием их конкретных преимуществ, обусловленных ЭГП.

3. В целом для всей совокупности АТЕ базового уровня Республики Беларусь целесообразна реализация следующих ключевых мер, направленных на улучшение их ЭГП.

*Меры по сокращению расстояния между АТЕ и крупными экономическими центрами:*

- сократить количество АТЕ, периферийных по отношению к географическому и административному центрам регионов. Это возможно как на основе разукрупнения регионов в результате изменения административно-территориального деления, так и за счет выделения и развития внутриобластных экономических районов в форме территориальных хозяйственных комплексов (в Республике Беларусь их можно выделить около 20);

- придать крупным экономическим центрам более высокий административный статус (см. выше), а также сократить экономическое расстояние между ними. Это целесообразно осуществлять как путем увеличения количества названных центров (например, вследствие стимулирования развития городов с численностью населения более 80 тыс. человек и прилегающих к ним районов или территорий со специальными режимами ведения хозяйственной деятельности (индустриальный парк «Великий камень», ОЭЗ «Бремино-Орша» и др.)), так и посредством развития современных транспортных коммуникаций, прежде всего скоростного рельсового транспорта;

- использовать агломерационные эффекты для развития АТЕ, прилегающих к г. Минску (Минской агломерации) и областным центрам, путем развития городов-спутников, их умной специализации в рамках агломерации, создания единых транспортных сетей, выноса производств из центров агломераций на прилегающие территории и др.

*Меры по развитию сети автомобильных дорог в АТЕ, имеющих их недостаточную плотность* (это позволит увеличить экономическую активность и внутреннюю связность территорий, сократить транспортные издержки ведения хозяйственной деятельности):

- обеспечить в рамках реализации государственной программы «Транспортный комплекс» на 2021–2025 гг. необходимую приоритизацию строительства и ремонта автомобильных дорог;

- рассмотреть возможность строительства дополнительных мостовых переходов через крупные реки, прежде всего в южных и восточных регионах Беларуси (Припять, Днепр, Березина).

*Меры по развитию железнодорожных магистралей, магистрального трубопроводного транспорта и повышению его эффективности:*

- осуществить строительство магистрального трубопровода Гомель – Горки, который пройдет по Гомельскому, Буда-Кошелевскому, Чечерскому и Кормянскому районам Гомельской области, Чериковскому, Славгородскому и Кричевскому районам Могилёвской области. Это придаст названным районам импульс экономического развития, учитывая, что четыре из них относятся к отстающим;

- реализовывать эффективную тарифную политику, направленную на обеспечение загрузки магистральных нефте-, продукто- и газопроводов;

- продолжить работу по электрификации железнодорожных линий в целях увеличения веса грузовых поездов и скоростей движения, что повысит привлекательность страны как элемента транспортного коридора, создаваемого в рамках инициативы Китайской Народной Республики «Один пояс, один путь».

По нашему мнению, практическая реализация приведенных выше мер позволит улучшить ЭГП и на этой основе повысить уровень СЭР периферийных и отстающих АТЕ Беларуси, сократив таким образом дифференциацию регионов по уровню и качеству жизни населения.



## Библиографические ссылки

1. Трёшников АФ, редактор. Географический энциклопедический словарь. Понятия и термины. Москва: Советская энциклопедия; 1988. 432 с.
2. Баранский НН. Экономико-географическое положение. В: *Избранные труды. Становление советской экономической географии*. Москва: Мысль; 1980. с. 128–159.
3. Лейзерович ЕЕ. Базовые составляющие экономико-географического положения стран и районов. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2006;1:9–14.
4. Филобокова ЛЮ. Экономико-географическое положение региона и особенности методических подходов к управлению его развитием (на материалах Сахалинской области). *Государственный советник*. 2013;4:79–85.
5. Ханин СЕ. Экономико-географическое положение поселений: проблемы, модели (часть 1). *Вестник Московского университета. Серия 5. География*. 1994;2:3–9.
6. Бакланов ПЯ, Романов МТ. *Экономико-географическое и геополитическое положение Тихоокеанской России*. Владивосток: Дальнаука; 2009. 168 с.
7. Дронов ВП. Экономико-географическое положение как система рентных отношений. *Известия Российской Академии наук. Серия географическая*. 1993;2:109–113.
8. Соколов СН. Экономико-географическое положение Нижневартковского региона. *Вестник Нижневартковского государственного гуманитарного университета*. 2012;1:21–31.
9. Бабурин ВЛ, Земцов СП, Кидяева ВМ. Методика оценки потенциала экономико-географического положения городов России. *Вестник Московского университета. Серия 5. География*. 2016;1:39–45.
10. Космачев КП. *Географическая экспертиза (методологические аспекты)*. Новосибирск: Наука; 1981. 112 с.
11. Блануца ВИ. Экономико-географическое положение: обобщение концептуальных установок и генерация новых смыслов. *География и природные ресурсы*. 2015;4:7–16.
12. Бакланов ПЯ. Тихоокеанская Россия: географические и геополитические факторы развития. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2015;5:8–19. DOI: 10.15356/0373-2444-2015-5-8-19.
13. Спикмэн НДж. География и внешняя политика. Часть вторая. [Грачев МН, переводчик]. *Известия Тульского государственного университета. Гуманитарные науки*. 2014;4(1):171–182.
14. Потапов ИА. Оценка транспортно-географического положения Соловецких островов для целей туризма. *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки*. 2015;1:29–37.
15. Соколов СН. Оценка потенциала экономико-географического положения городов и агломераций Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. В: *Мозаика городских пространств: экономические, социальные, культурные и экологические процессы. Сборник материалов Всероссийской научной конференции; 27–29 ноября 2015 г.; Москва, Россия*. Москва: Географический факультет МГУ; 2016. с. 138–144.
16. Морковкин ДЕ, Умнов ВА, Шманев СВ. Современные проблемы и траектории социально-экономического развития региона (на примере Самарской области). *Вестник ОрелГИЭТ*. 2018;4:99–107.
17. Антипова ЕА, Шавель АН, Запрудский ИИ. Экономико-географические и социально-экономические различия регионов Республики Беларусь как основа совершенствования административно-территориального деления. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2019;1:3–21. DOI: 10.33581/2521-6740-2019-1-3-21.
18. Козловская ЛВ. Регионы Беларуси: потенциал и факторы интенсификации социально-экономического развития. *Вестник БГУ. Серия 2. Химия. Биология. География*. 2011;3:97–101.
19. Тетеринец ТА, Чиж ДА. Дифференциация социально-экономического развития областей Беларуси. *Экономический вестник университета*. 2015;25(1):131–137.
20. Ткаченко ГГ. Экономико-географическое положение как фактор интеграции субъектов Дальнего Востока России со странами Северо-Восточной Азии. *Региональные исследования*. 2014;3:42–50.
21. Земцов СП, Бабурин ВЛ. Оценка потенциала экономико-географического положения регионов России. *Экономика региона*. 2016;12(1):117–138. DOI: 10.17059/2016-1-9.
22. Соколов АА, Руднева ОС. Потенциал экономико-географического положения крупных городов степной зоны России. *Вестник Омского университета. Серия: Экономика*. 2019;17(4):149–155.
23. Безруков ЛА. Экономико-географическое положение Сибири в России и мире. *География и природные ресурсы*. 2014;3:5–15.
24. Семина ИА. «Транспортно-географическое положение» в региональных исследованиях. *Проблемы региональной экологии*. 2011;4:131–137.
25. Безруков ЛА, Дашилов ЦБ. Транспортно-географическое положение микрорегионов Сибири: методика и результаты оценки. *География и природные ресурсы*. 2010;4:5–13.
26. Смирнов ИП, Ткаченко АА. Опыт оценки экономико-географического положения городов Центральной России. *Известия Русского географического общества*. 2015;147(5):49–57.
27. Топчиев АГ. Концепция экономико-географического положения: методологические и методические аспекты. В: Шоцкий ВП, редактор. *Природно-хозяйственные комплексы Восточной Сибири*. Иркутск: Издательство Иркутского университета; 1983. с. 3–11.
28. Шувалов ВЕ. Концептуальные проблемы развития отечественной районной школы социально-экономической географии. *Вестник Московского университета. Серия 5. География*. 2005;1:13–24.
29. Блануца ВИ. Почтово-географическое положение: понятие, алгоритм измерения (на примере почтовой сети Сибири начала XX века). *География и природные ресурсы*. 2010;4:14–22.
30. Драгун НП, Гнедько НЮ. Исследования параметров территорий Республики Беларусь с использованием логистической регрессии и алгоритма «случайного леса». В: Кравцов МК, редактор. *Экономика, моделирование, прогнозирование. Выпуск 14*. Минск: НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь; 2020. с. 224–235.



## References

1. Treshnikov AF, editor. *Geograficheskii entsiklopedicheskii slovar'. Ponyatiya i terminy* [Geographical encyclopedic dictionary. Concepts and terms]. Moscow: Sovetskaya entsiklopediya; 1988. 432 p. Russian.
2. Baranskii NN. [Economic and geographical location]. In: *Izbrannye trudy. Stanovlenie ekonomicheskoi geografii* [Selected works. Formation of economic geography]. Moscow: Mysl'; 1980. p. 128–159. Russian.
3. Lejzerovich EE. Basic components of economic-geographical position of the countries and regions. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2006;1:9–14. Russian.
4. Filobokova LIu. Economic and geographical position of the region and of the specific methodological approaches to the management of its development (on the material of the Sakhalin region). *The State Counsellor*. 2013;4:79–85. Russian.
5. Khanin SE. Economic-geographical position of settlements: problems and models (part I). *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya*. 1994;2:3–9. Russian.
6. Baklanov PYa, Romanov MT. *Ekonomiko-geograficheskoe i geopoliticheskoe polozhenie Tikhookeanskoi Rossii* [Economic-geographical and geopolitical position of Pacific Russia]. Vladivostok: Dal'nauka; 2009. 168 p. Russian.
7. Dronov VP. [Economic and geographical position as a system of rental relations]. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 1993;2:109–113. Russian.
8. Sokolov SN. Economic and geographical position of Nizhnevartovsk region. *Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo gumanitarnogo universiteta*. 2012;1:21–31. Russian.
9. Baburin VL, Zemtsov SP, Kidyayeva VM. Methodology of evaluating the potential of the economic-geographical position of Russia's towns. *Moscow University Bulletin. Series 5. Geography*. 2016;1:39–45. Russian.
10. Kosmachev KP. *Geograficheskaya ekspertiza (metodologicheskie aspekty)* [Geographic expertise (methodological aspects)]. Novosibirsk: Nauka; 1981. 112 p. Russian.
11. Blanutsa VI. [Economic-geographical location: generalization of conceptual frameworks and generation of new meanings]. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2015;4:7–16. Russian.
12. Baklanov PYa. Pacific Russia: geographical and geopolitical factors of development. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2015;5:8–19. Russian. DOI: 10.15356/0373-2444-2015-5-8-19.
13. Spykman NJ. Geography and foreign policy. Part two. [Grachev MN, translator]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Gumanitarnye nauki*. 2014;4(1):171–182. Russian.
14. Potapov IA. Estimate of transport and geographical location of the Solovetsky Islands for tourism. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*. 2015;1:29–37. Russian.
15. Sokolov SN. [Assessment of the potential of the economic and geographical position of cities and agglomerations of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra]. In: *Mozaika gorodskikh prostranstv: ekonomicheskie, sotsial'nye, kul'turnye i ekologicheskie protsessy. Sbornik materialov Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii; 27–29 noyabrya 2015 g.: Moskva, Rossiya* [Mosaic of urban spaces: economic, social, cultural and ecological processes. Collection of materials of the All-Russian scientific conference; 2015 November 27–29; Moscow, Russia]. Moscow: Faculty of geography, Lomonosov Moscow State University; 2016. p. 138–144. Russian.
16. Morkovkin DE, Umnov VA, Shmanev SV. Modern problems and trajectories of socio-economic development of region (on the example of Samara region). *OrelSIET Bulletin*. 2018;4:99–107. Russian.
17. Antipova EA, Shavel AN, Zaprudskij II. Economic and geographical and socio-economic differences of regions of the Republic of Belarus as a basis for improvement of administrative-territorial division. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2019;1:3–21. Russian. DOI: 10.33581/2521-6740-2019-1-3-21.
18. Kozlovskaja LV. [Regions of Belarus: potential and factors of intensifying socio-economic development]. *Vestnik BGU. Seriya 2. Khimiya. Biologiya. Geografiya*. 2011;3:97–101. Russian.
19. Tsetsyarynets TA, Chyzh DA. Differential of social and economic development of areas of Belarus. *University Economic Bulletin*. 2015;25(1):131–137. Russian.
20. Tkachenko GG. Economic-geographical situation as a factor of integration of federal subjects of the Russian Far East with the countries of Northeast Asia. *Regional'nye issledovaniya*. 2014;3:42–50. Russian.
21. Zemtsov SP, Baburin VL. Assessing the potential of economic-geographical position for Russian regions. *Economy of Region*. 2016;12(1):117–138. Russian. DOI: 10.17059/2016-1-9.
22. Sokolov AA, Rudneva OS. Potential of economic and geographical location of large cities of the steppe zone of Russia. *Herald of Omsk University. Series: Economics*. 2019;17(4):149–155. Russian.
23. Bezrukov LA. [Economic and geographical position of Siberia in Russia and the world]. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2014;3:5–15. Russian.
24. Semina IA. [«Transport and geographical position» in regional studies]. *Problemy regional'noi ekologii*. 2011;4:131–137. Russian.
25. Bezrukov LA, Dashpilov TsB. [Transport-geographical position of Siberian microregions: methodology and results of assessment]. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2010;4:5–13. Russian.
26. Smirnov IP, Tkachenko AA. Economic-geographical position of cities in Central Russia. *Proceedings of the Russian Geographical Society*. 2015;147(5):49–57. Russian.
27. Topchiev AG. [The concept of economic and geographical location: methodological and methodological aspects]. In: Shostkii VP, editor. *Prirodno-khozyaistvennye komplekсы Vostochnoi Sibiri* [Natural and economic complexes of Eastern Siberia]. Irkutsk: Izdatel'stvo Irkutskogo universiteta; 1983. p. 3–11. Russian.
28. Shuvalov VE. [Conceptual problems of development of the Russian school of regionalization in social economic geography]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya*. 2005;1:13–24. Russian.
29. Blanutsa VI. [Postal and geographical position: concept, measurement algorithm (on the example of the postal network of Siberia at the beginning of the 20<sup>th</sup> century)]. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2010;4:14–22. Russian.
30. Drahun M, Hnedzko M. Study of the territories parameters of the Republic of Belarus using logistic regression and the «random forest» algorithm. In: Kravtsov MK, editor. *Ekonomika, modelirovanie, prognozirovanie. Vypusk 14* [Economics, modeling, forecasting. Issue 14]. Minsk: Nauchno-issledovatel'skii ekonomicheskii institut Ministerstva ekonomiki Respubliki Belarus'; 2020. p. 224–235. Russian.

Статья поступила в редколлегию 20.10.2020.  
Received by editorial board 20.10.2020.



## СТРУКТУРА И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛАНДШАФТОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ПРИПЯТСКИЙ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Г. И. МАРЦИНКЕВИЧ<sup>1)</sup>, Н. В. ГАГИНА<sup>1)</sup>, Д. М. КУРЛОВИЧ<sup>1)</sup>, О. М. КОВАЛЕВСКАЯ<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Рассмотрены новые подходы к изучению структуры природных ландшафтов, выявлению типичных и редких ландшафтов Национального парка «Припятский» и их картографированию с использованием ГИС-технологий, позволяющих создавать цифровые ландшафтные карты. Актуальность работы заключается в составлении первых цифровых карт для Национального парка «Припятский», которые могут быть использованы для расширения сети экологических маршрутов, увеличения количества объектов, доступных для осмотра туристами, мониторинга лесов и болот. Созданная цифровая ландшафтная карта отражает иерархические уровни рода и вида ландшафтов, а также показывает территориальное распространение видов урочищ, которые выделяются в масштабе 1 : 100 000. Выявленные типичные ландшафты Национального парка «Припятский» являются репрезентативными для Полесской ландшафтной провинции и отражают ее региональные особенности, а редкие встречаются только в этом регионе и подчеркивают его индивидуальность. Картографирование ландшафтов особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Республики Беларусь с использованием ГИС-технологий впервые апробировано на примере Березинского биосферного заповедника и национальных парков «Нарочанский», «Браславские озера», «Беловежская пушка». Цифровая карта ландшафтов Национального парка «Припятский», которая отражает территориальное распространение 4 родов, 19 видов ландшафтов и 3 видов урочищ, способствовала уточнению границ ландшафтных выделов и выступила основой для выделения типичных и редких ландшафтов, что особенно важно для выявления сохранившихся естественный облик редких ландшафтов, имеющих особую природоохранную ценность и нуждающихся в соответствующей охране. Цифровая карта типичных и редких ландшафтов показывает, что в границах парка широко представлены типичные для Полесского региона виды озерно-болотных и аллювиальных террасированных ландшафтов, редкие ландшафты приурочены к пойменному ландшафту р. Припяти с грядистым рельефом, старичными озерами, пойменными дубравами и высокотравными лугами. Цифровые карты позволили выявить сложную структуру ландшафтов, обнаружить не только типичные и редкие ландшафты, но и уникальные объекты в ранге урочищ и тем самым показать более разнообразную ландшафтную структуру парка, чем это отражено на Ландшафтной карте Республики Беларусь (2014).

### Образец цитирования:

Марцинкевич ГИ, Гагина НВ, Курлович ДМ, Ковалевская ОМ. Структура и картографирование ландшафтов Национального парка «Припятский» с использованием геоинформационных технологий. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2021; 1:65–74.  
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-1-65-74>

### For citation:

Martsinkevich GI, Hahina NV, Kurlovich DM, Kovalevskaya OM. Structure and mapping of landscapes of the Pripjatsky National Park using geoinformation technologies. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2021;1:65–74. Russian.  
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-1-65-74>

### Авторы:

**Галина Иосифовна Марцинкевич** – доктор географических наук, профессор; научный консультант научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики.

**Наталья Владимировна Гагина** – кандидат географических наук, доцент; заведующий кафедрой географической экологии факультета географии и геоинформатики.

**Дмитрий Мирославович Курлович** – кандидат географических наук, доцент; декан факультета географии и геоинформатики.

**Ольга Михайловна Ковалевская** – старший преподаватель кафедры почвоведения и геоинформационных систем факультета географии и геоинформатики.

### Authors:

**Galina I. Martsinkevich**, doctor of science (geography), full professor; scientific consultant at the laboratory of landscape ecology, faculty of geography and geoinformatics.

[halinamar@mail.ru](mailto:halinamar@mail.ru)

**Natalia V. Hahina**, PhD (geography), docent; head of the department of geographical ecology, faculty of geography and geoinformatics.

[nata-gagina@yandex.ru](mailto:nata-gagina@yandex.ru)

**Dzmitry M. Kurlovich**, PhD (geography), docent; dean of the faculty of geography and geoinformatics.

[kurlovich@bsu.by](mailto:kurlovich@bsu.by)

**Olga M. Kovalevskaya**, senior lecturer at the department of soil science and geographic information systems, faculty of geography and geoinformatics.

[kovalevskaya-o@mail.ru](mailto:kovalevskaya-o@mail.ru)





**Ключевые слова:** национальный парк; типичные ландшафты; редкие ландшафты; геоинформационные технологии; картографирование ландшафтов; цифровые карты.

## STRUCTURE AND MAPPING OF LANDSCAPES OF THE PRIPYATSKY NATIONAL PARK USING GEOINFORMATION TECHNOLOGIES

G. I. MARTSINKEVICH<sup>a</sup>, N. V. HAHINA<sup>a</sup>, D. M. KURLOVICH<sup>a</sup>, O. M. KOVALEVSKAYA<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: N. V. Hahina (nata-gagina@yandex.ru)

The article considers new approaches to the study of the structure of natural landscapes, the identification of typical and rare landscapes of Prip'yatsky National Park and their mapping using GIS-technologies that allow the creation of digital landscape maps. The relevance of the work is to create the first digital maps for the Prip'yatsky National Park, which can be used to expand the network of ecological routes, increase the number of objects of inspection of the territory by tourists, monitoring forests and swamps. The created digital landscape map reflects the hierarchical levels and structure of natural complexes in the rank of genera, species and tracts, as well as the principles of their selection, which correspond to scientific approaches to the classification of landscapes of the Belarusian school of landscape studies. As a result, the main factor of the selection of genera is the genesis, species – the nature of relief, tracts – features of relief and soil-vegetation cover. The mapping of landscapes of specially protected natural areas (SPNA) of the Republic of Belarus using GIS-technologies was first tested on the example of the Berezinsky Biosphere Reserve and three national parks (Narochansky, Braslavskie Oзера, Belovezhskaya Pushcha). The digital landscape map of the Prip'yatsky National Park, which illustrates the territorial distribution of 4 genera, 19 types of landscapes and 3 types of tracts, helped to clarify the boundaries of landscape units and served as the basis for identifying typical and rare landscapes, which is especially important for identifying rare landscapes that have preserved their natural appearance and have a special nature conservation value and in need of special protection. A digital map of typical and rare landscapes shows that within the boundaries of the park are widely represented species of lake-swamp and alluvial terraced landscapes, typical for the Polesie region, rare landscapes are confined to the floodplain landscape of the Prip'yat River with ridged relief, old lakes, floodplain oak forests and tall grass meadows. In general, the identified typical landscapes of the Prip'yatsky National Park are representative of the Polesie landscape province and reflect its regional features, and rare ones are found only in this region and emphasise its individuality. Digital maps made it possible to reveal the complex structure of landscapes, to discover not only typical and rare landscapes, but also unique objects in the rank of a natural boundary, and thereby show a more diverse landscape structure of the park than is reflected in the Landscape map of the Republic of Belarus (2014).

**Keywords:** national park; typical landscape; rare landscape; geoinformation technologies; landscape mapping; digital maps.

### Введение

В 1872 г. в Соединенных Штатах Америки был создан Йеллоустонский национальный парк, который стал первым в мире охраняемым объектом, положившим начало природоохранному делу на государственном уровне. Вскоре государственные национальные парки появились в ряде других стран: Канаде (Банф (1885)), Австралии (Белэр (1891), Тауэр-Хилл (1892)), Новой Зеландии (Тонгариро (1894)) [1; 2]. В Европе первый национальный парк (Сарек, Швеция) основан в 1909 г. [3]. В это время национальные парки создавались в целях комплексной охраны всей отведенной для них территории.

В XX в. охрана природы и ее ресурсов постепенно становится проблемой первостепенной важности, а во второй половине века приобретает глобальный характер. Подавляющее большинство охраняемых территорий и объектов Европы образованы в XX в., тогда же сформулирована их цель – охрана и устойчивое использование биологического и ландшафтного разнообразия. Приоритетным направлением для тысяч появившихся в течение прошлого столетия особо охраняемых природных территорий (ООПТ) был комплексный подход к их охране и устойчивому использованию, а объектами охраны становились природные достопримечательности регионов, в том числе природные ландшафты. К настоящему времени в Европе создано около 6 тыс. охраняемых территорий (11 % площади), предложена их классификация, определены границы и режимы охраны. В этот же период важную роль в деле охраны природы начинают играть международные организации – Международный союз охраны природы и природных



ресурсов (МСОП) и ЮНЕСКО, а также фонды, в первую очередь Глобальный экологический фонд (ГЭФ). При их участии создана Всемирная сеть биосферных резерватов, функционирует система Рамсарских водно-болотных угодий, формируются трансграничные охраняемые территории. Сменились и концептуальные задачи охраняемых территорий: основной базовой территориальной единицей их охраны становится природный ландшафт, а его структура, свойства, устойчивость и другие особенности – предметом научных исследований, оценки и картографирования. Европейская конвенция о ландшафтах закрепила необходимость и важность охраны, восстановления и устойчивого использования ландшафтов для выполнения ими средообразующих и ресурсосберегающих функций<sup>1</sup>.

В европейских странах большое внимание уделяется функционированию, результативности работы и структуре охраняемых территорий, которые разделяются на пять категорий: научный резерват, национальный парк, памятник природы, природный резерват, охраняемый ландшафт [3]. Все они различаются размером территории, целями и функциями охраны. Наиболее крупными размерами территории характеризуются национальные парки, основными функциями которых являются ресурсосберегающие, средообразующие, музейные и эколого-просветительские. Из 6 тыс. охраняемых объектов на долю национальных парков в Европе приходится только 280, однако именно они привлекают самое большое количество туристов. Поэтому в научных публикациях активно обсуждаются такие проблемные вопросы, как осуществление ландшафтного анализа и изучение ресурсного потенциала национальных парков дистанционными методами [4], их планирование [5], менеджмент и мониторинг [6], принципы и оценки устойчивого развития ландшафтов для сохранения благоприятной среды обитания человека и др. [7–9]. В целом национальные парки Европы рассматриваются как природный капитал, особо ценные и важные объекты для охраны окружающей среды и нормального функционирования человеческого сообщества.

В Республике Беларусь система ООПТ создана в XX в. Их структура представлена заповедниками, национальными парками, заказниками и памятниками природы. Выбор природных территорий для объявления ООПТ должен соответствовать ряду общих и специальных критериев, в перечень которых включено наличие типичных и редких природных ландшафтов, типичных и редких биотопов, общая доля которых должна составлять не менее 50 % от площади национального парка. Это требует критического осмысления сложившейся практики учета ландшафтного разнообразия ООПТ, выработки новых методических подходов и технологий для создания ландшафтных карт, что рассмотрено на примере Национального парка «Припятский».

Целью и задачами работы было выявление ландшафтной структуры, в том числе редких и типичных ландшафтов национального парка, их картографирование с применением ГИС-технологий для устойчивого рекреационного использования, мониторинга и охраны.

### **История формирования, материалы и методика исследований парка**

Национальный парк «Припятский» создан в 1996 г. в результате реорганизации Припятского государственного ландшафтно-гидрологического заповедника, основанного в 1969 г. в целях сохранения в естественном состоянии ландшафтных и гидрологических особенностей Белорусского Полесья в условиях широкого развертывания осушительных мелиораций. В настоящее время главной целью парка является сохранение биологического и ландшафтного разнообразия Полесья, организация экологического туризма.

Исследования состояния природных компонентов этой территории стали активно проводиться с 1970-х гг. и были направлены на изучение уровня грунтовых вод, состояния почвенного покрова, флоры и растительности заповедника, млекопитающих, орнитофауны и герпетофауны. Результаты ландшафтных исследований представлены в работе [10], в которой комплексное описание природных условий сопровождалось первой ландшафтной схемой, составленной для этой территории. На ней выделены девять групп ландшафтных комплексов, которые с определенной степенью допущения сопоставимы с видами ландшафтов. К недостаткам данной схемы следует отнести отсутствие в ландшафтной характеристике генезиса четвертичных отложений и особенностей почвенного покрова.

После преобразования заповедника в Национальный парк «Припятский» на его территории в начале XXI в. проведены ландшафтные исследования, в результате которых создана ландшафтная карта масштаба 1 : 50 000 с выделением родов и видов [11]. Роды выделялись с учетом генезиса четвертичных отложений и типов рельефа, виды – исходя из характера мезорельефа и особенностей почвенно-растительного покрова. В ранге рода были выделены водно-ледниковые, аллювиальные террасированные, пойменные, болотные ландшафты, в пределах которых определены 40 видов. Принцип

<sup>1</sup>European Landscape Convention (Florence, 2000 October 20) / Council of Europe. Strasbourg : Council of Europe Publishing, 2000. (European treaty series; No. 176).



построения легенды этой карты отвечал критериям выделения основных классификационных единиц ландшафтов Беларуси, и рассмотренные выше материалы вошли в состав плана<sup>2</sup> управления национальным парком 2012 г.

Изучение опыта ландшафтного картографирования Национального парка «Припятский», как и других ООПТ Беларуси и Российской Федерации, показало, что при составлении ландшафтных карт используются существенно различающиеся авторские методики. Например, на картах серии публикаций «Заповедники СССР» природные комплексы ООПТ часто иллюстрировались схемами геоморфологических комплексов, видов земель, геоботанических комплексов. Для ряда ООПТ приводились и ландшафтные схемы, но с разными подходами к выделению классификационных единиц [12; 13].

Во многом сходная ситуация характерна и для современного этапа ландшафтного картографирования ООПТ Беларуси<sup>3</sup>. Отсутствие единых методических подходов к картографированию ландшафтов сделало невозможным сопоставление полученных результатов исследований между собой. Более того, разницей в создании ландшафтных карт и их условных знаков стал противоречить принятым в 2014 г. Правилам выделения и охраны типичных и редких биотопов, типичных и редких природных ландшафтов (ТКП 17.12-06-2014)<sup>4</sup>. Сложившаяся ситуация не позволяла решить задачу создания единого информационного пространства, объединяющего результаты крупномасштабных исследований отдельных территорий и среднемасштабных исследований ландшафтов, выполненных для всей территории Беларуси в масштабах 1 : 600 000 и 1 : 500 000 и представленных на опубликованных картах<sup>5</sup>.

