

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
КРЫМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА имени В. И. ВЕРНАДСКОГО.
ГЕОГРАФИЯ. ГЕОЛОГИЯ

Научный журнал

Том 8 (74). № 1

Журнал «Ученые записки Крымского федерального
университета имени В. И. Вернадского. География. Геология»
является историческим правопреемником журнала «Ученые записки
Таврического университета», который издается с 1918 г.

**Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского
Симферополь, 2022**

ISSN 2413-1717

Свидетельство о регистрации СМИ – ПИ №ФС77 – 61806 от 18 мая 2015 года
Выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и
массовых коммуникаций

**Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования**

«Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»

Печатается по решению Научно-технического совета

ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского», протокол № ____ от «__» _____ 2022 г.

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, группа научных специальностей 25.00.00. Науки о Земле, дата включения — 12.07.2017 по группам специальностей: 25.00.01 — Общая и региональная геология (геолого-минералогические науки), 25.00.03 — Геотектоника и геодинамика (геолого-минералогические науки); 25.00.08 — Инженерная геология, мерзотоведение и грунтоведение (географические науки); 25.00.10 — Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых (геолого-минералогические науки); 25.00.23 — Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов (географические науки); 25.00.24 — Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география (географические науки); 25.00.25 — Геоморфология и палеогеография (географические науки); 25.00.30 — Метеорология, климатология, агрометеорология (географические науки); 25.00.33 — Картография (географические науки); 25.00.25 — Геоинформатика (географические науки); 25.00.36 — Геоэкология (по отраслям) (географические науки), а также в систему «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ).

**Редакционная коллегия журнала «Ученые записки Крымского федерального
университета имени В. И. Вернадского. География. Геология» (утверждена решением
Научно-технического совета Крымского федерального университета
имени В. И. Вернадского, протокол №1 от «05» марта 2018 г.)**

Главный редактор – Вахрушев Борис Александрович, д. г. н., профессор

Амеличев Г.Н., к. г. н., доцент
Баранов П.Н., д.г.-м.н., д.г.н., профессор
(Украина)
Боков В.А., д. г. н., профессор
Вольфман Ю.М., д. г.-м. н.
Воронин И.Н., д. г. н., профессор
Дружинин А.Г., д. г. н., профессор
Ергина Е.И., д. г. н., профессор
Ибрагимов А. И. Оглы, д.г.н, профессор
(Турция)
Кочуров Б.И., д.г.н., профессор
Линник В.Г., д.г.н, с.н.с.
Лисецкий Ф.Н., д.г.н., профессор
Никитина М.Г., д. г. н., д. э. н., профессор
Округин В.М., к.г.-м.-н., с.н.с.
Дублянский Ю.В., д. г.-м. н. (Австрия)

Плохих Р.В., д.г.н., доцент (Казахстан)
Позаченюк Е.А., д. г. н., профессор
Попкова Л.И., д. г. н., доцент
Пустовитенко Б.Г., д. ф.-м. н., с.н.с.
Райко Гнято, д.г.н., профессор
(Республика Сербская)
Совга Е.Е., д.г.н., с.н.с.
Скребец Г.Н., к. г. н., доцент
Старожилов В.Т., д.г.н., профессор
Страчкова Н.В., к. г. н., доцент
Танжу Тосун, доктор политологии (Турция)
Холощев А.В., д. г. н., профессор
Шаповалов Ю.Б., д.г.-м.н., с.н.с.
Шаров Н.В., д.г.-м.н., профессор
Швец А.Б., к. г. н., доцент
Яковенко И.М., д. г. н., профессор

Подписано в печать _____.2022. Формат 70х100 1/16 Объем 19,3 усл. п. л. Заказ № _____. Цена: Бесплатно.
Тираж ____ экз. Дата выхода в свет _____.2022 Адрес редакции: 295007, г. Симферополь, проспект Вернадского, 4
Отпечатано в управлении редакционно-издательской деятельности ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского»
Адрес издательства и типографии: 295051, г. Симферополь, бул. Ленина, 5/7 <http://sn-geography.cfuv.ru>

РАЗДЕЛ 1.
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ
И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

УДК 911.3:33

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Панасюк М. В.¹, Корчагина Ю. С.²

^{1,2} *Казанский федеральный университет, Казань, Российская Федерация*
E-mail: ¹mp3719@yandex.ru

В статье представлен анализ современного состояния корпоративной инфокоммуникационной инфраструктуры Приволжского федерального округа (ПФО). Получены выводы об особенностях ее территориальной организации. Выявлены область концентрации инфокоммуникационной инфраструктуры ПФО и ядро ее пространственного развития, в пределах территорий которых способен сформироваться перспективный полюс роста инфокоммуникационной инфраструктуры и развития информационных технологий Востока Европейской части России.

Ключевые слова: инфокоммуникационная инфраструктура, территориальная организация инфокоммуникационной инфраструктуры, социально-экономическое развитие региона, Приволжский федеральный округ.

ВВЕДЕНИЕ

Для современной цивилизации большое значение приобретают такие процессы, как становление информационного общества и цифровая трансформация экономики. Одними из главных целей цифровой трансформации экономики являются повышение эффективности социально-экономического и пространственного развития территорий, повышения качества жизни населения [1]. Для исследования процессов территориальной организации инфокоммуникационной инфраструктуры и социально-экономического развития регионов были выбраны организации Приволжского федерального округа (ПФО), как одного из самых развитых округов Российской Федерации. Выявление пространственных различий развития инфокоммуникационной инфраструктуры регионов ПФО, определение области ее концентрации и ядра пространственного развития основывалось на теории и методах анализа систем «центр—периферия» региона [2, 3], статистических источниках Федеральной службы государственной статистики [4] и ее территориальных отделений по субъектам ПФО [5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основе статистических данных федерального и регионального уровня по базовым параметрам развития инфокоммуникационной инфраструктуры

региональных организаций ПФО был создан набор ГИС-карт регионов ПФО масштаба 1:100000000, отражающих состояние инфокоммуникационной инфраструктуры организаций по отдельным показателям. Более интенсивное проявление признака выделено темными тонами, менее интенсивное — светлыми.

В качестве основных показателей, характеризующих развитие инфокоммуникационной инфраструктуры, были использованы: количество персональных компьютеров (ПК); доля организаций, использующих сеть Интернет со скоростью не менее 2 Мбит/сек.; доля организаций, имеющих доступ к широкополосному интернету; доля организаций с веб-сайтом; доля организаций, размещающих заказы на товары, услуги, работы с использованием сети Интернет.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Анализ территориальной организации инфокоммуникационной инфраструктуры ПФО на данном этапе исследования проводился на региональном уровне, на основе ГИС-карт по отдельным показателям развития инфраструктуры. На рисунке 1 представлены группы регионов ПФО по показателю «Количество персональных компьютеров в организациях».

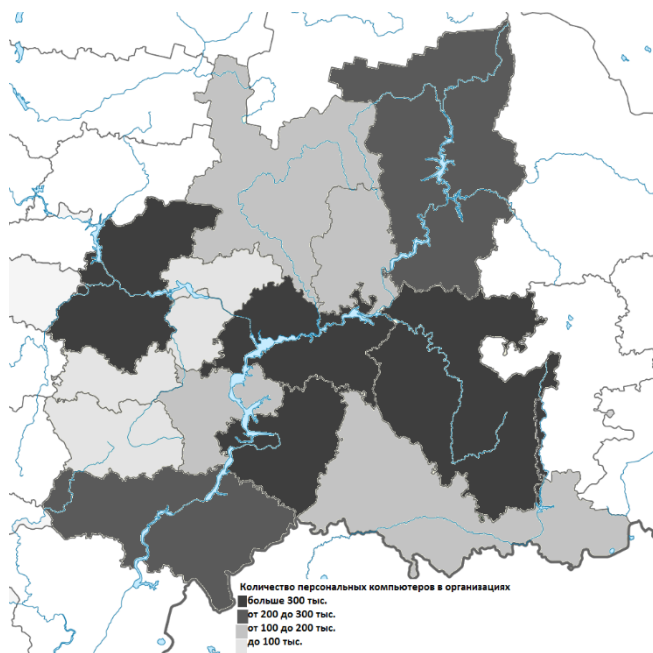


Рис. 1. Количество персональных компьютеров в организациях.

Оценивая концентрацию персональных компьютеров в регионах, стоит отметить, что наряду с тройкой лидеров (Республики Татарстан, Республика Башкортостан и Самарская область) есть еще один регион-лидер — Нижегородская область, где число компьютеров в организациях превышает 300 тыс. Средний уровень концентрации ПК характерен для Саратовской области и Пермского края.

Менее высокий уровень развития по данному показателю демонстрируют Оренбургская, Ульяновская, Кировская области и Республика Удмуртия. Самый низкий уровень характерен для Республик Марий Эл, Мордовия и Чувашия, Пензенской области.

Наиболее важным с точки зрения цифровой трансформации общества и системы организаций региона является доля организаций, использующих доступ к сети интернет со скоростью не менее 2 Мбит/сек (рис. 2). Лидерами регионов ПФО по данному показателю являются Татарстан, Оренбургская область, а также Нижегородская область. В этих регионах доля организаций, использующих доступ к сети интернет со скоростью не менее 2 Мбит/сек., составляет свыше 65%. Средние показатели доли организаций (от 60 до 65%) характерны для северных и восточных территорий ПФО. Ареал, характеризующийся относительно низкими значениями показателя (55—60%), находится к юго-востоку от пояса регионов-лидеров. Необходимо отметить, что подобная территориальная организация инфокоммуникационной инфраструктуры при чередовании регионов-лидеров и отстающих регионов ставит Приволжский федеральный округ в стратегически невыгодное положение по сравнению с другими округами, препятствуя повышению эффективности интернет-соединений.

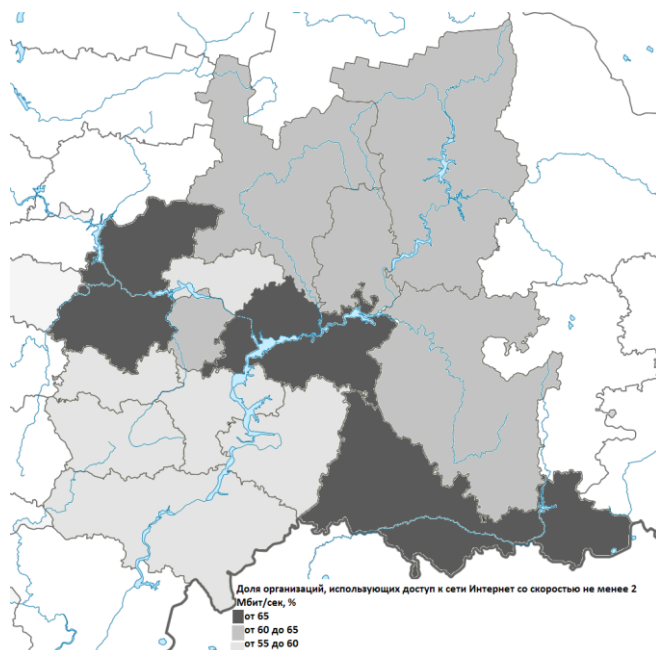


Рис. 2. Доля организаций, использующих доступ к сети Интернет со скоростью не менее 2 Мбит/сек, %.

Ситуация в области обеспечения доступа организаций к широкополосному интернету характеризует главные особенности стратегического потенциала развития инфокоммуникационной инфраструктуры ПФО (рис. 3).

Главной ее особенностью является в целом высокая доля доступа организаций к широкополосному интернету, которая во всех регионах ПФО превышает 80% [6]. В данном случае пояс регионов-лидеров с долей доступа свыше 90% тянется непрерывной полосой от северо-западных до юго-восточных регионов. Доля свыше 90% характерна и для Пермского края, который, таким образом, обладает потенциалом драйвера развития для Северо-Востока ПФО. Кроме того, приграничное положение региона с регионами Уральского федерального округа при выстраивании правильной стратегии взаимодействия в области информационных коммуникаций может позволить Пермскому краю в перспективе стать одним из межрегиональных центров цифровизации восточной части Северо-Западного федерального округа, северной и центральной части Уральского федеральных округов. Аутсайдерами в области обеспечения доступа к широкополосному интернету, как и в предыдущем случае, являются южные регионы ПФО — Самарская и Саратовская области. Развитие инфокоммуникационной инфраструктуры, таким образом, должно стать для данных регионов приоритетным стратегическим направлением в период до 2025 г.

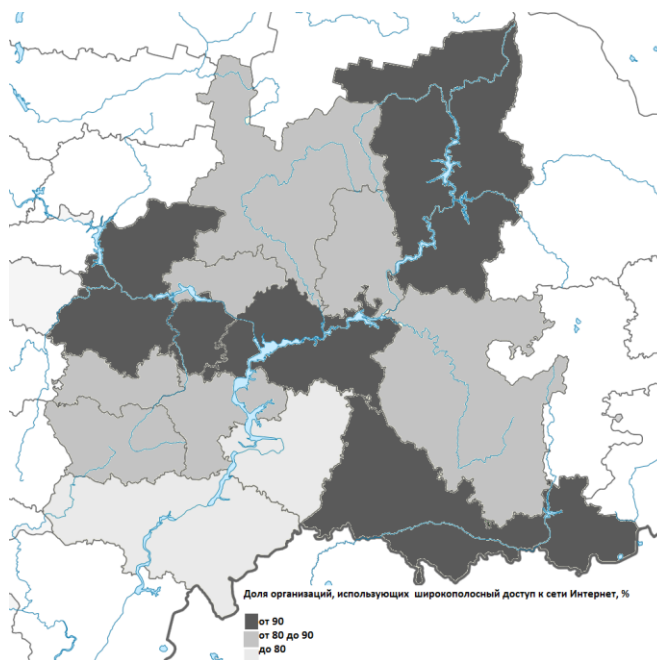


Рис. 3. Доля организаций, использующих широкополосный доступ к интернету, %.

Наличие собственных веб-сайтов организаций создаёт им в условиях быстрой цифровизации экономики серьёзные конкурентные преимущества. Более половины организаций ПФО имеют собственных веб-сайты. Ареал регионов с максимальной долей организаций, имеющих собственные веб-сайты, имеет во многом аналогичную предыдущим показателям конфигурацию (рис. 4), позволяя сделать вывод о наличии области или пояса концентрации инфокоммуникационной инфраструктуры ПФО.

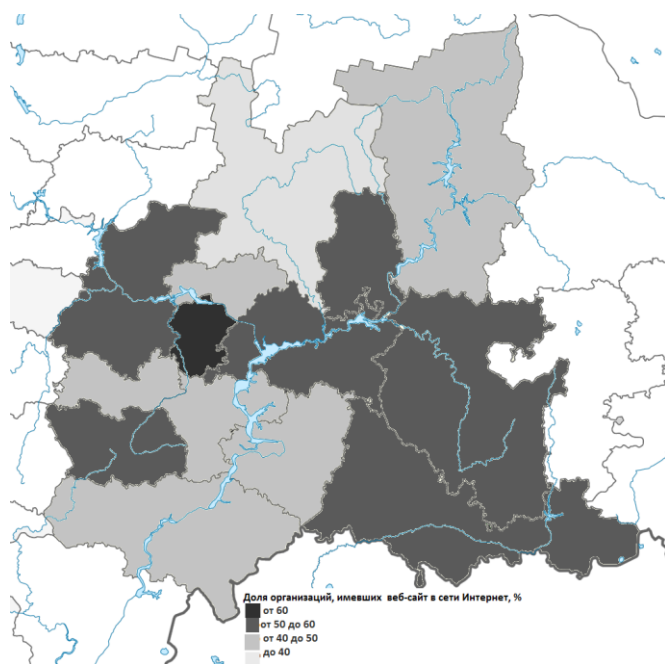


Рис. 4. Доля организаций, имеющих веб-сайт в сети Интернет, %.

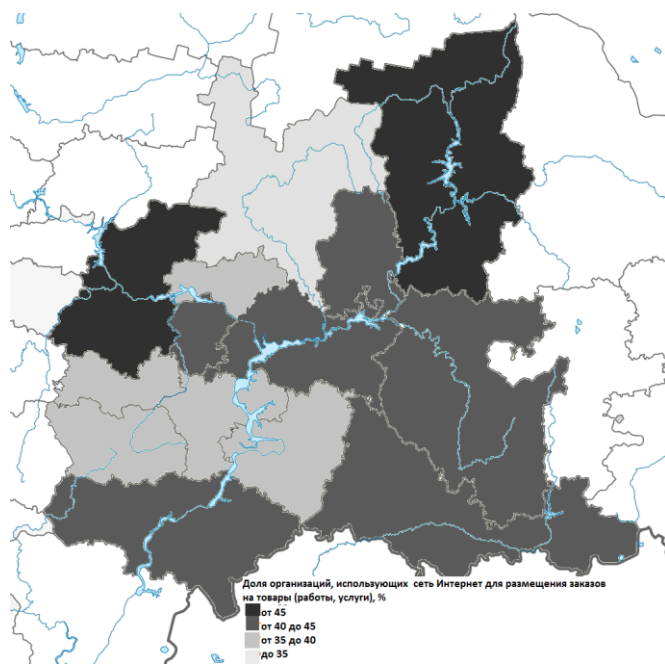


Рис. 5. Доля организаций, использующих сеть Интернет для размещения заказов на товары (работы, услуги), %.

При этом наивысшая доля характерна для Чувашской Республики, где значение данного показателя превышает 60% [7]. Кроме того, данный ареал концентрации инфраструктуры имеет большие размеры, чем у двух предыдущих показателей за счёт территорий Башкортостана и Удмуртии. Потенциальным центром развития системы веб-сайтов южной части ПФО способна стать Пензенская область.

Одним из основных показателей, характеризующих процессы цифровой трансформации экономики, является показатель доли организаций, использующих интернет для размещения заказов на товары, услуги или работы [8]. Анализ показывает, что ареал концентрации данных организаций в целом аналогичен предыдущим, расширяясь в данном случае на юг и захватывая Саратовскую область. Лидирующими регионами по доле организаций, использующих интернет для размещения заказов на товары, услуги или работы, являются Нижегородская область и Пермский край.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования в области территориальной организации корпоративной инфокоммуникационной инфраструктуры Приволжского федерального округа, результаты которых представлены на рис. 1—5, содержащих картограммы базовых показателей развития инфокоммуникационной инфраструктуры регионов, позволили выявить своеобразную область (пояс) ее концентрации, которая способна стать территорией перспективного полюса роста инфокоммуникационной инфраструктуры и развития информационных технологий Востока Европейской части России. В состав этой области (пояса) входят территории Нижегородской области, Республики Чувашия, Республики Татарстан, Республики Башкортостан, Оренбургской области и, частично, Пермского края. В пределах этой области выделяется ядро пространственного развития инфокоммуникационной инфраструктуры ПФО, территорию которого образуют регионы Республики Татарстан, Республики Башкортостан и Самарской области.