В связи с этим актуальным стало решение о создании цифровых ландшафтных карт всех национальных парков Беларуси в масштабе 1 : 100 000 по унифицированной методике, сочетающей научные подходы белорусской школы ландшафтоведения, требования, закрепленные в ТКП 17.12-06-2014 Республики Беларусь, и современные ГИС-технологии.

Разработка геоинформационных систем национальных парков и Березинского биосферного заповедника началась с 2010 г. и в настоящее время представляет собой единую сеть с локальными ГИС-узлами комплексной автоматизированной справочной системы. Данная система создана в целях повышения эффективности принятия решений по управлению деятельностью ООПТ, организации единого информационного пространства. Она состоит из аппаратного и программного обеспечения, а также цифровых данных. Аппаратная часть представлена серверами и настольными персональными компьютерами, программная часть базируется на программном обеспечении фирмы *Esri*. В ее состав входит портално-серверное обеспечение *ArcGIS for Server Advanced Enterprise*, настольное обеспечение *ArcGIS for Desktop*, а также доступ с использованием браузера.

Цифровые данные представлены в виде унифицированных баз геоданных, которые разделены на географический, биологический, инфраструктурный, хозяйственный тематические блоки. Обязательным элементом географического блока являются цифровые ландшафтные карты, которые составляются на основе цифровых отраслевых карт по методике, наиболее детально изложенной в работах [14; 15]. При этом был учтен опыт создания тематических цифровых карт природных компонентов [16].

Цифровые ландшафтные карты представляют собой систему послойного отображения общегеографической, тематической покомпонентной и специальной информации, выполненной в разных масштабах (от 1 : 50 000 до 1 : 200 000). В качестве базовой принята проекционная система координат WGS 1984 UTM zone 35N. Все общегеографические и тематические пространственные данные привязаны к системе координат, в среде ГИС произведена оцифровка материалов, представленных в растровом виде, для их взаимного векторного ГИС-анализа.

<sup>2</sup>План управления Национальным парком «Припятский» : в 2 кн. Кн. 1 / НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам ; науч. рук. М. Е. Никифоров ; отв. исполн. Н. А. Юргенсон. Минск, 2012. 360 с.

<sup>3</sup>Создание трансграничной особо охраняемой природной территории «Аугшдаугава – Браславские озера» и формирование предпосылок для управления единой территорией : отчет о НИР в рамках проекта LLB-2-258 : в 2 кн. Кн. 1. Констатирующая часть / НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам ; координатор проекта В. В. Устин. Минск, 2014. 296 с.

<sup>4</sup>Охрана окружающей среды и природопользование. Территории. Растительный мир. Правила выделения и охраны типичных и редких биотопов, типичных и редких природных ландшафтов : ТКП 17.12-06-2014 (02120). Введ. 01.08.2014. Минск : Минприроды, 2014. V, 100 с.

<sup>5</sup>Ландшафтная карта Белорусской ССР [Карты] / сост. и подгот. к печати ф-кой № 2 ГУГК в 1983 г. ; ред. Г. В. Вешнякова ; науч. ред. А. Г. Исаченко ; спец. содерж. разработ. Н. К. Клицунова [и др.]. 1 : 600 000, 6 км в 1 см. М. : Гл. упр. геодезии и картографии, 1984. 1 к. (2 л.) : цв., текст, доп. карта ; 104 × 71 см. 4500 экз. ; Республика Беларусь. Ландшафтная карта [Карты] : учеб. нагляд. пособие для учреждений высш. образования / сост. и подгот. к печати РУП «Белкартография» в 2013 г. ; ред. Ю. М. Нестеровская ; авт. спец. содерж. : Г. И. Марцинкевич, И. И. Счастливая, И. П. Усова. 1 : 500 000, 5 км в 1 см. Минск : Белкартография, 2015. 1 к. : цв. ; 122 × 153 см. 38 экз.



Методика построения цифровых карт ООПТ включает сбор и обработку материалов, выбор территориальных операционных единиц, обоснование принципов выделения границ ландшафтов для разных классификационных ступеней, создание информационной базы данных и ее визуализацию, в том числе прорисовку векторных границ ландшафтов, создание атрибутов, картометрические расчеты, разработку окончательного варианта легенды, компоновку и дизайн карт.

Выделение ландшафтных единиц картографирования зависит от масштаба исследований. При картографировании в масштабе 1 : 100 000 основными территориальными единицами определены виды ландшафтов, которые выделяются с учетом особенностей форм мезорельефа. Границы ландшафтов, соответствующие классификационной единице «род ландшафтов», уточнены в соответствии с картой четвертичных отложений, виды различаются по детализации рельефа и почвенно-растительного покрова. Кроме того, масштаб исследования позволяет выполнить картографирование более мелких комплексов в ранге видов урочищ, отражающих особенности и своеобразие морфологического строения ландшафтов. В результате созданная цифровая ландшафтная карта Национального парка «Припятский» масштаба 1 : 100 000 отражает иерархические уровни рода и вида ландшафтов, а также показывает территориальное распространение видов урочищ, которые выделяются в данном масштабе.

При создании цифровой карты редких и типичных ландшафтов из границ природного ландшафта были исключены антропогенно трансформированные участки, такие как земли под дорогами и застройкой, сельскохозяйственные пахотнопригодные, улучшенные луговые, занятые многолетними насаждениями и ягодниками, осушенные земли, определяемые по данным земельно-информационной системы Республики Беларусь. В границах выдела редкого или типичного ландшафта к природным отнесены только те его участки, которые заняты естественной древесно-кустарниковой, луговой или болотной растительностью.

В целом разработанная методика создания цифровых ландшафтных карт Национального парка «Припятский» основана на традиционных подходах белорусской ландшафтной школы, современных требованиях нормативных правовых актов, ГИС-технологиях.

### Результаты исследований и их обсуждение

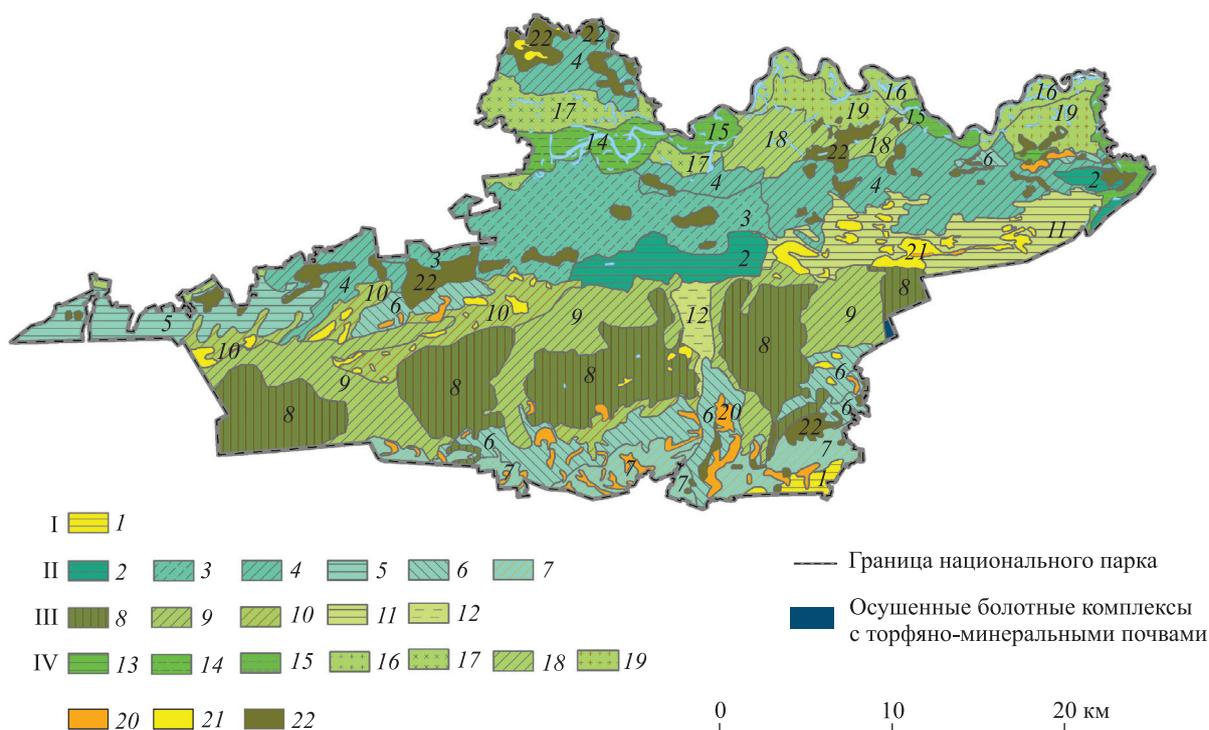
В соответствии с ландшафтным районированием Беларуси Национальный парк «Припятский» располагается в пределах Полесской ландшафтной провинции и отличается высоким уровнем залесенности, заболоченности и самым высоким удельным весом сохранности природных ландшафтов среди всех охраняемых территорий в республике<sup>6</sup>.

В границах парка четко обособляются пойменные, аллювиальные террасированные, озерно-болотные и водно-ледниковые ландшафты в ранге рода. Каждый из них занимает значительные пространства, что предопределяет возможность появления внутри рода различий в рельефе, почвенном и растительном покрове. С учетом этого произведено вычленение более мелких комплексов (видов ландшафтов и урочищ), перечень которых приведен в условных обозначениях к рис. 1.

Водно-ледниковые с лесами на дерново-подзолистых почвах ландшафты широко распространены в Беларуси, но в пределах парка представлены небольшим участком на крайнем юге территории. Формирование геоморфы таких ландшафтов связано с деятельностью талых ледниковых вод, при этом потоки последующих ледников перекрывали более древние отложения, в результате чего образовывались мощные песчаные разновозрастные толщи. На этом участке с абсолютными отметками 136–145 м выделен один вид ландшафтов – плоские с дюнами, эоловыми грядами, с сосновыми лесами на дерново-подзолистых песчаных почвах.

Аллювиальные террасированные с лесами и болотами на дерново-подзолистых, дерново-карбонатных, дерновых заболоченных и торфяно-болотных почвах ландшафты, занимающие в границах парка 36,7 % площади, представлены двумя надпойменными террасами р. Припяти. Преимущественно плосковолнистая и плоская поверхность террас постепенно повышается по мере удаления от поймы реки к югу, абсолютные отметки возрастают в этом направлении от 123–127 м (первая надпойменная терраса) до 133–138 м (вторая надпойменная терраса). Развиты дерново-подзолистые слабоподзоленные, преимущественно песчаные почвы, реже встречаются супесчаные и торфяно-болотные.

<sup>6</sup>Ландшафтнае раянаванне [Карты]. 1 : 4 000 000 // Нацыянальны атлас Беларусі / складз. і падрыхт. да друку РУП «Белкартаграфія» ў 2000–2002 гг. ; гал. рэдкал.: М. У. Мясніковіч (старшыня) [і інш.]. Мінск : Белкартаграфія, 2002. С. 143.



I 1

II 2 3 4 5 6 7

III 8 9 10 11 12

IV 13 14 15 16 17 18 19

20 21 22

— Граница национального парка

■ Осушенные болотные комплексы с торфяно-минеральными почвами

0 10 20 км

**I. Водно-ледниковые с лесами на дерново-подзолистых почвах:** 1 – плоские с дюнами, золовыми грядами, с сосновыми лесами на дерново-подзолистых песчаных почвах.

**II. Аллювиальные террасированные с лесами и болотами на дерново-подзолистых, дерново-карбонатных, дерновых заболоченных и торфяно-болотных почвах:** 2 – плоские с участками дубрав, черноольховых лесов, низинных болот на торфяно-болотных, реже дерново-карбонатных заболоченных почвах; 3 – плосковолнистые с ложбинами и котловинами, с дубравами, участками черноольховых, пушистоберезовых лесов на дерновых заболоченных и дерново-карбонатных заболоченных почвах; 4 – плосковолнистые с котловинами, с дубравами, участками черноольховых и пушистоберезовых лесов на дерновых заболоченных, дерново-подзолистых заболоченных супесчаных и торфяно-болотных почвах; 5 – плоские с редкими дюнами, с широколиственно-сосновыми, сосновыми лесами на дерново-подзолистых, часто заболоченных, песчаных почвах; 6 – плоскобугристые с дюнами и котловинами, с широколиственно-сосновыми лесами, участками пушистоберезовых лесов на дерново-подзолистых, часто заболоченных, песчаных и торфяно-болотных почвах; 7 – плосковолнистые с дюнами, с сосновыми лесами на дерново-подзолистых песчаных почвах.

**III. Озерно-болотные с открытыми и лесными болотами на торфяно-болотных почвах:** 8 – слабовыпуклые верховые болота с сосновыми лесами, сфагновыми болотами на торфяно-болотных почвах; 9 – плосковолнистые переходные болота с пушистоберезовыми лесами на торфяно-болотных почвах; 10 – плосковолнистые переходные болота с останцами террас, редкими дюнами, с пушистоберезовыми лесами, участками сосновых и дубовых лесов на торфяно-болотных, дерново-подзолистых заболоченных и дерновых заболоченных почвах; 11 – плоские низинные болота с останцами террас, с черноольховыми, пушистоберезово-черноольховыми лесами, осоковыми болотами на торфяно-болотных почвах; 12 – плоские низинные болота с черноольховыми лесами, осоковыми болотами на торфяно-болотных почвах.

**IV. Пойменные с лугами и дубравами на аллювиальных дерновых и дерновых заболоченных почвах:** 13 – прирусловые плоские с протоками, с осоковыми болотами, осоковыми и злаково-осоковыми лугами на аллювиальных дерновых заболоченных почвах; 14 – прирусловые плоские со староречьями, мелкими гривами, с осоковыми и злаково-осоковыми лугами, участками пойменных дубрав и черноольховых лесов на аллювиальных дерновых заболоченных почвах; 15 – прирусловые плоские с редкими гривами, с осоковыми, часто закустаренными, лугами, участками пойменных дубрав на аллювиальных дерновых заболоченных почвах; 16 – прирусловые мелкогривистые с протоками, с осоковыми и злаковыми лугами, участками пойменных дубрав на аллювиальных дерновых заболоченных почвах; 17 – мелкопочковатые центральной поймы с котловинами, участками черноольховых лесов, пойменных дубрав, осоковых и злаковых лугов на аллювиальных дерновых заболоченных почвах; 18 – плосковолнистые центральной поймы со старицами, участками черноольховых лесов и пойменных дубрав на аллювиальных дерновых заболоченных почвах; 19 – мелкогривистые центральной поймы со старицами, протоками, участками пойменных дубрав на аллювиальных дерновых заболоченных почвах.

**Урочища:** 20 – золовые гряды с сосновыми лесами на дерново-подзолистых, местами заболоченных, песчаных почвах; 21 – останцы террас с сосновыми, березовыми лесами на дерново-подзолистых, часто заболоченных, супесчаных и песчаных почвах; 22 – заболоченные котловины с пушистоберезовыми, черноольховыми лесами на торфяно-болотных почвах.

Рис. 1. Ландшафты Национального парка «Припятский» в ранге родов (I–IV), видов (1–19) и урочищ (20–22). Названия ландшафтов даны согласно их классификации, используемой в Беларуси

Fig. 1. Landscapes of the Prip'yatskiy National Park in the rank of genera (I–IV), species (1–19) and tracts (20–22). The names of landscapes are given according to their classification used in Belarus



В растительном покрове господствуют леса – широколиственно-сосновые, черноольховые, березовые, дубовые. Широко представлены низинные болота, внепойменные луга.

Для Национального парка «Припятский» типичны также озерно-болотные ландшафты, занимающие 37,9 % его территории. Формирование таких ландшафтов с открытыми и лесными болотами на торфяно-болотных почвах связано с существованием крупных озерных водоемов в поозерское и голоценовое время. Большинство озер были тогда проточными и вместе с реками составляли единую озерно-речную сеть. Со временем озера превратились в обширные болотные массивы, иногда с останцами террас. Рельеф озерно-болотных ландшафтов плоский, местами слабовыпуклый или вогнутый, абсолютные отметки поверхности достигают 128–136 м, колебания относительных высот составляют 0,3–0,5 м. Типичными являются минеральные «острова» – останцы речных и озерных террас с дюнами. На таких участках рельеф приобретает грядово-бугристый характер.

Отличительная особенность озерно-болотных ландшафтов Национального парка «Припятский» – преобладание верховых и переходных болот с мощностью торфа 1,5–2,0 м. В почвенном покрове доминируют маломощные, реже среднемощные и мощные торфяно-болотные почвы. На минеральных останцах сформировались заболоченные дерновые, дерново-карбонатные и дерново-подзолистые супесчано-песчаные почвы. Естественная растительность представлена осоковыми, осоково-тростниковыми болотами, сосновыми и пушистоберезовыми лесоболотными комплексами, участками березовых, широколиственно-сосновых лесов и внепойменных лугов.

Пойменные с лугами и дубравами на аллювиальных дерновых и дерновых заболоченных почвах ландшафты являются самыми молодыми для территории Беларуси и наиболее характерны для южной части страны. Максимальное распространение такие ландшафты получили в пойме р. Припяти, ширина которой изменяется вниз по течению от 6–8 до 2–4 км. Поймы притоков р. Припяти, ограничивающих национальный парк с северо-запада (р. Ствига) и востока (р. Уборть), имеют ширину 1 км, пойма р. Свиновод – около 500 м. Пойменные ландшафты сформировались под воздействием русловых процессов, сложены молодым песчаным аллювием, иногда перекрытым маломощными торфами, характеризуются сложным строением рельефа. На их долю приходится 15 % площади парка.

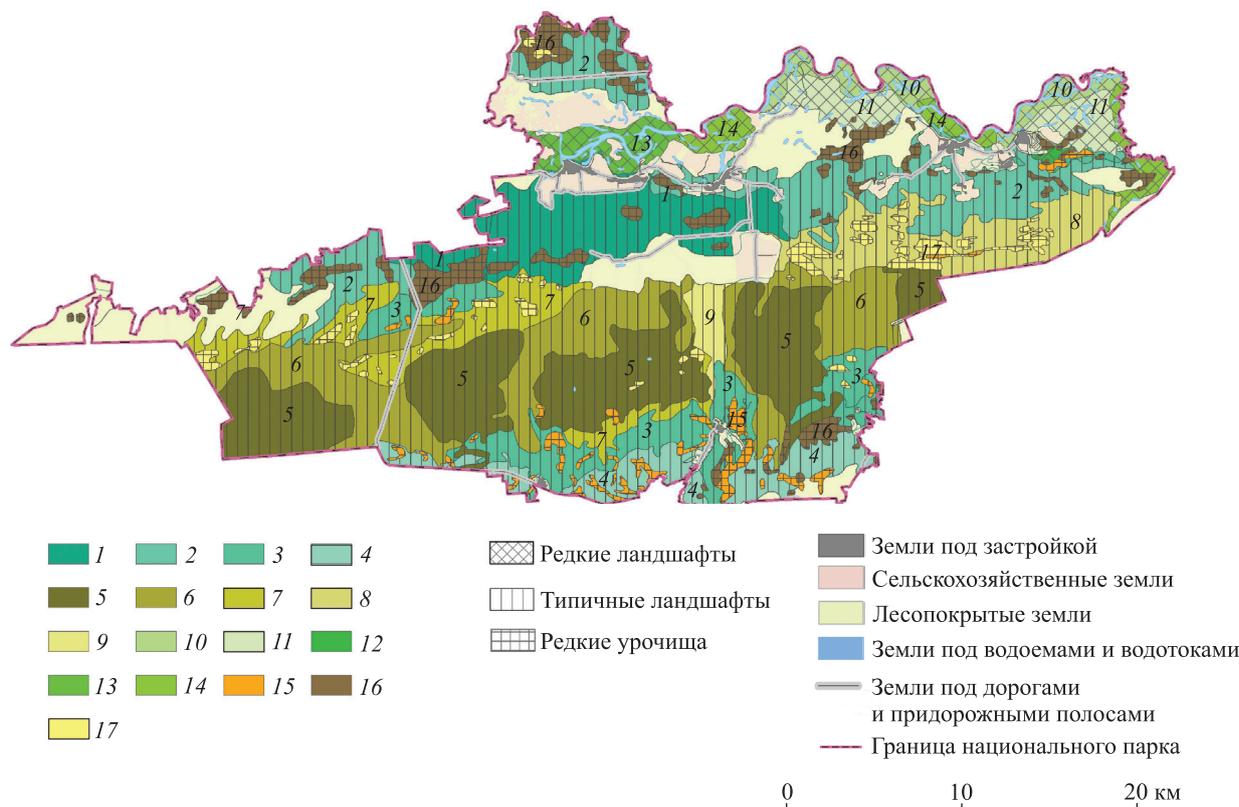
Ландшафтная карта явилась основой для выделения редких и типичных ландшафтов на территории национального парка (рис. 2).

Типичные ландшафты, как правило, определяются по степени их репрезентативности для конкретной территории, сохранности естественного растительного покрова и отличаются значительной площадью. Таким критериям соответствуют аллювиальные террасированные и озерно-болотные ландшафты. Почвенно-растительный покров данных природных территориальных комплексов хорошо сохранился: распространены дубравы, черноольховые леса на дерновых заболоченных и дерново-карбонатных заболоченных почвах, широколиственно-сосновые леса на дерново-подзолистых почвах, пушистоберезовые и пушистоберезово-черноольховые леса, реже осоковые болота на торфяно-болотных почвах.

Редкие ландшафты обычно характеризуются небольшой площадью, редкой встречаемостью, азональной или реликтовой растительностью. Редкими ландшафтами в ранге рода выступают пойменные (около 9 % площади). Они отличаются хорошо выраженным плоским, мелкогрядистым и крупногрядистым рельефом, осложненным многочисленными старичными озерами, протоками, староречьями, преобладанием пойменных высокотравных лугов с участками пойменных дубрав на аллювиальных дерновых заболоченных почвах. Кроме того, в пределах парка выделены редкие ландшафтные объекты в ранге урочищ, на долю которых приходится около 9,6 % территории. Они представлены эоловыми грядами с сосновыми лесами на дерново-подзолистых, местами заболоченных, песчаных почвах; заболоченными котловинами с пушистоберезовыми, черноольховыми лесами на торфяно-болотных почвах; останцами террас с сосновыми, березовыми лесами на дерново-подзолистых, часто заболоченных, супесчаных и песчаных почвах, встречающихся среди болотных ландшафтов.

В целом на долю редких и типичных природных ландшафтов парка приходится 82 % его площади, что существенно превышает специальный критерий, установленный в Законе Республики Беларусь «Об особо охраняемых природных территориях» от 15 ноября 2018 г. № 150-3, и соответствует требованиям, установленным для национальных парков страны, это свидетельствует о высоком природоохранном потенциале данной ООПТ<sup>7</sup>.

<sup>7</sup>Об особо охраняемых природных территориях : Закон Респ. Беларусь от 15 нояб. 2018 г. № 150-3 [Электронный ресурс]. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=H11800150&p1=1> (дата обращения: 02.11.2020).



**Типичные ландшафты:** *аллювиальные террасированные:* 1 – плосковолнистые с ложбинами и котловинами, с дубравами, участками черноольховых, пушистоберезовых лесов на дерновых заболоченных и дерново-карбонатных заболоченных почвах; 2 – плосковолнистые с котловинами, с дубравами, участками черноольховых и пушистоберезовых лесов на дерновых заболоченных, дерново-подзолистых заболоченных супесчаных и торфяно-болотных почвах; 3 – плоскоступистые с днами и котловинами, с широколиственно-сосновыми лесами, участками пушистоберезовых лесов на дерново-подзолистых, часто заболоченных, песчаных и торфяно-болотных почвах; 4 – плосковолнистые с днами, с сосновыми лесами на дерново-подзолистых песчаных почвах; *озерно-болотные:* 5 – слабовыпуклые верховые болота с сосновыми лесами, сфагновыми болотами на торфяно-болотных почвах; 6 – плосковолнистые переходные болота с пушистоберезовыми лесами на торфяно-болотных почвах; 7 – плосковолнистые переходные болота с останцами террас, редкими днами, с пушистоберезовыми лесами, участками сосновых и дубовых лесов на торфяно-болотных, дерново-подзолистых заболоченных и дерновых заболоченных почвах; 8 – плоские низинные болота с останцами террас, с черноольховыми, пушистоберезово-черноольховыми лесами, осоковыми болотами на торфяно-болотных почвах; 9 – плоские низинные болота с черноольховыми лесами, осоковыми болотами на торфяно-болотных почвах.

**Редкие ландшафты:** *пойменные:* 10 – прирусловые мелкогрядистые с протоками, с осоковыми и злаковыми лугами, участками пойменных дубрав на аллювиальных дерновых заболоченных почвах; 11 – мелкогрядистые центральной поймы со старицами, протоками, участками пойменных дубрав на аллювиальных дерновых заболоченных почвах; 12 – прирусловые плоские с протоками, с осоковыми болотами, осоковыми и злаково-осоковыми лугами на аллювиальных дерновых заболоченных почвах; 13 – прирусловые плоские со староречьями, мелкими гривами, с осоковыми и злаково-осоковыми лугами, участками пойменных дубрав и черноольховых лесов на аллювиальных дерновых заболоченных почвах; 14 – прирусловые плоские с редкими гривами, с осоковыми, часто закустаренными, лугами, участками пойменных дубрав на аллювиальных дерновых заболоченных почвах.

**Редкие урочища:** 15 – озовые гряды с сосновыми лесами на дерново-подзолистых, местами заболоченных, песчаных почвах; 16 – заболоченные котловины с пушистоберезовыми, черноольховыми лесами на торфяно-болотных почвах; 17 – останцы террас с сосновыми, березовыми лесами на дерново-подзолистых, часто заболоченных, супесчаных и песчаных почвах.

Рис. 2. Типичные (1–9), редкие (10–14) ландшафты и редкие (15–17) урочища Национального парка «Припятский». Названия ландшафтов даны согласно их классификации, используемой в Беларуси

Fig. 2. Typical (1–9), rare (10–14) landscapes and rare (15–17) tracts of the Prip'yatskiy National Park. The names of landscapes are given according to their classification used in Belarus



## Заключение

Созданные для Национального парка «Припятский» цифровые ландшафтные карты представляют собой систему послыоного отображения общегеографической, тематической покомпонентной и специальной ландшафтной информации. Методика их построения включает сбор и обработку материалов, определение территориальных единиц картографирования и классификационных ступеней, создание информационной базы данных и ее визуализацию, в том числе прорисовку векторных границ ландшафтов, создание атрибутов, картометрические расчеты, разработку окончательного варианта легенды, компоновку и дизайн карт.

Ландшафтное разнообразие территории Национального парка «Припятский», выявленное на основе картографирования в масштабе 1 : 100 000, отражено в его иерархическом строении, которое содержит два уровня: род и вид. Наибольшее распространение на территории парка получили два рода ландшафтов – аллювиальные террасированные (36,7 % площади, 4 вида ландшафтов) и озерно-болотные (37,9 % площади, 4 вида ландшафтов). Именно эти ландшафты, характеризующиеся крупными размерами и являющиеся репрезентативными в целом для Полесской ландшафтной провинции, выступают типичными ландшафтами в ранге родов для Национального парка «Припятский». Выделенные в границах этих родов ландшафтов виды также отнесены к типичным, так как их отличают плосковолнистый, реже плоский рельеф, свойственный Полесской ландшафтной провинции, господствующие широколиственно-сосновые леса на дерново-подзолистых почвах, верховые и переходные болота с пушистоберезовыми лесами на торфяно-болотных почвах.

К редким ландшафтам в ранге рода относятся пойменные (5 видов ландшафтов), характеризующиеся гривистым рельефом, созданным русловыми процессами р. Припяти, редкой встречаемостью и небольшими размерами (около 9 % площади парка). Виды ландшафтов этого рода также соответствуют понятию о редком ландшафте, так как в дополнение к рельефу они обладают редко встречающимися пойменными дубравами, высокотравными лесолуговыми сообществами и остепненными лугами на аллювиальных дерново-глеевых и глееватых почвах. К редким также относятся отдельные объекты в ранге урочищ: эоловые гряды с сосновыми лесами на дерново-подзолистых, местами заболоченных, песчаных почвах; заболоченные котловины с пушистоберезовыми, черноольховыми лесами на торфяно-болотных почвах; останцы террас с сосновыми, березовыми лесами на дерново-подзолистых, часто заболоченных, супесчаных и песчаных почвах.

Таким образом, в пределах Национального парка «Припятский» выделены 2 типичных рода ландшафтов и 8 видов; 1 редкий ландшафт в ранге рода и 5 – в ранге видов. Общая площадь редких и типичных природных ландшафтов национального парка составляет 82 % его площади, что отвечает требованиям, установленным в Законе Республики Беларусь «Об особо охраняемых природных территориях».

## Библиографические ссылки

1. Foresta RA. Natural regions for national parks: the Canadian experience. *Applied Geography*. 1985;5(3):179–194. DOI: 10.1016/0143-6228(85)90021-9.
2. O'Connor KF, Overmars FB, Ralston MM. *Land evaluation for nature conservation: a scientific review compiled for application in New Zealand*. Wellington: Department of Conservation; 1990. 328 p. (Conservation sciences publication; No. 3).
3. Averbuck A, Bain C, Bindloss J, Blasi A, Christiani K, Di Duca M, et al. *National parks of Europe*. [S. l.]: Lonely Planet; 2017. 320 p.
4. Stahlschmidt P, Swaffield S, Primdahl J, Nellemann V. *Landscape analysis. Investigating the potentials of space and place*. London: Routledge; 2017. XVI, 207 p.
5. Selman P. Planning for landscape multifunctionality. *Sustainability: Science, Practice and Policy*. 2009;5(2):45–52. DOI: 10.1080/15487733.2009.11908035.
6. Bauer N, Wallner A, Hunziker M. The change of European landscapes: human-nature relationships, public attitudes towards rewilding, and the implications for landscape management in Switzerland. *Journal of Environmental Management*. 2009;90(9):2910–2920. DOI: 10.1016/j.jenvman.2008.01.021.
7. Selman P. What do we mean by sustainable landscape? *Sustainability: Science, Practice and Policy*. 2008;4(2):23–28. DOI: 10.1080/15487733.2008.11908019.
8. Wu J. Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology*. 2013;28(6):999–1023. DOI: 10.1007/s10980-013-9894-9.
9. Wascher DM, editor. *European landscape character areas. Typologies, cartography and indicators for the assessment of sustainable landscapes. Final project report as deliverable from the EU's accompanying measure project European Landscape Character Assessment Initiative (ELCAI), funded under the 5<sup>th</sup> Framework Programme on Energy, Environment and Sustainable Development (4.2.2)*. Wageningen: Landscape Europe; 2005. X, 150 p.
10. Клакоцкий ВП, Вадковский ВБ. Припятский заповедник. В: Соколов ВЕ, Сыроечковский ЕЕ, редакторы. *Заповедники Прибалтики и Белоруссии*. Москва: Мысль; 1987. с. 290–308. (Заповедники СССР).



11. Марцинкевич ГИ. Ландшафтное разнообразие Припятского национального парка и его изменение под влиянием хозяйственной деятельности. В: Киндрук ЛФ, редактор. *Эколого-экономические проблемы развития региона Белорусского Полесья. Материалы Международной научно-практической конференции; 13–15 мая 2003 г.; Пинск, Беларусь*. Минск: БГУ; 2004. с. 277–280.
12. Соколов ВЕ, Сыроечковский ЕЕ, редакторы. *Заповедники европейской части РСФСР. Часть 1*. Москва: Мысль; 1988. 288 с. (Заповедники СССР).
13. Соколов ВЕ, Сыроечковский ЕЕ, редакторы. *Заповедники Украины и Молдавии*. Москва: Мысль; 1987. 271 с. (Заповедники СССР).
14. Гагина НВ, Курлович ДМ, Ковалевская ОМ. Создание цифровых карт природных ландшафтов Национального парка «Нарочанский». *ИнтерКарто. ИнтерГИС*. 2020;26(4):90–103. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-4-26-90-103.
15. Курлович ДМ, Гагина НВ, Ковалевская ОМ, Марцинкевич ГИ. ГИС-технологии в картографировании ландшафтов Национального парка «Беловежская пуща». В: Маскевич СА, Позняк СС, редакторы. *Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века. Материалы 19-й Международной научной конференции; 23–24 мая 2019 г.; Минск, Беларусь. Часть 3*. Минск: ИВЦ Минфина; 2019. с. 320–324.
16. Клебанович НВ, Прокопович СН, Сазонов АА. Интерактивное создание цифровых производных тематических карт на основе слоя «почвы» земельных информационных систем Республики Беларусь. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2017;1:121–129.

## References

1. Foresta RA. Natural regions for national parks: the Canadian experience. *Applied Geography*. 1985;5(3):179–194. DOI: 10.1016/0143-6228(85)90021-9.
2. O'Connor KF, Overmars FB, Ralston MM. *Land evaluation for nature conservation: a scientific review compiled for application in New Zealand*. Wellington: Department of Conservation; 1990. 328 p. (Conservation sciences publication; No. 3).
3. Averbuck A, Bain C, Bindloss J, Blasi A, Christiani K, Di Duca M, et al. *National parks of Europe*. [S. l.]: Lonely Planet; 2017. 320 p.
4. Stahlschmidt P, Swaffield S, Primdahl J, Nellemann V. *Landscape analysis. Investigating the potentials of space and place*. London: Routledge; 2017. XVI, 207 p.
5. Selman P. Planning for landscape multifunctionality. *Sustainability: Science, Practice and Policy*. 2009;5(2):45–52. DOI: 10.1080/15487733.2009.11908035.
6. Bauer N, Wallner A, Hunziker M. The change of European landscapes: human-nature relationships, public attitudes towards rewilding, and the implications for landscape management in Switzerland. *Journal of Environmental Management*. 2009;90(9):2910–2920. DOI: 10.1016/j.jenvman.2008.01.021.
7. Selman P. What do we mean by sustainable landscape? *Sustainability: Science, Practice and Policy*. 2008;4(2):23–28. DOI: 10.1080/15487733.2008.11908019.
8. Wu J. Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology*. 2013;28(6):999–1023. DOI: 10.1007/s10980-013-9894-9.
9. Wascher DM, editor. *European landscape character areas. Typologies, cartography and indicators for the assessment of sustainable landscapes. Final project report as deliverable from the EU's accompanying measure project European Landscape Character Assessment Initiative (ELCAI), funded under the 5th Framework Programme on Energy, Environment and Sustainable Development (4.2.2)*. Wageningen: Landscape Europe; 2005. X, 150 p.
10. Klakotskii VP, Vadkovskii VB. [Pripyat Reserve]. In: Sokolov VE, Syroechkovskii EE, editors. *Zapovedniki Pribaltiki i Belorussii* [Reserves of the Baltic states and Belarus]. Moscow: Mysl'; 1987. p. 290–308. (Reserves of the USSR). Russian.
11. Martsinkevich GI. [Landscape diversity of Pripyatsky National Park and its change under the influence of economic activity]. *Эколого-экономические проблемы развития региона Белорусского Полесья. Материалы Международной научно-практической конференции; 13–15 мая 2003 г.; Пинск, Беларусь* [Ecological and economic problems of the development of the Belarusian Polesie region. Materials of the International scientific and practical conference; 2003 May 13–15; Pinsk, Belarus]. Минск: Belarus State Economic University; 2004. p. 277–280. Russian.
12. Sokolov VE, Syroechkovskii EE, editors. *Zapovedniki evropeiskoi chasti RSFSR. Chast' 1* [Reserves of the European part of the RSFSR. Part 1]. Moscow: Mysl'; 1988. 288 p. (Reserves of the USSR). Russian.
13. Sokolov VE, Syroechkovskii EE, editors. *Zapovedniki Ukrainy i Moldavii* [Reserves of Ukraine and Moldova]. Moscow: Mysl'; 1987. 271 p. (Reserves of the USSR). Russian.
14. Hahina NV, Kurlovich DM, Kovalevskaya OM. Creation of digital maps of natural landscapes of the National Park «Narochanskiy». *InterCarto. InterGIS*. 2020;26(4):90–103. Russian. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-4-26-90-103.
15. Kurlovich DM, Hahina NV, Kavaleuskaja VM, Martsinkevich GI. GIS-technologies in mapping of landscapes of National Park «Bielaviezskaja pušča». In: Maskevich SA, Poznyak SS, editors. *Sakharovskie chteniya 2019 goda: ekologicheskie problemy XXI veka. Materialy 19-i Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii; 23–24 maya 2019 g.; Minsk, Belarus*. Chast' 3 [Sakharov readings of 2019: environmental problems of the 21st century. Proceedings of the 19th International scientific conference; 2019 May 23–24; Minsk, Belarus. Part 3]. Минск: Information and Computing Center of the Ministry of Finance of the Republic of Belarus; 2019. p. 320–324. Russian.
16. Klebanovich NV, Prokopovich SN, Sazonov AA. Interactive creation of digital derivatives thematic maps of the base layer «soil» of the land information systems of the Republic of Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2017;1:121–129. Russian.

Статья поступила в редколлегию 18.11.2020.  
Received by editorial board 18.11.2020.



## ВЫБОР ПЛОЩАДКИ ДЛЯ УСТАНОВКИ СОЛНЕЧНОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ АНАЛИТИЧЕСКОГО ИЕРАРХИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Н. С. ИМАМВЕРДИЕВ<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Институт географии имени академика Г. А. Алиева, Национальная академия наук Азербайджана,  
пр. Г. Джавида, 115, AZ1143, г. Баку, Азербайджан

Наиболее подходящие места для установки солнечных фотоэлектрических установок определяются путем всестороннего анализа метеорологических, экономических и экологических критериев областей энергетического потенциала. Основные критерии выбора местоположения оцениваются с использованием модели аналитического иерархического процесса, основанной на методах многокритериального принятия решений для крупномасштабных солнечных фотоэлектрических проектов. Этот метод учитывает различные факторы, в том числе производственные и технологические, направленные на получение максимальной прибыли в краткосрочном периоде от проекта и производительность выработки электроэнергии. Модель аналитического иерархического процесса также применяется для оценки областей с высоким солнечным потенциалом и факторов, которые являются основными критериями для расчета индекса пригодности площадки. В исследовании определен коэффициент соответствия подходящих мест и оценены альтернативы для строительства фотоэлектрических установок. Помимо сопоставления метеорологических данных и спутниковых измерений (MERRA-2, GEOS-5.12.4), значения радиации были получены расчетным путем с помощью инструмента «область солнечного излучения» в ГИС на основе цифровой модели рельефа. Применяв инструмент «взвешенное наложение» на основе ArcGIS, был сделан вывод, что 1,17 % (1016,8 км<sup>2</sup>) территории страны являются наиболее подходящими участками для установки солнечных фотоэлектрических систем. К этим районам в основном относятся зоны Хызы, Гобустана, Гаджигабула, Бейлагана, Шарура, Бабека и Джейранчёля. Всего в стране выявлено 40 участков с разным уровнем пригодности. Восемь из этих участков, расположенных в Нахичеванской Автономной Республике, имеют высокий уровень пригодности и занимают 11 % (109,2 км<sup>2</sup>) от всей определенной территории. Площадь остальных участков со средним и низким энергетическим потенциалом составляет 28 % (284,6 км<sup>2</sup>) и 61 % (623 км<sup>2</sup>) соответственно. Установка фотоэлектрических панелей на всех выявленных участках даст возможность полностью удовлетворить потребности страны в энергии.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии; солнечная энергия; солнечная фотоэлектрическая система; многокритериальное принятие решений; модель ГИС; модель АИП.

### Образец цитирования:

Имамвердиев Н.С. Выбор площадки для установки солнечной фотоэлектрической системы с помощью модели аналитического иерархического процесса в Азербайджане. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2021;1:75–92 (на англ.).  
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-1-75-92>

### For citation:

Imamverdiyev NS. Site selection for solar photovoltaic system installation using analytical hierarchy process model in Azerbaijan. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2021;1:75–92.  
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-1-75-92>

### Автор:

Ниджат Сохраб Имамвердиев – научный сотрудник.

### Author:

Nijat Sohrab Imamverdiyev, researcher.  
[imamverdiyev.nicat@gmail.com](mailto:imamverdiyev.nicat@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-5573-0209>





## SITE SELECTION FOR SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEM INSTALLATION USING ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS MODEL IN AZERBAIJAN

N. S. IMAMVERDIYEV<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Institute of Geography named after Academician H. A. Aliyev, Azerbaijan National Academy of Sciences,  
115 H. Javid Avenue, Baku AZ1143, Azerbaijan*

The most suitable sites for solar photovoltaic power installations are determined through a comprehensive assessment of the meteorological, economic and environmental criteria of the energy potential areas. The basic criteria for location selection are evaluated using an analytical hierarchy process method based on multi-criteria decision-making technique for large-scale solar photovoltaic projects. The analytical hierarchy process model is also applied to evaluate areas of high solar potential and factors that are primary criteria for determine the site suitability index modelling. This method considers various conditions, such as production and technological considerations, which aim to maximise the short-term profit from the project and the efficiency of power generation. In the study, a consistency ratio of suitable localities was determined and proper alternatives for the construction of photovoltaic installations were evaluated. In addition to local meteorology and related satellite measurement data, the country's radiation values also were compared by converting a digital elevation model data using the tool «Area solar radiation» in GIS. As a result of calculating the site suitability index with the ArcGIS weighted overlay tool, it was concluded that 1.17 % (1016.8 km<sup>2</sup>) of the country are the most suitable sites for the installation of solar PV systems. These areas mainly include Khizi, Gobustan, Hajigabul, Beylagan, Sharur, Babek and Jeyranchol zones. The total number of locations identified across the country, classified into 3 categories according to their level of suitability, includes 40 sites. Eight of these high suitability sites, all in Nakhchivan Autonomous Republic, contain 11 % (109.2 km<sup>2</sup>) of the total potential area. The remaining 32 sites, corresponding to areas with medium and low energy potential, cover 28 % (284.6 km<sup>2</sup>) and 61 % (623 km<sup>2</sup>), respectively. When these areas are completely covered with PV panels, it will be possible to fully supply the energy demand of the country with solar energy.

**Keywords:** renewable energy resources; solar energy; solar photovoltaic system; multi-criteria decision-making; GIS model; AHP model.

### Introduction

Many countries have created renewable energy systems (RES) portfolios to fully utilise alternative energy sources for a more sustainable, reliable and low carbon emission future. Solar photovoltaic (PV) technology has become one of the fastest-growing renewable energy sources worldwide, with 628 GW installation power in 2019. Therefore, PV module prices have decreased by 50 % in the last 10 years, and the energy production of solar power PV plants has increased 15 times more [1]. Given the prospect of ongoing technological development in PV panels, prices are expected to decline further, including the cost of production and the impact of photovoltaic systems on market expansion [2].

The major obstacle to the development of solar energy is the low intensity of solar radiation, the low capacity factor (CF) of the solar panels, and the high initial installation cost [3]. The primary factors in choosing the installation site of the solar power plant are to determine the most suitable location where the power output from the PV panels is highest and the total cost of the project can be minimised. It can facilitate the selection of suitable locations for grid-connected PV solar systems by examining key factors in the project design process by applying multi-criteria decision-making (MCDM) technique to analyse certain criteria that affect site selection. Utility-scale PV projects can be defined as large-scale plants capable of generating electricity with a minimum power capacity of 5 MW [4; 5].

As an example of optimal location selection with this method, Azizkhani et al. [6] have selected suitable locations according to four categories, including the value of solar radiation, economic characteristics, technical factors, and geographic considerations. These factors were analysed with the analytical hierarchy process (AHP) and a map of potential areas was created. This method is the relative measurement theory of abstract measures for large-scale, multi-functional and multi-dimensional decision analysis developed by T. L. Saaty in 1980 [7]. As a result, the provinces of Sistani and Baluchistan (Iran) were determined to have high install potential for photovoltaic power plants.

In the current times, the use of geographical information systems (GIS) for the development of renewable energy resources is increasingly widespread. Regarding these studies, Noorollahi et al. [8] have performed the research in two stages to determine suitable sites. In the first stage, buffer zones were created according to the restrictions determined for non-compliant areas. In the next step, has been determined the suitability of regions according to solar radiation, average annual temperature, altitude, slope, land use, average annual cloudy



days, distance to power lines, main roads, and settlements. The comparative weights of the selected criteria and sub-criteria were calculated using the AHP model. By then applying weighted overlay modelling these criteria, the final priority map of different regions of Iran was prepared for the use of solar photovoltaic facilities and it was determined that 7 % of the area is suitable for PV stations.

Since a comprehensive assessment of areas with high-energy potential for solar PV plants is based on various research and relevant data, the most suitable location is determined in the following order:

- determining decision criteria and constraints for site selection research;
- designing the selection of optimum locations on a project basis;
- identifying of site suitability index values by weighting decision criteria;
- creating final maps by evaluating the basic criteria of suitable locations.

Regarding the above factors, a decision model was proposed with the AHP method by creating a database in GIS related to meteorology, relief, environment and land use of solar PV potential regions in Saudi Arabia, and it was tried to determine the areas at a large-scale [9]. Such a methodical approach will provide alternative selection combinations of different subjective and contradictory components that can benefit decision-makers (DMs) in determining the suitable location in the location selection process.

Based on the relevant studies and suggested techniques in the selection of the suitable site, the following factors were investigated:

- criterion grid layers of suitable areas are created with help of ArcGIS spatial analyst tools using local and related satellite meteorological data;
- with the GIS-based MCDM technique, industrial and infrastructure features of certain sized areas and environmental conditions that adversely affect solar panels are taken into consideration;
- in PV power installation projects, regions with high irradiation values are selected as the primary indicator in site selection;
- by applying weighted overlap of the relevant criteria, the compliance level of the suitable zones for the installation of power plants is determined and a result map is created.

Most of the studies for the installation of solar panels consider the solar energy potential as one of the most effective decision-making measures. The basic criterion for establishing large-scale photovoltaic power plants is the very high solar irradiation values. For example, in regions with high solar energy potential in Azerbaijan, annual global horizontal irradiation (GHI) values vary between 1400–1750 kW · h/m<sup>2</sup>. PV technology can operate in the presence of both direct normal irradiation (DNI) and diffuse horizontal irradiation solar radiation, unlike concentrating solar thermal technology, which uses only direct normal irradiation [10; 11].

The most suitable locations for solar power plants are areas of high in solar energy with an annual solar radiation flux of at least 2000 kW · h/m<sup>2</sup> of a horizontal surface with a sunshine duration of 2400–3500 h per year [12]. By utilising these potential areas economically, it is imperative to minimise the distance from the station to energy transmission lines and energy loss during transportation due to the high cost of infrastructure installation for solar power plants. Because RES should support the economic development of the region, where it is installed and provide long-term benefits due to its environmental effects [13]. In addition, although PV plants established close to urban settlements contribute to the cleanliness of the city atmosphere, electricity supply also should be provided at a lower cost [14].

Researches based on MCDM methods on the selection of suitable location make it easy to choose the most suitable alternative among the options created by weighting many principles together. This technique is applied in particular in the selection of the optimum location by determining the environmental, technical and industrial aspects of the fields in the RES project design (table 1). Site selection for a station based on a single factor will create negative economic and environmental impacts on the region. As a solution to this problem, Colak et al. [15] specifically suggested the AHP model for choosing the appropriate location among MCDM methods in his research on electrical project installation complexity. For this purpose, the spatial data of the high-energy potential lands have been included and an important requirement has been achieved in determining the consistency rate for the deployment of large-scale solar power plants.

For the development of a solar power plant installation project, areas with a minimum annual DNI value of 1200 kW · h/m<sup>2</sup>, 2500 h of sunlight per year and corresponding to a high atmospheric clarity index are selected. In addition to these, the following factors are also examined:

- projected energy potential zones, flat ground areas without natural shadow effect, and at an angle to the south direction should be preferred;
- sites selected for low investment should be areas close to transportation, electricity transmission lines, industrial units and settlements;
- protected zones and unsuitable terrain areas should be excluded from research areas and industrial activities that affect natural life should be avoided;
- electricity users should be provided with stimulating cost benefits to develop incentives for the positioning of solar power plants and to encourage environmentally friendly and clean-sourced energy use.



It is possible to reach a conclusion in determining the regions of high solar irradiation by applying the combination of GIS and AHP for optimum location selection in solar power plant installation studies. For example, approaches to this method have been applied in the National Renewable Energy Laboratory research on the utility estimation of solar concentrated thermal power in the southwestern USA [5]. In study, after the restrictions such as national parks, slope, transmission, and distance to agricultural areas were determined, suitability level maps for solar power plants were created and suitable areas for the project were determined. As an example of research techniques with MCDM, Sengupta et al. [16] analysed the role of GIS and AHP spatial systems in variation formulation and presented a formula for their assimilation. Randal et al. [17] proposed research pathways and developed the Site Suitability Model in combination with AHP's GIS program to facilitate the selection of suitable sites. Rumbayan et al. [18] identified optimal areas using GIS-based MCDM technique to install RES (solar, wind and geothermal) in 30 regions of Indonesia, taking into account energy service principles. Effat [14] conducted an AHP assessment to measure the impact on the appropriate field assessment and determine the level of field cohesion using GIS-based spatial analysis tools. Uyan [18] in Karaman (Turkey) the deployment of appropriate land use solar power plants, local weather conditions, proximity to electrical lines are defined according to agricultural facilities and environmental protection. In study, evaluation made using MCDM methods revealed that 6.23 % of the area is the most suitable.

Table 1

**Site suitability criteria for solar PV installation**

Basic criteria	Sub-criteria	Restrictive criteria	References
Environmental	Land use	Fertile soil	[20; 21]
	Agricultural suitability	Cultivated land	[18]
	Distance to protection areas	Natural, biological, historical and archaeological sites	[20]
	Population density	Residential areas	[14]
Infrastructure	Distance to settlement areas	>1 km	[21; 22]
	Distance to the transformer centre	Average >15 km	[13]
	Distance to main roads	>5 km	[14; 20]
	Distance to transmission lines	>10 km	[19; 22]
Economic	Land suitability	Areas suitable for agriculture	[23]
	PV system construction cost	>1.850 \$/kW	[23]
Climatic	Solar irradiation	Irradiation $\leq 1400 \text{ kW} \cdot \text{h/m}^2$	[24]
	Average temperature	Daily >25 °C	[25]
Orography	Slope	>5°	[21; 26]
	Terrain relief	Plains Mountainous areas	[21]
	Orientation (aspect, tilt)	Spatial aspects	[14]

Colak et al. [15] researched suitable areas for the installation of solar photovoltaic power plants with GIS technology in Malatya province. For this purpose, many impact factors such as solar energy potential, roads, energy transmission lines, transformer centers, slope, facade, dams and river valleys, natural gas pipelines, land cover and residential areas have been analysed. Factor weights were calculated using the AHP method and a suitable map showing the most suitable locations was provided. Charabi et al. [21] prepared an assessment of sites suitability for the implementation of PV installations in Oman. In the study, indeterminate quantifiers were appropriate areas which were determined by combining a sequential weighted overlay tool. Aydin et al. [26] evaluated a decision-making method that uses the consecutive model builder algorithm to calculate optimal areas for solar PV and wind farms by combining various criteria. With this method, multi-criteria technique studies on GIS were applied to determine the areas where Colorado wind and solar potential areas were established [27]. In the research [20], a large area of southern England was evaluated power generation capacity in combination with suitable locations AHP and GIS for wind and solar stations. In another study, proposes the application of a MCDM model to select the best zone for the installation of river hydroelectric



plants in Vietnam. The most widely used of these techniques are the fuzzy analytical network process and the technique for order of preference by similarity to ideal solution. As a result, Nghe An (LOC05) is found to be the optimal solution for selecting river portions where hydroelectric plants are viable in Vietnam [28].

### Materials and methods

In the study, the solar irradiation and meteorological data for determining the optimal areas were taken from Global Solar Atlas (GSA) [10], SolarGIS [11], Azerbaijan Geographical Atlas [29], and MERRA-2, GEOS-5.12.4 based on NASA satellite [30]. By examining the solar irradiation data, maps by ArcGIS spatial analyst tools were created and the site suitability index for PV power plants was determined using MCDM technique for the first time in the country. The most suitable localities for the site of PV solar power installation in the following order was analysed in the applied of a four-stage flow chart in study:

- map-weighted overlay approach has been applied in the GIS environment based on the criteria established to determine the relevant areas;
- applying with the AHP model alternatives for each criterion, importance and priority weights in field selection were determined;
- in the third stage, energy potential areas were evaluated by the purpose by applying the model builder procedure in the ArcGIS application;
- the core concept of the MCDM technique includes superimposing various criteria data, considering the entry criteria formed, and comparable weights from AHP to realise an integrated analysis. The weighted sum grid layer takes the scaled data entries, weights the input layers, and combines them. As result, to generate the suitability index map, the result got with the reclassification tool were classified between 1 (least suitable) and 4 (most suitable) levels.

**Restrictions on suitable site selection.** The tilt angle of PV panels towards the sun, which significantly increases the CF in solar energy production, is the most important impression among the technical feasibility criteria and requires the selection of appropriate orientation areas. Based on this factor, other criteria to be considered in the selection of suitable areas are proximity to residential areas, proximity to highways, proximity to energy systems, terrain relief, land use, etc. (fig. 3).

Since the choice of location depends primarily on high DNI, medium-high energy potential zones were identified throughout the country. For this purpose, a solar irradiation map was created by transforming the Solargis, local meteorology observe measurement (1990–2015) and NASA based MERRA-2 satellite data with the solar analyst tool in ArcGIS [11; 30]. In addition, a comparative combination of GSA and meteorology measurement data was made to obtain a concrete value. To model the zones of potential solar radiation with the solar analysis tool, the site consistency values were defined between the layers created by considering local factors such as angle, slope, and meteorological conditions [31]. Physical terrain data layers of ASTER GDEM with 30-meter resolution was used and create an area elevation map (fig. 1) [32]. As seen from the map, based on GHI measurements, the annual total radiation values across the country vary between 705–1776 kW · h/m<sup>2</sup>. Potential areas for solar panels installation sites with medium-high CFs include locations over 1400 kW · h/m<sup>2</sup>. Since the air temperature for the most efficient energy generation of PV panels in all regions with high-energy potential is 25 °C, it is one of the primary factors to be considered in choosing suitable sites for plant installation in areas with an annual average temperature of 10–18 °C [29].

The slope and relief characteristics of the area are accepted as an important criteria to prevent high installation costs in high slope zones compared to flat or slightly steep slopes in a suitable site selection. Since PV power plants require wide usage areas (approximately, 1 MV – 21 000 m<sup>2</sup>), it is more beneficial to deploy them in flat areas due to their low economic feasibility compared to sloping areas. Since the slope up to 5° and the south direction areas are more opportune in the site selection for solar power plants, the optimal location and directions of such regions are determined using DEM data [32]. DEM data of the ASTER GDEM satellite was used for this. This data has prepared in ArcGIS 10.8 application by using the 3D analyst slope tool, and then analysed over 5 degrees via reclassify [31]. As a result, the calculating the usable slope areas on the map, it was determined that 0–1.0 degree – 19.5 thsd km<sup>2</sup> (22.5 %), 1.1–3.0 degree – 26.1 thsd km<sup>2</sup> (30.1 %) and 3.1–5.0 degree – 6.7 thsd km<sup>2</sup> (7.8 %) (fig. 2).

In the study, closeness to settlement localities, main ways, and energy lines are appropriated as an essential factor concerning economic profit and avoiding electricity losses. Here, depending on the site of the power plant, and the amount of electricity generation, a buffer distance of 2000 m from the settlement, 300 m from the highways, and 1000 m from the power line is identified. Such a site proximity assessment provides a very effective profitability in choosing the most suitable location for the installation of a grid-connected PV solar power plant. Because the project planned for the installation of the power plant in the preferred area should be a successful offer regarding internal rate of return, discounted payback period, and employment insurance.