Данные территории требуют дополнительного внимания со стороны органов государственного и муниципального управления по определению стратегических перспектив развития их инфокоммуникационной инфраструктуры, что должно быть отражено в стратегиях социально-экономического развития регионов ПФО.

Список литературы

1. Стратегия развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации на 2014–2020 годы и на перспективу до 2025 года [Электронный ресурс]. URL: https://digital.gov.ru/uploaded/files/Strategiya_razvitiya_otrasli_IT_2014-2020_2025%5B1%5D.pdf.
2. Гранберг А. Г. Пространственная экономика в системе наук [Электронный ресурс]. URL: www.econorus.org/consp/files/gran.doc.
3. Friedmann J. Regional development policy. Boston: MTI. 1966. P. 17.
4. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gks.ru>.
5. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Татарстан [Электронный ресурс]. URL: <https://tatstat.gks.ru>.
6. Широкополосный доступ в интернет [Электронный ресурс]. URL: <https://spbit.ru/tags/broadband>.

7. Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/urKHm0gTPPnzJlaKw3M5cNLo6gczMkPF.pdf>.
8. Горбунова Ю. И. Роль информационной инфраструктуры в обеспечении экономической деятельности // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 3-3. С. 42–46.

SPATIAL DEVELOPMENT OF INFOCOMMUNICATION INFRASTRUCTURE IN ORGANIZATIONS OF THE VOLGA FEDERAL DISTRICT

Panasyuk M. V.¹, Korchagina J. S.²

^{1,2}Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation

E-mail: ¹mp3719@yandex.ru

Evolution of global information society and the digital transformation of economy are global processes that determine the future of modern civilization. At the present stage of social development technologies for digital transformation of economy contribute to the achievement of the main goals of strategic development of countries - solving the problems of improving life quality, increasing the efficiency of economy and optimizing the spatial development of regions. An important role in solving the problems of digitalization of society is played by the development of infocommunication infrastructure, which forms an environment for development and application of digital technologies. Organization of infocommunication infrastructure also has its territorial dimension. The rational territorial organization of the infocommunication infrastructure contributes to the acceleration of the processes of transfer and accumulation of information, increases efficiency of the infocommunication systems and networks.

The study of the processes of territorial organization of infocommunication infrastructure was carried out at the interregional level. Organizations located in the regions of the Volga Federal District (VFD), which is one of the most economically developed districts of the Russian Federation, were selected as the object. The identification of spatial differences in the development of the infocommunication infrastructure of the Volga Federal District regions, the determination of area of its concentration and the core of spatial development was based on the use of cartographic and geoinformation methods, the use of theory and methods of regional "center – periphery" systems analysis, statistical sources of the Federal State Statistics Service and its territorial offices in the districts.

The following were used as the main indicators characterizing the development of infocommunication infrastructure:

- the number of personal computers;
- the share of organizations using the Internet with a speed of at least 2 Mbps;
- share of organizations with access to broadband internet;
- share of organizations with a website;
- the share of organizations placing orders for goods, services, and work using the network.

Based on these basic indicators of the development of the infocommunication infrastructure of regional organizations, and on the basis of federal and regional levels of statistical data, the complex of analytical 1:10000000 scale GIS maps was created. It reflects the state of

infocommunication infrastructure of the Volga Federal District regions, and made it possible to analyze the territorial organization of the District's infrastructure generally. The results of the analysis of territorial organization of the corporate infocommunication infrastructure of the Volga Federal District, carried out on the basis of this set of these GIS maps of basic indicators for the development of regional infrastructure, showed the existence of the area (belt) of its concentration, which could become the territory of a promising pole for the growth of infocommunication infrastructure and the development of information technologies in the East of the European part of Russia. This region (belt) includes the territories of the Nizhny Novgorod Region, the Republic of Chuvashia, the Republic of Tatarstan, the Republic of Bashkortostan, the Orenburg Region and, in part, the Perm Region.

Within this area, the core (the territory of increased concentration of infocommunication infrastructure) was separated. It is formed by territories with a higher level of development of infocommunication technologies. The core territory includes the regions of the Republic of Tatarstan, the Republic of Bashkortostan and the Samara Region. These regions are able to make a special contribution to the formation of strategic prospects for the development of infocommunication infrastructure of the Volga Federal District and Russia, which should be reflected in the strategies of socio-economic development of the regions and investment strategies of the country.

Keywords: infocommunication infrastructure, territorial organization of infocommunication infrastructure, socio-economic development of the region, Volga Federal District.

References

1. Strategiya razvitiya otrasli informacionnyh tekhnologij v Rossijskoj Federacii na 2014–2020 gody i na perspektivu do 2025 goda. (Strategy for the development of the information technology industry in the Russian Federation for 2014-2020 and until 2025) [Electronic resource]. URL: https://digital.gov.ru/uploaded/files/Strategiya_razvitiya_otrasli_IT_2014-2020_2025%5B1%5D.pdf (in Russian).
2. Granberg A.G. Prostranstvennaya ekonomika v sisteme nauk. (Spatial economics in the system of sciences) A.G. Granberg [Electronic resource]. URL: www.econorus.org/consp/files/gran.doc (in Russian).
3. Friedmann J. Regional development policy. Boston: MTI. 1966. P. 17.
4. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. (4. Federal State Statistics Service) [Electronic resource]. URL: <https://www.gks.ru>.
5. Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Respublike Tatarstan (Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Republic of Tatarstan) [Electronic resource]. URL: <https://tatstat.gks.ru>.
6. Shirokopolosnyj dostup v internet (Broadband Internet access.) [Electronic resource]. URL: <https://spbit.ru/tags/broadband> (in Russian).
7. Pasport nacional'noj programmy «Cifrovaya ekonomika Rossijskoj federacii» (Passport of the national program «Digital Economy of the Russian Federation») [Electronic resource]. URL: <http://static.government.ru/media/files/urKHm0gTPPnzJlaKw3M5cNLo6gczMkPF.pdf> (in Russian).
8. Gorbunova YU.I. Rol' informacionnoj infrastruktury v obespechenii ekonomicheskoy deyatel'nosti (The role of information infrastructure in ensuring economic activity) // Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovanij XXI veka: teoriya i praktika. 2014. T. 2. № 3-3. S. 42–46 (in Russian).

Поступила в редакцию 27.09.2021 г.

УДК 379.85

АПИТУРИЗМ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ВИД СЕЛЬСКОЙ РЕКРЕАЦИИ И БИЗНЕСА

Сарафанова А. Г.¹, Сарафанов А. А.²

^{1,2}Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация

E-mail: ¹anastasyast@yandex.ru, ²alexsarafanov@mail.ru

Апитуризм — это форма туризма, связанная с пчеловодством как традиционной профессией и мероприятиями, представляющие собой туристскую активность в виде посещения пасек, дегустации меда, посещения мастер-классов, в том числе в качестве бортевого пчеловода, музеев пчел и апитерапии. Апитуризм можно считать одним из устойчивых путей развития нишевых видов туризма. Исследование проводилось на основе комбинированной методологии, включающей сбор, обработку и анализ информации о развитии пчеловодства и апитуризма в мире и в Российской Федерации, в частности в республике Башкортостан. Авторами произведен сбор и систематизация статистических данных по количеству ульев, пчеловодов, производителей меда. Целью исследования было определение роли апитуризма для развития сельских территорий и анализ развития бортевого пчеловодства. Выявлено, что апитуризм — это инновационная форма туризма, которая хорошо вписывается в нишевую зону видов туристской деятельности.

Ключевые слова: апитуризм, мед, республика Башкортостан, сельская местность, пчеловодство.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в туризме наблюдается интерес к проэкологическим формам путешествий: экологический и агротуризм. Туристы ищут активные формы проведения свободного времени, однако важна не только физическая активность, но и познавательная составляющая. Специфика региона становится мотивом для многих туристских поездок. В пандемийное время происходят динамичные изменения в образе и стиле жизни людей. Появляются новые виды туризма, позволяющие испытать острые эмоциональные состояния и получить запоминающиеся туристские впечатления. «Складываются новые пространства туристского проникновения» [1].

Во многих развивающихся странах именно пчеловодство играет важную роль в преодолении бедности в сельской местности за счет возможности получения дополнительного дохода. Такой вид туризма называется апитуризм (название происходит от латинского названия медоносной пчелы *Apis mellifera*) — это форма туризма, связанная с пчеловодством как традиционной профессией [2]. Деятельность, связанная с апитуризмом, включает посещение пасек, музеев пчел, где турист наблюдает за работой пчеловода, способом приготовления меда, а также дегустацию различных видов меда. Развитие апитуризма — это возможность активизировать сельские районы, создавать новые рабочие места и продвигать культуру региона и традиции.

После открытия первого современного улья, процесс сбора меда превратился в деятельность животноводства, контролируемого руками человека. Агротуризм, в том числе и пчеловодческий туризм, положительно влияет на региональное развитие и обеспечивает дополнительный доход пчеловодам в различных странах.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Растущий интерес к агротуризму также привел к созданию своеобразных ульев, которые позволяют посетителям безопасно подходить к пчелам и наблюдать за жизнью в улье, не беспокоя насекомых. Такие виды ульев также могут использоваться в образовательных программах для детей, молодежи и взрослых. Это довольно быстрорастущий вид туризма в основном из-за интереса туристов к употреблению продуктов пчеловодства — меда, прополиса, маточного молочка и др. Туристам интересно узнавать секреты технологии производства качественного меда и сопутствующих товаров. Улья становятся экскурсионными объектами.

Апитуризм сочетает в себе устойчивое пчеловодство, историческое и культурное наследие, оздоровительный туризм. Его стоит рассматривать как пересечение между традициями, альтернативной медициной и устойчивым доходом. Такие страны, как Словения, Венгрия, Румыния, Чили и Индонезия, являются лидерами в реализации этого подхода, в то время как многие другие страны исследуют возможности внедрения и инвестирования в пчеловодство и апитуризм [3].

Основными функциями апитуризма являются:

1. Образовательная функция: апитуризм способствует проэкологической и экологической деятельности [4]. Происходит информирование туристов об огромной роли пчел в функционировании многих экосистем.

2. Туристская функция заключается в привлечении внимания к специфике и традициям региона и особенно к работе пчеловода и истории пчеловодства [5].

3. Функция защиты здоровья: популяризация натуральных методов лечения и продуктов пчеловодства. Применение продуктов пчеловодства в кулинарии, медицине и косметике — это пропаганда здорового образа жизни и возможность заниматься сельским туризмом.

4. Социальная функция: апитуризм позволяет активизировать местное сообщество путем создания новых рабочих мест в сфере обслуживания туристов, развивать агротуристские фермы.

Такое разнообразие функций делает апитуризм все более популярным и ценным видом туризма, особенно когда он осуществляется на пасеках и пчеловодческих фермах. Кроме того, на пчеловодческих фермах можно изготавливать свечи из пчелиного воска, организовывать экскурсии в сады медоносов, где каждое растение имеет точное описание с названием, периодом цветения и полезности для пчел. Еще один элемент предложения апитуризма — апитерапия — применение меда и продуктов пчеловодства в лечении различных заболеваний. Самая популярная форма апитерапии — апи-ингаляционные помещения.

Однако, в большей части стран пчеловодство носит характер хобби, до 80% пчеловодов имеют пасеки с численностью семей пчел до 10 и производят мед для личного потребления, не используя данное занятие для оказания туристско-экскурсионных услуг на своей территории [6].

Европейский регион (280 000 тонн меда в года) — второй после Китая (503 000 тонн) производитель меда [7]. В 2020 году в Европе располагалось 18,9 млн ульев, что на 3,9% больше, чем в 2019 году. В этом регионе в 2020 г. было порядка 615 тыс.

пчеловодов. На рисунке 1 представлены десять стран-лидеров с наибольшим количеством ульев. Среди них по сравнению с 2019 г. в 2020 году в Румынии показатель вырос на 12,5%, во Франции — на 10,5%. В Венгрии за этот же период количество ульев сократилось на 5,9%, а в Болгарии осталось почти на том же уровне (863 тыс.).

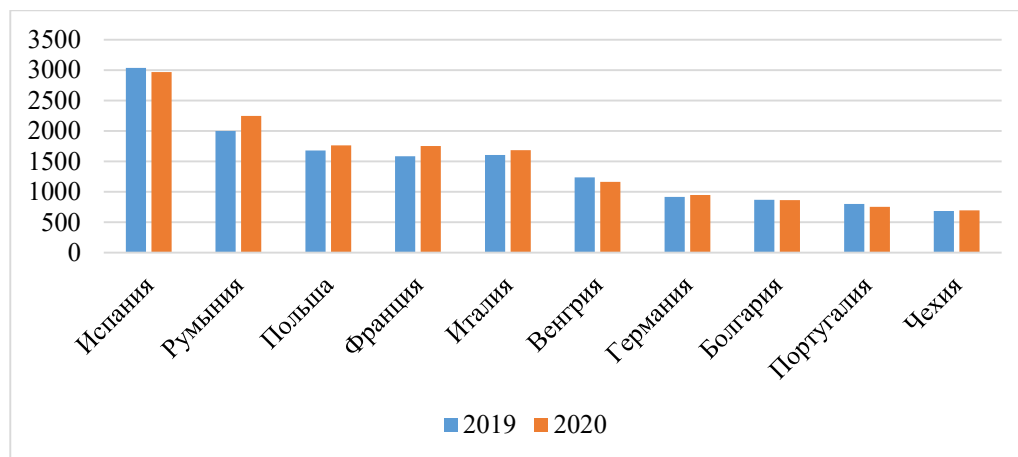


Рис. 1. Количество ульев (тыс. ед.).
(Составлено авторами по [8]).

В таблице 1 отражена динамика количества пчеловодов за период с 2017 года по 2022 год с учетом прогноза. Во Франции ожидается рост фермеров, занятых пчеловодством почти на 30%, в Чехии — на 25%, в Испании — на 20%. Лишь в Румынии количество пчеловодов почти не изменилось (+1%), тогда как общее количество ульев выросло. Это говорит о том, что фермеры увеличили их число у себя на пасеке.

Таблица 1.

Количество фермеров [8].			
Страна	2017-2019	2020-2022	Разница между годами, в %
Германия	116 000	129 048	+11,2
Польша	62 575	74 302	+18,7
Чехия	49 486	61 572	+24,4
Италия	50 000	56 059	+12,1
Франция	41 560	53 953	+29,8
Австрия	25 277	29 745	+17,7
Испания	23 816	28 786	+20,9
Румыния	22 930	23 161	+1,0
Болгария	21 565	22 447	+4,1
Словакия	17 171	18 586	+8,2

Например, в США в 2020 году Северная Дакота лидировала по количеству произведенного меда — 38,6 млн фунтов (рис. 2). Только пять ведущих мировых производителей — Китай, Турция, Аргентина, Украина и США — ежегодно собирают 1,2 миллиона метрических тонн натурального меда. Годовое потребление меда на душу населения в США колеблется от 0,9 до 1,3 килограмма. К старанам, где потребление меда на душу населения в год превышает один килограмм, относятся Австрия, Германия и Швейцария. Соединенные Штаты являются крупным экспортером меда в такие страны, как Япония, Йемен и Канада, а также импортируют мед из разных стран мира, включая Канаду, Индию или Вьетнам.

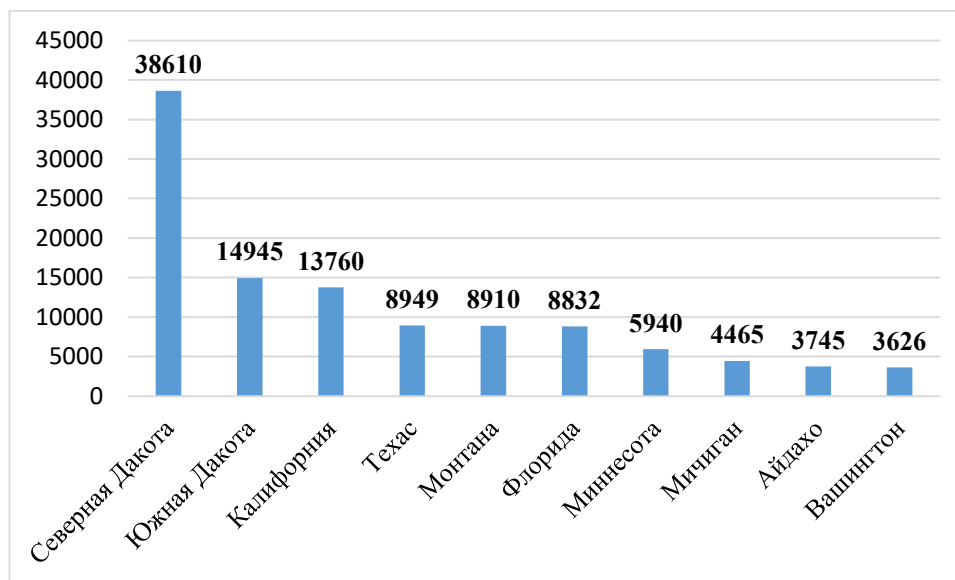


Рис. 2. Ведущие штаты США по производству меда в 2020 году, в тыс. фунтов [9].

Словения — страна с разным пчеловодством, а после сертификации туристского продукта в 2013 году, она стала одной из ведущих стран в этой области [10]. Считается, что пчеловодство в Словении — это образ жизни. На 1000 жителей здесь приходится 5 пчеловодов, что в 4 раза больше, чем в среднем в Европейском Союзе.

Ассоциация пчеловодов Словении признала важность пчеловодства в создании устойчивого будущего региона и в 2014 году провела кампанию Всемирного дня пчел. Эта кампания была создана, чтобы привлечь внимание к возникшей угрозе для пчел. В настоящее время в Словении почти 11000 пчеловодов, 13500 пасек и около 170000 пчелиных семей [11].

По данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации на 2018 год в России было 3094 тыс. пчелосемей, из них 123 тыс. приходится на крестьянско-фермерские хозяйства [12]. Российская Федерация замыкает десятку стран-лидеров по производству меда, 64 тыс. тонн в 2019 году. Средняя стоимость импортируемого меда в Европу в 2021 году составляет 2,08 евро за кг, в 2020 году цена была 2,11 евро [8].

В допандемийный период авторами был проведен анализ агротуристских предприятий Центрального федерального округа, среди которых можно выделить пасеки с возможностью занятия на них сельскохозяйственной деятельностью:

- в Белгородской области — Усадьба пасечников «Медовый рай», родовая усадьба «Дубрава» [13];
- в Воронежской области — Эко-пасека «Долина пчел»;
- в Калужской области — Экопасека «Пчелка»;
- в Тульской области — Крестьянско-фермерское хозяйство в деревне Борщевка.

Рассмотрим на примере республики Башкортостан развитие «медового» туризма. Туркомпании рассчитывают, что «медовые» маршруты могут стать основой туристского бизнеса в республике, так как здесь сохранилась бурзянская пчела — одна из немногих сохранившихся природных популяций подвидов темной лесной пчелы. Власти Башкортостана намерены направить на развитие пчеловодства до 2031 года 1,101 млрд рублей. В частности, ожидается увеличение объема производства меда за счет создания укрупненных хозяйств.

Пчеловодство довольно важная составляющая культуры региона, само название народа переводится как «Главная пчела». Башкирский мед — это одновременно и бренд, и товарная марка, он имеет второе название «липец». Башкирия, пожалуй, единственное оставшееся место на земле, где люди все еще занимаются древним промыслом пчеловодства. Кроме того, пчелы собирают мед без какого-либо вмешательства человека, храня мед в сосновых дуплах. Название этого уникального меда — «Бортевой». Медовые запасы естественных медоносных угодий формируют леса — 85,6%, в том числе липовые насаждения — 77,4%, клен и ива — 2,6%, кустарники — 2,2%, сенокосы, пастбища — 6%, возделываемые сельскохозяйственные культуры и сорно-полевые растения создают 8,3%.

Первым медоносом в Башкирии считается липа, так как в лесах республики доля липовых растений гораздо больше, чем в остальных областях России. Помимо этого, на небольшой территории наблюдается видовое многообразие цветущих растений. Сейчас Башкирия признана лидером России по производству меда. Вне зависимости от экономической обстановки количество пасек в республике безостановочно возрастает. Республика Башкортостан входит в состав 7 лучших субъектов по количеству пчелиных семей и производству товарного меда. Пчеловодство в Башкирии признано одной из самых успешных и динамически развивающихся сельскохозяйственных отраслей.

Сейчас в республике всего 325,3 тыс. пчелиных семей, из них 287,3 тыс. (88,3%) принадлежат пчеловодам-частникам, 7,2 тыс. (2,2%) — сельхозпредприятиям, 30,8 тыс. (9,5%) — крестьянским хозяйствам. Средний размер пасек в сельхозпредприятиях составляет 50 пчелиных семей, в частном секторе — 30. В регионе пасек с содержанием более 300 пчелосемей насчитывается всего 13, от 100 до 300 пчелосемей — 147 пасек. Более всего пчеловодство развито в северной, переходной лесостепной и предуральской степной подзонах республики, аккумулирующих 85,3% семей пчел.

По-настоящему бортное пчеловодство сохранилось в государственном природном биосферном заповеднике «Шульган-Таш» и на прилегающей территории регионального природного заказника «Алтын Солок» и национального парка «Башкирия» в Бурзянском районе. Со старославянского слово «борт» дословно означает дупло дерева. Сочетание экологических, познавательных и агротуристских видов туризма: знакомство с ремеслом бортников, возможность принять личное участие в сборе меда прямо из дупла, наблюдение за дикими животными. Ежегодный поток туристов стал превышать 40 тысяч, что вынуждает вводить жесткое нормирование предельно допустимых нагрузок на природные комплексы. Для этого вдоль основного маршрута по экологической тропе протяженностью около 2 км расположены иные познавательно-рекреационные объекты, главная задача которых — обеспечить информационно-эмоциональную «загрузку» посетителей с целью снизить желание войти в спелеокомплекс к оригиналам наскальной живописи эпохи палеолита [14].

В Башкортостане заработали новый медоперерабатывающий завод и бортная пасека. Владельцы хотят связать их с туристским маршрутом: туры на телегах и рассказ о добыче уникального меда. Началось все в 2018 году, когда еще фермеры Руслан Гумеров и Николай Чудаев победили в республиканском конкурсе доходоприносящих проектов по созданию сельскохозяйственных кооперативов. Они получили 3 миллиона рублей на приобретение оборудования для обработки меда. До расширения производства у них было 600 ульев на обычных пасеках [15]. Кроме того, в Башкирии существует проект «Пчелиный экотуризм» на пасеке Рушан, цель которого — сохранение этнографических ценностей и поддержание сельского туризма. На базе башкирских деревень создаются социальные предприятия, оздоровительные центры апитепии.

Правительством Республики Башкортостан утверждена «Комплексная программа развития пчеловодства в Республике Башкортостан на 2019–2030 годы». Среди задач значится решение проблем развития сельских территорий в части занятости населения, развитие этно- и агротуризма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В мире в 2019 году общая сумма произведенного меда была равна 7,2 млрд долларов [16]. Ввиду роста популярности на подсластители органического происхождения и из-за пандемии COVID-19 ожидается рост спроса к 2027 году до 11 млрд долларов (примерно на 5% в год). Специализированные виды туризма, такие как апитуризм диверсифицируют спектр услуг в сфере туризма и поддерживают функционирование сельских территорий. Он может стать отличной опорой для сельской местности, создавая новые рабочие места в сфере туристских услуг, поддерживая развитие местной инфраструктуры и продвигая область. Это ниша, которую при правильном использовании, может стать мощным катализатором пчеловодства. Посещение пасеки, наблюдение за колониями медоносных пчел в их естественной среде обитания, музеи пчеловодства, дегустация меда, мастер-классы по изготовлению свечей, апитепия, возможность стать бортным пчеловодом - вот некоторые из видов деятельности апитуризма.

Список литературы

1. Александрова А. Ю. Изменение туристского геопространства в эпоху всеобщей мобильности // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2020. №2. С. 3–12.
2. Woś B. Api-tourism in Europe // Journal of Environmental and Tourism Analyses. 2014. Vol. 2 (1). Pp. 66–74.
3. Topal E., Adamchuk L., Negri I., Kösoğlu M., Papa G., Sorina Dârjan M., Cornea-Cipcigan M., Mărgăoan R. Traces of Honeybees, Api-Tourism and Beekeeping: From Past to Present // Sustainability. 2021. Vol. 13. DOI: 10.3390/su132111659.
4. Madras-Majewska B., Majewski J. Apitourism as a form of educational tourism // Research Papers of Wrocław University of Economics. 2013. Vol. 304. Pp. 144–153.
5. Briscic K., Poljuha D., Siklic J. Beekeepers' perceptions about the importance of honey exhibitions and protection of geographical origin of honey — A case of Istria (Croatia) // Journal of Central European Agriculture. 2013. Vol.14 (4). pp.1473–1487. DOI:10.5513/JCEA01/14.4.1378.
6. Кривцов Н. И. Пчеловодство России: состояние и место в мире // Достижения науки и техники АПК. 2011. №9. С. 15–16.
7. Key facts about Europe's honey market (infographic) // News European Parliament [Электронный ресурс]. URL: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20180222STO98435/key-facts-about-europe-s-honey-market-infographic>. (дата обращения: 07.12.2021).
8. Honey market presentation. Spring 2021 // European Commission [Электронный ресурс]. URL: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/animals_and_animal_products/documents/market-presentation-honey-spring2021_en.pdf (дата обращения: 03.12.2021).
9. Top 10 honey producing U.S. states in 2020 (in 1,000 pounds) // Statista [Электронный ресурс]. URL: <https://www.statista.com/statistics/191996/top-10-honey-producing-us-states/>. (дата обращения: 12.12.2021).
10. Tišler V., Šuligoj M. Apiturizem kot presečišče tradicije, zdravilstva in čebelarjeve trajnostne pridobitne dejavnosti (Apitourism as an intersection of tradition, alternative medicine and the beekeeper's sustainable income-generating activity) // Geografski Vestnik. 2020. Vol. 92. Pp. 63–73.
11. Korosec T. A. What is your apitourism strategy? // World Travel Association [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://worldfoodtravel.org/what-is-your-apitourism-strategy/>. (дата обращения: 12.12.2021).
12. О ситуации в подотрасли пчеловодства в Российской Федерации, 2020 // Министерство сельского хозяйства [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/ac5/ac5bcad1c006bc89270f3d6fe1fb5566.pdf>. (дата обращения: 15.12.2021).
13. Honey market presentation. Spring 2021 // European Commission [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/animals_and_animal_products/documents/market-presentation-honey-spring2021_en.pdf. (дата обращения: 03.12.2021).
14. Сарафанов А. А., Сарафанова А. Г. Каркас агротуризма Белгородской области // Международный научный журнал Наука через призму времени. 2018. №8 (17). С. 105–108.
15. Шульган-Таш. Государственный природный биосферный заповедник [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://shulgan-tash.ru/>. (дата обращения: 15.12.2021).
16. A new honey processing facility opened in Bashkiria // Made in Russia [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://madeinrussia.ru/en/news/4049>. (дата обращения: 25.11.2021).
17. Динамика цен, объемы экспорта и импорта меда в Евросоюзе в 2020 году // Медовая биржа [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.honeyprice.ua/blog/dinamika-tsen-obyomu-eksporta-i-importa-myoda-v-evrosoyuze-v-2020-godu/>. (дата обращения: 16.11.2021).

**APITURISM AS A PROMISING VIEW OF RURAL
RECREATION AND BUSINESS**

Sarafanova A. G.¹, Sarafanov A. A.²

^{1,2}Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

E-mail: ¹ anastasyast@yandex.ru, ² alexsarafanov@mail.ru

Apitourism is a form of tourism associated with beekeeping as a traditional profession and activities related to tourist activities, including visits to apiaries, honey tasting, attending master classes, including as a flight beekeeper, bee museums, apitherapy. The honey type of tourism can be considered one of the sustainable ways of developing niche types of tourism. It can be an excellent support for rural areas, creating new jobs in tourism services, supporting the development of local infrastructure and promoting the region. The study was carried out on the basis of a combined methodology, including the collection, processing and analysis of information on the development of beekeeping and apitourism in the world and in the Russian Federation, in particular in the Republic of Bashkortostan. The authors collected and systematized statistical data on the number of hives, beekeepers, honey producers. Separately, the example of the United States is given, where the leading states in the production of honey have been identified. The example of Slovenia has been studied, which, after the certification of a tourist product in 2013, has become one of the leading countries in the field of beekeeping. The aim of the study was to determine the role of apitourism for the development of rural areas and to analyze the development of board beekeeping. The authors studied the tendency of reorientation of the tourist geospace with the emergence and popularization of niche types of tourism. The article provides an analytical overview of the state of the beekeeping industry in the world. The main functions of apitourism are considered: educational, tourist, health protection, social. In connection with COVID-19, there is an increase in interest in rural types of recreation, in particular, in agritourism and apitourism. The transformation of rural areas and the emergence of new tourist zones in rural areas are partly shown. Travel companies expect that "honey" routes can become the basis of the tourist business in the Republic of Bashkortostan, since the Burzyan bee, one of the few surviving natural populations of the subspecies of the dark forest bee, has survived here. Bashkir honey is both a brand and a trade mark, it has a second name "Lipets". Bashkiria is perhaps the only remaining place on earth where people are still engaged in the ancient beekeeping industry. Truly onboard beekeeping has been preserved in the Shulgan-Tash State Natural Biosphere Reserve and on the adjacent territory of the Altyn Solok Regional Nature Reserve and the Bashkiria National Park in the Burzyansky District. In Bashkortostan, a new honey-processing plant and a beekeeper were launched. The owners want to associate them with the tourist route: tours on carts and a story about the extraction of unique honey. Apitourism is an innovative form of tourism that fits well into the niche area of tourism activities

Keywords: apitourism, honey, the Republic of Bashkortostan, countryside, beekeeping.

References

1. Alexandrova A. Yu. Izmenenie turistskogo geoprostranstva v epokhu vseobshchey mobil'nosti (Change of tourist geospace in the era of universal mobility). Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya, 2020, №2, pp. 3–12 (in Russian).
2. Woś B. Api-tourism in Europe. Journal of Environmental and Tourism Analyses. 2014, vol. 2 (1), pp. 66–74.
3. Topal E., Adamchuk L., Negri I., Kösoğlu M., Papa G., Sorina Dârjan M., Cornea-Cipcigan M., Mărgăoan R. Traces of Honeybees, Api-Tourism and Beekeeping: From Past to Present. Sustainability. 2021, vol. 13, DOI: 10.3390/su132111659.
4. Madras-Majewska B., Majewski J. Apitourism as a form of educational tourism. Research Papers of Wrocław University of Economics. 2013, vol. 304, pp. 144–153.
5. Briscic K., Poljuha D., Siklic J. Beekeepers' perceptions about the importance of honey exhibitions and protection of geographical origin of honey — A case of Istria (Croatia). Journal of Central European Agriculture. 2013, vol. 14 (4), pp. 1473–1487, DOI: 10.5513/JCEA01/14.4.1378.
6. Кривцов Н. И. Pchelovodstvo Rossii: sostoyaniye i mesto v mire (Beekeeping in Russia: state and place in the world). Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2011, №9, pp. 15–16.
7. Key facts about Europe's honey market (infographic) // News European Parliament [Electronic resource]. URL: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20180222STO98435/key-facts-about-europe-s-honey-market-infographic> (accessed on: 07.12.2021).
8. Honey market presentation. Spring 2021 // European Commission [Electronic resource]. URL: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/animals_and_animal_products/documents/market-presentation-honey-spring2021_en.pdf (accessed on: 03.12.2021).
9. Top 10 honey producing U.S. states in 2020 (in 1,000 pounds) // Statista [Electronic resource]. URL: <https://www.statista.com/statistics/191996/top-10-honey-producing-us-states/> (accessed on: 12.12.2021).
10. Tišler V., Šuligoj M. Apiturizem kot presečišče tradicije, zdravilstva in čebelarjeve trajnostne pridobitne dejavnosti (Apitourism as an intersection of tradition, alternative medicine and the beekeeper's sustainable income-generating activity). Geografski Vestnik. 2020, vol. 92, pp. 63–73.
11. Korosec T.A. What is your apitourism strategy? // World Travel Association. URL: <https://worldfoodtravel.org/what-is-your-apitourism-strategy/> (accessed on: 12.12.2021).
12. O situatsii v podotrasli pchelovodstva v Rossiyskoy Federatsii, 2020 (About the situation in the beekeeping sub-industry in the Russian Federation, 2020). Ministerstvo sel'skogo khozyaystva [Electronic resource]. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/ac5/ac5bcad1c006bc89270f3d6fe1fb5566.pdf> (accessed on: 15.12.2021).
13. Sarafanov A. A., Sarafanova A. G. Karkas agroturizma Belgorodskoy oblasti (The framework of agritourism of the Belgorod region). Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal Nauka cherez prizmu vremeni. 2018, №8 (17), pp. 105–108 (in Russian).
14. Shul'gan-Tash. Gosudarstvennyy prirodnyy biosfernyy zapovednik (Shulgan-Tash. State Natural Biosphere Reserve). [Electronic resource]. URL: <https://shulgan-tash.ru/> (accessed on: 15.12.2021).
15. A new honey processing facility opened in Bashkiria // Made in Russia [Electronic resource] URL: <https://madeinrussia.ru/en/news/4049> (accessed on: 25.11.2021).
16. Dinamika tsen, ob'yemy eksporta i importa meda v Yevrosoyuze v 2020 godu (Dynamics of prices, volumes of export and import of honey in the European Union in 2020). Medovaya birzha [Electronic resource]. URL: <https://www.honeyprice.ua/blog/dinamika-tsen-obyomy-eksporta-i-importa-myoda-v-evrosoyuze-v-2020-godu/> (accessed on: 16.11.2021).

Поступила в редакцию 20.12.2021 г.

УДК 911.3

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОТНОШЕНИИ НАУКОГРАДОВ РОССИИ

Требушкова И. Е.

*Курский государственный университет, Курск, Российская Федерация
E-mail: irinatrebushkova@ya.ru*

В статье рассматривается современное состояние механизмов государственной поддержки наукоградов России. Проведен анализ государственной политики Российской Федерации на основе принятых федеральных законов, связанных с регулированием деятельности наукоградов, которые осуществляют научную, научно-техническую, инновационную деятельность, экспериментальные разработки, испытания, подготовку кадров в соответствии с государственными приоритетами развития науки и техники. Рассмотрены основные направления использования средств федерального бюджета, предоставленные муниципалитетам на осуществление мероприятий по развитию и поддержке социальной, инженерной и инновационной инфраструктур наукоградов. Выявлена роль наукоградов в развитии национальной инновационной системы, основные проблемы и намечены пути их дальнейшего развития.

Ключевые слова: наукоград, государственная поддержка, финансирование, межбюджетные трансферты, научно-технический потенциал.

ВВЕДЕНИЕ

Основой государственной политики Российской Федерации на ближайшую и долгосрочную перспективу является перевод экономики на инновационный путь развития. Институциональной базой, обеспечивающей достижение поставленной цели, является национальная инновационная система, которая должна объединить усилия государственных органов управления всех уровней, организаций научно-технической сферы и предпринимательского сектора экономики в интересах ускоренного использования достижений науки, техники и технологий в целях реализации стратегических приоритетов страны.

Важную роль в формировании национальной инновационной системы и развитии современной российской экономики могут сыграть муниципальные образования с развитым научно-техническим потенциалом, в том числе имеющие статус наукограда Российской Федерации [6].

В соответствии с существующим законодательством, статус наукограда Российской Федерации может быть присвоен муниципальному образованию (городскому округу), имеющему высокий научно-технический потенциал и градообразующий научно-производственный комплекс [28].