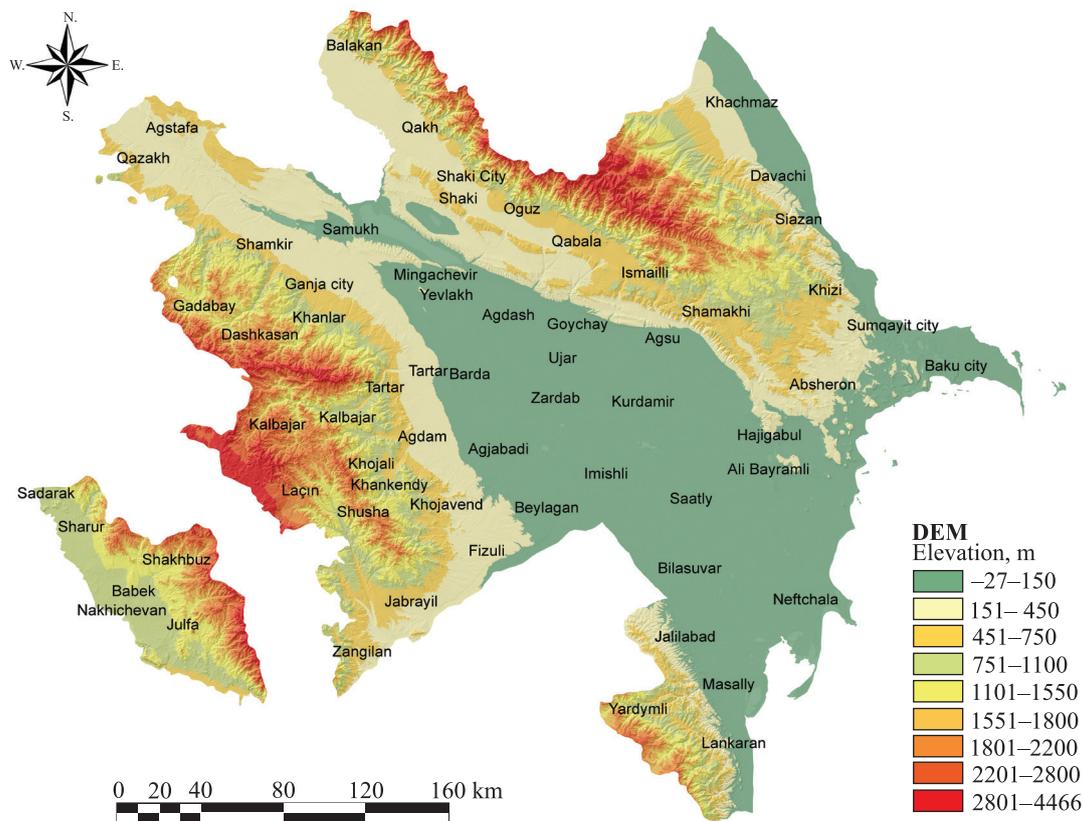


Fig. 1. Digital elevation model of Azerbaijan.  
 Source: [32], modified

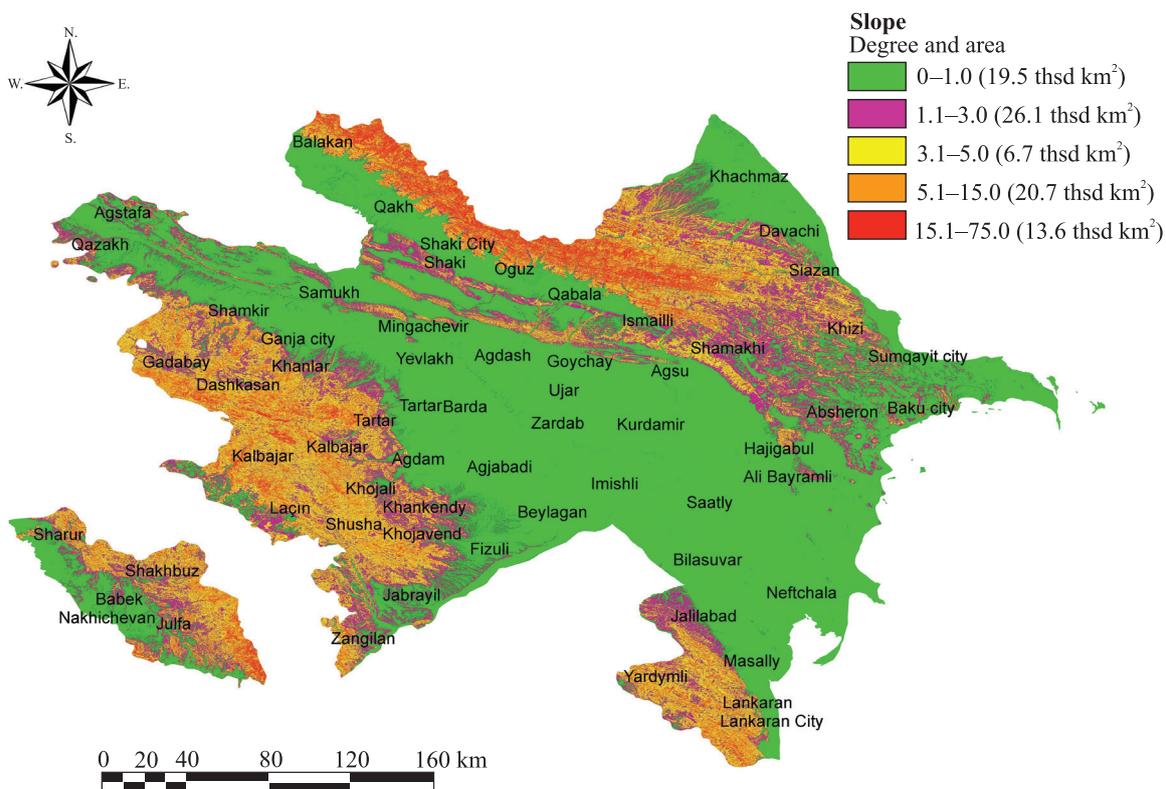


Fig. 2. Slope map of Azerbaijan.  
 Source: [32], modified



The protected areas, agricultural lands, national parks, industrial cities and historical places in the country are excluded from the solar power plant installation areas as restriction areas. In Azerbaijan, there are 10 national parks, 10 state nature reserves, and 24 habitat species management areas in a total territory of 8925.4 km<sup>2</sup> (10.3 % of the country's area) for protecting natural areas [33]. In addition, residential areas, industrial areas, woodlands, and fertile soils are considered limiting factors in site usefulness assessments [34] (see fig. 3). The buffer distances performed by data collected for the thematic layers of protected zones in this research are classified as shown in table 1. The restriction layers shown in fig. 3 were integrated into a single layer, including the required buffers.

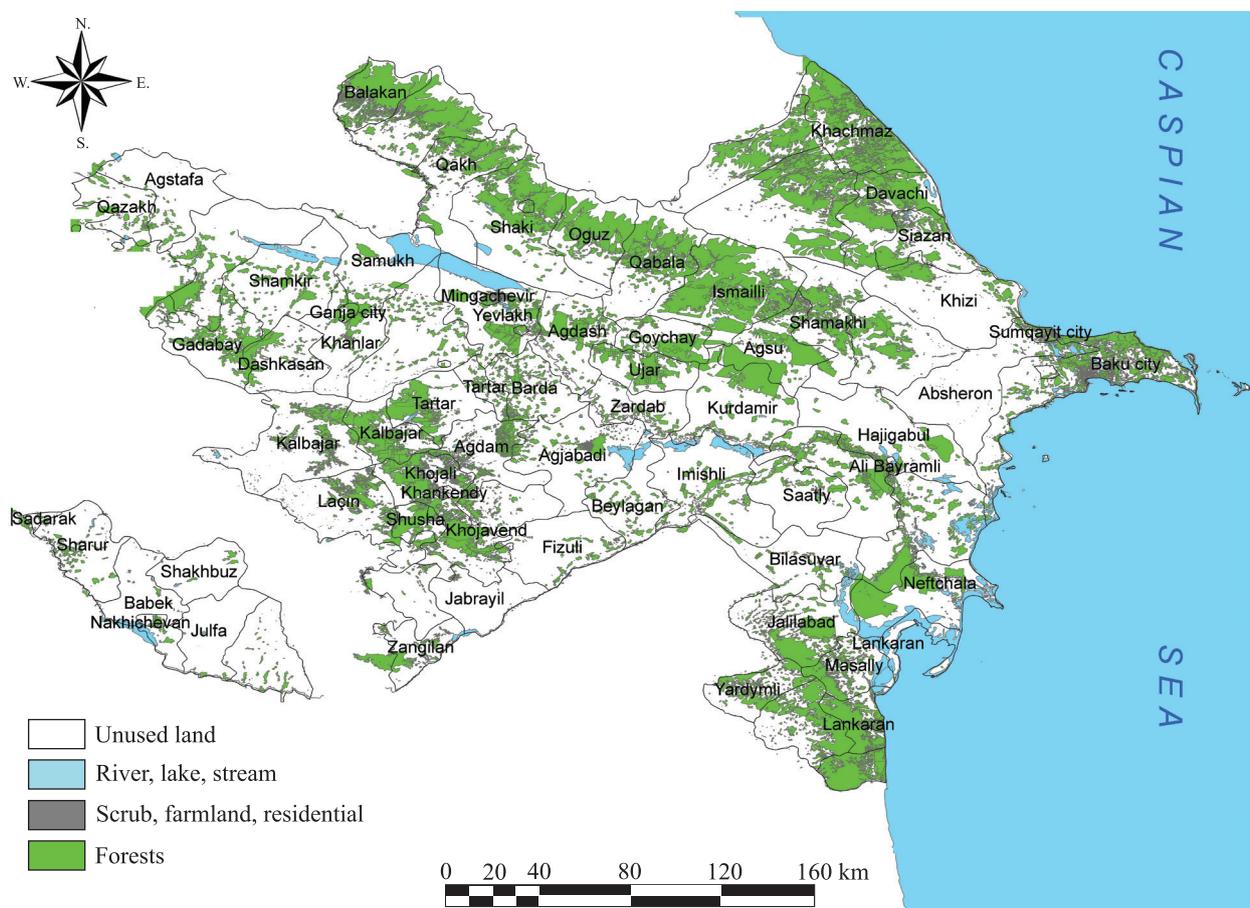


Fig. 3. Land use in Azerbaijan.  
Source: [35]

The AHP method used in the study is one of the most comprehensive based on MCDM technique to identify appropriate alternatives by presenting a decision coefficient for the solution of various factors. It allows the generation of a combination of qualitative and quantitative inputs that provide an optimal approach to solution with complex criteria options in diversifying energy sources and determining the appropriate location. The AHP model has developed as an accessible MCDM technique to simplify solution result oriented investigations of such as compound decision issues [14; 20]. The AHP hierarchy sets the primary aim, whereas, the middle and lower levels show selection principles and alternatives, separately. If the DM sees a discrepancy in the results, it provides a solution to explain this discrepancy with the AHP model [17]. The DMs analyse each standard criterion in pairwise correlations against their database. As a result, it divides the criteria into smaller sub-levels through this method and is weighted corresponding to site selection principles.

**AHP method in choosing a suitable site.** In the study, four criteria for determining the most suitable sites: slope (see fig. 2), solar irradiation (fig. 5), land use, distance to roads, power lines, and settlement areas (see fig. 3 and 6) evaluated and decision matrix are formed by pairwise comparison of these criteria. The weight values of each criterion are defined through the suitability index equation calculations with the AHP method. A consistency ratio (CR) is then involved to eliminate contradictory decisions throughout the pairwise comparison studies. To realise the AHP method, the values of the *n* number of criteria are determined, and a set of formulas are applied in the following order [36]. To determine CR in six steps with the AHP method: 1) problem



definition; 2) comparison matrix creation; 3) normalisation; 4) getting the priority vector; 5) CR; 6) selection or ranking process – is performed (fig. 4). The order of priority in the selection of suitable areas are following: 1) solar irradiation (A); 2) land use (B); 3) distance to roads and power lines (C); 4) slope (D).

First, the basic criteria are compared among themselves. In here the equations developed by Saaty [36] is used for comparisons. The preference score for criterion  $j$  of the  $i$  criterion is determined using the  $A_{ij}$  nine-in-integer value scales presented to create a pairwise comparison matrix with various criteria  $m = n \times n$  (table 5).  $A_{ij}$  denominates the entry in the  $i$  row and the  $j$  column of matrix  $m$  in table 2.

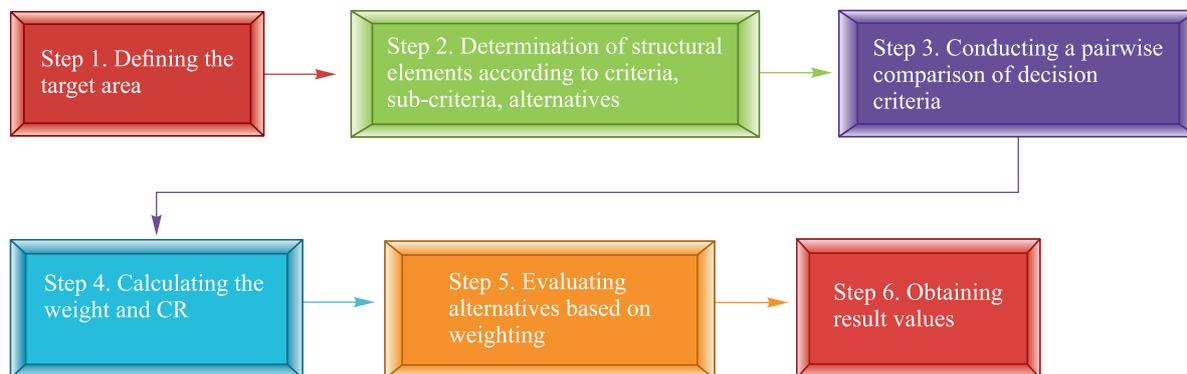


Fig. 4. Flowchart of AHP

Table 2

Comparison values performed in AHP and their interpretations

Numerical values ( $A_{ij}$ )	Numbers ( $A_{ji}$ )	Importance level	Definition
1	1	Equally important	Criterion $i$ and $j$ are of equal importance
3	1/3	Slightly important	Criterion $i$ is slightly more important than $j$
5	1/5	Important	Criterion $i$ is moderately more important than $j$
7	1/7	Very important	Criterion $i$ is strongly more important than $j$
9	1/9	Highly important	Criterion $i$ is extremely more important than $j$
2, 4, 6, 8	1/2, 1/4, 1/6	Intermediate values	

The entries of preference score  $A_{ij}$  and  $A_{ji}$  must supply the following constraint in equation (1): the comparison matrix is a  $n \times n$  square matrix. The matrix components on the diagonal of this matrix take the value 1.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & A_1 & A_2 & A_3 & \dots & A_n \\ A_1 & 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ A_2 & a_{21} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ A_3 & a_{31} & a_{31} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_n & a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

where  $a_{ij} = \frac{1}{A_{ji}}$ ,  $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$ . Total  $\frac{n(n-1)}{2}$  comparisons are made. Here, for  $n = 4$ ,  $\frac{4(4-1)}{2} = 6$ .

Then, the sum of each column requirement equals 1 to create a normalised pairwise comparison matrix  $\bar{m}$ . This can be obtained using an equation (2):

$$\bar{A}_{ij} = \frac{A_{ij}}{\sum_{i=1}^n A_{ij}}. \quad (2)$$

to calculate  $\bar{A}_{ij}$  for each entry of matrix  $\bar{m}$  in table 3.



Table 3

**Comparison matrix of the accepted decision criteria**

Criteria	A	B	C	D
A	1	7	5	1/4
B	1/7	1	1/2	1/7
C	1/5	2	1	1/9
D	4	7	9	1
<i>Total</i>	<i>5.34</i>	<i>17</i>	<i>15.5</i>	<i>1.50</i>

In the third step, the average values between rows are obtained to determine the relevant weights using a set of formulas (3):

$$W_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} n^{-1}. \quad (3)$$

In here, the relative weight for each criterion is in the range 0–1. Moreover, the result of calculating the every criterion weight values, it appears that the solar irradiation factor has a greater effect on the solar PV power system. The priority vector is obtained as follows (table 4).

Table 4

**Normalisation matrix** ( $A_{ij} = \frac{\text{Rows}}{\text{Sum of rows}}$ )

Criteria	A	B	C	D	Normalised priority vector ( $W_j$ )	Final weights, %
A	0.187	0.412	0.323	0.166	$\sum \frac{A_{ij}}{4} = 0.272$	28
B	0.027	0.059	0.032	0.095	$\sum \frac{A_{ij}}{4} = 0.053$	5
C	0.037	0.118	0.065	0.074	$\sum \frac{A_{ij}}{4} = 0.073$	8
D	0.749	0.412	0.581	0.665	$\sum \frac{A_{ij}}{4} = 0.584$	59

In the fourth step, to obtain the PV power plants suitability map (SM) is applied for each criterion of the layers formed within the scope of the study area in equation (4):

$$SM = \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i \cdot r, \text{ here } r \in \{0, 1\}. \quad (4)$$

If the constraint ( $r$ ) comes out,  $r = 0$  and this reflected on the SM value of an inadequate location. Otherwise, the SM can be obtained by finding the sum of each criterion value ( $x_i$ ) multiplied by the criterion weight ( $w_i$ ) (table 5).

Table 5

**Weight and priority vector according to criteria**

Weight	Priority	Criteria
0.272	2	A
0.053	4	B
0.073	3	C
0.601	1	D



In the fifth step, the related formula is used to calculate the CR of the obtained values in the equation (5):

$$CR = \frac{CI}{RI}, \text{ here } CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \text{ and } Aw = \lambda_{\max} w; \quad (5)$$

$$CI = \frac{4.234 - 4}{4 - 1} = 0.078, \quad CR = \frac{0.078}{0.90} = 0.086 \%$$

The CR is obtained by dividing the consistency index (CI) into the random index (RI). Here RI is the random CI that changes according to the number of criteria. Since the number of criteria in the study is four, the RI equal to this value corresponds to 0.90. To determine the CI value of the basic criteria, the maximum eigenvalue of the comparison matrix ( $\lambda_{\max}$ ) is found (table 6).

Table 6

**Determining the mean value of  $\lambda_{\max}$**

$Aw$	$\frac{Aw}{w}$	Mean $\lambda_{\max}$
1.162	$\frac{1.162}{0.272} = 4.271$	4.234
0.215	$\frac{0.215}{0.053} = 4.035$	
0.301	$\frac{0.301}{0.073} = 4.102$	
2.722	$\frac{2.722}{0.601} = 4.525$	

Since the  $CR \leq 0.10$  – consistency degree is considered satisfactory, the 0.086 consistency ratio determined in the paired comparison is within the acceptable range. Four economic regions with high solar irradiation values for the installation of solar power plants throughout the country, through the AHP method: Nakhchivan, Aran, Absheron, and Ganja-Kazakh were evaluated as alternatives to each other. In choosing the suitable sites for solar power plants, the main criteria were determined from high to low scale according to their importance levels are weighted according to the GHI (A), land use (B), distance to main roads and power line (C), and slope (D) (table 7). Afterwards, the Nakhchivan region was determined as the most suitable site with the pairwise comparison matrix calculation of sub-criteria data such as irradiation (1400–1699 kW · h/m<sup>2</sup> – annual), land use (fertile soils, barrens), Euclidean distance (1000–5000 m), and slope (1–5°) (table 8).

Table 7

**Pairwise comparative matrix calculation values of the main criteria**

Criteria	Weighted values	Graphic	Alternatives	Total	Normal	Ideal	Ranking
A	0.389278 (39 %)		Nakhchivan AR	0.0812	0.3249	1.0000	1
B	0.31875 (32 %)		Aran	0.0764	0.3055	0.9404	2
C	0.27086 (27 %)		Absheron	0.0545	0.2179	0.6707	3
D	0.02128 (0.2 %)		Ganja-Kazakh	0.0379	0.1516	0.4667	4

Table 8

**Weighted values of sub-criteria in choosing the suitable site**

Final weight	Sub-criteria	Weighted values (>1)	Value, %
Distance to roads and power lines	1000 m diam	0.75003	75
	5000 m diam	0.24997	25



Ending table 8

Final weight	Sub-criteria	Weighted values (>1)	Value, %
Solar irradiation (annual)	1400–1500 kW · h/m <sup>2</sup>	0.104 73	10
	1500–1600 kW · h/m <sup>2</sup>	0.258 28	26
	1600–1699 kW · h/m <sup>2</sup>	0.636 98	64
Land use	Barrens	0.875 00	87.5
	Fertile soils	0.125 00	12.5
Slope	0–1°	0.181 18	18
	1–3°	0.545 46	54
	3–5°	0.282 73	28

### Results and discussion

The study area covers almost the whole of Azerbaijan with an area of 86.6 thsd km<sup>2</sup> in the South Caucasus. The country is in the arid subtropical climate zone formed under the influence of the Great Caucasus Mountains in the north, and the Caspian Sea in the east. Since the GHI values and air temperature are high, about 30 % of the country is dominated by semi-desert climate (grey soils). Fossil fuels have an important place in the country's energy policy and electrical energy supply (92.7 %). However, as a member of many of the global climate change connotations, such as the «Paris Agreement» on preventing carbon dioxide measures, the country has a future-oriented renewable energy portfolio. These include the installation of solar PV plants in the Absheron region and the establishment of smart villages in the Karabakh region. Thus, the country aims to provide 30 % of the country's electrical energy supply from wind and solar energy by 2030. As the first such scientific approach for this field of study, it is aimed to identify energy potential locations to achieve energy goals.

The GHI value in the republic was calculated as a daily average of 3.4 kW · h/m<sup>2</sup> or an annual average of 1240 kW · h/m<sup>2</sup> (minimum 705, maximum 1776) as shown in fig. 5. Across the country, areas with GHI values above 1501 kW · h/m<sup>2</sup> cover 21.8 thsd km<sup>2</sup> or 18.9 % of the total area (6<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> radiation scale). However, the area of 40.3 thsd km<sup>2</sup> (46.5 %) (5<sup>th</sup> radiation scale), which covers the Aran region with average GHI values (1450 kW · h/m<sup>2</sup>), is potentially among the most suitable regions for solar power installations [10]. It has been determined that the average annual sunshine duration on the horizontal surfaces of 10 economic regions in Azerbaijan is 2400 h [11]. Nakhchivan AR among them is the region with higher annual sunshine duration (between 2400 and 2800 h) and GHI values (1500–1776 kW · h/m<sup>2</sup>) throughout the country [10]. In Nakhchivan AR, the annual total cloud cover rate, which has a negative effect on solar energy production with a score on a scale of 4.0–5.5, the number of days when the maximum temperature of the air is above 35 °C is 30–40 days, annual snowy days are 20–60, the duration of the annual foggy days ranges from 10 to 50 days [29].

**Sensitivity analysis.** In the study, the most suitable sites are determined by analysing potential areas for PV power plants with the AHP method. These areas mainly include large-scale areas where solar energy can be applied, excluding agriculture, industry and protected areas. As can be seen from the weighted concluding map based on the AHP-GIS method, 1.17 % (1.02 bln m<sup>2</sup>) of the study area was found to be suitable for the deployment of solar power plants. Aran region, which is the most suitable area for solar energy installation throughout the country, especially in Absheron and Nakhchivan, corresponds to a medium suitability level due to its relatively low solar radiation (1450 kW · h/m<sup>2</sup> per year). Other regions of the country (Sheki-Zagatala, Guba-Khachmaz, Lankaran and Kelbajar-Lachin) are included in low suitability zones due to low-intensity solar radiation, annual cloudiness rate, insufficient relief, lack of infrastructure, and high-costs installation.

The basic criteria to determine the best sites for the deployment of solar power plants were performed below in sequence:

- first, the criteria were systematised in three groups, namely meteorological (solar irradiation and air temperature), economical (distance to a settlement area, distance to roads and distance to transformers), and topographic (slope, land aspect, relief). Here, the major purpose is to select the most efficient energy production area for PV power plants, and the input data in the model created has been divided according to 10 degrees from the highest to the lowest;
- in the second stage, the suitability level of the locations selected using the weighted overlay tool was calculated according to the determined criteria;
- in the end, in order of importance, the slope, and land features in the solar energy potential areas have been weighted in the model according to certain degrees, which are suitable for the PV power plant installation.

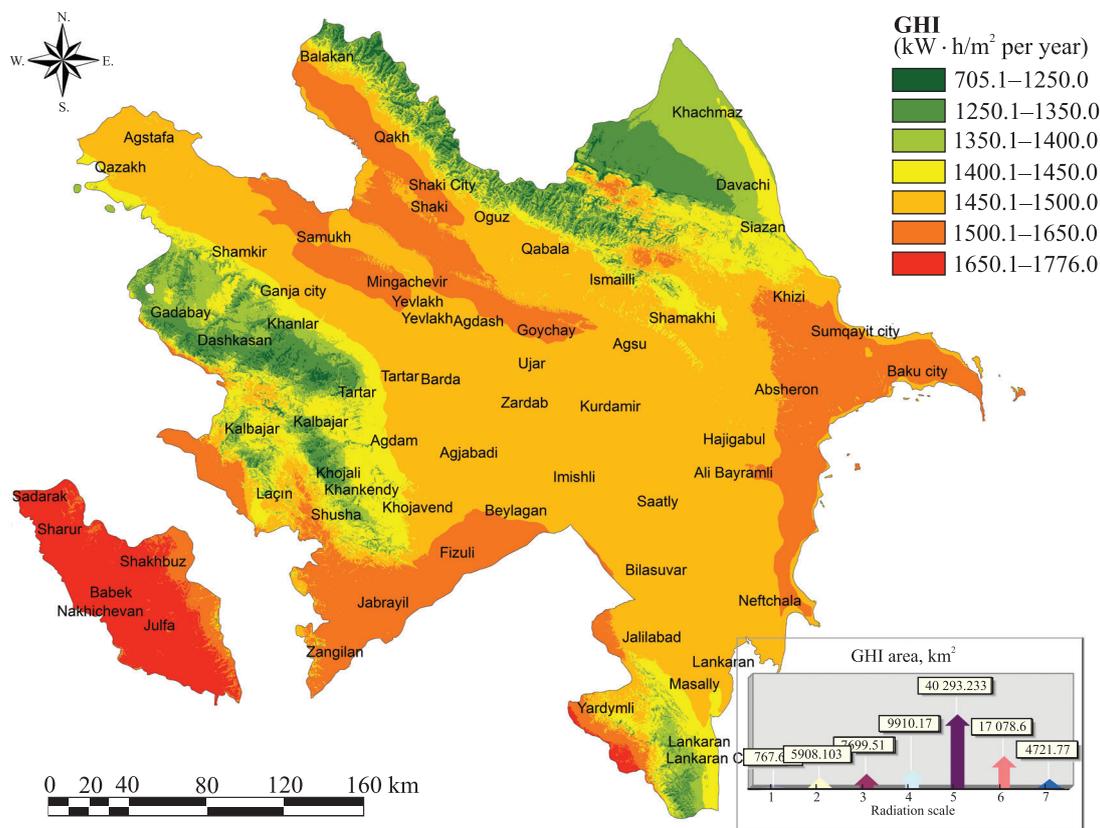


Fig. 5. Long-term average (1999–2018) of annual total GHI for Azerbaijan.  
 Source: [10; 11], modified

It was concluded that the Sharur, Babek and Julfa districts on the banks of the Aras River in the Nakhchivan region are the most suitable areas for the installation of solar power plants because of their higher solar insolation, intensive sunshine duration, and high sky clearness index. The mountainous zones (Greater Caucasus, Lesser Caucasus, and Talysh mountains) covering about 40 % of the country have a lower land suitability index due to major steep slopes, lack of infrastructure, etc. According to the model suitability values, Khizi, Hajigabul and Gobustan regions were determined to be moderately suitable areas for PV installation due to high electricity consumption areas, large unused areas, and moderate direct solar irradiation on the horizontal surface.

Generally, infertile lands are considered more suitable sites for installing solar power plants. As shown on the land use map of the country, the areas with average and high solar radiation values correspond to the grassy vegetation and arable land area [37]. These areas are 33.6 and 41.2 %, respectively, and cover a total of 29.1 and 35.7 thsd km<sup>2</sup> of the country (see fig. 6). The areas unsuitable for installing solar power plants include forests, shrubs, sparse vegetation, broad-leaved forests and settlement areas. The areas with infertile soils, bare and sparse vegetation in Nakhchivan, Absheron and Aran districts, which are the most suitable regions of the country, are in accordance with the installation principles of solar power plants. The areas in this category cover 1.2 % of the country's land with 371 km<sup>2</sup> in Nakhchivan, 382 km<sup>2</sup> in Absheron and 207 km<sup>2</sup> in Aran districts.

The electric capacity of all power plants in Azerbaijan amounted to 7516 MW, and the total electricity generation 26.1 bln kW · h in 2020. These, 1.9 bln kW · h (7.3 % of the total) were obtained from renewable energy sources. Renewable energy production, excluding hydropower, accounted for 1.5 % of total electricity generation or 399.1 mln kW · h. Among them, the capacity of photovoltaic solar stations is contained 37 MW (9 stations, 1 hybrid), and electricity generation 44.2 mln kW · h (efficiency, 13.7 %) [38]. Data obtained because of the research the SM, and generated from the analysis of certain criteria, not only benefits DMs, but can also help Azerbaijan achieve about 30 % of its renewable energy targets by 2030 and ensure energy security.

The final map was created with the ArcGIS model builder tool by weighting the basic criteria for selecting suitable areas (settlement, natural objects, main roads, transmission line, solar irradiation, environment and land use) (fig. 7). Optimal locations, covering 25 % of suitable areas, are located in the Absheron economic zone, where most of the country's residential and industrial areas are located. In addition, suitable sites in this region are close to major roads, power lines and settlements, and it allows to avoid additional costs for infrastructure.