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Вопросами пространственного развития наукоградов занимались ведущие ученые: Н. Н. Колосовский [13], Н. Н. Некрасов [20], А. Е. Пробст [24], Ю. Г. Саушкин [25], Н. Н. Баранский [3] и др. В трудах Н. Н. Баранского прослеживается современная картина наукоградов, его заслуга заключается в том,

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОТНОШЕНИИ НАУКОГРАДОВ РОССИИ

что, опираясь на теорию географического разделения труда, экономического районирования и экономико-географического положения он изложил представление о городах, как об главных компонентах народного хозяйства страны, центрах экономических районов разного масштаба, узлах транспортной сети [3].

Современными исследованиями в области государственной инновационной системы России и ее пространственным, научно-технологическим развитием занимались ученые: Л. М. Гохберг [8], С. Ю. Глазьев [5], В. Г. Глушкова [7].

Исследования в области развития наукоградов России принадлежат И. В. Дайнеко [9], А. Ф. Морозенко [18], И. А. Монахову [17], И. В. Милькину [15], А. А. Агирречу [1]. А. А. Агирречу подчеркивает, что «формирование и развитие сети специализированных научных центров в стране с середины XX в. явилось следствием возрастания роли науки в жизни общества и превращения ее в один из ведущих факторов социально-экономического развития государства» [2].

На сегодняшний день число наукоградов России с официальным статусом составляет 13 муниципальных образований, находящихся в 6 регионах страны. Самая большая концентрация наукоградов на территории Московской области, где расположено 8 из 13 наукоградов.

Концентрация центров в Европейской части России, проводящих научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, а также наличие научно-производственных комплексов исторически обусловлены следующими причинами:

- тесными экономическими и социально-культурными связями с Москвой;
- развитой транспортной инфраструктурой с наличием гражданских и военных аэропортов, крупных железнодорожных и автомобильных узлов;
- возможностью использования на развивающихся территориях научного потенциала Москвы.

Московская область является лидером по количеству расположенных на ее территории научных центров, специализация которых основывается на авиаракетостроении и космических исследованиях.

Вторым регионом по количеству территорий инновационного развития (ТИР) является Урал. Наибольшую концентрацию имеют территории таких областей, как Свердловская и Челябинская.

В южной части Западной Сибири на территории Алтайского края, Томской и Новосибирской областей расположено 6 ТИР, данный регион занимает третье место по концентрации наукоградов.

Опираясь на анализ всех градостроительных предприятий ТИР и наукоградов, можно выделить 7 основных направлений их специализации. Наибольшее распространение имеют научно-исследовательские организации в таких областях, как: авиация и космос, ядерный комплекс, а также автоматизация и приборостроение. Научные центры, специализация которых опирается на электронику, энергетические и биологические науки, исчисляется единицами (рис. 1).



Рис. 1. Специализация наукоградов и ТИР.

Составлено автором по данным [29].

В соответствии с Федеральным законом от 07.04.1999 № 70-ФЗ «О статусе наукограда Российской Федерации» присвоение муниципальному образованию статуса наукограда является основанием для предоставления из федерального бюджета межбюджетных трансфертов бюджетам наукоградов в порядке, определяемом Правительством РФ [19].

Источниками финансирования развития наукоградов России являются федеральный бюджет, бюджет субъекта Российской Федерации, на территории которого расположен наукоград и, собственно, бюджет наукограда, а также внебюджетные средства.

На развитие социальной, инженерной и инновационной инфраструктур наукоградов из федерального бюджета выделяются средства государственной поддержки в виде межбюджетных трансфертов (ст. 6 БК РФ процедура выделения капитала от одного бюджета бюджетной структуры Российской Федерации другому бюджету в этой же системе).

Основным источником средств на развитие фундаментальной и прикладной науки являются бюджетные средства, поэтому региональные бюджеты могут целенаправленно финансировать научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, остро нуждающиеся в регионе.

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОТНОШЕНИИ НАУКОГРАДОВ РОССИИ

Государственная поддержка из федерального бюджета распределяется между наукоградами в соответствии с численностью населения муниципального образования и направлена в первую очередь на решение местных проблем.

С момента появления наукоградов и до 2008 года шла тенденция увеличения финансовой поддержки, также 2008 год стал пиком финансовых выплат наукоградам, сумма которых составила более 1,5 млрд рублей. С начала этого периода идет снижение выплат и в 2019 году сумма выплат для наукоградов составила 382 млн рублей, с сохранением этой тенденции по 2021 год.

В последние годы прослеживается негативная тенденция резкого сокращения объема государственной поддержки наукоградов. Так, в 2021 году по сравнению с уровнем 2008 года общий объем межбюджетных трансфертов, финансируемых за счет средств федерального бюджета, уменьшен на 75% (рис. 2).

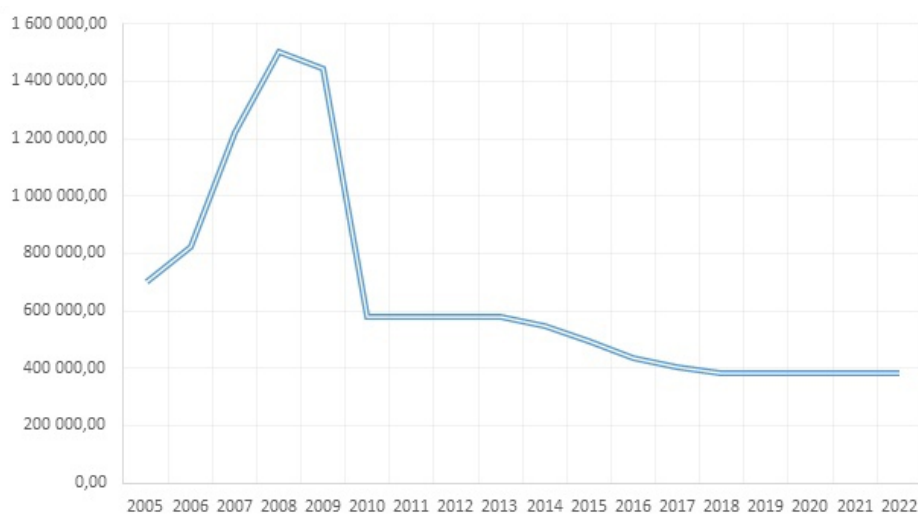


Рис. 2. Динамика общего объема финансирования наукоградов Российской Федерации в 2005-2022 гг., млн рублей.

Составлено автором по данным [10].

Размер межбюджетных трансфертов для каждого наукограда определяется действующим механизмом финансирования, исходя из численности постоянного населения (табл. 1.).

Главная проблема наукоградов — недостаточное распределение субсидий на осуществление мероприятий по реализации стратегий социально-экономического развития (табл. 2).

В степной зоне России (юг Восточно-Европейской равнины и Западной Сибири) [27] размещаются 3 наукограда: г. Мичуринск (Тамбовская область), п. Кольцово (Новосибирская область и г. Бийск (Алтайский край). На территории Тамбовской области находится единственный в России наукоград аграрного профиля — Мичуринск, где создается инновационный научно-технологический центр

«Мичуринская долина» и будет построена экосистема для развития инновационных форм [4].

Таблица 1.
Численность постоянного населения муниципальных образований, имеющих статус наукограда РФ по состоянию на 1 января 2021 г.

Наименование муниципального образования	Численность постоянного населения, чел.
Бийск	210 096
Обнинск	104 814
Дубна	74 985
Жуковский	102 744
Королев	183 508
Протвино	35 367
Пушино	20 696
Реутов	87 248
Фрязино	59 535
Черноголовка	21 288
Кольцово	17 480
Мичуринск	90 722
Троицк	60 924

Составлено автором по данным [10].

На современном этапе развития важное место занимает наукоград Кольцово, который специализируется на молекулярной биологии и биотехнологии, где расположен Государственный научный центр Российской Федерации Акционерное общество «Научно-производственная организация» (ГНЦ РФ НПО) «Вектор» — научный центр вирусологии и биотехнологии. В данном научном центре прошла разработку и регистрацию в Минздраве РФ вакцина против коронавирусной инфекции COVID-19, «Гам-КОВИД-Вак», с маркетинговым названием «Спутник V». Вакцина используется не только на территории России, так же она прошла регистрацию во многих странах мира.

В наукограде Бийске большое внимание уделяется проведению исследований, экспериментальных разработок и подготовке кадров по направлениям, соответствующим приоритетам развития науки, технологий и техники в России: науки о жизни, индустрия наносистем, энергоэффективность и энергетика, перспективные виды вооружения, военной и специальной техники. В состав научно-производственного комплекса наукограда Бийск входят 15 организаций. Продукция предприятий наукограда соответствует мировому уровню [19].

Ежегодно разрабатывается перечень по развитию социальной, экономической, инженерной и инновационной инфраструктур. Финансирование идет за счет средств из федерального бюджета, в рамках установленного лимита на текущий финансовый год.

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОТНОШЕНИИ НАУКОГРАДОВ РОССИИ

Таблица 2.

Распределение субсидий на осуществление мероприятий по реализации стратегий
социально-экономического развития наукоградов Российской Федерации

Наименование субъекта РФ (наукограда РФ)	2020 год	2021 год	2022 год (плановый)
(тыс. рублей)			
Алтайский край	73 964,0	102 843,8	100 549,9
г. Бийск	73 964,0	102 843,8	100 549,9
Калужская область	80 795,4	42 819,7	41 672,7
г. Обнинск	80 795,4	42 819,7	41 672,7
Московская область	182 915,2	185 424,9	190 012,6
г. Дубна	15 397,7	21 409,9	21 792,2
г. Жуковский	21 996,8	30 585,6	31 350,1
г. Королев	45 918,2	63 847,3	65 376,6
г. Протвино	33 608,9	9 940,3	10 322,6
г. Пущино	4 124,4	5 734,8	6 117,1
г. Реутов	44 821,7	30 203,2	30 967,9
г. Фрязино	12 373,2	17 204,4	17 586,7
г. Черноголовка	4 674,3	6 499,4	6 499,4
Новосибирская область	13 024,2	7 264,0	6 881,9
п. Кольцово	13 024,2	7 264,0	6 881,9
Тамбовская область	31 620,3	43 966,7	43 202,0
г. Мичуринск	31 620,3	43 966,7	43 202,0
ВСЕГО	382 319,1	382 319,1	382 319,1

Составлено автором по данным [10].

Социально-экономическое развитие наукоградов, в основном, направлено на поддержку жизнеобеспечения городских округов. Намеченные приоритеты не дают динамичного развития научно-техническому, инновационному и кадровому потенциалу наукоградов. На рис. 3. указано распределение общего объема межбюджетных трансфертов на 2020 год.

Для развития инновационной инфраструктуры необходимо усилить целевую направленность государственной финансовой поддержки путем установления фиксированной доли федеральных средств, направляемых на развитие и поддержку инновационной инфраструктуры.

Важную роль в развитии наукоградов имеет финансовое обеспечение инноваций (рис. 4). Процент внутренних затрат на исследования и разработки на большей части территории России очень мал и составляет не более 0,45%. На общем фоне выделяются такие регионы, как: Томская область, Ульяновская область, Нижегородская и Московская области.

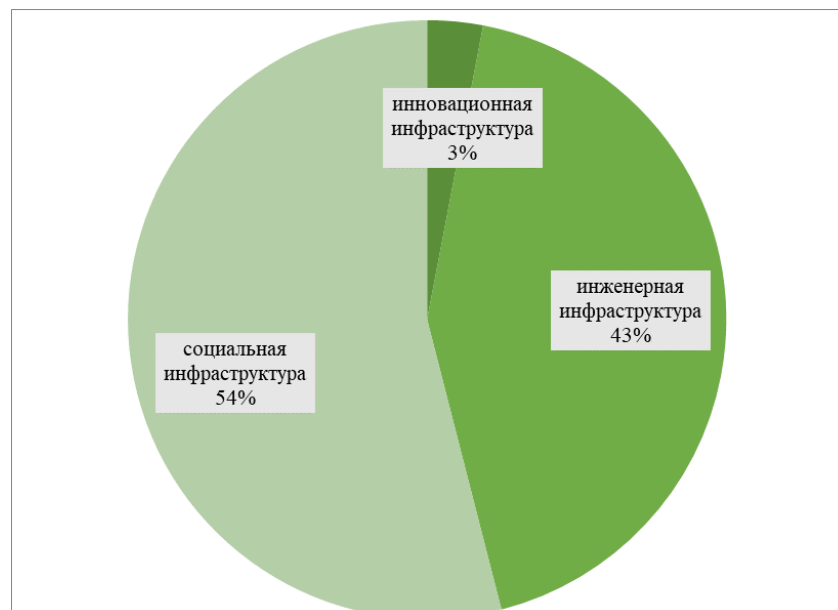


Рис. 3. Распределение общего объема межбюджетных трансфертов российских наукоградов в 2020 г., %.

(Составлено автором по данным [10]).

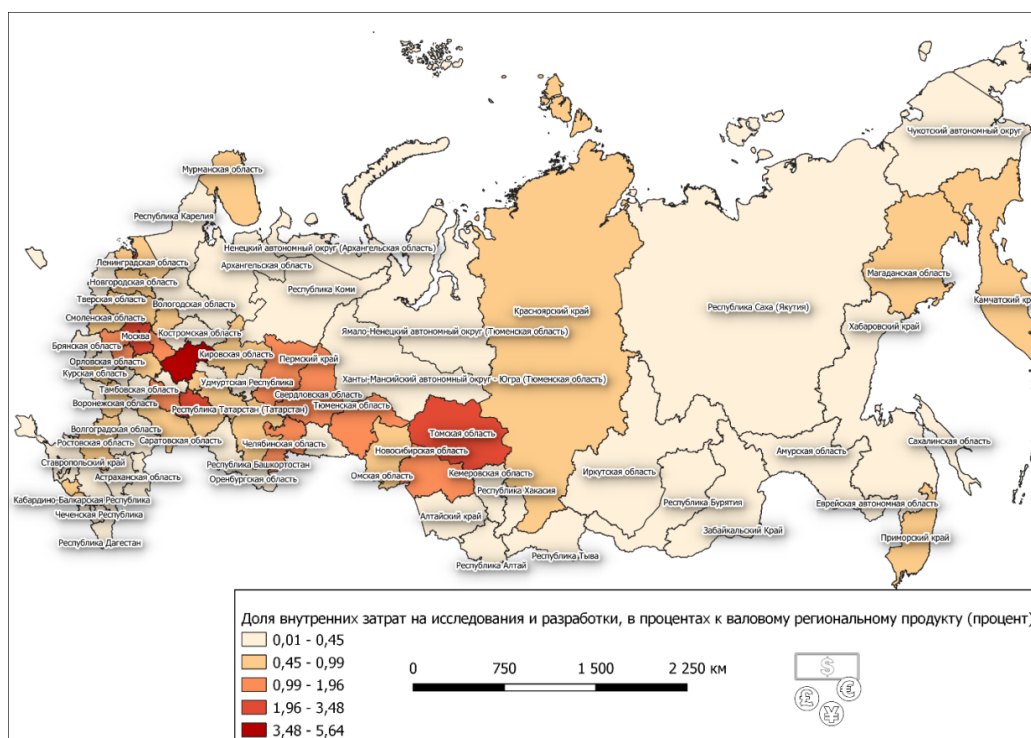


Рис. 4. Финансовое обеспечение инноваций, 2020 г.

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОТНОШЕНИИ НАУКОГРАДОВ РОССИИ

Составлено автором по данным [10].

Из данного списка только на территории Московской области имеются наукограды, но, несмотря на это, и остальные области делают уклон на финансирование исследований и разработок. Некоторые из них недавно вышли из списка наукоградов России, в данных областях до сих пор высокий уровень внутренних затрат в области инноваций, имеются территории опережающего развития, нано-технологические центры, технопарки.

Анализ рисунка показывает заметную проблему внутреннего финансирования регионов, на территории которых находятся наукограды. Наукограды Российской Федерации не способны в современных условиях в полной мере реализовать свою роль в развитии высокотехнологичного производства в стране и формировании инновационной экономики. Это связано с неиспользованием в полной мере их научного, технического, образовательного и культурного потенциала, сужением объема полномочий местных властей, недостаточным и неэффективным финансированием из федерального бюджета.

Комплексный анализ научно-технического потенциала наукоградов и их роли в развитии инновационной системы региона доказывает их определяющее влияние на инновационное развитие региона в целом. Но, при анализе рис.4 можем заметить, что процент внутренних затрат на исследования и разработки многих регионов с наукоградами очень мал и находится в диапазоне 0,01–0,45%.

Для инновационного развития наукоградов большое значение имеют инвестиции в основной капитал. Источником для инвестиций являются активы предприятий, патенты на выпускаемые товары, марки на продукцию, акции предприятий (рис. 5).

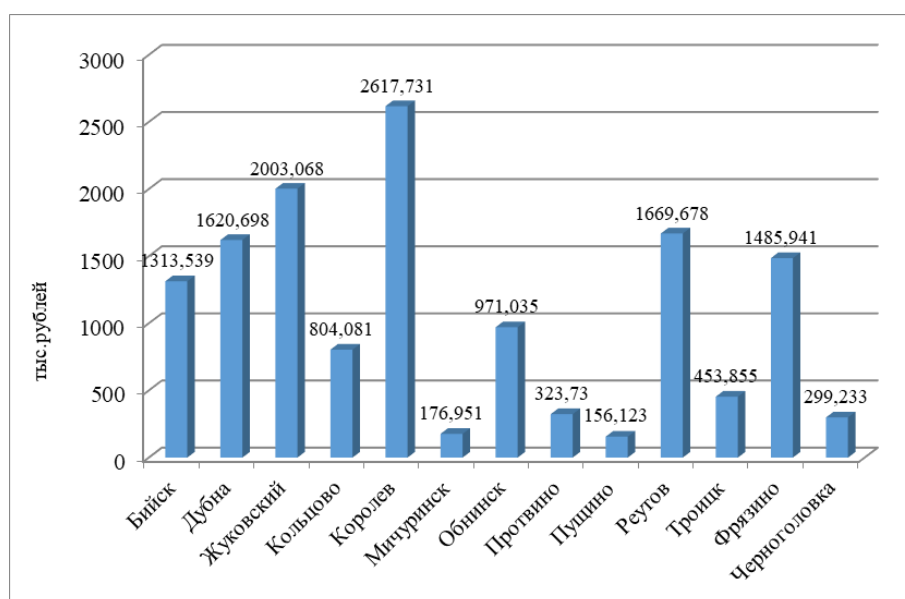


Рис. 5. Затраты на инвестиции в основной капитал и основные средства (тыс. руб.).