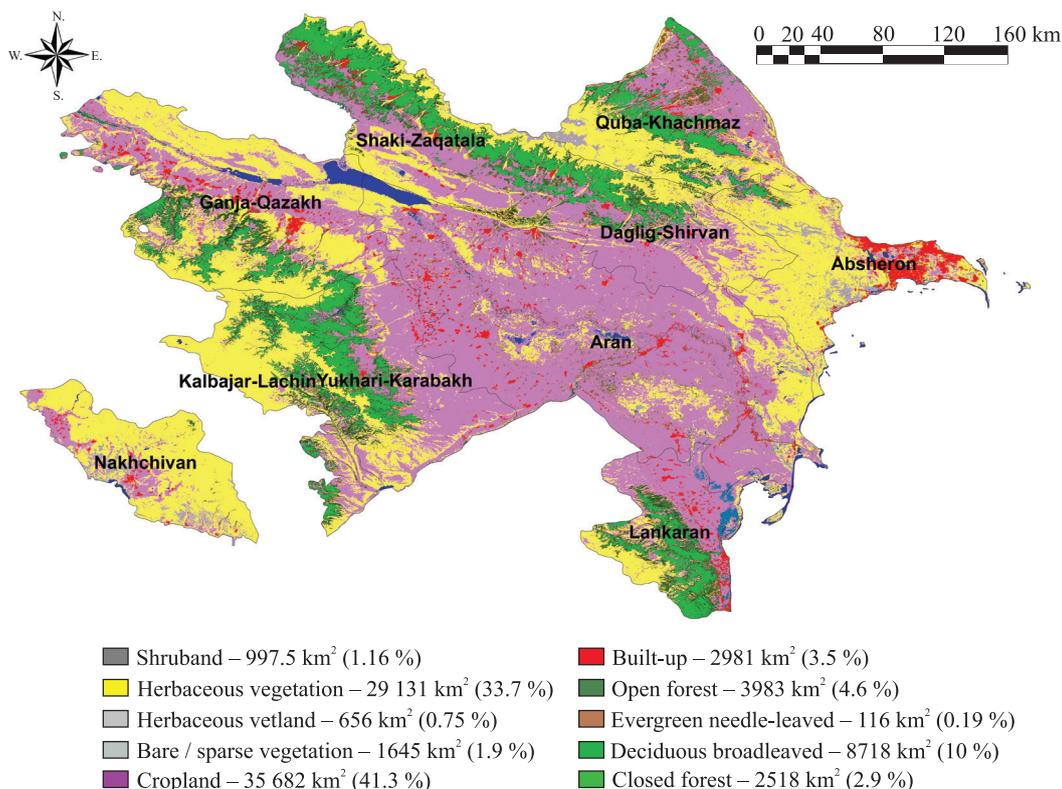


Fig. 6. The land covers composition.  
Source: [37], modified

In order to calculate the site suitability values, the sensitivity analysis of the indicators that determine the grid layers were evaluated according to the weight values of the defined criteria. The main purpose here is to avoid additional costs in the installation of the power plant, 20 % weight was given to each of the economic criteria such as slope, land orientation, proximity to settlements, power lines and proximity to main roads (table 9). As result of the calculation, it has been concluded that approximately 11 % (109.2 km<sup>2</sup>) of the suitable areas have high ratio, 28 % (284.6 km<sup>2</sup>) – medium ratio and 61 % (623 km<sup>2</sup>) – low ratio site suitability (table 10). Suitable alternative regions for the installation of the plant, determined according to AHP weight values of economic, environmental and meteorological criteria, are Nakhchivan, Absheron, Ganja-Kazakh and Aran, respectively.

Table 9

The calculated weight of each criterion  
and sub-criterion alternatives in the AHP model

Sub-criteria	Options	AHP weight (alternatives)			
		Absheron	Aran	Ganja-Kazakh	Nakhchivan
Euclidean distance to the power line	1000 m	0.642 8	0.097 24	0.208 74	0.051 22
	5000 m	0.656 96	0.075 98	0.191 08	0.075 98
Radiation (GHI)	1400–1500 kW · h/m <sup>2</sup>	0.129 26	0.247 61	0.073 64	0.549 49
	1501–1600 kW · h/m <sup>2</sup>	0.121 91	0.270 55	0.063 64	0.543 9
	1601–1699 kW · h/m <sup>2</sup>	0.132 6	0.260 64	0.073 42	0.484 3
Land use	Barrens	0.389 86	0.152 35	0.067 92	0.389 86
	Fertile soils	0.084 99	0.239 89	0.582 32	0.092 8
Environment	Protected areas, natural objects	0.075 980	0.656 96	0.075 98	0.191 08
Slope	0–1.0 degree	0.118 15	0.487 45	0.276 24	0.118 15
	1–3.0 degree	0.151 18	0.508 29	0.265 34	0.075 2
	3–5.0 degree	0.117 5	0.565 01	0.262 2	0.055 29

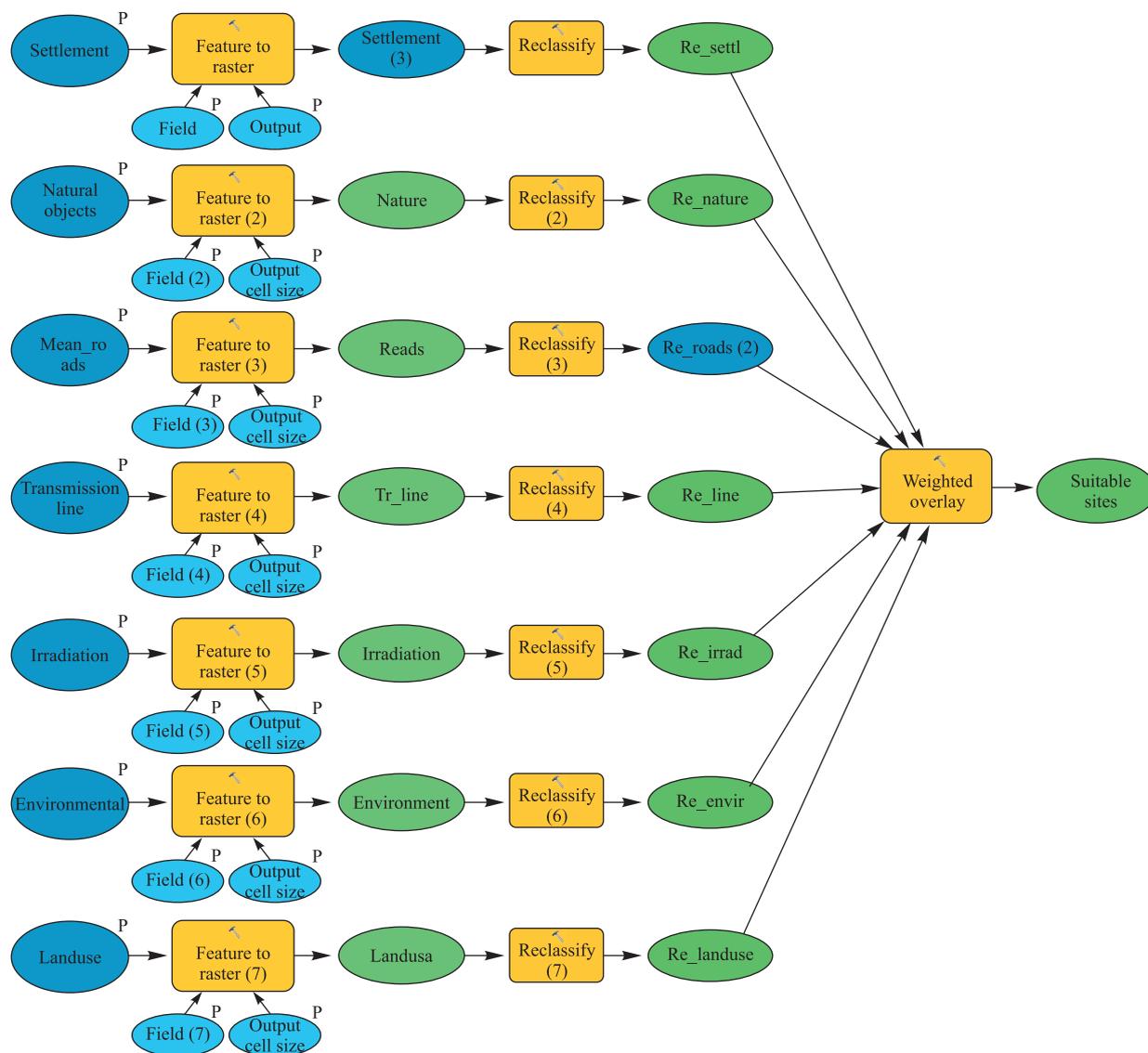


Fig. 7. Weighting the basic criteria for suitable sites selection with a model builder

**Site suitability index.** The total 40 sites have been identified for the location of solar photovoltaic plants with high, medium and low levels of suitability in the country (see table 10). It covers a total area of 109.2 km<sup>2</sup> or 0.13 % with 8 sites in the Nakhchivan AR, which corresponds to the highest site suitability level through the country (fig. 8). With annual GHI values above 1500 kW · h/m<sup>2</sup>, this region has the most optimal sites for the installation of solar power plants. Thus, a calculation of the possible solar energy production potential of a total area of 109.2 km<sup>2</sup> was made according to the formula below (6):

$$E = A \cdot r \cdot H \cdot PR, \quad (6)$$

where  $E$  – energy, kW · h;  $A$  – total photovoltaic panel area, m<sup>2</sup>;  $r$  – solar panel yield CF, %;  $H$  – annual average irradiation value on tilted panels (shadings not included);  $PR$  – performance ratio (default value – 0.75 %), and the coefficient for losses of PV plants (0.25 %).

Using this formula ( $E = 109.2 \cdot 13.7 \cdot 1500 \cdot 0.75$ ), the possible power capacity and maximum energy output of PV plants were determined as 15 mln MW and 16.83 bln kW · h per year, respectively.

In the second stage, the area of the locations with medium GHI values (1500 kW · h/m<sup>2</sup> per year and over) was determined. Thus, the number of sites in the medium suitability indexes are in 12 different locations, covering a total area of 284.6 km<sup>2</sup> or 0.32 % of the country territory (see fig. 8). Theoretically, it is possible to install 13 573 MW (1.0 MW PV power plants is cover 21 thsd m<sup>2</sup> area surface) PV power plants on a total area of 284.6 km<sup>2</sup>, which corresponds to an annual electricity generation of 16.2 bln kW · h (annual average 1.0 MW – 1.2 mln kW · h) (see table 10).

Table 10

## Site suitability indicators for the installation of PV plants across the country according to GHI values

Number	Suitable sites	Location (latitude – longitude)	Area, km <sup>2</sup>	GHI, kW · h/m <sup>2</sup> per year	Possible the power of the PV plant, MW per year	Maximum possible energy output, mln kW · h per year
<i>High suitable</i>						
1	Julfa-1	38.97–45.73	2.1	1755	101	151.6
2	Julfa-2	38.97–45.65	9.2	1753	440	661.1
3	Julfa-3	39.18–45.54	4.0	1749	193	290.0
4	Babek-1	39.29–45.32	45.5	1737	2170	3256.4
5	Julfa-4	39.02–45.57	1.3	1735	61	92.4
6	Sharur	39.48–45.13	10.6	1730	507	761.3
7	Babek-2	39.25–45.22	22.8	1728	1089	1634.7
8	Sadarak	39.69–44.93	13.7	1719	653	980.4
<i>Medium suitable</i>						
1	Karabakh	39.21–46.87	28.3	1574	1348	1618.7
2	Zire	40.34–50.33	1.3	1523	65	78.0
3	Horadiz	39.37–47.20	1.9	1530	92	110.5
4	Sangachal	40.22–49.42	26.8	1529	1278	1533.6
5	Cheyildagh	40.30–49.37	44.6	1527	2128	2553.9
6	Gobu	40.35–49.72	4.9	1525	234	280.8
7	Qakh	41.03–46.88	102.9	1521	4900	5880.0
8	Absheron	40.52–49.58	1.9	1510	94	113.1
9	Shamkir	41.09–46.18	59.7	1506	2844	3412.9
10	Z. Tağıyev	40.67–49.43	7.8	1505	373	447.6
11	Qobustan	40.47–49.06	2.7	1503	128	154.4
12	Chilov	40.33–50.59	1.8	1502	89	106.8
<i>Low suitable</i>						
1	Xoylu	40.58–46.63	57.4	1497	2738	2874.9
2	Goychay	40.41–47.56	34.5	1495	1645	1727.2
3	Hajigabul	40.09–48.99	42.0	1494	2001	2101.0
4	Aghjabadi	39.76–47.36	26.2	1493	1251	1313.5
5	Kurdamir	40.23–47.90	48.9	1491	2328	2444.4
6	Neftchala	39.29–49.22	8.1	1490	388	407.4
7	Pirallahi	40.48–50.34	0.12	1488	5	5.2
8	Tovuz	41.15–45.85	96.6	1485	4599	4828.9
9	Saatly	39.67–48.76	93.2	1483	4438	4659.9
10	Beylagan	39.96–47.78	61.1	1478	2910	3055.5
11	Tartar	40.37–46.82	60.2	1476	2865	3008.2
12	Agstafa	41.41–45.35	6.1	1473	291	305.5
13	Shamakhi	40.18–48.73	26.3	1472	1251	1313.5
14	Poylu	41.32–45.50	19.6	1466	936	982.8
15	Kura Island	38.99–49.14	14.0	1466	670	703.5
16	Agdam	39.95–47.05	8.7	1465	417	437.8
17	Shurabad	40.79–49.51	8.4	1460	400	420.0
18	Khizi	40.86–49.32	2.9	1435	139	145.9
19	Zarat	40.91–49.29	6.4	1423	308	323.4
20	Siyazan	40.99–49.21	2.3	1412	110	115.5
<i>Total</i>						
40	Azerbaijan districts	38.97–50.59	1016.8	1412–1755	48 577	55 293.3

Sources: [17; 38].

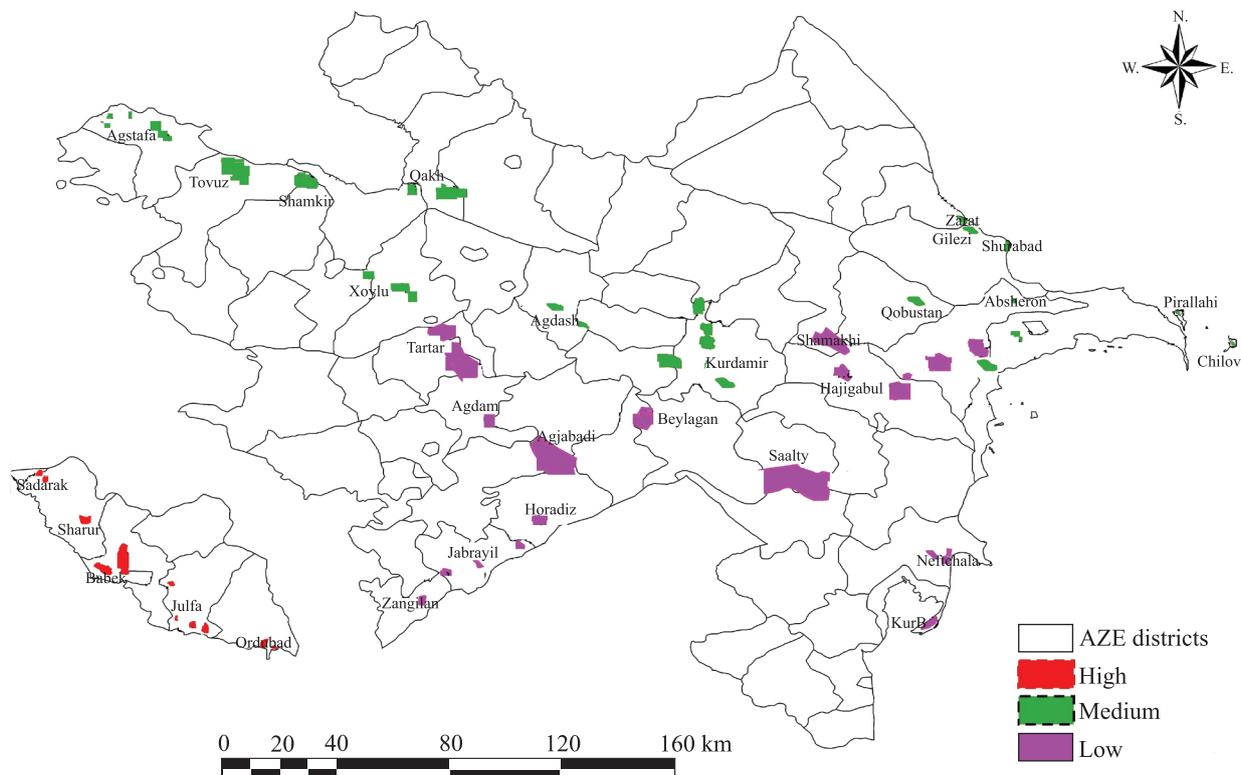


Fig. 8. Locations of optimum sites determined because of applying AHP weight criteria

Finally, suitable locations were classified into three categories according to the criteria of GHI values, clearness index, terrain relief, duration of sunny days, land use, proximity to roads and transmission lines. The total area of these optimal sites with high, medium, and low suitability indexes corresponds to 1016.8 km<sup>2</sup> or 1.17 % of the country (see fig. 8). These locations include areas with high suitability for the installation of PV power plants and annual GHI values above 1400 kW · h/m<sup>2</sup>, as result of theoretically evaluating all criteria (see table 10). If the determined optimal areas are completely covered with photovoltaic panels, it is possible to achieve a total electricity generation capacity of 48.5 thsd MW and 55.2 bln kW · h (see equation (6)). This is 2.1 times more than the 26.1 bln kW · h of electricity generated in the country in 2020 [38]. The long-term use of renewable energy in the electricity supply of the country is a promising outcome for global climate change prevention and energy security. Otherwise, it is probable to occur ecological migrations as a side effect of climate change conditions soon.

### Conclusion

As a result, the environmentally friendly and economic benefits of converting solar energy into electricity through photovoltaic cells, sustainable, safe and low carbon emission technologies have become more usable in recent years. In this study, according to the principles of large-scale solar power plant installation, the weights of comparison criteria such as high solar radiation, appropriate relief and high-quality infrastructure were evaluated with the AHP method and suitable areas were determined. The results obtained in the study can encourage infrastructure, energy supply et cetera developments in the selection of suitable location for solar power plants for DMs during the project design phase in this direction. For this, an appropriate result can be got by analysing geographic data based on meteorological conditions and climate as the integration of GIS with MCDM technique, evaluating the weight values of economic and technical criteria separately. The AHP method determined weights according to technical and economic factors in the site suitability model created to select the best locations for the installation of off-grid solar systems, depending on the values of solar radiation.

Due to the high initial capital investment in the solar PV power plants installation, it is necessary to determine the high potential areas to use the solar energy. For this purpose, it was present an approach that evaluates technical, environmental, geographical and economic criteria for potential areas of solar energy using the GIS based AHP model. In areas with solar power potential, basic criteria and all restrictions were evaluated and areas according to the relevance level are divided into three categories. The weighted overlay values have been an average of 45 with the analysis of the database. As a result of the calculation, 1–40 (low-appropriate), 40–70 (medium appropriate) and 70–100 (high-appropriate) values are divided according to the eligibility le-



vel on the last map. For the weight values obtained with the AHP method, each sub-criterion options are listed as in tables 8 and 9. In detail here, the solar radiation, slope, environment, main road, protected areas, settlements and other sub-criteria are weighted.

The pairwise comparisons were performed with the alternatives presented in accordance with the basic and sub-criteria over the AHP method and the relevant hierarchical structure created. In study, the calculated consistency rates were evaluated and acceptable results were made. This is a much more effective method of providing incentives for the selection and use of areas suitable for solar PV systems. For this purpose, according to the pairwise comparison evaluations made with AHP method, the consistency ratio was the most effective factor in choosing the place where solar power plants will be installation, with an average of 0.086. In addition, the average weight values from suitable areas were calculated as 1000 m from the roads and transmission line (0.750), solar radiation over 1600 kW · h/m<sup>2</sup> per year (0.636), infertile soils (0.870) and 1–5° slope (0.545) (see table 8).

As result of this case study, it was concluded that the most suitable areas in Azerbaijan are Absheron and Nakhchivan regions located in the east and southwest. It has been concluded that the sites suitable for solar power plant installation throughout the country have a total area of 1016.8 km<sup>2</sup>. According to the site suitability index, 11 % (109.2 km<sup>2</sup>) of the eligible areas are of high degree, 28 % (284.6 km<sup>2</sup>) – medium degree and 61 % (623 km<sup>2</sup>) – low degree. These areas mostly are located in central areas, close to urban settlements and industrial zones (see fig. 8). According to these degrees of conformity, it is possible to achieve the goals of the portfolio that provides energy security for high-intensity solar radiation, as well as using more sustainable energy sources that are compatible with the environment. In addition, government subsidies, guaranteed purchase contracts, support for securing financing conditions for the private division initiative can encourage investors inside and outside the country to invest in solar PV power development projects.

## References

1. Murdock HE, Gibb D, André T, Sawin JL, Brown A, Appavou F, et al. Renewables 2020 – Global status report [Internet; cited 2020 December 15]. 2020. Available from: <https://inis.iaea.org/search/searchsinglerecord.aspx?recordsFor=SingleRecord&RN=51070091>.
2. Ferroukhi R. Rethinking energy – 2014: towards a new power system. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency; 2014. 96 p.
3. Candelise C, Winkler M, Gross RJK. The dynamics of solar PV costs and prices as a challenge for technology forecasting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013;26:96–107. DOI: 10.1016/j.rser.2013.05.012.
4. International Finance Corporation. Utility-scale solar photovoltaic power plants [Internet; cited 2021 January 20]. 2015. Available from: [https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/a1b3dbd3-983e-4ee3-a67b-cdc29ef900cb/IFC+Solar+Report\\_Web+\\_08+05.pdf?MOD=AJPERES&CVID=kZePDPG](https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/a1b3dbd3-983e-4ee3-a67b-cdc29ef900cb/IFC+Solar+Report_Web+_08+05.pdf?MOD=AJPERES&CVID=kZePDPG).
5. Lopez A, Roberts B, Heimiller D, Blair N, Porro G. US renewable energy technical potentials: a GIS-based analysis. Golden (US): National Renewable Energy Laboratory; 2012 July. 40 p. Technical Report: NREL/TP-6A20-51946.
6. Azizkhani M, Vakili A, Noorollahi Y, Naseri F. Potential survey of photovoltaic power plants using analytical hierarchy process (AHP) method in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017;75:1198–1206. DOI: 10.1016/j.rser.2016.11.103.
7. Saaty TL. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill; 1980. 287 p.
8. Noorollahi E, Fadaei D, Shirazi MA, Ghodsipour SH. Land suitability analysis for solar farms exploitation using GIS and fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) – a case study of Iran. *Energies*. 2016;9(8):643. DOI: 10.3390/en9080643.
9. Garmi HZAL, Awasthi A. Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia. *Applied Energy*. 2017;206:1225–1240. DOI: 10.1016/j.apenergy.2017.10.024.
10. Azerbaijan. Solar energy resource. Global Solar Atlas 3.0 [Internet; cited 2020 August 8]. 2020. Available from: [https://globalsolaratlas.info/map?r=AZE:AZE.7\\_1&c=39.30579,45.4625,9](https://globalsolaratlas.info/map?r=AZE:AZE.7_1&c=39.30579,45.4625,9).
11. The World Bank. Solar resource maps of Azerbaijan [Internet; cited 2020 August 17]. Available from: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/azerbaijan>.
12. Khartchenko NV, Kharchenko VM. *Advanced energy systems*. 2<sup>nd</sup> edition. Boca Raton: CRC Press; 2013. 618 p.
13. Sanchez-Lozano JM, García-Cascales MS, Lamata MT. Comparative TOPSIS-ELECTRE TRI methods for optimal sites for photovoltaic solar farms. Case study in Spain. *Journal of Cleaner Production*. 2016;127:387–398. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.04.005.
14. Effat HA. Selection of potential sites for solar energy farms in Ismailia Governorate, Egypt using SRTM and multicriteria analysis. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*. 2013;2(1):205–220.
15. Colak HE, Memisoglu T, Gercek Y. Optimal site selection for solar photovoltaic (PV) power plants using GIS and AHP: a case study of Malatya Province, Turkey. *Renewable energy*. 2020;149:565–576. DOI: 10.1016/j.renene.2019.12.078.
16. Sengupta M, Habte A, Gueymard C, Wilbert S, Renné D, Stoffel T. Best practices handbook for the collection and use of solar resource data for solar energy applications. Golden (US): National Renewable Energy Laboratory; 2017 January. Report No.: NREL/TP-5D00-68886.e.
17. Greene R, Devillers R, Luther JE, Eddy BG. GIS-based multiple-criteria decision analysis. *Geography Compass*. 2011;5(6): 412–432. DOI: 10.1111/j.1749-8198.2011.00431.x.
18. Rumbayan M, Nagasaka K. Prioritization decision for renewable energy development using analytic hierarchy process and geographic information system. In: Tokyo University of Agriculture and Technology. *The 2012 International Conference on Advanced Mechatronic Systems, 2012 September 18–21; Tokyo, Japan*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers; 2012. p. 36–41.
19. Uyan M. GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapinar region, Konya/Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013;28:11–17. DOI: 10.1016/j.rser.2013.07.042.



20. Watson JJ, Hudson MD. Regional scale wind farm and solar farm suitability assessment using GIS-assisted multi-criteria evaluation. *Landscape and Urban Planning*. 2015;138:20–31. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2015.02.001.
21. Charabi Y, Rhouma MBH, Gastli A. Siting of PV power plants on inclined terrains. *International Journal of Sustainable Energy*. 2016;35(9):834–843. DOI: 10.1080/14786451.2014.952298.
22. Mentis D, Welsch M, Nerini FF, Broad O, Howells M, Bazilian M, et al. A GIS-based approach for electrification planning – a case study on Nigeria. *Energy for Sustainable Development*. 2015;29:142–150. DOI: 10.1016/j.esd.2015.09.007.
23. Kengpol A, Rontlaong P, Tuominen M. Design of a decision support system for site selection using fuzzy AHP: a case study of solar power plant in north-eastern parts of Thailand. In: *Proceedings of PICMET'12: Technology Management for Emerging Technologies; 29 July – 2 August 2012; Vancouver, Canada*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers; 2012. p. 734–743.
24. Massimo A, Dell'Isola M, Frattolillo A, Ficco G. Development of a geographical information system (GIS) for the integration of solar energy in the energy planning of a wide area. *Sustainability*. 2014;6(9):5730–5744. DOI: 10.3390/su6095730.
25. Borgogno ME, Fabrizio E, Chiabrando R. Site selection of large ground-mounted photovoltaic plants: a GIS decision support system and an application to Italy. *International Journal of Green Energy*. 2015;12(5):515–525. DOI: 10.1080/15435075.2013.858047.
26. Aydin NY, Kentel E, Duzgun HS. GIS-based site selection methodology for hybrid renewable energy systems: a case study from western Turkey. *Energy conversion and management*. 2013;70:90–106. DOI: 10.1016/j.enconman.2013.02.004.
27. Janke JR. Multicriteria GIS modeling of wind and solar farms in Colorado. *Renewable Energy*. 2010;35(10):2228–2234. DOI: 10.1016/j.renene.2010.03.014.
28. Chien F, Wang C-N, Nguyen VT, Chau KY. An evaluation model of quantitative and qualitative fuzzy multi-criteria decision-making approach for hydroelectric plant location selection. *Energies*. 2020;13(11):2783. DOI: 10.3390/en13112783.
29. Mammadov RM, scientific editor. Geographical Atlas of the Republic of Azerbaijan. [S. l.]: Baku Cartography Factory; 2018. 207 p.
30. GMAO MERRA-2 assimilation model (1981–2019) and GEOS-5.12.4. Power Data Access Viewer [Internet; cited 2020 December 1]. Available from: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>.
31. Aguayo P. Solar energy potential analysis at building scale using LiDAR and satellite data. Waterloo (ON): University of Waterloo; 2013.
32. Earth Data Search. ASTER Global Digital Elevation Model NetCDF V003 [Internet; cited 2020 September 12]. Available from: <https://search.earthdata.nasa.gov/search/?hdr=1%20to%2030%20meters&fi=ASTER&fst0=Land%20Surface> (date of access: 12.09.2020).
33. Ismayilov M, Jabrayilov E. Protected areas in Azerbaijan: landscape-ecological diversity and sustainability. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*. 2019;7(2):31–42.
34. Asakereh A, Soleymani M, Sheikhdavoodi MJ. A GIS-based Fuzzy-AHP method for the evaluation of solar farms locations: case study in Khuzestan province, Iran. *Solar Energy*. 2017;155:342–353. DOI: 10.1016/j.solener.2017.05.075.
35. Asia. Geofabrik downloads [Internet; 2020 November 12]. Available from: <https://download.geofabrik.de/asia.html>.
36. Saaty TL. Analytic hierarchy process. In: Wiley StatsRef: Statistics Reference Online [Internet; cited 2020 December 23]. [S. l.]: John Wiley & Sons; 2014 September 29. DOI: 10.1002/9781118445112.stat05310.
37. Buchhorn M, Smets B, Bertels L, De Roo B, Lesiv M, Tsendbazar N-E. Copernicus global land service. Land cover 100 m: collection 3: epoch 2019: globe [Internet; cited 2020 December 22]. 2020 September 8. Available from: <https://lviewer.vito.be/2015/Azerbaijan>. DOI: 10.5281/zenodo.3939050.
38. The State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. Energy of Azerbaijan. Baku: The State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan; 2020. 160 p.

Received by editorial board 15.01.2021.