Составлено автором по данным [10].

Затраты на инвестиции в основной капитал и основные средства необходимы для производства высокотехнологичной промышленной продукции. Наукоградами проводятся мероприятия, направленные на создание условий инвестиционной привлекательности и конкурентоспособности экономики города.

Наличие ценных бумаг играет ключевую роль, как для наукоградов, так и для экономики страны в целом. Большинство акционерных обществ относятся к закрытому типу (рис. 6).

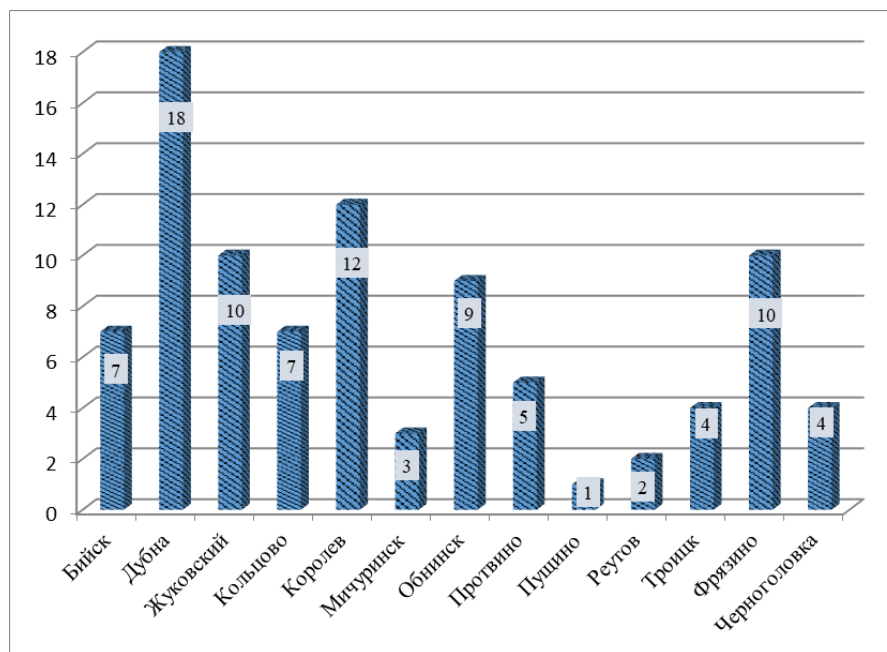


Рис. 6. Количество акционерных обществ наукоградов РФ, 2021 г.

Составлено автором по данным [10].

Выпуск акций компаниями наукоградов служит привлечением финансирования для развития и масштабирования бизнеса. Выпуск акций — это инструмент, который дает возможность привлечь большие объемы финансирования и объективно оценить компанию.

Как правило, фондовый рынок и экономические показатели совпадают. Таким образом, когда фондовый рынок работает хорошо, это обычно является функцией растущей экономики.

В каждом наукограде проводятся мероприятия общего характера, направленные на создание условий для развития инвестиционно-привлекательной и конкурентоспособной экономики города и комплексные мероприятия по реализации Стратегии социально-экономического развития города (табл. 3).

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОТНОШЕНИИ НАУКОГРАДОВ РОССИИ

Таблица 3.

Финансовая составляющая наукоградов

Наукограды	Бюджет (тыс.руб)	Внебюджет (тыс. руб.)
Бийск	5 563 197,78	3 929 001,98
Дубна	97 758 896,56	0
Жуковский	2 052 846,28	3 944 332,96
Кольцово	1 284 790,20	1 732 900
Королев	102 811,05	0
Мичуринск	361 285,66	544 361,50
Обнинск	318 429	100 013
Протвино	14 914,53	0
Пушино	8 879,60	0
Реутов	2 348 342,49	0
Троицк	2 047 146,62	3 184 862
Фрязино	11 841,02	0
Черноголовка	21 541,66	0

Составлено автором по данным [10].

Наглядно разница в финансировании и внебюджетных средств, выделяемых для каждого наукограда, представлена на рис. 7.

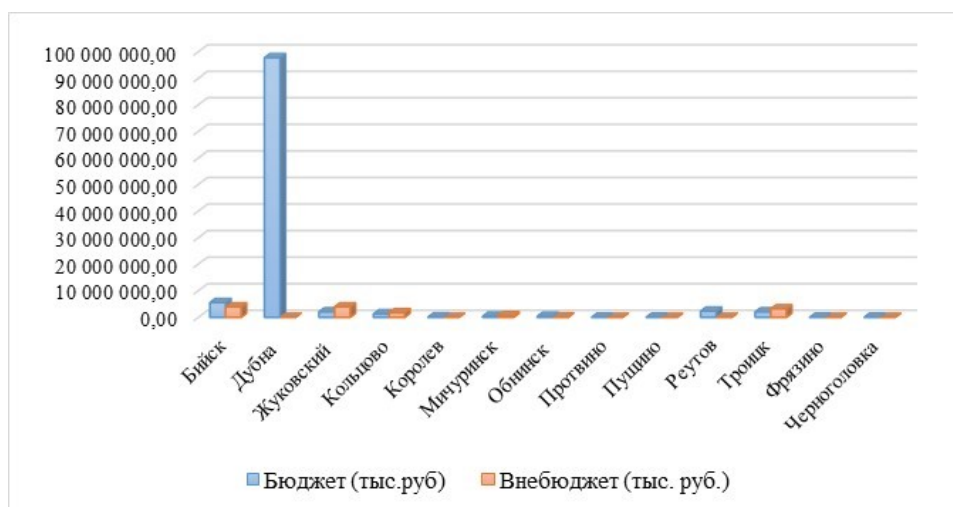


Рис. 7. Бюджет и внебюджет наукоградов (тыс. руб.)

Составлено автором по данным [10].

Определенной тенденции нет, наукограды получают разное количество бюджетных и внебюджетных средств.

Помимо ежегодных межбюджетных трансфертов, выделяемых из федерального бюджета, наукоград может получить дополнительные выплаты. Выплаты направляются на реализацию инновационных проектов, направленных на создание и развитие производства высокотехнологичной промышленной продукции и (или) инновационных товаров и услуг в соответствии с приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники Российской Федерации [11] и распределяться по результатам конкурсного отбора (табл. 4).

Таблица 4.

Перечень мероприятий, победивших в результате конкурсного отбора

	Наименование наукограда РФ	Наименование мероприятия	Размер средств субсидий из федерального бюджета, млн рублей
1.	Наукоград Бийск (Алтайский край)	Реконструкция и технологическая модернизация МБУ «Молодежный центр «Родина» (Дом технического творчества им. Я. Ф. Савченко)	39 176 600,00
2.	Наукоград Обнинск (Калужская область)	Строительство объектов инженерной инфраструктуры в Зоне инновационного развития. 2 этап	50 000 000,00
3.	Наукоград Пушкино (Московская область)	Создание опытно-образовательной площадки БиоТех-Пушино	25 500 000,00

Составлено автором по данным [16].

Каждый наукоград представляет на конкурсный отбор свое мероприятие и в результате по количеству набранных баллов выбирается 3 кандидата на получение субсидий из федерального бюджета, не имеющая фиксированной ставки.

Модель финансирования наукоградов имеет несколько недостатков. Нормативная база размыла понятие наукоградов, как территорий, ориентированных на получение научных знаний и их внедрения в качестве новых технологий. Действующее законодательство запрещает муниципалитетам направлять средства федерального бюджета на поддержку инновационных проектов.

ВЫВОДЫ

В настоящее время финансирование мероприятий по развитию и поддержке социальной, инженерной и инновационной инфраструктуры наукоградов из федерального бюджета осуществляется посредством предоставления межбюджетных трансфертов бюджетам субъектов Российской Федерации для перечисления их в бюджеты муниципальных образований, имеющих статус

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОТНОШЕНИИ НАУКОГРАДОВ РОССИИ

наукограда. В перечень мероприятий, на которые предоставляются межбюджетные трансферты, включаются расходы, предусмотренные программой комплексного социально-экономического развития муниципального образования, имеющего статус наукограда Российской Федерации, а также могут включаться расходы, связанные с осуществлением проектно-изыскательских работ, строительства и (или) реконструкции (капитального ремонта) при наличии утвержденной в установленном порядке проектно-сметной документации, а также с приобретением оборудования для муниципальных предприятий и учреждений стоимостью свыше 1000 рублей (согласно Федеральному закону от 07.04.1999 №70-ФЗ «О статусе наукограда Российской Федерации») [14].

Для решения задач развития указанного приоритетного направления науки, технологий и техники федеральными и региональными органами власти должны выделяться наукоградам соответствующие финансовые средства и привлекаться другие источники финансирования, включая бизнес.

Используя экономические методы, государство может способствовать тому, чтобы высокоразвитый научно-производственный комплекс наукоградов был сохранен и сориентирован на решение стратегических научно-технологических и производственных задач не только регионов и муниципальных образований, где он расположен, но и страны в целом. Выполнение этих задач особенно важно в свете подготовки и реализации стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 г. [6].

Государство совместно с региональными властями должно сформировать обновленную стратегию развития наукоградов с применением принципов умной специализации как центров превосходства, оценив точки инвестиционной привлекательности (трудовые ресурсы, технологии, налоговые и неналоговые преференции), включающую в себя модель научно-технологического лидерства территории [29].

Список литературы

1. Агирречу А. А. Историко-географические особенности формирования наукоградов России: специальность 25.00.24 «Экономическая, социальная и политическая география». Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук Москва, 2006. [Электронный ресурс]. URL: <http://earthpapers.net/istoriko-geograficheskie-osobennosti-formirovaniya-naukogradov-rossii#ixzz6o2gceSpj> (дата обращения 03.03.2021).
2. Агирречу А. А. Наукограды России: история формирования и развития. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2009. 192 с.
3. Баранский Н. Н. Избранные труды. В 2 ч. Ч. 1. Становление советской экономической географии. Москва: Мысль, 1980. 287 с.
4. В Совете Федерации поддержали проект «Мичуринская долина» [Электронный ресурс]. URL: <https://tambov.investments/invest-news/v-sovete-federatsii-podderzhali-proekt-michurinskaya-dolina/> (дата обращения 24.05.2021).
5. Глазьев С. Ю., Наумов Е. А., Понукалин А. А. Концепция 2020: региональная инновационная политика // Россия и современный мир. 2012. № 1 (74). С. 35–41.
6. Глисин Ф. Ф., Разин В. Л., Хабарова Т. В. Наукограды в современной экономике России [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17994327>. (дата обращения 29.04.2021).
7. Глушкова В. Г., Артемов С. В. Формирование инновационных кластеров в субъектах Российской Федерации // Проблемы региональной экологии. 2012. № 2. С. 198–203.

8. Гохберг Л. М., Кузнецова Т. Е. Стратегия 2020: новые контуры российской инновационной политики // Форсайт. 2011. Т. 5. № 4. С. 8–30.
9. Дайнеко И. В. Формирование механизма реализации инновационных программ в условиях наукограда: специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством: управление инновациями и инвестиционной деятельностью»: диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / ГОУ ДПО ГАСИС. Москва, 2006. 175 с.
10. Данные Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main> (дата обращения 13.03.21)
11. Заключение Комитета по федеративному устройству и вопросам местного самоуправления «На проект федерального закона N 15455-7 "О федеральном бюджете на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов"» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=PRJ&n=154563&dst=100350#04715155247454095> (дата обращения 14.03.21).
12. Инновационная инфраструктура и основные показатели инновационной деятельности субъектов Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: https://www.miiris.ru/inno_object/list (дата обращения 12.02.2021).
13. Колосовский Н. Н. Основы экономического районирования. Москва: Госполитиздат, 1958. С. 10–27.
14. Милькина И. В. Управление инновационным развитием муниципальных образований: специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (муниципальная экономика и управление местным развитием): диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Государственный университет управления. Москва, 2006. 202 с.
15. Милькина И. В. Развитие наукоградов как территорий инновационного развития [Электронный ресурс]. cyberleninka.ru/article/n/razvitie-naukogradov-kak-territoriy-innovatsionnogo-razvitiya (дата обращения 28.04.21).
16. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: https://old.minobrnauki.gov.ru/ru/documents/card/?id_4=1060&cat=/ru/activity/naukograd/ (дата обращения 14.03.2021).
17. Монахов И. А. Методология и практика управления развитием наукоградов Российской Федерации на современном этапе / И. А. Монахов, Н. Е. Барсукова, Е. В. Ключникова. Тверь: Тверской гос. университет, 2016. 203 с.
18. Морозенко А. Ф. Инновационная модель муниципального управления наукоградом (на примере города Королев): специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (теория управления экономическими системами): диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / ГУУ. Москва, 2001. 233 с.
19. Наукоград российской федерации г. Бийск [Электронный ресурс]. URL: <http://www.educaltai.ru/education/science/naukograd/> (дата обращения 24.05.2021).
20. Некрасов Н. Н. Региональная экономика: теория, проблемы, методы. 2-ое издание. Москва: «Экономика», 1978. 340 с.
21. О статусе наукограда Российской Федерации: Федеральный закон от 07.04.1999 № 70-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22630/ (ред. от 27.12.2009) (дата обращения 19.10.2021).
22. Официальный сайт Правительства Московской области [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mosreg.ru/> (дата обращения: 13.03.21).
23. Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Московской области [Электронный ресурс]. URL: http://www.msko.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/msko/ru/ (дата обращения: 13.03.21).
24. Пробст А. Е. Эффективность территориальной организации производства и создания производственно-территориальных комплексов. Москва, 1966. 23 с.
25. Саушкин Ю. Г. Глушкова В. Г. Москва среди городов мира: экономико-географическое исследование. Москва: Мысль, 1983. 285 с.
26. Справка об оценке соответствия показателей научно-производственных комплексов наукоградов Российской Федерации требованиям, установленным пунктом 8 статьи 2.1 Федерального закона № 70-ФЗ «О статусе наукограда Российской Федерации», и достижения результатов, предусмотренных планами мероприятий по реализации стратегий социально-экономического развития наукоградов

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОТНОШЕНИИ НАУКОГРАДОВ РОССИИ

- Российской Федерации в 2019 году [Электронный ресурс]. URL: https://old.minobrnauki.gov.ru/ru/documents/card/?id_4=1258&cat=/ru/activity/naukograd/ (дата обращения 02.03.2021).
27. Степная зона России [Электронный ресурс]. URL: https://spravochnick.ru/geografiya/fizicheskaya_geografiya_rossii/stepnaya_zona_rossii (дата обращения 24.05.2021).
28. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70006124/> (дата обращения 02.03.2021).
29. Технопарки [Электронный ресурс]. URL: <https://t-parki.ru/stati/235-komu-i-zachem-nuzhnyi-naukogradyi.html> (дата обращения 12.10.2021).
30. Федеральный закон от 07.04.1999 №70-ФЗ «О статусе наукограда Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22630/ (дата обращения 03.03.2021).

GEOGRAPHICAL ANALYSIS OF THE STATE POLICY OF RUSSIAN SCIENCE CITIES

Trebushkova I. E.

Kursk state University, Kursk, Russian Federation
E-mail: irinatrebushkova@ya.ru

The article examines the current state of the mechanisms of state support for the science cities of Russia. The analysis of the state policy of the Russian Federation is carried out on the basis of the adopted federal laws related to the regulation of the activities of science cities that carry out scientific, scientific and technical, innovative activities, experimental development, testing, training in accordance with state priorities for the development of science and technology. The main directions of the use of federal budget funds provided to municipalities for the implementation of measures to develop and support the social, engineering and innovative infrastructures of science cities are considered. The role of science cities in the development of the national innovation system, the main problems and the ways of their further development are outlined.

At present, high rates of economic growth are possible only with a gradual change of the resource vector of development to an innovative one, the priority of which should be new promising products and technologies. In the context of the stagnation of economic development in the Russian Federation, aggravated by the political and financial crisis, the issues of import substitution, the creation of their own competitive industries based on domestic research and development, have become of fundamental importance.

Modernization of the Russian economy and its transition to an innovative development path is one of the priority tasks of the country's future planning strategy, which is designed for 15 years. Implementation of the tasks set is due to the formation of a scientific and technological complex. Science cities are a key element in the modernization of the economy for Russia.

Currently, in connection with the implementation of import substitution programs, it becomes necessary to pay more attention to the development of science cities in order to develop and release domestic innovative products, as well as to develop science and technology of the industrial complex of science cities.

To carry out the study, a literature review was carried out in order to consider modern ideas about the formation and functioning of science cities, considered by leading domestic scientists and researchers in the field of the state innovation system of Russia and its spatial, scientific and technological development.

The basis for the implementation of this work was the regulatory documents, statistical information of the Federal State Statistics Service for visualizing the results obtained, as well as published sources on this topic. Additional information was obtained from various sources: scientific articles, reports, specialized sites on the Internet.

The cartographic research method using GIS technologies was chosen as the main method, since thematic maps give a more complete and visual picture of the territorial distribution, specialization of science cities and financial support for innovations.

Keywords: science city, state support, financing, interbudgetary transfers, scientific and technical potential.

References

1. Agirrechu A. A. Istoriko-geograficheskie osobennosti formirovaniya naukogradov Rossii: special'nost' 25.00.24 «Jekonomicheskaja, social'naja i politicheskaja geografija». Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata geograficheskikh nauk Moskva, 2006 [Electronic resource]. URL: <http://earthpapers.net/istoriko-geograficheskie-osobennosti-formirovaniya-naukogradov-rossii#ixzz6o2gseSpj> (data obrashhenija 03.03.2021) (in Russian).
2. Agirrechu A. A. Naukogrady Rossii: istorija formirovaniya i razvitiya. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 2009. 192 p. (in Russian).
3. Baranskij N. N. Izbrannye trudy. V 2 ch. Ch. 1. Stanovlenie sovetskoj jekonomicheskoy geografii. Moskva: Mysl', 1980. 287 p. (in Russian).
4. V Sovete Federacii podderzhali proekt «Michurinskaja dolina» [Electronic resource]. URL: <https://tambov.investments/invest-news/v-sovete-federatsii-podderzhali-proekt-michurinskaya-dolina/> (data obrashhenija 24.05.2021)/
5. Glaz'ev S. Ju., Naumov E. A., Ponukalin A. A. koncepcija 2020: regional'naja innovacionnaja politika // Rossiya i sovremennyy mir. 2012. № 1 (74). P. 35–41. (in Russian).
6. Glisin F. F., Razin V. L., Habarova T. V. Naukogrady v sovremennoj jekonomike Rossii [Electronic resource]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17994327>. (data obrashhenija 29.04.2021) (in Russian).
7. Glushkova V. G., Artemov S. V. Formirovanie innovacionnyh klasterov v sub#ektah Rossijskoj Federacii // Problemy regional'noj jekologii. 2012. № 2. P. 198–203. (in Russian).
8. Gohberg L. M., Kuznecova T. E. Strategija 2020: novye kontury rossijskoj innovacionnoj politiki // Forsajt. 2011. T. 5. № 4. P. 8–30. (in Russian).
9. Dajneko I. V. Formirovanie mehanizma realizacii innovacionnyh programm v uslovijah naukograda: special'nost' 08.00.05 «Jekonomika i upravlenie narodnym hozjajstvom: upravlenie innovacijami i investicionnoj dejatel'nost'ju»: dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata jekonomicheskikh nauk / GOU DPO GASIS. Moskva, 2006. 175 p. (in Russian).
10. Dannye Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki [Electronic resource]. URL: <http://www.gks.ru/wps/wsm/sonnest/rosstat/rosstatsite/main> (data obrashhenija 13.03.21).
11. Zaključenje Komiteta po federativnomu ustrojstvu i voprosam mestnogo samoupravlenija «Na proekt federal'nogo zakona N 15455-7 "O federal'nom bjudzhet na 2017 god i na planovyy period 2018 i 2019 godov"» [Electronic resource]. URL: <http://www.sonsultant.ru/sons/sgi/online.sgi?req=dos&base=PRJ&n=154563&dst=100350#04715155247454095> (data obrashhenija 14.03.21).
12. Innovacionnaja infrastruktura i osnovnye pokazateli innovacionnoj dejatel'nosti sub#ektov Rossijskoj Federacii [Electronic resource]. URL: https://www.miiris.ru/inno_objest/list (data obrashhenija 12.02.2021).

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОТНОШЕНИИ НАУКОГРАДОВ РОССИИ

13. Kolosovskij N. N. Osnovy jekonomicheskogo rajonirovanija. Moskva: Gospolitizdat, 1958. P. 10–27. (in Russian).
14. Mil'kina I. V. Upravlenie innovacionnym razvitiem municipal'nyh obrazovanija: special'nost' 08.00.05 «Jekonomika i upravlenie narodnym hozjajstvom (municipal'naja jekonomika i upravlenie mestnym razvitiem): dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata jekonomicheskikh nauk. Gosudarstvennyj universitet upravlenija. Moskva, 2006. 202 p. (in Russian).
15. Mil'kina I. V. Razvitie naukogradov kak territorij innovacionnogo razvitija Jelektron. dan. syberleninka.ru/artisle/n/razvitie-naukogradov-kak-territoriy-innovatsionnogo-razvitiya (data obrashhenija 28.04.21).
16. Ministerstvo nauki i vysshego obrazovanija Rossijskoj Federacii [Electronic resource]. URL: https://old.minobrnauki.gov.ru/ru/dosuments/sard/?id_4=1060&sat=/ru/astivity/naukograd/ (data obrashhenija 14.03.2021).
17. Monahov I. A. Metodologija i praktika upravlenija razvitiem naukogradov Rossijskoj Federacii na sovremennom jetape / I. A. Monahov, N. E. Barsukova, E. V. Kljushnikova. Tver': Tverskoj gos. un-t, 2016. 203 p. (in Russian).
18. Morozenko A. F. Innovacionnaja model' municipal'nogo upravlenija naukogradom (na primere goroda Korolev): special'nost' 08.00.05 «Jekonomika i upravlenie narodnym hozjajstvom (teorija upravlenija jekonomicheskimi sistemami): dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata jekonomicheskikh nauk / GUU. Moskva, 2001. 233 p. (in Russian).
19. Naukograd rossijskoj federacii g. Bijsk [Electronic resource]. URL: <http://www.educaltai.ru/education/science/naukograd/> (data obrashhenija 24.05.2021).
20. Nekrasov N.N. Regional'naja jekonomika: teorija, problemy, metody. 2-oe izdanie. Moskva: «Jekonomika», 1978. 340 s. (in Russian).
21. O statute naukograda Rossijskoj Federacii: Federal'nyj zakon ot 07.04.1999 № 70-FZ [Electronic resource]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22630/ (red. ot 27.12.2009) (data obrashhenija 19.10.2021).
22. Oficial'nyj sajt Pravitel'stva Moskovskoj oblasti [Electronic resource]. URL: <http://www.mosreg.ru/> (data obrashhenija: 13.03.21).
23. Oficial'nyj sajt Territorial'noj organa Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Moskovskoj oblasti [Electronic resource]. URL: http://www.msko.gks.ru/wps/wsm/sonnest/rosstat_ts/msko/ru/ (data obrashhenija: 13.03.21).
24. Probst A.E. Jefferktivnost' territorial'noj organizacii proizvodstva i sozdanija proizvodstvenno-territorial'nyh kompleksov. Moskva, 1966. 23 p. (in Russian).
25. Saushkin Ju. G. Glushkova V. G. Moskva sredi gorodov mira: jekonomiko-geograficheskoe issledovanie. Moskva: Mysl', 1983. 285 p. (in Russian).
26. Spravka ob ocenke sootvetstvija pokazatelej nauchno-proizvodstvennyh kompleksov naukogradov Rossijskoj Federacii trebovanijam, ustanovlennym punktom 8 stat'i 2.1 Federal'nogo zakona № 70-FZ «O statute naukograda Rossijskoj Federacii», i dostizhenija rezul'tatov, predusmotrennyh planami meroprijatij po realizacii strategij social'no-jekonomicheskogo razvitija naukogradov Rossijskoj Federacii v 2019 godu [Electronic resource]. URL: https://old.minobrnauki.gov.ru/ru/dosuments/sard/?id_4=1258&sat=/ru/astivity/naukograd/ (data obrashhenija 02.03.2021).
27. Stepnaja zona Rossii [Electronic resource]. URL: https://spravochnik.ru/geografiya/fizicheskaya_geografiya_rossii/stepnaya_zona_rossii (data obrashhenija 24.05.2021).
28. Strategija innovacionnogo razvitija Rossijskoj Federacii na period do 2020 [Electronic resource]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70006124/> (data obrashhenija 02.03.2021).
29. Tehnoparki [Electronic resource]. URL: <https://t-parki.ru/stati/235-komu-i-zachem-nuzhnyi-naukogradyi.html> (data obrashhenija 12.10.2021).
30. Federal'nyj zakon ot 07.04.1999 №70-FZ «O statute naukograda Rossijskoj Federacii» [Electronic resource]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22630/ (data obrashhenija 03.03.2021).

Поступила в редакцию 10.11.2021 г.

УДК 910.3

ТЕОРИЯ КОМПРОМИССНЫХ РЕШЕНИЙ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТУРИСТСКОЙ СФЕРЫ РЕГИОНА

Шабалина С.А.¹, Уленгов Р. А.², Баутиста Х. Э.³

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Российская Федерация
E-mail: ¹sshabalina74@gmail.com, ²ulengovr@mail.ru, ³hbautista@mail.ru*

В данной статье делается попытка применения теории компромиссных решений совершенствования функционирования туристских систем. Теория компромиссных решений рассматривается в качестве эффективного инструмента принятия решений для управления туристскими системами. Определяется сущность понятия «компромисс» в туристской системе, что позволило сформулировать решение для устойчивого функционирования территориальной системы. Туристская система рассматривается как часть сложноорганизованной территориальной системы, которая не может функционировать изолированно. Обосновывается положение о том, что любая попытка проводить односложную туристскую политику для поддержания и развития туристской отрасли может привести к потере баланса экономической устойчивости.

Ключевые слова: туризм, управление, теория компромиссов, принятие решений, туристская система, территориальная система.

ВВЕДЕНИЕ

Понятие управления на сегодняшний день становится одним из базисных, что вполне можно причислить и к туристской отрасли. Этап управления многообразен, основные его этапы можно определить следующим образом:

- а) сбор и обработка информации;
- б) подбор и выбор метода анализа;
- в) установление «диагноза» и вычисление прогноза;
- г) синтез анализа и «диагноза», формулирование цели;
- д) выработка решения, направленного на достижение цели;
- е) планирование, проектировании и выработка конкретных управленческих решений;
- ж) организация выполнения решений;
- и) контроль за выполнением.

Дилемма управления многообразна т.к. она по-разному проявляется и решается в различных сферах человеческой деятельности [1]. К тому же, в туристской сфере проблемы управления еще более специфичны. Сложность туристской сферы состоит в том, что она прямо или косвенно связана более чем с тридцатью областями народного хозяйства [5]. Из перечисленного можно заключить, что одной из первостепенных задач управления в туристской сфере является координирование отраслевых и территориальных интересов. Всевозможная попытка формирования экстраординарной отраслевой (туристской) политики, основанной исключительно на учете местных условий надуманна как в практическом, так и в научном плане.

Туристская система, является частью единой региональной системы. Акцентирование подсистемы означает введение границ, которые, в конечном итоге,

не существуют, трансформация одной системы в другую происходит без остановки, четкие границы между ними вернее всего исключение, чем правило (рис.1).



Рис. 1. Система обмена информации сфер жизнедеятельности определяющих местоположение туристской системы

Составлено автором.

Подобным образом туристскую подсистему в региональной системе можно представить, как комплекс элементов природы, населения и хозяйства, который образовался в процессе взаимодействия природной и социально-экономической подсистем, подчиняющихся собственным законам функционирования и развития.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Если представить, что туристская система образуется на конкретной территории (например, Республики Татарстан) в результате взаимодействия качественно различных образований — природной и социально-экономической подсистем, то несомненно взаимодействия, обнаруживающиеся в обмене информацией и энергией, определяют ее дальнейшее формирование, функционирование и развитие с эмерджентными свойствами [8].

В сфере интересов общественные потребности лежат в плоскости одних из немаловажных, где зачастую выступают главным мотивом социальной и экономической деятельности и отображаются как выражение отношения носителей

интересов к условиям их пребывания, их положению и роли в социальных отношениях.

В противоположном случае общественные интересы могут быть выражены в форме потребностей — материальных или нематериальных, в зависимости от условий существования. Это дает возможность прояснить роль интересов в развитии нашего общества. Метод (путь) к исследованию процессов взаимодействия в туристской системе, установленный на понимании сущности интересов их составляющих, дает потенциал для содержательного анализа и объяснения моделей взаимодействия.

Очевидно, что место и роль конкретного элемента в туристской системе определяется его положением в региональной системе. В совокупности его функции и интересы могут не совпадать, что в большинстве случаев и происходит в реальности (рис. 2).

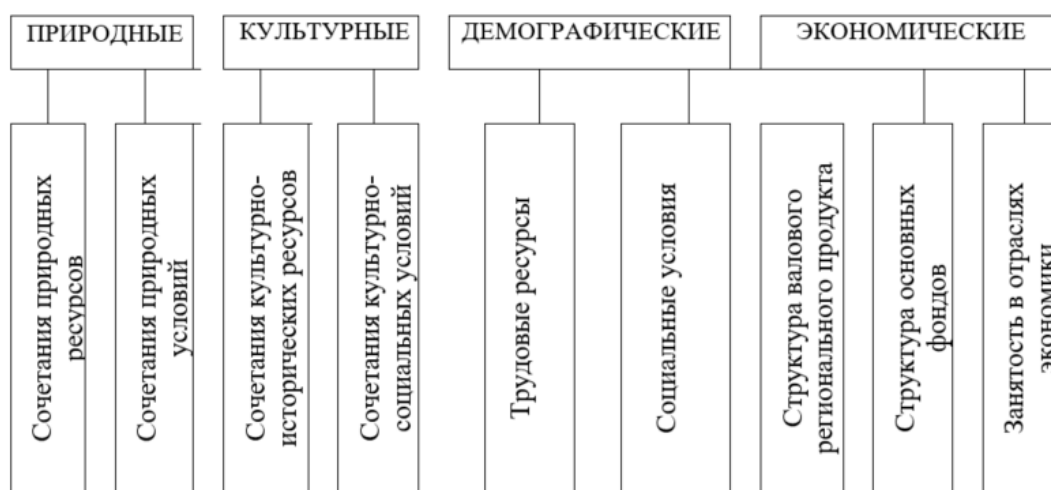


Рис. 2. Элементы туристской системы.

Составлено автором.

Следовательно, из этого можно заключить, что в туристской системе можно идентифицировать два типа противоречий, вызванных расхождением интересов. Во-первых, расхождения между функциями и интересами элементов, зафиксированные соотношением имманентных и эмерджентных свойств системы. Во-вторых, расхождения, связанные с конкуренцией в результате потребления вещества, информации и энергии [12]. Все, что относится к несовпадениям интересов, можно рассматривать как конфликт, а его разрешение — процесс согласования, как некоторый компромисс среди носителей интересов.

Интересы — это точка зрения (когда интересы не осознаны их обладателями) о состоянии, преимущественно предпочтительном с определенных позиций. Локальные (имманентные) интересы — мировоззрение элемента о состоянии, наиболее предпочтительном для него ввиду его самых пронзительных внутренних свойств и специфика восприятия внешних условий.

Глобальные (эмерджентные) интересы — представления гораздо высокого уровня иерархии о состоянии, наиболее преимущественном для более низших уровней иерархии в соответствии со смыслом и целью пребывания суперсистемы в совокупности; для элементов каждого иерархического уровня эмерджентные интересы предстают в виде их функций, определяющих их место в системе.

Конфликт — всякое несходство интересов. Согласование интересов — результат достижения компромиссного процесса в системе путем определения содержания и величины обоюдных уступок конфликтующих сторон, а также результат этого процесса, т.е. компромисс.

Компромисс — процесс согласования интересов, обладающий незначительным равновесным состоянием в системе, достигнутым путем совместных уступок [7].

Подобным образом, сотрудничество в системе можно толковать, как итог стремления множественных элементов и иерархических уровней гарантировать по возможности наименьшее разногласие между реальными положениями их существования и желательными, диктуемыми их интересами.

Характер разногласия интересов указывает на их особенности взаимодействия. Из всего этого разумным может быть со всех точек зрения, попытка отыскания компромисса, в той или другой степени устраивающего все конфликтующие стороны. Решение данного алгоритма имеет два аспекта: тактический и стратегический. Первый взаимосвязан с согласованием сформировавшихся интересов, второй — с управлением формирования интересов в целях их сближения между собой [10].

Интересы множественных уровней иерархии отличаются, но в результате все они сводятся к побуждению наиболее полного удовлетворения материальных и духовных потребностей общества. Безусловным примером столкновения интересов может служить ситуация, где совокупная потребность в каком-либо ресурсе превосходит его запасы. Среди потребителей дефицитного ресурса возникает конфликт, но решение которого ориентировочно предполагает формулировку критерия качества компромисса, что выражается в расстановке приоритетов [2, 8, 11]. Тогда в данном случае, обосновывается координирующий характер высочайшего уровня иерархии по отношению к более низшим уровням.

Территория региона включает в себя не только пространство, но и всю совокупность природных ресурсов, население и материально-техническую среду его обитания и т.д. [17]. Отрасли выступают как объекты, размещенные на данной территории и использующие ее компоненты. Из этого диалектического существования вытекают следующие противоречия:

1) между территорией и отраслями по вопросу отношения к территориальным ресурсам, которые понимаются как имеющиеся и используемые в пределах изучаемой системы трудовые, природные, рекреационные ресурсы, инфраструктура и т.п.;

2) между территорией как предпосылкой и фактором формирования системы расселения и системы производительных сил с одной стороны и туристской отраслью как носителем функций — с другой;

3) между инерционностью известной территорией и относительной динамичностью отраслей, в основе которого лежит неодинаковая продолжительность циклов воспроизводства ресурсов территории, с одной стороны, и производственных циклов — с другой;

4) территории и отрасли, проявляющегося в сфере управления, можно рассматривать как объект и субъект управления. Это противоречие проявляется в функциональном и пространственном аспектах;

5) обусловленное различной региональной ориентацией территории и отраслей, в частности производства товаров и услуг;

6) в интересах территории, в ее стремлении к большей комплексности, с одной стороны, и разобщенности интересов отраслей — с другой;

7) несоответствие между стабильностью территории и мобильностью отраслей, возможностью их передислокации вследствие изменения территориального распределения ресурсов в результате, например, их исчерпания или выявления новых источников.

ВЫВОДЫ

В статье были описаны основные диалектические противоречия территории и отраслей, выступающие в качестве движущей силы развития территориально-отраслевых систем. При этом, наиболее явной, преобладающей их стороной являются различия в отношениях к ресурсам и региональной ориентации.

Основными стадиями развития отношений «территория-отрасль» можно выделить: различие, поляризация, столкновение и разрешение (компромисс). Признание существования противоречий территории и отрасли как внутреннего источника развития территориально-отраслевых систем приводит к той точке зрения, что пропорциональность (сбалансированность) территориально-производственной системы следует рассматривать, прежде всего, как цель территориального (регионального) развития. Каждое разрешение противоречий способствует повышению сбалансированности региональной системы, однако, одновременно с переходом системы в новое качественное состояние нарождаются и поляризуются новые противоречия, поскольку при этом существенно меняется баланс.

Дилемма управления территориальными и отраслевыми потребностями напрямую связана с характером хозяйственного овладения территорией, ее природными и социально-экономическими факторами. В первую очередь, «показывается через отраслевую структуру хозяйства. Несомненно, что комплекс природных и социально-экономических положений территории в неимоверной степени играет роль на формирование ее хозяйственного типа, но ни разу не обуславливает его однозначно, потому что имеется колоссальный фактор, внешний по отношению к территории (региону) — место в территориальном разделении труда, требующие внешние функции данной территории (региона). Очевидно, что данные функции определяют структуру хозяйства региона (территории). В результате, выявляется конфликт среди функций и интересов географического объекта, а иначе — конфликт интересов разных уровней иерархии» [14, с. 98].

ТЕОРИЯ КОМПРОМИССНЫХ РЕШЕНИЙ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТУРИСТСКОЙ СФЕРЫ РЕГИОНА

Очевидно, что теория принятия компромиссных решений может стать весьма плодотворным и результативным средством, инструментом географического анализа в управлении региональной системы.