УДК 551.435.42(476)

## ЗНАЧЕНИЕ РЕЛЬЕФА В ВОЗНИКНОВЕНИИ ЛЕДНИКОВЫХ ЛОЖБИН В БЕЛАРУСИ

М. Е. КОМАРОВСКИЙ<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский государственный университет,  
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Рельеф ледникового субстрата предопределяет расположение ложбин как в обширных регионах, так и на конкретных сравнительно ограниченных участках. В региональном масштабе топографический фактор проявился в заложении ложбин в более расчлененных северном и западном районах Беларуси. Здесь рельеф сыграл ключевую роль в возникновении Видзовского, Полоцкого и Суражского экзарационно-эрозийных понижений и обособлении разделяющих их поднятий. Распространение этих крупнейших форм ледниковой эрозии связано с региональной картиной течения ледника в топографических понижениях, усилением эрозии ледникового ложа, которая развивалась под ледниковыми потоками и лопастями Скандинавского ледникового покрова. В расположении ложбин на конкретных сравнительно ограниченных участках ведущую роль играли степень и характер расчленения рельефа, размер, уклон и ориентировка депрессий, речные палеодолины, поднятия, уступы и др. Их значение для возникновения ложбин заключалось в определении локальной картины ледникового течения и участков, где концентрировались напряжения у ложа и усиливалась ледниковая эрозия. Формирование подледных водно-эрозийных ложбин было возможным в понижениях и пересеченном рельефе ледникового ложа, способствовавших накоплению талых вод, образованию подледных озер, а также концентрации талых вод в подледные русла.

**Ключевые слова:** ледниковые ложбины; глициодепрессии; рельеф ледникового ложа; топографический фактор; Скандинавский ледниковый покров.

---

### Образец цитирования:

Комаровский М.Е. Значение рельефа в возникновении ледниковых ложбин в Беларуси. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2021; 1:93–106.  
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-1-93-106>

### For citation:

Komarovsky M.E. The importance of topography in the occurrence of glacial valleys in Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2021;1:93–106. Russian.  
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-1-93-106>

---

### Автор:

**Михаил Евгеньевич Комаровский** – кандидат геолого-минералогических наук, доцент; доцент кафедры региональной геологии факультета географии и геоинформатики.

### Author:

**Michail E. Komarovskiy**, PhD (geology and mineralogy), docent; associate professor at the department of regional geology, faculty of geography and geoinformatics.  
[mkomarovskiy@mail.ru](mailto:mkomarovskiy@mail.ru)





## THE IMPORTANCE OF TOPOGRAPHY IN THE OCCURRENCE OF GLACIAL VALLEYS IN BELARUS

*M. E. KOMAROVSKIY<sup>a</sup>*

<sup>a</sup>*Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus*

The relief of the ice-sheet bed predetermines the location of the valleys both in vast regions and in local, relatively limited areas. The influence of the relief in a large region on the formation of valleys occurs in lowland, more dissected northern and western regions of Belarus. Here, the bedrock relief plays a key role in appearance the hollow-like Vidzovsky, Polotsk and Surazh glacial erosion depressions and in isolation of the elevations separating them. The distribution of these largest forms of glacial erosion is associated with the regional picture of the glacial ice flow in topographic depressions, increased erosion of the ice bed, which developed under the glacial streams and lobes of the Scandinavian ice sheet. The degree and character of the relief dissection, the size, surface slope and orientation of the depressions, river paleo-valleys, elevations, and escarps had a leading role in the location of valleys in local, relatively limited areas. Their significance for the formation of valleys was to determine the local picture of the glacial flow and the areas where stresses were concentrated at the bed and glacial erosion intensified. The formation of tunnel valleys was possible in depressions and in the dissected relief of the glacial bed, which contributed to the accumulation of meltwater, the formation of subglacial lakes, as well as the concentration of meltwater in the subglacial channels.

**Keywords:** glacial valleys; glacial basins; ice bed topography; topographic factor; Scandinavian ice sheet.

### Введение

В настоящее время влияние рельефа ледникового субстрата как главного фактора, способствовавшего возникновению ледниковых ложбин, признается широким кругом специалистов. Большинство исследователей сходятся во мнении, что расчлененный рельеф вызывал динамическую неоднородность, деление на языки, участки торошения и трещиноватости, перепады давления и усиление ледниковой экзарации [1; 2]. Обширный материал, полученный ранее, позволил отметить связь между особенностями распространения ледниковых ложбин и гляциодепрессиями, прадолинами и проксимальными склонами возвышений в Белорусском Понеманье, бассейне Днепра и Белорусском Поозерье [3–6]. Однако в вопросе влияния рельефа поверхности ледникового ложа на возникновение ложбин многое остается невыясненным.

Цель работы – показать роль характера рельефа в формировании ледниковых ложбин. При этом ставились следующие задачи: выявить соотношение между размещением ложбин и рельефом ледникового ложа на региональном и локальном уровнях, объяснить появление ложбин на участках с определенной морфологией субстрата.

### Фактический материал и методика исследования

Для определения влияния рельефа ледникового субстрата на возникновение ледниковых ложбин использовались карты рельефа поверхности дочетвертичных отложений, карты поверхности ледниковых горизонтов северной Беларуси [6], а также авторские аналогичные карты остальной части страны масштаба 1 : 200 000, на которых показаны ложбины и другие формы рельефа. При выяснении соотношения ложбин с формами рельефа на региональном уровне анализировались карта ложа четвертичных отложений депрессии Балтийского моря и прилегающих районов масштаба 1 : 500 000 [7], гипсометрические схемы рельефа дочетвертичных отложений Прибалтики и соседних районов северо-запада Восточно-Европейской равнины [8; 9]. Кроме того, для понимания соотношения ложбин с рельефом ложа изучались опубликованные схемы гляциодинамического строения и характера взаимодействия плейстоценовых ледников с ложем [2; 6; 10–12] и наблюдения за связью между рельефом ложа и динамикой современных ледниковых покровов [13].

Роль топографического фактора диагностировалась по приведенным ниже соотношениям между расположением ложбин и структурой и рельефом поверхности дочетвертичных отложений и ледниковых горизонтов плейстоцена:

- приуроченности ложбин к субмеридиональным системам макропонижений в поверхности коренного субстрата, отражающим прежнее пространственное положение основных ледниковых потоков и лопастей на северо-западе Восточно-Европейской равнины;
- малой мощности четвертичных отложений и значительной величине (в среднем 20–70 м) экзарационного снижения поверхности коренных отложений в пределах депрессионных низменностей;



- проявлению эрозионного (стратиграфического) несогласия в залегании дочетвертичных и четвертичных отложений в понижениях ложа и ограниченному распространению в них более древних ледниковых отложений;
- радиальной упорядоченности линейных ложбин и гряд во внутренних частях лопастей в условиях выровненного рельефа ложа и лопастевидному фестончатому рисунку ложбин и причлененных к ним гляциотектонических сооружений в краевых частях лопастей и языков в условиях расчлененного рельефа ложа;
- обхождению ложбинами крупных поднятий;
- сосредоточению ложбин у подножий лобовой (проксимальной) части и вдоль боковых сторон поднятий;
- приуроченности ложбин к речным палеодолинам, совпадению в ориентировке с простиранием долин;
- наличию отложений подледных стоячих водоемов в самых глубоких впадинах, отхождению от них русел подледных потоков в направлении движения ледника, отклоняющихся из-за поднятий ложа.

### Результаты исследования

В Беларуси и прилегающей области древнематерикового оледенения северо-запада Восточно-Европейской равнины влияние рельефа ледникового субстрата на формирование ложбин проявлялось как в пределах обширных регионов, так и на сравнительно ограниченных участках. Характер морфологии субстрата как региональный фактор сказался в заложении ложбин, низин и равнин в северной Беларуси. Здесь влияние рельефа выражалось в существовании форм, благоприятствовавших продвижению ледниковых покровов. К ним относятся обширные тектонические понижения, гляциодепрессии северо-западного простирания, территории со сглаженным ложем, занимающие, по утверждению О. П. Аболтиньша [9], более 60 % территории Средней Прибалтики. Эти отрицательные формы в коренном субстрате, образуя протяженные (более 550 км) радиальные системы, способствовали дифференциации стока льда на основные подвижные потоки и относительно инертные ледораздельные зоны.

Согласно схеме палеогляциологической реконструкции А. А. Асеева [2] во время максимума последнего оледенения активные ледниковые потоки на участках крупнейшей понижения ложа в дистальном направлении дивергентно растекались, формируя ледниковые лопасти (рис. 1).

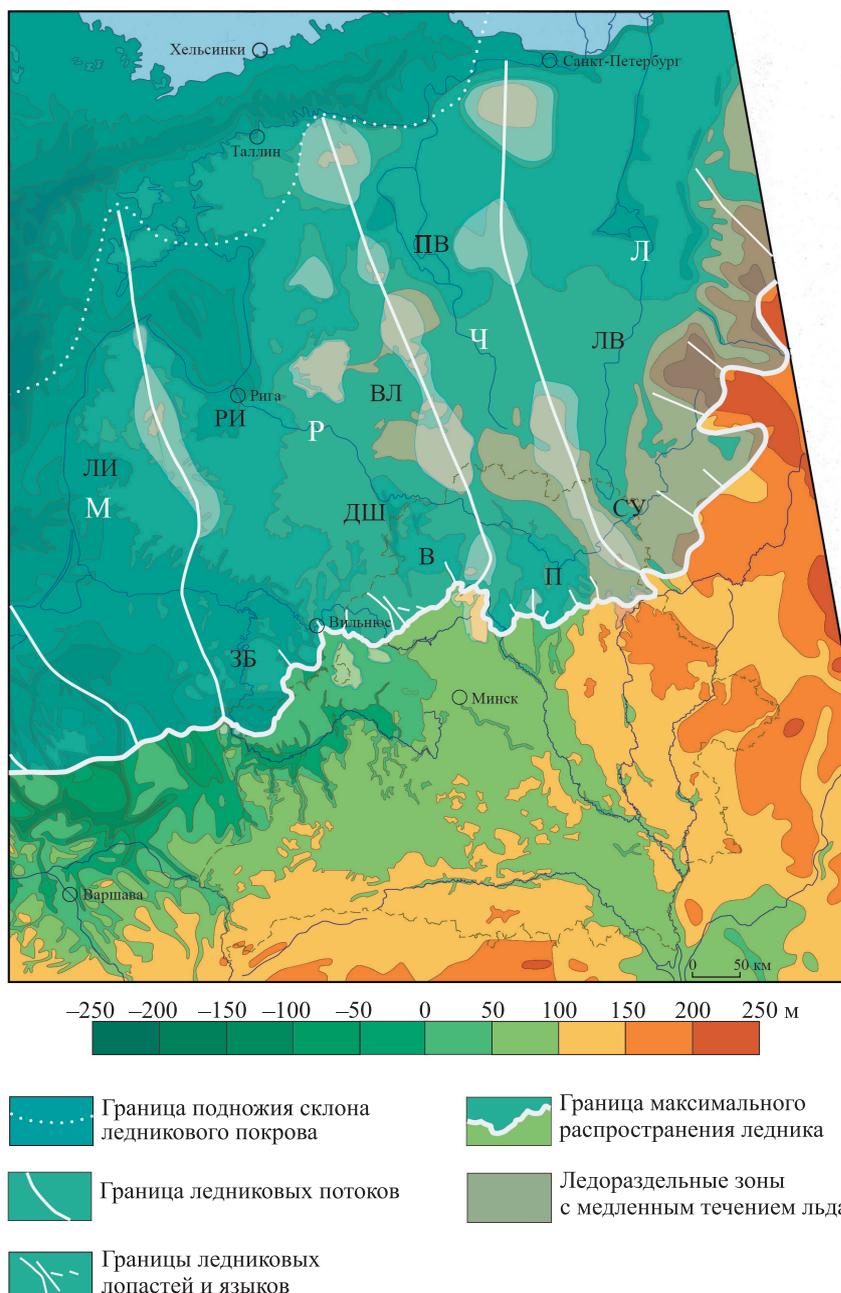
Влияние рельефа макропонижений выражалось в благоприятной ориентировке, субпараллельной течению ледниковых потоков; в пологовогнутом характере их поверхности. Рельеф понижений определял не только положение ледниковых потоков, но и их размеры, морфологию, направление движения, динамику и эффективность как агентов эрозии.

Большинство исследователей сходятся во мнении, что понижения в ложе ледниковых лопастей способствовали более интенсивному течению льда и, воздействуя на характер его течения, обуславливали интенсивное послойно-дифференцированное пластическое течение или глыбовое скольжение и процессы эрозии. О значительной ледниковой эрозии ложа свидетельствуют следующие факты: приуроченность низменностей и ложбин к обширным понижениям поверхности коренных пород, залегание на ней маломощной толщи четвертичных верхнеплейстоценовых отложений, доминирование основных морен в их строении, как правило, плоский или пологоволнистый современный рельеф, срезание сводов антиклинальных структур, распространение крупных отторженцев коренных пород и локальных разновидностей основных морен, изменения по площади состава поозерской морены [9]. Интенсивная ледниковая эрозия в понижениях явилась причиной их расширения, углубления и создания крупнейших экзарационных понижений (мегаложбин) ложа во внутренней зоне древнеледниковой области.

На севере Беларуси обширные участки низины в поверхности коренных пород с депрессиями, скорее всего, обусловили заложение котловинообразных Видзовского, Полоцкого и Суражского экзарационно-эрозионных понижений и приуроченность к ним многих ложбин. Это подтверждается, например, тем, что мощность отложений девона, в которые врезаются понижения, уменьшается по направлению к их центру и дистальным склонам пропорционально увеличению амплитуды вреза.

Рельеф предопределяет локализацию ледниковых ложбин и на конкретных сравнительно ограниченных участках ледникового ложа (как локальный фактор). Здесь на эффективность ледниковой эрозии оказывали влияние степень и характер расчленения рельефа; размер, уклон и ориентировка депрессий; речные палеодолины; поднятия, уступы и др.

В ледниковые эпохи на участках с неровным, сильно расчлененным ложем отмечались колебания ледникового и водного давления, внутренние дефекты, микротрещины, а также срыв глыб и явления выдавливания и отторжения в подстилающих отложениях [5]. Это способствовало усилению экзарации и заложению ложбин. Развитие расчлененного рельефа на западе и в центре республики обусловило широкое формирование здесь ложбин. На востоке и юге республики, где ложе имеет более выровненный и пологоволнистый рельеф, ложбины встречаются значительно реже.



*Рис. 1.* Влияние рельефа коренного субстрата на распределение ледниковых потоков и ледоразделов Поозерского оледенения и картину расположения эрозионных понижений и ложбин на северо-западе Восточно-Европейской равнины (составлено по [2; 7–9; 14–16] с детализацией в Беларуси).

Ледниковые потоки: М – Мазурский; Р – Рижский; Ч – Чудский; Л – Ладожский. Низменности в поверхности дочетвертичных отложений: ПВ – Псковско-Великорецкая; ЛИ – Литовская; РИ – Рижская; ВЛ – Восточно-Латвийская;

ЛВ – Ловатско-Волховская; ЗБ – Западно-Белорусская; ДШ – Двинско-Швентойская; В – Видзовская; П – Полоцкая; СУ – Суражская

*Fig. 1.* Influence of bedrock topography on the distribution of ice streams and ice divides of the Weichselian Glaciation, and the pattern of location of erosion depressions and valleys in the North-West of the East European Plain (completed by [2; 7–9; 14–16] with details in Belarus).

Ice streams: М – Mazury; Р – Riga; Ч – Peipsi; Л – Ladoga. Lowlands in the surface of pre-Quaternary rocks: ПВ – Pskov-Velikoretskaya; ЛИ – Lithuanian; РИ – Riga; ВЛ – East Latvian; ЛВ – Lovatsk-Volkhovskaya; ЗБ – West Belarusian; ДШ – Dvina-Šventoji; В – Vidzovskaya; П – Polotsk; СУ – Surazh

Влияние размера, уклона и ориентировки понижений имело место в крупных Вилейской, Полоцкой, Неманской и других низинах, которые во время максимального продвижения и деградации Поозерского оледенения становились гляциодепрессиями для краевых ледниковых лопастей. В Вилейской гляциодепрессии с уклоном ложа по ходу движения лопасти складывались условия для ускорения и свободного дивергентного растекания и растягивающего течения. Растяжение во льду создавало ослабленные трещиноватые зоны (швы), параллельные линиям течения, куда со стороны соседних струй нагнетались породы ложа. В результате формировались системы радиальных ложбин и разделяющих их гряд, которые характеризуются веерообразной упорядоченностью, раскрывающейся в дистальном направлении [17]. Депрессии с равнинной поверхностью и наклоном в дистальном направлении влияли и на формирование дугообразной слабоизвилистой формы краевой зоны лопасти (рис. 2).

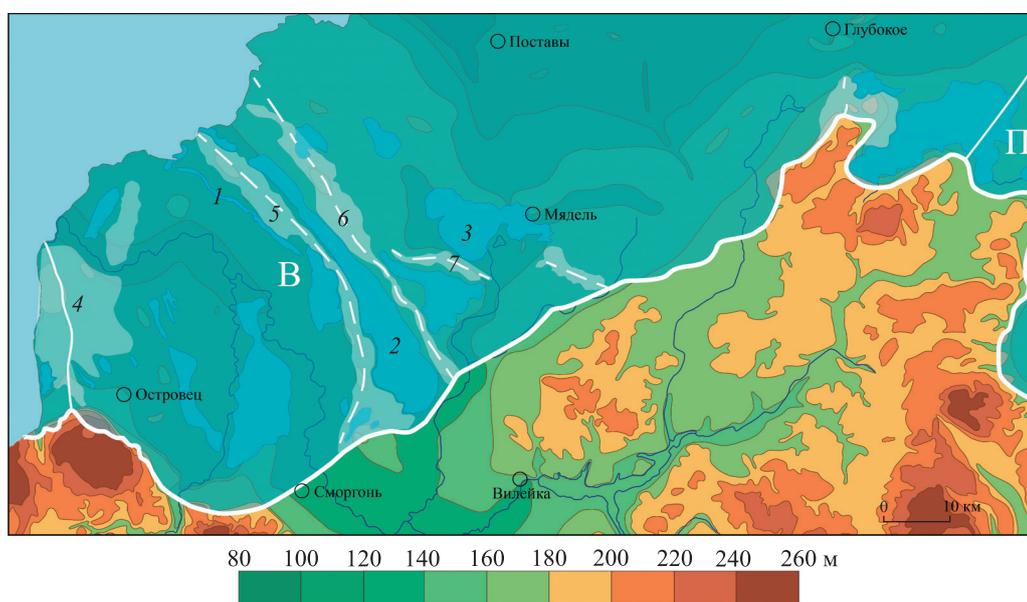


Рис. 2. Радиальные системы ложбин в ложе Вилейской лопасти во время максимального распространения Поозерского оледенения на территории северо-западной Беларуси.

Ледниковые лопасти: В – Вилейская; П – Полоцкая.

Крупнейшие ледниковые ложбины и котловины:

1 – Сорочанская; 2 – Свирская; 3 – Нарочанская.

Радиальные гряды и ледораздельные возвышенности: 4 – Буйвиджайская; 5 – Свирская; 6 – Константиновская; 7 – Южно-Нарочанская.

Остальные обозначения см. на рис. 1

Fig. 2. Radial systems of valleys in the bed of the Vileika lobe during the maximum extent of the Weichselian Glaciation in the northwestern Belarus.

Glacial lobes: B – Vileika; P – Polotsk.

The largest glacial valleys and basins: 1 – Sorochanskaya; 2 – Svirskaya; 3 – Narochanskaya.

Radial ridges and ice dividing highlands: 4 – Buividzhai; 5 – Svirskaya;

6 – Konstantinovskaya; 7 – South Narochanskaya.

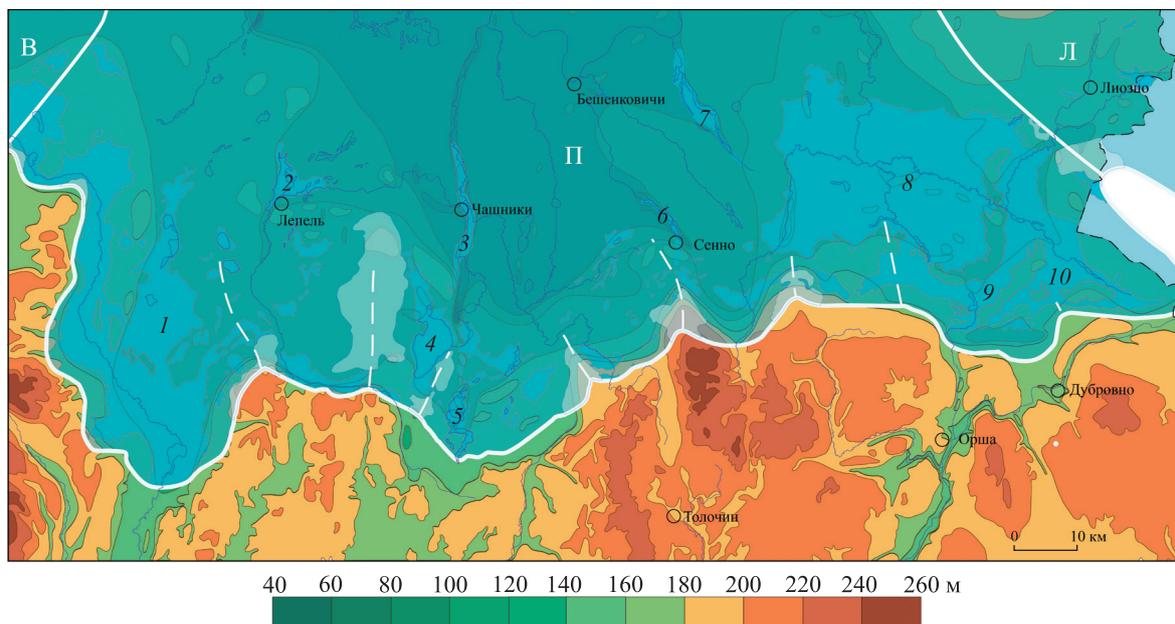
Other symbols see on fig. 1

Иную форму ледниковые лопасти и ложбины принимали в Полоцкой и других гляциодепрессиях. Здесь рельеф ложа, открытый навстречу леднику, и выступы тормозили движение льда, вызывали дифференциацию его на струи, языки и ледораздельные зоны между смежными языками. Кроме того, они обуславливали сжимающее течение льда, образование надвигов во льду и выдавливание подстилающих пород в краевые и ледораздельные зоны языков. Это способствовало формированию ледниковых ложбин и складчато-надвиговых систем, субпараллельных краевой зоне, имеющих в плане лопастевидный фестончатый рисунок (рис. 3).

Гляциодепрессии также способствовали формированию субгляциальных водно-эрозионных ложбин. Об этом свидетельствуют отсутствие ложбин данного типа в поверхности древнейших ледниковых горизонтов (например, наревского), в которых еще не сформировались замкнутые глубокие понижения; их появление только в гляциодепрессиях поверхности ложа березинского и более молодых оледенений. Крупные понижения в основании ледника создавали условия для накопления талых вод, образования подледных озер, а также концентрации талых вод в подледные русла в понижениях рельефа. Двигаясь по направлению к краю ледника по неровному рельефу, они отклонялись из-за поднятий ложа, нередко наследовали предшествующие продольные ложбины вдоль осей ледниковых языков.



Влияние речных долин на эффективность ледниковой эрозии и заложение ложбин отмечено для некоторых участков палеодолин и возвышений на северо-западе Восточно-Европейской равнины [2; 8], трогов в Грампианских горах Шотландии [18], пар ложбина – гляциодислокация во Внутренних равнинах Северной Дакоты [19] и др. Г. И. Горещкий [3; 4] в работах, посвященных палеопотамологии Поднепровья и Белорусского Понеманья, обратил внимание, что на характер ледникового выпихивания влияют ориентировка долин относительно фронта льда и сужения долин.



*Рис. 3.* Распределение поперечных ложбин в ложе Полоцкой лопасти.  
Ледниковые лопасти: П – Полоцкая; В – Вилейская; Л – Ловатская.  
Крупнейшие ледниковые ложбины и котловины: 1 – Верхнеберезинская; 2 – Лепельская; 3 – Чашникская; 4 – Лукомльская; 5 – Селявская; 6 – Сенненская; 7 – Соро; 8 – Лучесинская; 9 – Ореховская; 10 – Осиновская.  
Остальные обозначения см. на рис. 1

*Fig. 3.* Distribution of the transverse valleys within the bed of the Polotsk lobe.  
Glacial lobes: П – Polotsk; В – Vileika; Л – Lovatskaya.  
The largest glacial valleys and basins: 1 – Verkhneberezinskaya; 2 – Lepelskaya; 3 – Chashnikskaya; 4 – Lukomlskaya; 5 – Selyavskaya; 6 – Sennenskaya; 7 – Soro; 8 – Luchesinskaya; 9 – Orekhovskaya; 10 – Osinovskaya.  
Other symbols see on fig. 1

Долины, субпараллельные фронту льда, и их высокие склоны с северной экспозицией препятствовали продвижению ледникового покрова и подвергались сильному экзарационному и гляциотектоническому воздействию. Это явление зарегистрировано в долине Верхнего Днепра до г. Орши, а также в долине верхнего и среднего отрезков неогенового палео-Немана до г. Гродно, где оно повлияло на возникновение глубоких гляциодепрессий и ложбин ледникового выпихивания и размыва (рис. 4).

Сужения в пределах долин усиливали воздействие льда на породы, что приводило к возникновению ложбин на их дне, а также образованию гляциодислокаций и ледниковых отторженцев вдоль склонов. В Беларуси с локальным выпихиванием на суженных участках связано формирование Копыско-Шкловской, Александрийской, Лахвинской ложбин в долине пра-Днепра и ложбин на участке прорыва Неманом Ивьевско-Моринского выступа Белорусского кристаллического массива (рис. 5).

Продольные долины и фрагменты долин основных палеорек в пределах Белорусского Понеманья и других областей способствовали возникновению отдельных ледниковых языков, отходящих от щита [4]. При вхождении льда в глубокие долины, по мнению Э. А. Левкова [5], материал бортов и ложа мог выжиматься этими ледяными потоками в стороны, что способствовало расклиниванию долин, созданию крупных продольных ложбин экзарации и выдавливания вдоль осей языков и поперечных ложбин выдавливания с гляциодислокациями, повторяющими конфигурацию краевой зоны ледниковых языков.

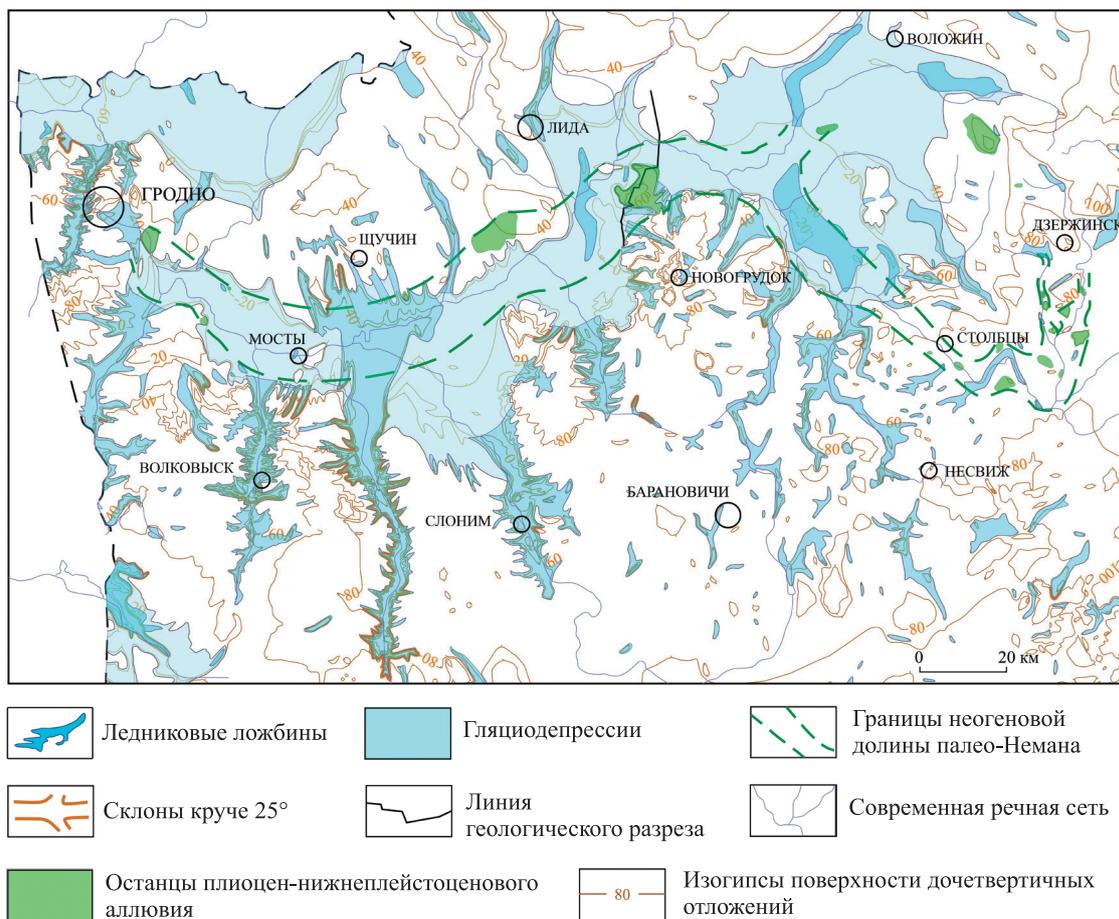


Рис. 4. Неогеновые отложения палео-Немана, разбитые на отдельные части гляциотектоническими, эрозионными и экзарационными процессами в Беларуси (распределение аллювия показано по данным Г. И. Горецкого [4])

Fig. 4. Neogene deposits of the paleo-Neman, broken into separate parts by glaciotectonic, erosion and exaration processes in Belarus (the alluvium distribution is shown after G. I. Goretsky [4])

Поднятия ложа являлись причиной обтекания льда. Согласно физике ледников обтекание сопровождается увеличением скорости льда в обтекающих препятствия струях, причем это ускорение особенно велико около крупных поднятий и уменьшается возле мелких [20]. Обтекание происходит путем пластической деформации льда и сочетается со скольжением льда по ложу, если лед в основании близок к точке плавления. При воздействии скользящих потоков на свое ложе это способствовало большей скорости абразии, насыщению потоков обломками и врезанию желобов и ложбин продольного простирания вокруг поднятий. Связь эрозионных ложбин с крупными выступами установлена у Плещеницкого поднятия дочетвертичных пород в Беларуси (рис. 6) и на других территориях [21].