Список литературы

1. Зиновьева А. А., Михеева Е. Е., Шабалина С. А. Инфраструктурные проекты как инструмент сглаживания пространственной поляризации в регионе. Казань: ИД «МедДок», 2018. 136 с.
2. Мажар Л. Ю. Территориальные туристско-рекреационные системы. Смоленск: Универсум, 2008. 212 с.
3. Проблемы регионального развития. Модели и эксперименты // под ред. Ю. Г. Липеца, С. Б. Шлихтера. М.: ИГ РАН, 1997. 154 с.
4. Шабалина С. А., Трофимов А. М. Пространственная организация рекреационной системы: теоретико-методологические подходы // Проблемы региональной экологии. 2009. № 2. с. 78–82.
5. Родоман Б.Б. Поляризованная биосфера: Сб. ст. Смоленск: Ойкумена, 2002. 335 с.
6. Шабалина С. А., Рубцов В. А., Байбаков Э. И. Территориальные аспекты развития туризма в Республике Татарстан. Казань: Отечество, 2014. 160 с.
7. Трофимов А. М. Геоситуационный подход и структура географического пространства времени // Новые подходы к структурно-динамическим исследованиям геосистем. Приазовье. 1989. С. 3–7.
8. Туризм и отраслевые системы / под ред. И. В. Зорина, В. А. Квартальнова и др.. М.: Финансы и статистика, 2002. 272 с.
9. Рубцов В. А., Степин А. Г., Гачаев И. О. Распределение средств как проблема согласования территориально-производственных интересов // Российский Экономический интернет-журнал. 2006. 215 с.
10. Трофимов А. М., Горшкова А. Т., Шагидуллин Р. Р. Понятие и сущность инновационной геоэкологии // Экологический консалтинг. Казань, 2010. С. 8–11.
11. Методология и алгоритмы согласования социальных, экологических и экономических интересов в регионе: отчет о НИР (промежуточ.): 33–44 / Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина; рук. Рубцов В. А. Исполн.: Рубцов В. А., Булатова Г. Н., Пудовик Е. М., Розанова Л. Н., Хузеев Р. Г. № ГР 96-06-80234. Инв. № 96-06-80234-а. 1996. 96 с.
12. Хаггетт П. Общая география: глобальный синтез / П. Хаггетт, А. Скопин. Harlow: Pearson education ltd., 2005. 352 с.
13. Шабалина С. А. Пространственная организация рекреационной системы: теоретико-методологические подходы / А. М. Трофимов, С. А. Шабалина // Проблемы региональной экологии. 2009. № 2. С. 78–82.
14. Шарыгин М. Д. Региональная организация общества (теоретико-методологические проблемы совершенствования). Пермь: изд-во Пермского университета. 1992. 204 с.
15. Gabdrakhmanov N. K., Rubtsov V. A., Shabalina S. A., Rozhko M. V., Kucheryavenko D. Z The role of territorial organization of cities in the touristic attraction of the region on the example of the republic of Tatarsatn. Life Science Journal. 2014. T. 11. № 11. P. 451.
16. Shabalina S. A., Fakhrutdinova L. R., Mustafin M. R., Shakirova A. R Factors that affect the quality of life in Tatarstan. Procedia Economics and Finance. 2015. T. 24. № 2015. 613 p.
17. Rubtsov V. A. Account of Psychographic Research in the Development of Regional Tourism /V.A. Rubtsov, N.M. Biktimirov, H. Bautista Espinoza, M.V. Rozhko // JOURNAL OF RESEARCH IN APPLIED LINGUISTICS. 2019. Vol .10. P. 9–15
18. Степин А. Г., Гайсин Р. И., Власова Е. И., Валиева М. Р. Некоторые аспекты преемственности математической школы экономической географии в Казанском университете // изд-во Казанского университета. 2016. №1. С. 88.

THE THEORY OF COMPROMISE DECISIONS AS AN EFFECTIVE TOOL FOR IMPROVING THE REGIONAL TOURIST SPHERE

Shabalina S. A.¹, Ulengov R. A.², Bautista H. E.³

Kazan (Volga region) federal university, Kazan, Russian Federation

E-mail: ¹sshabalina74@gmail.com, ²ulengovr@mail.ru, ³hbautista@mail.ru

This article is an attempt to apply the theory of compromise solutions to improve the functioning of the tourism system. The provisions of the theory of compromise solutions as a tool for the sustainable development of the tourism system are clarified. Consistent steps have been identified to develop a compromise solution for the development of the tourism sector in the region. The sides of the contact of interests in the tourism sector are determined — the interests of the natural component, socio-cultural and industrial. In modern conditions, different approaches to management are becoming vital. In today's world it is necessary to review the decision-making mechanisms for the management of tourist systems. Compromise seems to be such an effective tool. Defining the essence of the notion of "compromise" in the tourist system allows you to find a solution for the sustainable functioning of the territorial system. Travel system performs part of a complex structural territorial system can not function in isolation. It is characterized by "inputs" and "outputs" and any attempt to carry out monosyllabic tourism policy for the maintenance and development of the tourist industry can lead to the loss of balance of economic stability. Public interests are the main motive for social and economic activity and act as an expression of the attitude of the bearers of interests to the conditions of their existence, their position and role in social relations. On the other hand, they can be expressed in the form of needs - material or non-material, depending on the conditions of existence. This makes it possible to clarify the role of interests in the development of society.

The dialectical development of the territory is defined as the driving force behind the development of territorial and sectoral systems, in our case, the tourist and recreational systems. At the same time, their most obvious, predominant side is the differences in attitudes towards resources and regional orientation. An obvious example of a conflict of interests is when the total need for a resource exceeds its availability. the region acts as an environment in which recreational activities unfold, and socio-economic conditions determine the formation processes. The success of the industry depends on the equipment of the material and technical base, its compliance with generally accepted standards and requirements. A recreational resource is just one of the links in the chain: a natural or socio-technical object — recreation conditions — resources — funds. The transition from the conditions of recreational activities to resources is associated primarily with understanding the economic value of the analyzed objects, their spatial and temporal characteristics, and economic development opportunities.

The main stages in the development of "territory-industry" relations can be distinguished: difference, polarization, collision and resolution (compromise). The recognition of the existence of contradictions between the territory and the industry as an internal source of development of territorial-sectoral systems leads to the point of view that the proportionality

(balance) of the territorial-production system should be considered primarily as a goal of territorial (regional) development. Each resolution of contradictions results in a certain increase in the balance of the regional system, however, simultaneously with the transition of the system to a new qualitative state, new contradictions are born and polarized, since the very concept of balance changes significantly.

It is obvious that the theory of compromise decision-making can become a very fruitful and effective tool, a tool of geographical analysis in the management of a regional system.

Keywords: tourism, management, the theory of compromise, decision-making, the tourism system, territorial system.

References

1. Zinoveva A. A., Miheeva E. E., SHabalina S. A. Infrastrukturnye proekty kak instrument sglazhivaniya prostranstvennoj polyarizatsii v regione. Kazan: ID «MeDDoK», 2018. 136 p. (in Russian).
2. Mazhar L. YU. Territorialnye turistsko-rekreacionnye sistemy. Smolensk: Universum, 2008. 212 s. (in Russian).
3. Problemy regionalnogo razvitiya. Modeli i eksperimenty // pod red. YU. G. Lipecy, S. B. SHlihtera. M.: IGRAN, 1997. 154 p. (in Russian).
4. SHabalina S. A., Trofimov A. M. Prostranstvennaya organizatsiya rekreacionnoj sistemy: teoretiko-metodologicheskie podhody // Problemy regionalnoj ekologii. 2009. № 2. s. 78–82. (in Russian).
5. Rodoman B.B. Polyarizovannaya biosfera: Sb. st. Smolensk: Ojkumena, 2002. 335 p. (in Russian).
6. SHabalina S. A., Rubcov V. A., Bajbakov E. I. Territorialnye aspekty razvitiya turizma v Respublike Tatarstan. Kazan: Otechestvo, 2014. 160 p. (in Russian).
7. Trofimov A. M. Geosituatsionnyj podhod i struktura geograficheskogo prostranstva vremeni // Novye podhody k strukturno-dinamicheskim issledovaniyam geosistem. Priazove. 1989. P. 3–7. (in Russian).
8. Turizm i otraslevye sistemy / pod red. I. V. Zorina, V. A. Kvartalnova i dr.. M.: Finansy i statistika, 2002. 272 p. (in Russian).
9. Rubcov V. A., Stepin A. G., Gachaev I. O. Raspredelenie sredstv kak problema soglasovaniya territorialno-proizvodstvennyh interesov // Rossijskij Ekonomicheskij internet-zhurnal. 2006. 215 p. (in Russian).
10. Trofimov A. M., Gorshkova A. T., SHagidullin R. R. Ponyatie i sushchnost innovatsionnoj geoekologii // Ekologicheskij konsalting. Kazan, 2010. P. 8–11. (in Russian).
11. Metodologiya i algoritmy soglasovaniya socialnyh, ekologicheskikh i ekonomicheskikh interesov v regione: otchet o NIR (promezhutoch.): 33–44 / Kazanskij gosudarstvennyj universitet im. V.I. Ulyanova-Lenina; ruk. Rubcov V. A. Ispoln.: Rubcov V. A., Bulatova G. N., Pudovik E. M., Rozanova L. N., Huzeev R. G. № GR 96-06-80234. Inv. № 96-06-80234-a. 1996. 96 p. (in Russian).
12. Haggett P. Obshchaya geografiya: globalnyj sintez / P. Haggett, A. Skopin. Harlow: Pearson education Ltd., 2005. 352 p. (in Russian).
13. SHabalina S. A. Prostranstvennaya organizatsiya rekreacionnoj sistemy: teoretiko-metodologicheskie podhody / A. M. Trofimov, S. A. SHabalina // Problemy regionalnoj ekologii. 2009. № 2. P. 78–82. (in Russian).
14. SHarygin M. D. Regionalnaya organizatsiya obshchestva (teoretiko-metodologicheskie problemy sovershenstvovaniya). Perm: izd-vo Permskogo universiteta. 1992. 204 p. (in Russian).
15. Gabdrakhmanov N. K., Rubtzov V. A., Shabalina S. A., Rozhko M. V., Kucheryavenko D. Z The role of territorial organization of cities in the touristic attraction of the region on the example of the republic of Tatarsatn. Life Science Journal. 2014. T. 11. № 11. P. 451.
16. Shabalina S. A., Fakhrutdinova L. R., Mustafin M. R., Shakirova A. R Factors that affect the quality of life in Tatarstan. Procedia Economics and Finance. 2015. T. 24. № 2015. 613 p.
17. Rubtzov V. A. Account of Psychographic Research in the Development of Regional Tourism /V.A. Rubtzov, N.M. Biktimirov, H. Bautista Espinoza, M.V. Rozhko // JOURNAL OF RESEARCH IN APPLIED LINGUISTICS. 2019. Vol .10. P. 9–15

18. Stepin A. G., Gajsin R. I., Vlasova E. I., Valieva M. R. Nekotorye aspekty preemstvennosti matematicheskoy shkoly ekonomicheskoy geografii v Kazanskom universitete // izd-vo Kazanskogo universiteta. 2016. №1. P. 88. (in Russian).

Поступила в редакцию 11.11.2021 г.

УДК 338.48:911.2(470.620)

ПЕРСПЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ГОРНО-ПРЕДГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ АПШЕРОНСКОГО РАЙОНА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ И РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ)

Щучкина Т. Ф.¹, Коновалова А. В.²

^{1,2}Кубанский государственный университет, Краснодар, Российская Федерация

E-mail: ¹tanushka085@yandex.ru, ²konovalovann18@mail.ru

Указывается на актуальность изучения внутреннего туризма и развития новых туристских центров с учетом того, что с каждым годом внутренний туристский поток растет, и в связи с закрытием границ с другими странами из-за пандемии.

Подчеркивается, что в настоящее время Юг России является одним из наиболее приоритетных туристских направлений для отдыха в Российской Федерации. Одним из перспективных курортов Юга России является Апшеронский район, который обладает уникальным туристско-рекреационным потенциалом. В данной статье выявлены проблемы, сдерживающие полноценное развитие туристской отрасли и найдены возможные перспективы развития туризма в Апшеронском районе.

Ключевые слова: туризм, всесезонный горный экокорт «Лагонаки», туристско-рекреационный потенциал, Апшеронский район, инфраструктура.

ВВЕДЕНИЕ

Апшеронский район — муниципальное образование в южной части Краснодарского края, граничащее на юго-западе с Туапсинским, на севере — с Белореченским районами, на востоке — с Республикой Адыгея, на северо-западе — с городом Горячий Ключ и на юге — с Лазаревским районом города Сочи [6].

Современное развитие туризма в Апшеронском районе является приоритетным направлением социально-экономического развития. Для развития туризма в районе имеются необходимые рекреационные ресурсы.

Апшеронский район располагает уникальными памятниками природы, которые имеют ценность в научном, культурном, экологическом и эстетическом отношении. К таким памятникам природы относятся заказники «Камышанова Поляна» и «Черногорье». Апшеронский район обладает рядом уникальных туристских объектов. Плато Лагонаки территориально расположена в Апшеронском районе и в Республике Адыгея. Район изобилует геолого-геоморфологическими ресурсами — карстовыми пещерами (Большая и Малая Азишские), ущельями (Гуамское) горными вершинами, скалами, водопадами (Пшехский), горные реки (Курджиц), чистейшие озера (Самурское), а также запасами минеральных и термальных вод [6].

Апшеронский район знаменит своими источниками минеральных и термальных вод, которых насчитывается более пятидесяти. Два санатория — «Солнечная поляна» (Апшеронск) и «Минеральный» (Хадыженск) — используют для лечения воду из йодобромных скважин.

В настоящее время все больше туристов предпочитают комплексный отдых, который позволяет совмещать оздоровительный, спортивный, познавательный и экстремальный виды туризма.

В Апшеронском районе популярны горнолыжный, лечебно-оздоровительный, ландшафтный, экстремальный, экскурсионно-познавательный, горный туризм, экологический, а также дельтапланеризм, альпинизм, спортивное ориентирование, рафтинг, каньонинг, что делает район весьма привлекательным среди туристов. В районе действует более 40 туристических экскурсионных маршрутов — пеших, конных, автомобильных или по узкоколейной железной дороге [6]. Такое разнообразие видов туризма на территории Апшеронского района делает его конкурентоспособным наряду с другими туристскими дестинациями Краснодарского края. В таблице 1 указаны центры курортно-туристской отрасли Апшеронского района и их туристская специализация.

Таблица 1.

Центры курортно-туристской отрасли Апшеронского района: современные направления развития

Центры развития туристской отрасли	Виды туризма
г. Апшеронск	Водный, пешеходный, автомобильный, спортивный, фермерский (деревенский), велотуризм
г. Хадыженск	Водный, пешеходный, автомобильный, спортивный, фермерский (деревенский)
ст. Черниговская ст. Самурская	Экскурсионный (организация вертолетный прогулок) и конный туризм, водный туризм, тихая охота
ст. Нефтяная	Экологический, фермерский (деревенский)
п. Отдаленный (Шпалорез)	Образовательный (учебный и научный), спортивный (альпинизм, скалолазание, санный и горнолыжный спорт), историко-археологический туризм
ст. Нижегородская с. Гуамка	Охота и рыбалка, тихая охота, образовательный туризм. Детско-юношеский туризм. Деревенский (фермерский) туризм, экотуризм
Урочище Камышанова поляна	База образовательных и научно-исследовательских программ, тихая охота, спелеотуризм и спелеолечение, экотуризм
с. Мезмай ст. Темнолесская	Фестивальный и культурный туризм, экскурсионный туризм (посещение карстовых пещер), оздоровительный и спортивный туризм, спелеотуризм и спелеолечение, экотуризм
п. Режет	Конный туризм, горный туризм, и виды спортивного туризма, историко-археологический туризм

Составлено авторами.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Несмотря на обладание особо ценными рекреационными ресурсами и исключительным туристским потенциалом, существует целый ряд факторов, препятствующих развитию туризма в Апшеронском районе на должном уровне. Существенные проблемы района обусловлены запущенной и недостаточно развитой туристской инфраструктурой, особенно — транспортной инфраструктуры, которая не отвечает современным требованиям безопасности и нуждается в реконструкции.

ПЕРСПЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ГОРНО-ПРЕДГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ АПШЕРОНСКОГО РАЙОНА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ И РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ)

Такое состояние инфраструктуры сказывается на посещении этих мест туристами, и как следствие, на экономическом развитии территории, развитии инженерной инфраструктуры населенных пунктов (систем водоснабжения, теплоснабжения, очистных сооружений, водоотведения, газоснабжения). В туристской сфере наблюдается малое количество гостиничных комплексов, санаториев и баз отдыха, которые не могут предоставить большое количество мест разных категорий и обеспечить качественное предоставление услуг. В Апшеронском районе остро стоит вопрос обеспечения объектов инфраструктуры сферы услуг современной материально-технической базой, которая к настоящему моменту морально и физически устарела.

К проблемам применения туристско-рекреационных ресурсов Апшеронского района относится напряженная экологическая ситуация, начавшаяся на рекреационных территориях в связи с активизацией рекреационной деятельности и отсутствием соответствующей туристской инфраструктуры. К экологическим проблемам Апшеронского района можно отнести: варварское отношение туристов и самих жителей района к уникальной природе, бесконтрольное уничтожение растений, загрязнение и обмеление рек, загрязнение питьевых минеральных вод, эрозию почв, бесконтрольную вырубку лесов (территорию Апшеронского района покрывают 234 тыс. га уникального леса, что составляет 83% территории от всей площади муниципального образования), уменьшение промысловых запасов дичи из-за активной спортивной охоты, загрязнение воздуха, загрязнение рекреационных территорий и акваторий района.