В периферийной части ледникового покрова в ледораздельных зонах крупные поднятия могли обусловить разделение льда на отдельные лопасти, латеральное огибание и конвергентное стекание на дистальном склоне, т. е. оказаться окруженными почти со всех сторон активными лопастями льда. Врезание ложбин происходит в результате фронтального и латерального давления льда на склоны, экзарации и выдавливания отложений. Такое явление отмечается в расположении поозерских ложбин в пределах Городокской ледораздельной возвышенности и у подножия ее склонов на северо-востоке Беларуси (рис. 7).

Боковые ложбины и ложбины на тыловой стороне развиты параллельно движению лопастей и языков и, возможно, связаны со сжимающим (конвергентным) течением льда в витебскую фазу. Проксимальный выступ возвышенности согласуется с расположением межлопастной зоны, сжимающими и растягивающими напряжениями в ней, сопровождаемыми образованием поперечных трещин и продольными деформациями сжатия, которые являются причиной веерообразно расположенных ложбин и складчато-чешуйчатых систем в браславскую стадию.

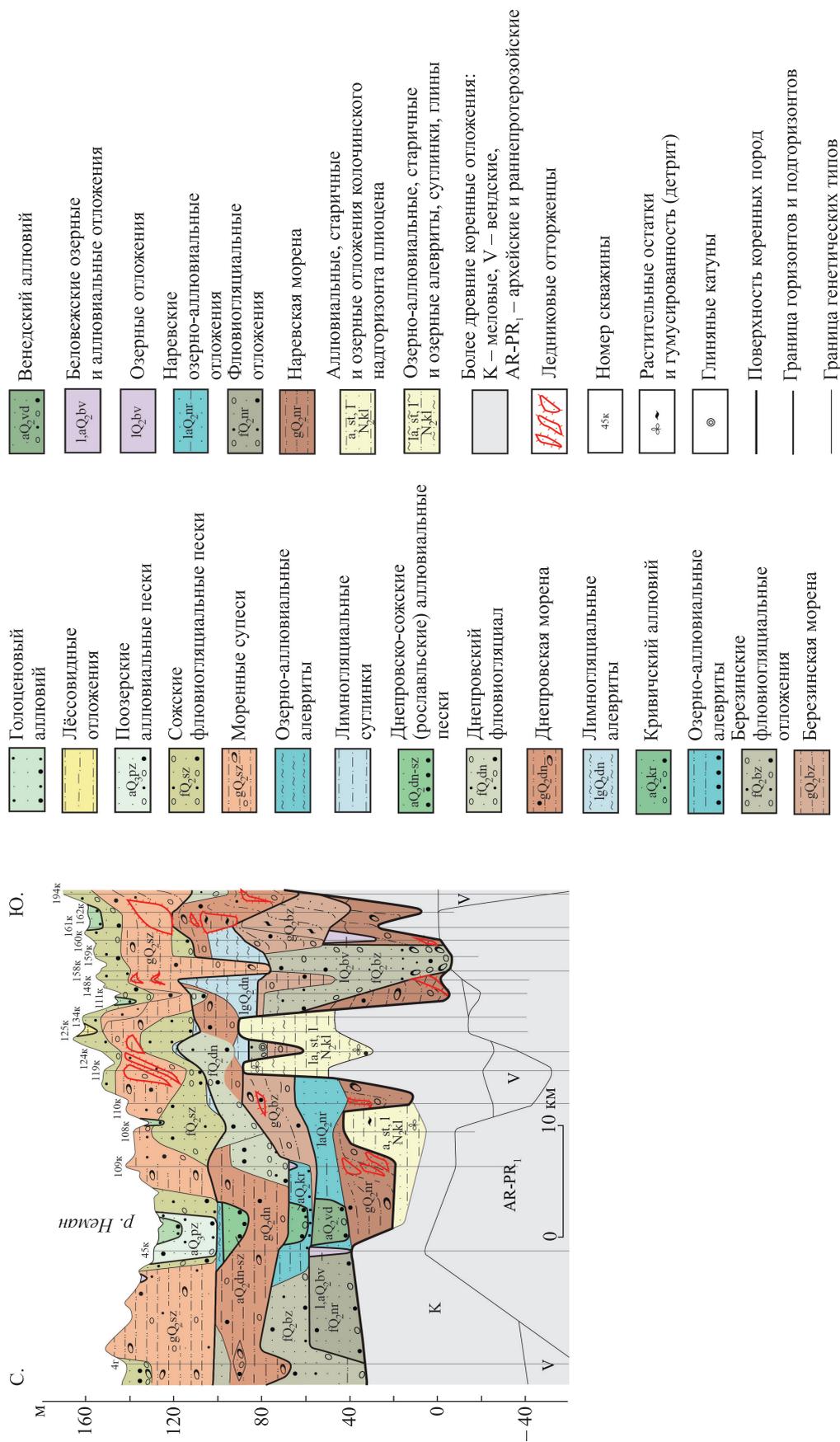


Рис. 5. Врезание ледниковых ложбин в погребенные долины Немана разного возраста и возрождение реки на участке Ивьевско-Моринского выступа Белорусского кристаллического массива

Fig. 5. Glacial valleys incision in the buried Neman valleys of different ages and the revival of the river within the Iveysko-Morinsky projection of the Belarussian crystalline massifs

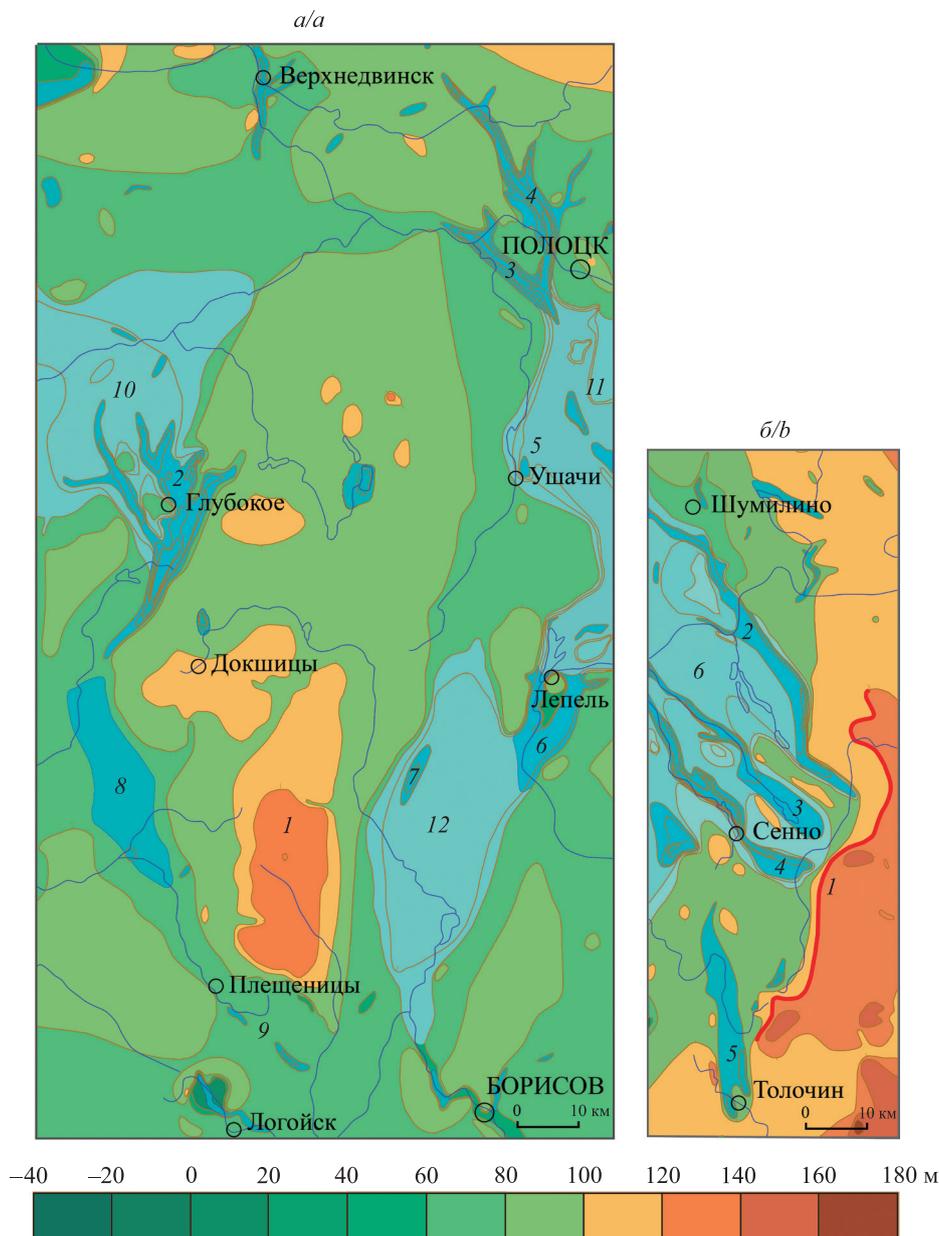
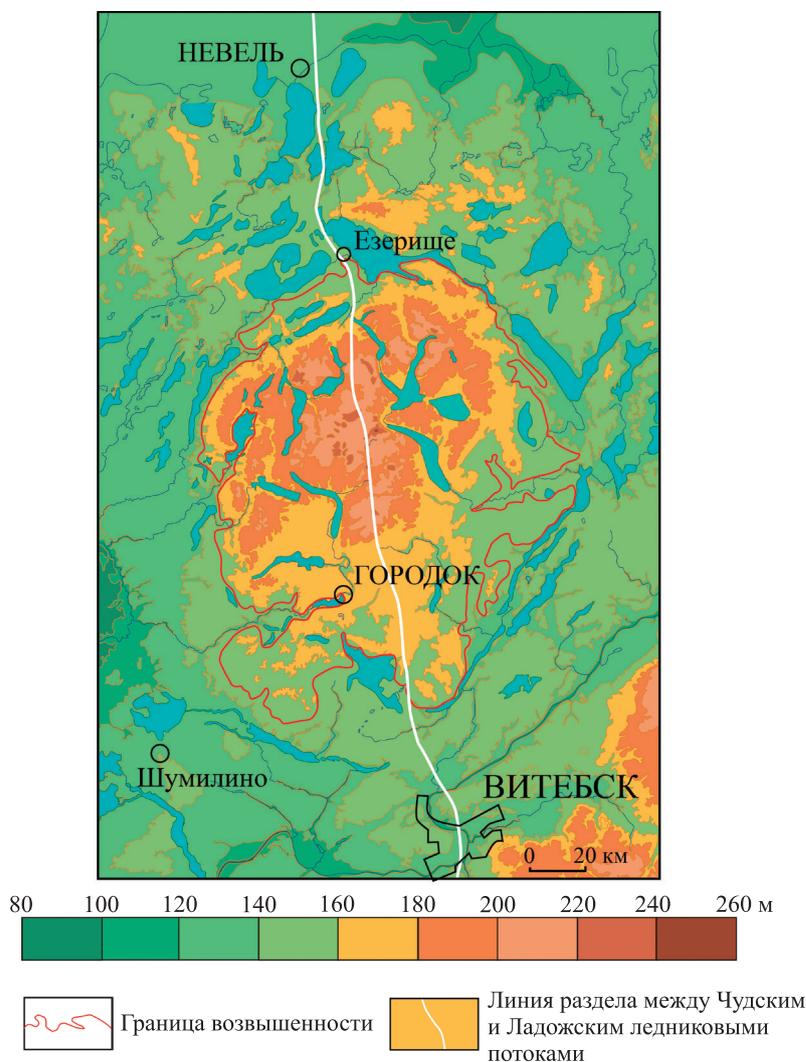


Рис. 6. Эрозионные ложбины и котловины вокруг флангов Пleshеницкого поднятия на поверхности дочетвертичных пород, которые сформировались в результате большей скорости абразии потоками льда (а):  
1 – Пleshеницкое поднятие; ледниковые ложбины и котловины: 2 – Глубокская, 3 – Новополоцкая, 4 – Полоцкая, 5 – Ушачская, 6 – Лепельская, 7 – Домжерицкая, 8 – Кривичская, 9 – Двинская; гляциодепрессии: 10 – Видзовская, 11 – Полоцкая, 12 – Верхнеберезинская.

Сосредоточение ложбин у подножия уступа (б): 1 – Шумилинско-Толочинский уступ; ледниковые ложбины и котловины: 2 – Шумилинская, 3 – Березовская, 4 – Сенненская, 5 – Толочинская; 6 – Полоцкая гляциодепрессия

Fig. 6. Erosion valleys and basins around the flanks of the Pleshchenitsky uplift on the surface of pre-Quaternary rocks, which were formed as a result of a higher rate of abrasion by ice streams (a):  
1 – Pleshchenitsky uplift; glacial valleys: 2 – Glubokskaya, 3 – Novopolotskaya, 4 – Polotskaya, 5 – Ushachskaya, 6 – Lepelskaya, 7 – Domzheritskaya, 8 – Krivichskaya, 9 – Dvinskaya; glacial basins: 10 – Vidzovskaya, 11 – Polotsk, 12 – Verkhneberezinskaya.

Concentration of valleys at the foot of the escarp: 1 – Shumilinsky-Tolochinsky escarp; glacial valleys: 2 – Shumilinskaya, 3 – Berezovskaya, 4 – Sennenskaya, 5 – Tolochinskaya; 6 – Polotsk glacial basin



*Рис. 7.* Ледниковые ложбины в периферийной части Городокской возвышенности, возникшие в результате активной экзарационной и гляциотектонической деятельности краевых зон окаймляющих ледниковых лопастей

*Fig. 7.* Glacial valleys in the peripheral part of the Gorodok upland formed as a result of active exaration and glaciotectonic activity of the marginal zones of the bordering glacial lobes

Довольно многочисленны ложбины у уступов, обращенных навстречу продвигавшимся ледникам. Уступы, как и поднятия, создавали препятствия, которые отклоняли потоки льда, влияли на движение ледниковых лопастей. Они обуславливали в леднике строгий восходящий компонент (сжимающий тип) течения, усиленное увлечение обломков и выпаживание ложбин. Типичным подобным случаем может служить Шумилинско-Толочинский уступ в поверхности дочетвертичных отложений, разделяющий Полоцкую депрессию и Городокско-Витебские поднятия. Здесь несколько протяженных ложбин и желобов врезаны в подножие уступа (см. рис. 6, б). Сходные соотношения отмечаются и у Силурийского уступа в Висконсине, Балтийского и Силурийского глинтгов в Балтийском море [22; 23].

### Обсуждение результатов

Значительное количество ледниковых ложбин в пределах Беларуси являются результатом реагирования льда на неровности рельефа ледникового ложа. Этот фактор во многом определял динамическое поведение потоков и края ледниковых покровов, а также разный характер движения льда в районах Беларуси с различным рельефом ложа.

Наиболее важное значение для ледниковой динамики и распределения ложбин в Беларуси имел рельеф поверхности дочетвертичных отложений крупного региона северо-запада Восточно-Европейской равнины, к которому можно отнести и северную часть Беларуси. Рельеф этого региона определял



региональную картину ледникового течения и в значительной мере формировал ледниковые потоки и лопастную природу южного края Скандинавского ледникового покрова [24].

Потоки и лопасти были ограничены как поднятиями ложа, так и льдом смежных потоков и направлены крупнейшими понижениями ложа Прибалтики и северной Беларуси к максимальной границе. Схожие ледниковые потоки формировала Балтийская депрессия, они текли на запад, юг и юго-запад [25]. По мнению исследователей Прибалтики [9], гляциодепрессии в поверхности дочетвертичных отложений должны были образовываться во время существования всех самостоятельных оледенений и углубляться посредством экзарации.

Низины склонны подвергаться углублению по нескольким причинам. М. Р. Беннет [26] одной из таких считает тенденцию ледникового течения усиливаться в топографических понижениях. Это происходит, во-первых, вследствие более мощного льда в пределах понижений, значительно более высокого давления у ложа и скорости течения, во-вторых, большей изоляции и увеличенных базальных температур, которые усиливают скольжение у ложа в результате базального таяния и смазки, и, в-третьих, существования под ледником в понижениях ложа подледных вод [27]. Наблюдения Г. С. Боултона и других специалистов показали, что многие депрессии определяют формирование осадков в ложе ледника и более легкое скольжение льда за счет их деформации [25].

В настоящее время исследователи при объяснении влияния рельефа на ледниковую эрозию сходятся во мнении, что рельеф определяет положение районов базального таяния и ледниковых потоков вдоль понижений и льда с холодным ложем над соседними ледоразделами. В понижениях ледникового ложа существование базального льда у точки плавления под давлением определяет возможность протекания скольжения, эрозии и экзарации у раздела лед – ложе. Сейчас доказано, что топографически обусловленный термальный режим ледникового покрова играл важнейшую роль в определении положения участков проявления ледниковой эрозии и формировании эрозионных форм в Шотландии [28], ландшафтов селективной ледниковой эрозии в Канаде, Антарктиде [29; 30] и Европе [25].

Наблюдения в Беларуси показывают, что крупные понижения ложа (Видзовское, Полоцкое, Суражское и др.) становились гляциодепрессиями для ледниковых потоков и усиленной эрозии, по-видимому, в том числе и вследствие расположения в них районов относительно высоких базальных температур. Это обеспечивало условия для их углубления (до 30–35 м, местами до 150–182 м) и формирования ледниковых ложбин на протяжении всех оледенений.

Характер динамики ледниковых лопастей различался между районами, где лед наступал согласно региональному уклону поверхности и где он наступал против регионального уклона. В крупном районе пониженного рельефа на северо-западе Беларуси (Нарочанская равнина, Вилейская низина) согласный уклон ложа определял в общем свободное растекание Вилейской лопасти в фазу ее выдвигания, образование радиальных линейных зон выдавливания в швах смыкания смежных струй и ледниковых ложбин, возникавших в местах, откуда выдавливались и эродировались породы ложа. В дополнение к этому относительно слаборасчлененный рельеф контролировал ареальную дегляциацию данного района в ходе регрессивной фазы, отмирание всей Вилейской лопасти и возникновение Дисненской лопасти на ее продолжении в проксимальном направлении и одноименной гляциодепрессии.

В понижениях с неровным дном, таких как Полоцкая, Неманская низины, уклон дистального склона против ледника и впадины на дне являются важнейшими факторами в определении положения продольных, поперечных ледниковых ложбин и их сочетания, а также субгляциальных водно-эрозионных ложбин. Впадины на дне депрессий, ориентированные параллельно течению льда, наследуются продольными ледниковыми ложбинами и согласуются с осевыми частями выводных ледников (ледниковых языков), где расходы, фокусирование льда и эрозия горных пород были более высокими. Продольные ложбины с гляциодислокациями в бортах встречаются и вдоль осей наиболее выдвинутых вперед ледниковых языков в благоприятно ориентированных понижениях и долинах со встречным уклоном и обусловлены выдавливанием и выпаживанием пород. Тот факт, что продольные ложбины у выводных языков часто пересекаются дугообразными поперечными ложбинами с гляциодислокациями, свидетельствует о неоднократном проявлении из понижений по периферии языков масштабного выдавливания и выпаживания пород.

Поперечные ложбины могли быть сформированы локальной эрозией и выдавливанием пород из-под края ледника против дистального склона понижений и выступов ложа. При этом М. Р. Беннет и Н. Ф. Глассер [31] важное значение придают геометрии рельефа предледниковой области. Если ледник наступает против склона, то он передает напряжения вперед и в глубь склона, выдавливая вверх морену и разрушая склон. Ледник на горизонтальном ложе не будет иметь то же влияние, поскольку большинство прилагаемого давления не передается в прогляциальные отложения. В зафронтальной зоне создание углублений происходит путем локальной эрозии нижних участков склона по системе



надвигов во льду, параллельных проксимальному склону. Отмеченные процессы ледникового выдавливания и напора против склонов имеют большое значение в формировании поперечных движению льда и параллельных контуру лопасти депрессий и ложбин, а также оконтуривающих их с внешней стороны конечно-моренных сооружений.

В меньшей степени рельеф ложа контролирует расположение подледных водно-эрозионных ложбин, поскольку направление внутриледных и подледных водно-ледниковых каналов определяется гидравлическим потенциальным градиентом в пределах ледника, который зависит преимущественно от уклона поверхности ледника. В размещении подледных озер, водно-эрозионных ложбин в гляциодепрессиях важны глубокие впадины, а в пересеченном рельефе – днища крупных продольных ложбин. Последние нередко определяют ориентировку таких ложбин.

Ледниковые ложбины на проксимальном подножии и вдоль боковых склонов крупных поднятий и уступов ледникового ложа располагаются в соответствии с характером и направлением течения льда, распределением его скоростей, давления, теплых и холодных зон у раздела лед – ложе вокруг поднятий. Г. С. Боултон [32] объясняет формирование таких ложбин более высокими давлениями на лобовой стороне и вдоль флангов поднятий, чем над их вершиной. Это увеличивает эрозионную способность. Согласно другой модели крупные поднятия могли влиять на локальную (высотную) термозональность ледникового ложа, что определяло сохранность доледниковых образований в привершинной части поднятий и расположение форм ледниковой эрозии у подножий проксимального и боковых склонов [33].

Палеодолины играют важную роль в расположении ложбин ледниковой экзарации, выдавливания, трогов и других типов, поскольку они управляют течением льда, способствуют возрастанию его мощности, изменению физических свойств (выработке более теплого, пластичного, деформируемого) базального льда, появлению субгляциальной воды и деформационного осадка и увеличению скорости течения. Таким образом, влияние долин на ускорение течения, концентрацию напряжений и деформации в породах ложа сопровождалось углублением ложбин и разрушением бортов, что приводило к их расширению.

### Заключение

Рельеф ледникового ложа выступает одним из важнейших факторов в возникновении ледниковых ложбин, влияние которого проявляется как в региональном масштабе, так и на конкретных сравнительно ограниченных участках. На региональном уровне влияние характера рельефа на формирование ложбин отмечается в низменно-равнинных, более расчлененных северной и западной частях Беларуси. Здесь рельеф дочетвертичных пород играет ключевую роль в заложении котловинообразных Видзовского, Полоцкого и Суражского экзарационно-эрозионных понижений и обособлении разделяющих их поднятий. Распространение этих крупнейших форм ледниковой эрозии связано с региональной картиной ледникового течения в топографических понижениях, усилением эрозии и экзарации ледникового ложа, которые развивались под ледниковыми потоками и лопастями южного края Скандинавского ледникового покрова. Условия для формирования гляциодепрессий на протяжении оледенений обеспечивались в том числе и вследствие существования в них базального льда у точки плавления под давлением, что активизирует скольжение, эрозию и экзарацию у раздела лед – ложе.

В расположении ложбин на конкретных сравнительно ограниченных участках ведущую роль играли степень и характер расчленения рельефа, размер, уклон и ориентировка депрессий, речные палеодолины, поднятия, уступы и др. Их значение для заложения ложбин заключалось в определении локальной картины ледникового течения и положения концентраций напряжений у ложа, усилении ледниковой эрозии. Глубокие впадины в крупных понижениях контролировали образование подледных озер, а продольные ложбины в пересеченном рельефе – концентрацию талых вод в подледные русла, формирование и ориентировку водно-эрозионных ложбин.

### Библиографические ссылки

1. Матвеев АВ. *Ледниковая формация антропогена Белоруссии*. Левков ЭА, редактор. Минск: Наука и техника; 1976. 160 с.
2. Асеев АА. *Древние материковые оледенения Европы*. Москва: Наука; 1974. 319 с.
3. Горещкий ГИ. *Аллювиальная летопись великого пра-Днепра*. Москва: Наука; 1970. 491 с.
4. Горещкий ГИ. *Особенности палеопотамологии ледниковых областей (на примере Белорусского Понеманья)*. Минск: Наука и техника; 1980. 288 с.
5. Левков ЭА. *Гляциотектоника*. Минск: Наука и техника; 1980. 280 с.
6. Комаровский МЕ. *Палеоложбины Белорусского Поозерья*. Минск: БГУ; 2009. 183 с.
7. Stackebrandt W, Ludwig AO, Ostaficzuk S. Base of Quaternary deposits of the Baltic Sea depression and adjacent areas (map 2). *Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge*. 2001;8(1):13–19.



8. Исаченков ВА. *Проблемы морфоструктуры и древнеледниковой морфоскульптуры*. Асеев АА, редактор. Ленинград: Наука; 1988. 176 с.
9. Аболтиньш ОП. *Гляциоструктура и ледниковый морфогенез*. Рига: Зинатне; 1989. 284 с.
10. Герасимов ИП, Величко АА, редакторы. *Палеогеография Европы за последние сто тысяч лет (Атлас-монография)*. Москва: Наука; 1982. 156 с.
11. Матвеев АВ. *История формирования рельефа Белоруссии*. Минск: Наука і тэхніка; 1990. 143 с.
12. Комаровский МЕ. Гляциодинамическая модель поозерского оледенения на территории Беларуси. *Лімасфера*. 2013; 2:34–40.
13. Siegert MJ. Antarctic subglacial topography and ice-sheet evolution. *Earth Surface Processes and Landforms*. 2008;33(4): 646–660. DOI: 10.1002/esp.1670.
14. Marks L. Palaeo-ice streams in Poland during the Last Glacial Maximum. У: Махнач АА, рэдактар. *Сучасныя праблемы геалогіі Беларусі, Літвы і Польшчы. Матэрыялы Міжнароднай навуковай канферэнцыі, прысвечанай 200-годдзю з дня нараджэння Ігната Дамейкі; 13 верасня 2002 г.; Мінск, Беларусь*. Мінск: Інстытут геалагічных навук НАН Беларусі; 2002. с. 123–141.
15. Guobytė R. A brief outline of the Quaternary of Lithuania and the history of its investigation. *Developments in Quaternary Sciences*. 2004;2(part 1):245–250. DOI: 10.1016/S1571-0866(04)80075-7.
16. Velichko AA, Faustova MA, Gribchenko YuN, Pisareva VV, Sudakova NG. Glaciations of the East European Plain – distribution and chronology. *Developments in Quaternary Sciences*. 2004;2(part 1):337–354. DOI: 10.1016/S1571-0866(04)80083-6.
17. Комаровский МЕ. Радиальные формы напорных морен в Белорусском Поозерье. *Доклады Академии наук Беларуси*. 1994;38(5):96–100.
18. Sugden DE. The selectivity of glacial erosion in the Cairngorm Mountains, Scotland. *Transactions of the Institute of British Geographers*. 1968;45:79–92. DOI: 10.2307/621394.
19. Bluemle JP, Clayton L. Large-scale glacial thrusting and related processes in North Dakota. *Boreas*. 1984;13(3):279–299. DOI: 10.1111/j.1502-3885.1984.tb01124.x.
20. Cuffey KM, Paterson WSB. *The physics of glaciers*. 4<sup>th</sup> edition. Amsterdam: Butterworth-Heinemann; 2010. 704 p.
21. Boulton GS. Processes of glacier erosion on different substrata. *Journal of Glaciology*. 1979;23(89):15–38. DOI: 10.3189/S0022143000029713.
22. Colgan PM. Reconstruction of the Green Bay Lobe, Wisconsin, United States, from 26 000 to 13 000 radiocarbon years B.P. In: Mickelson DM, Attig JW, editors. *Glacial processes. Past and present*. [S. l.]: The Geological Society of America; 1999. p. 137–150. (The Geological Society of America special paper; 337). DOI: 10.1130/0-8137-2337-X.137.
23. Noormets R, Flodén T. Glacial deposits and ice-sheet dynamics in the north-central Baltic Sea during the last deglaciation. *Boreas*. 2002;31(4):362–377. DOI: 10.1111/j.1502-3885.2002.tb01080.x.
24. Aber JS, Ber A. *Glaciotectonism*. Amsterdam: Elsevier; 2007. X, 246 p. (Developments in Quaternary science; volume 6).
25. Boulton GS, Hagdorn M, Hulton NRJ. Streaming flow in an ice sheet through a glacial cycle. *Annals of Glaciology*. 2003; 36:117–128. DOI: 10.3189/172756403781816293.
26. Bennett MR. Ice streams as the arteries of an ice sheet: their mechanics, stability and significance. *Earth-Science Reviews*. 2003;61(3–4):309–339. DOI: 10.1016/S0012-8252(02)00130-7.
27. Evans DJA. Glacial landforms. Glaciotectonic structures and landforms. In: Elias SA, Mock CJ, editors. *Encyclopedia of Quaternary science*. 2<sup>nd</sup> edition. [S. l.]: Elsevier; 2013. p. 839–845. DOI: 10.1016/B978-0-444-53643-3.00071-6.
28. Glasser NF. Modelling the effect of topography on ice sheet erosion, Scotland. *Geografiska Annaler. Series A. Physical Geography*. 1995;77(1–2):67–82. DOI: 10.1080/04353676.1995.11880429.
29. Sugden DE. Glacial erosion by the Laurentide Ice Sheet. *Journal of Glaciology*. 1978;20(83):367–391. DOI: 10.3189/S0022143000013915.
30. Sugden DE, Balco G, Cowderly SG, Stone JO, Sass LC. Selective glacial erosion and weathering zones in the coastal mountains of Marie Byrd Land, Antarctica. *Geomorphology*. 2005;67(3–4):317–334. DOI: 10.1016/j.geomorph.2004.10.007.
31. Bennett MR, Glasser NF, editors. *Glacial geology: ice sheets and landforms*. 2<sup>nd</sup> edition. Oxford: Wiley-Blackwell; 2009. 385 p.
32. Boulton GS. Processes and patterns of glacial erosion. In: Coates DR, editor. *Glacial Geomorphology. A proceedings volume of the Fifth Annual Geomorphology Symposia series; 1974 September 26–28; Binghamton, New York, USA*. Dordrecht: Springer; 1982. p. 41–87. DOI: 10.1007/978-94-011-6491-7\_2.
33. Hooke RLeB. *Principles of glacier mechanics*. 2<sup>nd</sup> edition. Cambridge: Cambridge University Press; 2005. 429 p.

## References

1. Matveev AV. *Lednikovaya formatsiya antropogena Belorussii* [Glacial formation of the anthropogen of Belarus]. Levkov EA, editor. Minsk: Nauka i tekhnika; 1976. 160 p. Russian.
2. Aseev AA. *Drevnie materikovye oledneniya Evropy* [Ancient continental glaciers of Europe]. Moscow: Nauka; 1974. 319 p. Russian.
3. Goretsky GI. *Allyuvial'naya letopis' velikogo pra-Dnepra* [Alluvial annals of the great pra-Dnieper]. Moscow: Nauka; 1970. 491 p. Russian.
4. Goretsky GI. *Osobennosti paleopotamologii lednikovyykh oblastei (na primere Belorusskogo Poneman'ya)* [Paleopotamological peculiarities of the glaciated areas (after the example of Belarusian part of the Niemen Basin)]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1980. 288 p. Russian.
5. Levkov EA. *Glyciotektonika* [Glaciotectonics]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1980. 280 p. Russian.
6. Komarovskiy ME. *Paleolozhbiny Belorusskogo Poozer'ya* [Palaeo-valleys in the Belarusian Poozerye area]. Minsk: Belarusian State University; 2009. 183 p. Russian.
7. Stackebrandt W, Ludwig AO, Ostaficzuk S. Base of Quaternary deposits of the Baltic Sea depression and adjacent areas (map 2). *Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge*. 2001;8(1):13–19.



8. Isachenkov VA. *Problemy morfostruktury i drevnelednikovoi morfoskul'ptury* [Problems of morphostructure and ancient morphosculpture]. Aseev AA, editor. Leningrad: Nauka; 1988. 176 p. Russian.
9. Aboltins OP. *Glyatsiostruktura i lednikovyi morfogenez* [Glaciostructure and glacial morphogenesis]. Riga: Zinatne; 1989. 284 p. Russian.
10. Gerasimov IP, Velichko AA, editors. *Paleogeografiya Evropy za poslednie sto tysyach let (Atlas-monografiya)* [Paleogeography of Europe during the last one hundred thousand years (Atlas monograph)]. Moscow: Nauka; 1982. 156 p. Russian.
11. Matveev AV. *Istoriya formirovaniya rel'efa Belorussii* [History of Belarusian relief formation]. Minsk: Navuka i tjehnika; 1990. 143 p. Russian.
12. Komarovskiy MYE. Model of the glaciodynamic development of the Poozerye glaciation in the territory of Belarus. *Litasfera*. 2013;2:34–40. Russian.
13. Siegert MJ. Antarctic subglacial topography and ice-sheet evolution. *Earth Surface Processes and Landforms*. 2008;33(4): 646–660. DOI: 10.1002/esp.1670.
14. Marks L. Palaeo-ice streams in Poland during the Last Glacial Maximum. In: Mahnach AA, editor. *Suchasnyja prablemy geologii Belarusi, Litvy i Pol'shchy. Matjeryjaly Mizhnarodnaj navukovaj kanferjencyi, prysvechanaj 200-goddzju z dnja narodzhennja Ignata Damejki; 13 verasnja 2002 g.; Minsk, Belarus'* [Modern-day problems of geology of Belarus, Lithuania and Poland. Proceedings of the International scientific conference dedicated to the 200<sup>th</sup> anniversary of Ignacy Domeyko; 2002 September 13; Minsk, Belarus]. Minsk: Institute of Geological Sciences, National Academy of Sciences of Belarus; 2002. p. 123–141.
15. Guobyte R. A brief outline of the Quaternary of Lithuania and the history of its investigation. *Developments in Quaternary Sciences*. 2004;2(part 1):245–250. DOI: 10.1016/S1571-0866(04)80075-7.
16. Velichko AA, Faustova MA, Gribchenko YuN, Pisareva VV, Sudakova NG. Glaciations of the East European Plain – distribution and chronology. *Developments in Quaternary Sciences*. 2004;2(part 1):337–354. DOI: 10.1016/S1571-0866(04)80083-6.
17. Komarovskiy ME. [Radial forms of push moraines in the Belarusian Poozerye]. *Doklady Akademii nauk Belarusi*. 1994; 38(5):96–100. Russian.
18. Sugden DE. The selectivity of glacial erosion in the Cairngorm Mountains, Scotland. *Transactions of the Institute of British Geographers*. 1968;45:79–92. DOI: 10.2307/621394.
19. Bluemle JP, Clayton L. Large-scale glacial thrusting and related processes in North Dakota. *Boreas*. 1984;13(3):279–299. DOI: 10.1111/j.1502-3885.1984.tb01124.x.
20. Cuffey KM, Paterson WSB. *The physics of glaciers*. 4<sup>th</sup> edition. Amsterdam: Butterworth-Heinemann; 2010. 704 p.
21. Boulton GS. Processes of glacier erosion on different substrata. *Journal of Glaciology*. 1979;23(89):15–38. DOI: 10.3189/S0022143000029713.
22. Colgan PM. Reconstruction of the Green Bay Lobe, Wisconsin, United States, from 26 000 to 13 000 radiocarbon years B.P. In: Mickelson DM, Attig JW, editors. *Glacial processes. Past and present*. [S. l.]: The Geological Society of America; 1999. p. 137–150. (The Geological Society of America special paper; 337). DOI: 10.1130/0-8137-2337-X.137.
23. Noormets R, Flodén T. Glacial deposits and ice-sheet dynamics in the north-central Baltic Sea during the last deglaciation. *Boreas*. 2002;31(4):362–377. DOI: 10.1111/j.1502-3885.2002.tb01080.x.
24. Aber JS, Ber A. *Glaciotectonism*. Amsterdam: Elsevier; 2007. X, 246 p. (Developments in Quaternary science; volume 6).
25. Boulton GS, Hagdorn M, Hulton NRJ. Streaming flow in an ice sheet through a glacial cycle. *Annals of Glaciology*. 2003; 36:117–128. DOI: 10.3189/172756403781816293.
26. Bennett MR. Ice streams as the arteries of an ice sheet: their mechanics, stability and significance. *Earth-Science Reviews*. 2003;61(3–4):309–339. DOI: 10.1016/S0012-8252(02)00130-7.
27. Evans DJA. Glacial landforms. Glacitectonic structures and landforms. In: Elias SA, Mock CJ, editors. *Encyclopedia of Quaternary science*. 2<sup>nd</sup> edition. [S. l.]: Elsevier; 2013. p. 839–845. DOI: 10.1016/B978-0-444-53643-3.00071-6.
28. Glasser NF. Modelling the effect of topography on ice sheet erosion, Scotland. *Geografiska Annaler. Series A. Physical Geography*. 1995;77(1–2):67–82. DOI: 10.1080/04353676.1995.11880429.
29. Sugden DE. Glacial erosion by the Laurentide Ice Sheet. *Journal of Glaciology*. 1978;20(83):367–391. DOI: 10.3189/S0022143000013915.
30. Sugden DE, Balco G, Cowdery SG, Stone JO, Sass LC. Selective glacial erosion and weathering zones in the coastal mountains of Marie Byrd Land, Antarctica. *Geomorphology*. 2005;67(3–4):317–334. DOI: 10.1016/j.geomorph.2004.10.007.
31. Bennett MR, Glasser NF, editors. *Glacial geology: ice sheets and landforms*. 2<sup>nd</sup> edition. Oxford: Wiley-Blackwell; 2009. 385 p.
32. Boulton GS. Processes and patterns of glacial erosion. In: Coates DR, editor. *Glacial Geomorphology. A proceedings volume of the Fifth Annual Geomorphology Symposia series; 1974 September 26–28; Binghamton, New York, USA*. Dordrecht: Springer; 1982. p. 41–87. DOI: 10.1007/978-94-011-6491-7\_2.
33. Hooke RLeB. *Principles of glacier mechanics*. 2<sup>nd</sup> edition. Cambridge: Cambridge University Press; 2005. 429 p.

Статья поступила в редколлегию 30.09.2020.  
Received by editorial board 30.09.2020.

## АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ В БГУ РАБОТ INDICATIVE ABSTRACTS OF THE PAPERS DEPOSITED IN BSU

*УДК 910.2(075.8)+33:911.3(075.8)*

**Методы географических исследований** [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 1-31 02 01 «География (по направлениям)», направление спец. 1-31 02 01-02 «География (научно-педагогическая деятельность)» : в 2 ч. Ч. 2. Методы экономико-географических исследований / А. П. Безрученок ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2020. 51 с. Библиогр.: с. 46–47. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/253222>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 21.12.2020, № 015021122020.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов специальности 1-31 02 01 «География (по направлениям)» факультета географии и геоинформатики БГУ. В ЭУМК представлены теоретические, методологические и прикладные основы проведения современных обществено-географических исследований, направленных на анализ социальных и экономических процессов с использованием географического и мультидисциплинарного инструментария сбора, интерпретации, визуализации и практического применения пространственных данных. Рассматриваются следующие вопросы: алгоритм проведения исследования, методы исследования населения, отдельных видов экономической деятельности, городских процессов, транспорта, сферы услуг и др.

*УДК 528(075.8)*

**Топография с основами геодезии** [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс с креатив. компонентом для спец.: 1-31 02 01 «География (по направлениям)», 1-31 02 02 «Гидрометеорология», 1-31 02 03 «Космоаэрокартография», 1-33 01 02 «Геоэкология», 1-51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых», 1-56 02 02 «Геоинформационные системы (по направлениям)» / БГУ ; сост.: А. П. Романкевич, П. В. Жумарь, А. С. Толпинский ; [под общ. ред. А. П. Романкевича]. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2020. 181 с. : ил. Библиогр.: с. 170–171. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/254484>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 22.01.2021, № 001222012021.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) с креативным компонентом «Топография с основами геодезии» предназначен для студентов географических специальностей. Содержание ЭУМК предполагает изучение основных вопросов, составляющих фундамент топографо-геодезического метода географических исследований: создание и использование топографических карт и планов, виды геодезических измерений и оценка их точности. В ЭУМК представлены сведения об основных приборах, применяемых в топографо-геодезическом производстве.

*УДК 551.4(075.8)*

**Геоморфология** [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец.: 1-31 02 02 «Гидрометеорология», 1-31 02 01 «География (по направлениям)», 1-31 02 01-03 «Геоинформационные системы», 1-31 02 01-03 01 «Геоинформационные системы военного направления», 1-31 02 03 «Космо-

аэрокартография», 1-33 01 02 «Геоэкология» : в 2 ч. Ч. 1 / Д. Л. Иванов ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2020. 270 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 244–249. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/254813>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 28.01.2021, № 001428012021.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов специальностей 1-31 02 02 «Гидрометеорология», 1-31 02 01 «География (по направлениям)», 1-31 02 01-03 «Геоинформационные системы», 1-31 02 01-03 01 «Геоинформационные системы военного направления», 1-31 02 03 «Космоаэрокартография», 1-33 01 02 «Геоэкология». Содержание ЭУМК предполагает помощь студентам в изучении и успешном освоении теоретического и практического курсов учебной дисциплины «Геоморфология».

ЭУМК состоит из двух частей. Первая часть представлена теоретическим разделом, вторая часть включает практический раздел, раздел контроля учебно-исследовательской деятельности и вспомогательный раздел.

*УДК 551.4(075.8)*

**Геоморфология** [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец.: 1-31 02 02 «Гидрометеорология», 1-31 02 01 «География (по направлениям)», 1-31 02 01-03 «Геоинформационные системы», 1-31 02 01-03 01 «Геоинформационные системы военного направления», 1-31 02 03 «Космоаэрокартография», 1-33 01 02 «Геоэкология» : в 2 ч. Ч. 2 / Д. Л. Иванов, А. А. Новик, Ю. А. Гледко ; [под общ. ред. Д. Л. Иванова] ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2020. 192 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 93–98. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/254820>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 28.01.2021, № 001528012021.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов специальностей 1-31 02 02 «Гидрометеорология», 1-31 02 01 «География (по направлениям)», 1-31 02 01-03 «Геоинформационные системы», 1-31 02 01-03 01 «Геоинформационные системы военного направления», 1-31 02 03 «Космоаэрокартография», 1-33 01 02 «Геоэкология». Содержание ЭУМК предполагает помощь студентам в изучении и успешном освоении теоретического и практического курсов учебной дисциплины «Геоморфология».

ЭУМК состоит из двух частей. Первая часть представлена теоретическим разделом, вторая часть включает практический раздел, раздел контроля учебно-исследовательской деятельности и вспомогательный раздел.

*УДК 91:004(075.8)*

**ГИС-технологии** [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 1-31 02 01 «География (по направлениям)», направление спец. 1-31 02 01-02 «География (научно-педагогическая деятельность)» / БГУ ; сост.: Д. М. Курлович, Н. В. Жуковская, О. М. Ковалевская. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2021. 57 с. : ил. Библиогр.: с. 57, библиогр. в тексте. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/255845>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 09.02.2021, № 001709022021.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся по специальности 1-31 02 01 «География (по направлениям)». Содержание ЭУМК предполагает повышение эффективности управления образовательным процессом и самостоятельной работой студентов по освоению учебной дисциплины «ГИС-технологии» с помощью внедрения в образовательный процесс инновационных образовательных технологий, обеспечение качественной подготовки высококвалифицированных специалистов.

*УДК 911.52(075.8)+502.52(075.8)*

**Экология ландшафтов** [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 1-33 01 02 «Геоэкология» / БГУ ; сост. В. А. Бакарасов. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2020. 123 с. : табл. Библиогр.: с. 120–121. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/255886>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 09.02.2021, № 001809022021.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся по специальности 1-33 01 02 «Геоэкология». В ЭУМК изложены теоретико-методологические и прикладные основы современной экологии ландшафтов. Представлена тематика практических, семинар-

ских и лабораторных занятий, задания для управляемой самостоятельной работы студентов, перечень заданий в тестовой форме, вопросы для самоконтроля для итогового промежуточного контроля знаний.

*УДК 502.1:55(075.8)*

*Гагина Н. В. Методы экологических исследований* [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 1-33 01 02 «Геоэкология» / Н. В. Гагина ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2020. 153 с. : табл. Библиогр.: с. 149–151. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/256012>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 11.02.2021, № 002011022021.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся по специальности 1-33 01 02 «Геоэкология». В ЭУМК изложены принципы организации геоэкологических исследований, современные методы и приемы изучения природных и природно-хозяйственных геосистем. Представлена тематика лабораторных работ, практических занятий, задания для управляемой самостоятельной работы студентов, перечень заданий в тестовой форме, вопросы для самоконтроля для итогового промежуточного контроля знаний.

*УДК 528.837:629.783(075.8)*

*Кравченко О. В. Спутниковые навигационные системы* [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец.: 1-31 02 03 «Космоаэрокартография», 1-56 02 02 «Геоинформационные системы (по направлениям)», направления спец.: 1-56 02 02-01 «Геоинформационные системы (земельно-кадастровые)», 1-56 02 02-02 «Геоинформационные системы (специальные)» / О. В. Кравченко ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2021. 86 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 83–84. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/257906>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 07.04.2021, № 003507042021.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся по специальностям 1-31 02 03 «Космоаэрокартография», 1-56 02 02 «Геоинформационные системы (по направлениям)», направления специальности 1-56 02 02-01 «Геоинформационные системы (земельно-кадастровые)», 1-56 02 02-02 «Геоинформационные системы (специальные)». В ЭУМК изложены основные принципы действия и компоненты спутниковых навигационных систем, методы измерений, системы координат и времени, используемые в спутниковых технологиях, рассмотрены вопросы проектирования, организации и обработки результатов спутниковых наблюдений. Представлена тематика практических занятий, задания для управляемой самостоятельной работы студентов, перечень заданий в тестовой форме, вопросы для самоконтроля для итогового промежуточного контроля знаний.

*УДК 911.2(476)(075.8)*

*Брылеўскі М. М. Геаграфія Беларусі (фізічная)* [Электронны рэсурс] : электрон. вучэб.-метадыч. комплекс для спец.: 1-31 02 01 «Геаграфія (па накірунках)», 1-33 01 02 «Геаэкалогія», 1-56 02 02 «Геаінфармацыйныя сістэмы (па накірунках)», 1-31 02 02 «Гідраметэаралогія», 1-31 02 03 «Космааэракартаграфія» / М. М. Брылеўскі ; БДУ. Электрон. тэкставыя дан. Мінск : БДУ, 2021. 153 с. : іл., табл. Бібліягр.: с. 148–151. Рэжым доступу: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/258258>. Загал. з экрана. Дэле. у БДУ 15.04.2021, № 003815042021.

Электронны вучэбна-метадычны комплекс (ЭВМК) прызначаны для студэнтаў розных спецыяльнасцей: 1-31 02 01 «Геаграфія (па накірунках)», 1-33 01 02 «Геаэкалогія», 1-56 02 02 «Геаінфармацыйныя сістэмы (па накірунках)», 1-31 02 02 «Гідраметэаралогія», 1-31 02 03 «Космааэракартаграфія». У тэарэтычным раздзеле ЭВМК разглядаюцца асаблівасці прыроды Беларусі, вызначаюцца ўзаемасувязі прыродных кампанентаў, магчымасці рацыянальнага прыродакарыстання і тэндэнцыі змянення геасістэм. Практычны раздзел утрымлівае метадычныя распрацоўкі па выкананні практычных работ па вучэбнай дысцыпліне, правядзенні кіруемай самастойнай работы, геаграфічную наменклатуру і ўзоры тэставых пытанняў для бягучага і выніковага кантролю ведаў па асноўных раздзелах курса.

*УДК 502.1:55(075.8)*

*Витченко А. Н. Геоэкология* [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец.: 1-31 02 01 «География» (направление 1-31 02 01-02 «Научно-педагогическая деятельность»), 1-33 01 02 «Геоэкология», 1-31 02 03 «Космоаэрокартография» / А. Н. Витченко ; БГУ. Электрон. тексто-

вые дан. Минск : БГУ, 2021. 290 с. : табл. Библиогр.: с. 286–288. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/258415>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 16.04.2021, № 004116042021.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся по специальностям 1-31 02 01 «География» (направление 1-31 02 01-02 «Научно-педагогическая деятельность»), 1-33 01 02 «Геоэкология», 1-31 02 03 «Космоаэрокартография». В ЭУМК изложены теоретические и методологические основы геоэкологии, геоэкологические особенности функционирования, динамики и эволюции географической среды и ее компонентов, происходящие в ходе естественных тенденций их развития и антропогенного воздействия, геоэкологические аспекты функционирования природно-антропогенных геосистем, основные геоэкологические проблемы человечества и возможные пути их решения. Представлена тематика практических занятий, задания для управляемой самостоятельной работы студентов, перечень заданий в тестовой форме, вопросы для самоконтроля для итогового промежуточного контроля знаний.

*УДК 528.44:378.147.091.33-027.22(075.8)+528.9:378.147.091.33-027.22(075.8)*

**Геологическая съемка и картографирование. Учебная практика** [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 1-51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» / БГУ ; сост. Д. Л. Творонович-Севрук. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2021. 71 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 69–71. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/259275>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 03.05.2021, № 004803052021.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся по специальности 1-51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых». Содержание ЭУМК предполагает повышение эффективности управления образовательным процессом и самостоятельной работой студентов по освоению учебной полевой практики по геологии с помощью внедрения в образовательный процесс инновационных образовательных технологий, обеспечение качественной подготовки высококвалифицированных специалистов-геологов.

*УДК 550.822:378.147.091.33-027.22(075.8)*

**Буровые технологии. Учебная практика** [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 1-51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» / БГУ ; сост. Д. Л. Творонович-Севрук. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2021. 21 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 20–21. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/259280>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 03.05.2021, № 004903052021.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся по специальности 1-51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых». Содержание ЭУМК предполагает повышение эффективности управления образовательным процессом и самостоятельной работой студентов по освоению учебной дисциплины «Учебная практика “Буровые технологии”» с помощью внедрения в образовательный процесс инновационных образовательных технологий, обеспечение качественной подготовки высококвалифицированных специалистов-геологов.

*УДК 550.822:378.147.091.33-027.22(075.8)*

**Учебная полевая геологическая практика** [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец.: 1-31 02 01 «География (по направлениям)», 1-31 02 02 «Гидрометеорология», 1-31 02 03 «Космоаэрокартография», 1-33 01 02 «Геоэкология» / БГУ ; сост. Д. Л. Творонович-Севрук. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2021. 40 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 39–40. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/259296>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 03.05.2021, № 005003052021.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся по специальностям 1-31 02 01 «География (по направлениям)», 1-31 02 02 «Гидрометеорология», 1-31 02 03 «Космоаэрокартография», 1-33 01 02 «Геоэкология». Содержание ЭУМК предполагает повышение эффективности управления образовательным процессом и самостоятельной работой студентов по освоению учебной полевой практики по геологии с помощью внедрения в образовательный процесс инновационных образовательных технологий, обеспечение качественной подготовки высококвалифицированных специалистов-геологов.

УДК 33:911.37(075.8)

**Антипова Е. А. География населения** [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс с креатив. компонентом для спец. 1-31 02 01 «География (по направлениям)» / Е. А. Антипова ; БГУ. [Изд. перераб. и доп.]. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2021. 64 с. : табл. Библиогр.: с. 47–48. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/257599>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 29.03.2021, № 003129032021.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов специальности 1-31 02 01 «География (по направлениям)». В ЭУМК представлены материалы по географии населения. ЭУМК состоит из четырех разделов. В них рассматриваются вопросы теории и методики географии населения, основ демографии и геодемографии, географии миграций, динамики численности населения, географии расселения населения, этнической географии, географии населения Беларуси.

ЭУМК переработан и дополнен креативным компонентом, включающим видеоконтент (дайджест ключевых фактов по учебной дисциплине, демографический квиз для самопроверки знаний, видеолекции ведущих ученых-демографов мира, видеосимуляция прогноза численности населения).

## СОДЕРЖАНИЕ

### ГЕОГРАФИЯ

<i>Логинов В. Ф., Хитриков М. А.</i> Оценка изменений биоклиматического потенциала территории Беларуси с использованием вегетационного индекса NDVI .....	3
<i>Китаев Л. М.</i> Оценка изменчивости температуры почвы зимнего периода в современных климатических условиях Евразийской Субарктики .....	13
<i>Крыстев В.</i> Образное видение пространства в геополитике: подход к изучению .....	23
<i>Шуйский Ю. Д.</i> Физико-географические природные системы в Мировом океане .....	35
<i>Драгун Н. П., Мазан А. С., Дубовец М. А.</i> Оценка экономико-географического положения районов и городов областного подчинения Республики Беларусь .....	50
<i>Марцинкевич Г. И., Гагина Н. В., Курлович Д. М., Ковалевская О. М.</i> Структура и картографирование ландшафтов Национального парка «Припятский» с использованием геоинформационных технологий .....	65
<i>Имамвердиев Н. С.</i> Выбор площадки для установки солнечной фотоэлектрической системы с помощью модели аналитического иерархического процесса в Азербайджане .....	75

### ГЕОЛОГИЯ

<i>Комаровский М. Е.</i> Значение рельефа в возникновении ледниковых ложбин в Беларуси .....	93
Аннотации депонированных в БГУ работ .....	107

## CONTENTS

### GEOGRAPHY

<i>Loginov V. F., Khitrykau M. A.</i> Estimation of changes in bioclimatic potential values on the territory of Belarus using normalised difference vegetation index (NDVI) .....	3
<i>Kitaev L. M.</i> Regularities of soil temperature changes during the period with snow cover in modern climatic conditions of the Eurasian Subarctic .....	13
<i>Krastev V.</i> Imaginative vision of space in geopolitics: approach to study .....	23
<i>Shuisky Yu. D.</i> Physical-geographical natural systems within waters of the World Ocean ...	35
<i>Drahun M. P., Mazan A. S., Dubavets M. A.</i> Assessment of economic and geographical location of regions and cities of regional submission of the Republic of Belarus.....	50
<i>Martsinkevich G. I., Hahina N. V., Kurlovich D. M., Kovalevskaya O. M.</i> Structure and mapping of landscapes of the Pripyatsky National Park using geoinformation technologies....	65
<i>Imamverdiyev N. S.</i> Site selection for solar photovoltaic system installation using analytical hierarchy process model in Azerbaijan.....	75

### GEOLOGY

<i>Komarovskiy M. E.</i> The importance of topography in the occurrence of glacial valleys in Belarus .....	93
Indicative abstracts of the papers deposited in BSU.....	107

*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» (РИНЦ).*

**Журнал Белорусского  
государственного университета. География. Геология.  
№ 1. 2021**

Учредитель:  
Белорусский государственный университет

Юридический адрес: пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск.

Почтовый адрес: пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск.

Тел. 259-70-74, 259-70-75.

E-mail: [jgeo@bsu.by](mailto:jgeo@bsu.by)

URL: <https://journals.bsu.by/index.php/geography>

«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. А. Семенец, М. А. Подголина*  
Технический редактор *Д. Ф. Когут*  
Корректор *Л. А. Меркуль*

Подписано в печать 31.05.2021.  
Тираж 100 экз. Заказ 208.

Республиканское унитарное предприятие  
«Информационно-вычислительный центр  
Министерства финансов Республики Беларусь».  
ЛП № 02330/89 от 03.03.2014.  
Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск.

© БГУ, 2021

**Journal  
of the Belarusian State University. Geography and Geology.  
No. 1. 2021**

Founder:  
Belarusian State University

Registered address: 4 Niezaliežnasci Ave.,  
Minsk 220030.

Correspondence address: 4 Niezaliežnasci Ave.,  
Minsk 220030.

Tel. 259-70-74, 259-70-75.

E-mail: [jgeo@bsu.by](mailto:jgeo@bsu.by)

URL: <https://journals.bsu.by/index.php/geography>

«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. A. Semenets, M. A. Podgolina*  
Technical editor *D. F. Kogut*  
Proofreader *L. A. Merkul'*

Signed print 31.05.2021.  
Edition 100 copies. Order number 208.

Republican Unitary Enterprise  
«Informatsionno-vychislitel'nyi tsentr  
Ministerstva finansov Respubliki Belarus'».  
License for publishing No. 02330/89, 3 March 2014.  
17 Kal'varyjskaja Str., Minsk 220004.

© BSU, 2021