Проблемы такого масштаба можно решить благодаря созданию и модернизации транспортной (строительство и реконструкция автомобильных дорог, прокладка к туристским дестинациям дорог федерального значения, которые будут связывать центры отдыха с административными центрами Апшеронского района и Краснодарского края в целом), гостиничной (обустройство мест отдыха, возведение малых средств размещения и гостиничных комплексов, туристических баз, санаториев и др.), информационной и другой специализированной туристской инфраструктуры. При этом важно помнить, что удовлетворение туристских потребностей не должно наносить ущерб социальным и экономическим интересам населения района, культурным и историческим ценностям, а самое главное окружающей среде и природным ресурсам. Желаемый эффект туристского развития Апшеронского района — это удовлетворённость местного населения уровнем и качеством жизни. Здесь важна интеграция туристского сектора в экономическую сферу Апшеронского района, совместную политику и планирование совершенствования местного сообщества. На первоначальном этапе специалистам по планированию необходимо подготовить альтернативные планы и оценить, насколько они соответствуют достижению поставленных целей и какие будут максимальные экономические выгоды, рассчитать предельно допустимые нагрузки на природную среду на стадии проектных разработок и на поддержание фактической нагрузки на допустимом уровне, а также должны обеспечить устойчивое развитие района.

Таким образом, решив значимые проблемы района, туристская отрасль района сможет оказывать оздоровительное влияние на экономическую систему

Апшеронского района, а также поставит её в разряд бюджетообразующих в экономике Краснодарского края. Кроме того, развитие курортного дела и туристской отрасли на достойном уровне благоприятно скажется на уровень значимости использования этой территории не только в масштабах Краснодарского края, но и страны.

Перспективы использования туристско-рекреационного потенциала в Апшеронском районе очень велики. Такой потенциал имеет Лагонакское нагорье, природные богатства которого создают предпосылки для развития горнолыжного курорта. В марте 2021 г. Правительством РФ было утверждено распоряжение о создании Лагонакского биосферного полигона площадью более 17,2 тыс. га. Мотивы создания полигона очевидны: ослабление природоохранного режима даст импульс развитию экологического туризма, позволит создать новый горнолыжный курорт на плато Лагонаки. На основании распоряжения Правительства НАО «Красная Поляна» и АО «Корпорация Туризм.РФ» в апреле 2021 года заключили соглашение о создании всесезонного горного экоккурорта «Лагонаки». В июне в рамках Петербургского международного экономического форума было подписано соглашение между Кабинетом министров Республики Адыгея и НАО «Красная Поляна» по созданию масштабного инвестиционного проекта на территории Республики Адыгея. Проект уже был рассмотрен Минприроды России, ЮНЕСКО, Кавказским государственным природным биосферным заповедником и общественными природоохранными организациями.

Конечно, это не первый год, когда пытаются создать горнолыжный курорт на плато Лагонаки. До нового проекта планировалось строительство горнолыжного курорта на территориях двух субъектах РФ — Краснодарского края и Республики Адыгея, где главным препятствием было полное отсутствие инфраструктуры. Для реализации проекта в 2010 г. было необходимо одобрение ЮНЕСКО и в то время было анонсирование проекта освоения территории. В 2013 г. происходило согласование границ проекта, в 2014 г. началась подготовка к уточнению границ объекта всемирного наследия «Западный Кавказ», хотя тогда заключение экспертов ЮНЕСКО было отрицательным. Но в 2015 г. правительством РФ было решено, что приоритетным направлением развития курортов станет южный склон Кавказского хребта (Красная Поляна), вследствие чего проект горнолыжного курорта на плато Лагонаки был заморожен. Спустя год власти Республики Адыгея сделали заявление, что из-за отсутствия финансирования создание проекта остается под вопросом и строительство курорта за счет средств субъекта невозможно, а получить финансирование из федерального бюджета не удалось.

Предполагается строительство проекта всесезонного горного экоккурорта «Лагонаки» в три этапа (первый этап: 2022–2024 гг.) на территории Лагонакского биосферного полигона площадью 17,2 тыс. га, включая в себя горнолыжные трассы общей протяженностью в 36 км, 13 канатных дорог, трассу для беговых лыж, сноупарк с различными фигурами, зону тюбинга, горные бани, предприятия общественного питания, а также гостиничный комплекс на 3 тыс. номеров, который будет располагаться за пределами особо охраняемых природных зон. Объем инвестиций составлял 23 млрд руб.

ПЕРСПЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ГОРНО-ПРЕДГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ АПШЕРОНСКОГО РАЙОНА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ И РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ)

В Лагонакский биосферный полигон был включен бесценный Фишт-Оштеновский горный массив и часть территории Кавказского государственного природного биосферного заповедника, объекта Всемирного природного наследия ЮНЕСКО. Это событие вызвало опасение многих ученых России за уникальную экосистему заповедника, понимая, что использование природной территории под туристскую деятельность человека — это всегда неизбежный урон биологическому разнообразию. После чего сотни уважаемых ученых России, в числе которых доктора и кандидаты биологических наук, филологи, экологи и представители других областей наук подписали открытое обращение Президенту РФ, призвав его не допустить застройку Лагонакского нагорья под горнолыжный курорт, а также активистами и экологами была создана электронная петиция, которая была направлена Министерству природных ресурсов и экологии РФ, председателю Правительства РФ и Роспотребнадзору. Самой организацией ЮНЕСКО было высказано предупреждение, что строительство крупномасштабной инфраструктуры на плато Лагонаки повлечет за собой включение объекта «Западный Кавказ» в список Всемирного наследия, находящегося под угрозой.

Вследствие резонанса в СМИ и вмешательства международных природоохранных организаций инвесторам и властям пришлось принять компромиссное решение, где было решено исключить из Лагонакского биосферного полигона наиболее ценные природные территории, после чего площадь полигона составила 15 тыс. га, а также были внесены изменения в сам проект. Инвесторами были учтены экологические требования, где проектирование и строительство всесезонного горного экокорта «Лагонаки» будет происходить при соблюдении международных стандартов BRE (BREEAM) и USGBC (LEED), включая в проект энергоэффективные здания, безопасные материалы, сбережение воды на всех этапах строительства и эксплуатации курорта, так как имеется проблема с водой на данной территории, а также получение энергии из возобновляемых источников. За пределами биосферного полигона будет находиться 85% номерного фонда и обеспечивающей инфраструктуры, только на местах старых стойбищ скота будут созданы площадные объекты, а также 90% горнолыжных трасс будут построены по снежному покрову. Внося изменения в проект, инвесторами также было решено построить отели международных сетей. Учитывая все изменения проекта стоимость возросла до 35 млрд руб.

По вопросу создания всесезонного горного экокорта «Лагонаки» 5 августа 2021 года в Республике Адыгея состоялось совещание [2], на котором публично был представлен предварительный проект мастер-плана курорта для обсуждения с учеными, экологами, представителями природоохранных организаций, были обсуждены все возможные риски при реализации проекта, озвучены условия, при которых возможна реализация проекта: любое расширение проекта должно быть исключено, полный отказ от строительства гостиничных комплексов на полигоне, постоянный контроль над рекреационным использованием местности и над антропогенными нарушениями почвы и растительного покрова и т.д.

ВЫВОДЫ

Из вышеперечисленного можно сделать вывод, что на данный момент инвесторы буквально борются за реализацию своего проекта на плато Лагонаки, придавая его важность как для Республики Адыгея, так и для соседних субъектов РФ, но сохранение ценных природных ресурсов всегда должно быть превыше всего. Остается только надеяться, что инвесторы согласятся учесть все экологические требования от защитников природы и иных организаций, что позволит в дальнейшем реализовать строительство всесезонного горного экокорта «Лагонаки», которой окажет значительное воздействие на развитие Апшеронского района, но также мы не должны забывать, что не решив уже существующие проблемы связанные с запущенной инженерно-транспортной инфраструктурой и с нехваткой соответствующего всем стандартам гостиничного комплекса, у района не будет возможности полностью проявить свой уникальный туристско-рекреационных потенциал.

Список литературы

1. Администрация муниципального образования Апшеронского района [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.apsheron-sk-oms.ru> (дата обращения 11.07.2021).
2. Кавказский природный биосферный заповедник имени Х.Г. Шапошникова [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kavkazzapoved.ru> (дата обращения 11.07.2021).
3. Коновалова А. В. Анализ приоритетных направлений современного социально-экономического развития предгорно-горных территорий Краснодарского края // Курорты. Сервис. Туризм. 2018. № 2(39). С. 102–106.
4. Коновалова, А. В. Особо охраняемые природные территории Краснодарского края как основа развития экотуризма // Экологические проблемы рекреационного использования горных лесов: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 14 ноября 2020 года. Краснодар: Кубанский государственный университет. 2020. С. 77–82.
5. Республика Адыгея [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.adygheya.ru> (дата обращения 11.07.2021).
6. Словарь географических названий Краснодарского края / В.Н. Тюрин, В.В. Миненкова, А.А. Филобок [и др.]. Краснодар: Кубанский государственный университет, 2017. 409 с.

PROMISING USE OF RECREATIONAL RESOURCES OF MOUNTAIN AND FOOTHILL TERRITORIES (USING EXAMPLE OF APSHERON DISTRICT OF KRASNODAR TERRITORY AND REPUBLIC OF ADYGEA)

Shchuchkina T. F.¹, Kononova A. V.²

*^{1,2}Kuban State University, Krasnodar, Russian Federation
E-mail: ¹tanushka085@yandex.ru, ²kononovann18@mail.ru*

The modern development of tourism in the Apsheron district is a priority direction of socio-economic development. The Apsheron district has unique natural monuments that are valuable in scientific, cultural, ecological, and aesthetic terms. The area is suitable for

ПЕРСПЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ГОРНО-ПРЕДГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ АПСХЕРОНСКОГО РАЙОНА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ И РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ)

skiing, healthing, extreme, sightseeing, and educational, environmental, landscape, mountain tourism, as well as hang gliding, mountaineering, orienteering, rafting, canyoning which makes the area very attractive among tourists.

Despite the availability of particularly valuable recreational resources and exceptional tourist potential, there are a number of factors that hinder the development of tourism in the Apsheron region at the proper level. The significant problems of the district are caused by the neglected and insufficiently developed tourist infrastructure, especially transport infrastructure which does not meet modern safety requirements and needs reconstruction, engineering infrastructure of settlements, as well as the urgent issue of providing infrastructure facilities of the service sector with modern material and technical base which has been morally and physically outdated by now. there is a small number of hotel complexes, sanatoriums and recreation centers that cannot provide a large number of rooms of different categories and provide high-quality services in the tourism sector. The problems of the use of tourist and recreational resources of the Apsheron district include the tense ecological situation that started in recreational areas due to the intensification of recreational activities and the lack of appropriate tourist infrastructure (the territory of the Apsheron district is covered by 234 thousand ha of natural forest, which is 83% of the total area of the municipality).

The Problems of this scale can be solved through the creation and modernization of transport, hotel, information, and other specialized tourist infrastructure. At the same time, it is important to remember that the satisfaction of tourist needs should not harm the social and economic interests of the population of the district, cultural and historical values, and most importantly the environment and natural resources. The desired effect of the tourist development of the Apsheron district is the satisfaction of the local population with the level and quality of life. It is important to integrate the tourism sector into the economic sphere of the Apsheron district, joint policy and planning for the improvement of the local community.

The prospects of using the tourist and recreational potential in the Apsheron district are very great. The Lagonaki Upland has such a potential, the natural resources of which create prerequisites for the development of a ski resort. In March 2021 Chairman of the Government of the Russian Federation Mikhail Mishustin signed an order on the creation of the Lagonaki biosphere polygon with an area of more than 17.2 thousand hectares. The motives for the creation of the polygon are obvious: the weakening of the environmental regime will give impetus to the development of eco-tourism and will allow the creation of a new ski resort on the Lagonaki plateau. Based on the order of the Government of the NPJSC «Krasnaya Polyana» and JSC «Corporation Tourism.The Russian Federation» in April 2021 signed an agreement on the creation of an all-season mountain eco-resort «Lagonaki». In June, within the framework of the St. Petersburg International Economic Forum, an agreement was signed between the Cabinet of Ministers of the Republic of Adygea and NPJSC «Krasnaya Polyana» on the creation of a large-scale investment project on the territory of the Republic of Adygea.

The Lagonaki Biosphere polygon includes the priceless Fisht-Oshtenovsky mountain range and part of the territory of the Caucasian State Natural Biosphere Reserve a «UNESCO» World Natural Heritage Site which caused many Russian scientists to fear for the unique

ecosystem of the reserve, realizing that the use of natural territory for human tourism activities is always an inevitable damage to biological diversity. After that, hundreds of respected scientists of the Russian Federation, including doctors and candidates of biological sciences, philologists, environmentalists and representatives of other fields of sciences signed an open appeal to Russian President Vladimir Putin urging him not to allow the development of the Lagonaki Highlands for a ski resort, as well as activists and environmentalists created an electronic petition, which was sent to the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation to the Chairman of the Government of the Russian Federation Mikhail Mishustin and Rospotrebnadzor. «UNESCO» has warned that the construction of large-scale infrastructure on the Lagonaki plateau will entail the inclusion of the Western Caucasus object in the World Heritage List under threat.

Due to the resonance in the media and the intervention of international environmental organizations, investors and authorities had to make a compromise decision, where it was decided to exclude the most valuable natural territories from the Lagonaki biosphere polygon, after which the area of the polygon was reduced to 15 thousand hectares, and changes were made to the project itself. The investors considered environmental requirements, where the design and construction of the all-season mountain eco-resort «Lagonaki» will take place in compliance with international standards BRE (BREEAM) and USGBC (LEED), including energy-efficient buildings, safe materials, water conservation at all stages of construction and operation of the resort, as there is a problem with water in this area, as well as with obtaining energy from renewable sources.

It can only be hoped that investors will agree to take into account all environmental requirements from conservationists and other organizations, which will allow us to further implement the construction of the all-season mountain eco-resort «Lagonaki», which will have a significant impact on the development of the Apsheron district, but also we should not forget that without solving the existing problems associated with the neglected engineering and transport infrastructure and with the lack of a hotel complex that meets all standards, the district will not have the opportunity to fully demonstrate its unique tourist and recreational potential.

Keywords: tourism, all-season mountain eco-resort «Lagonaki», tourist and recreational potential, Apsheron district, infrastructure.

References

1. Administraciya municipalnogo obrazovaniya Apsheronskogo rajona [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.apsheronsk-oms.ru> (data obrashcheniya 11.07.2021).
2. Kavkazskij prirodnyj biosfernyj zapovednik imeni H.G. SHaposhnikova [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://kavkazzapoved.ru> (data obrashcheniya 11.07.2021).
3. Konovalova A. V. Analiz prioritetnyh napravlenij sovremennogo socialno-ekonomicheskogo razvitiya predgorno-gornyh territorij Krasnodarskogo kraya // Kurorty. Servis. Turizm. 2018. № 2(39). P. 102–106. (in Russian).
4. Konovalova, A. V. Osobo ohranyaemye prirodnye territorii Krasnodarskogo kraya kak osnova razvitiya ekoturizma // Ekologicheskie problemy rekreacionnogo ispolzovaniya gornyh lesov: Materialy I Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Krasnodar, 14 noyabrya 2020 goda. Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj universitet. 2020. S. 77–82. (in Russian).
5. Respublika Adygeya [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.adygheya.ru> (data obrashcheniya 11.07.2021).

ПЕРСПЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ГОРНО-
ПРЕДГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ АПШЕРОНСКОГО РАЙОНА
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ И РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ)

6. Slovar geograficheskikh nazvanij Krasnodarskogo kraja / V.N. Tyurin, V.V. Minenkova, A.A. Filobok [i dr.]. Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj universitet, 2017. 409 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 19.09.2021 г.

РАЗДЕЛ 2.

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ

УДК 911.3

СОВРЕМЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВАСТОПОЛЯ

Панкеева Т. В.¹, Миронова Н. В.², Пархоменко А. В.³

*^{1,2}Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, Севастополь, Российская Федерация, ³Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН», Севастополь, Российская Федерация
E mail: ¹tatyanapankeeva@yandex.ru, ²dr.nataliya.mironova@yandex.ua, ³avparkhomenko52@gmail.com*

Система современных ландшафтов территории западного побережья г. Севастополя представлены двумя взаимосвязанными подсистемами — природной и хозяйственной, дана их характеристика и проведено картирование. Выявлено, что в природной подсистеме побережья доминируют ландшафты крутых склонов и пляжей. В структуре хозяйственной подсистемы преобладает рекреационное и специальное (военное) природопользование. Ландшафты исследуемого побережья в разной степени преобразованы хозяйственной деятельностью. Показано, что под влиянием антропогенной нагрузки снижается ландшафтное разнообразие природной подсистемы и увеличивается мозаичность современных ландшафтов, что в целом снижает уровень организации ландшафтов побережья.

Ключевые слова: природная подсистема, хозяйственная подсистема, ландшафт, природопользование.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие западное побережье города федерального значения Севастополя, благодаря её рекреационной привлекательности, стала объектом интереса инвесторов. Здесь активно разрабатываются и осуществляются проекты по развитию инфраструктуры, благоустройству пляжей, проведению берегозащитных мероприятий и т.д. Однако, нерациональное природопользование территории, в дальнейшем, приведёт к потере уникальных приморских ландшафтов, что негативно скажется на развитии курортного хозяйства этого региона. В таких условиях необходима и актуальна разработка рекомендаций по комплексному планированию сбалансированной хозяйственной деятельности, которая сохранит биологическое и ландшафтное разнообразие побережья г. Севастополя. Эффективным инструментом решения таких задач становится ландшафтный подход. Однако, как показывает анализ научной литературы, прослеживается тенденция включать в состав ландшафта следующие составляющие: природную, хозяйственную и социальную. В связи с чем, одним из актуальных направлений ландшафтных исследований является разработка представления о современных ландшафтах и теоретико-методологических подходах к их изучению [7, 10].

Для исследования современных ландшафтов в качестве модельного региона выбрано западное побережье г. Севастополя (от м. Коса Северная до м. Тюбек). Свообразие географического положения изучаемого побережья (на стыке

СОВРЕМЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВАСТОПОЛЯ

предгорных и равнинных ландшафтов Крыма в зоне взаимодействия суши и моря) обусловило, с одной стороны, высокую степень биологического и ландшафтного разнообразия, что требует определённого типа природопользования и охраны. С другой стороны, для побережья характерно наличие переходных черт природы, в результате чего природные комплексы становятся неустойчивыми под воздействием хозяйственной нагрузки.

В связи с чем, *цель работы* заключалась в изучении структуры и картографировании современных ландшафтов западного побережья г. Севастополя.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Западное побережье г. Севастополя (от м. Коса Северная до м. Тюбек) имеет протяженность береговой линии около 26 км (рис. 1).

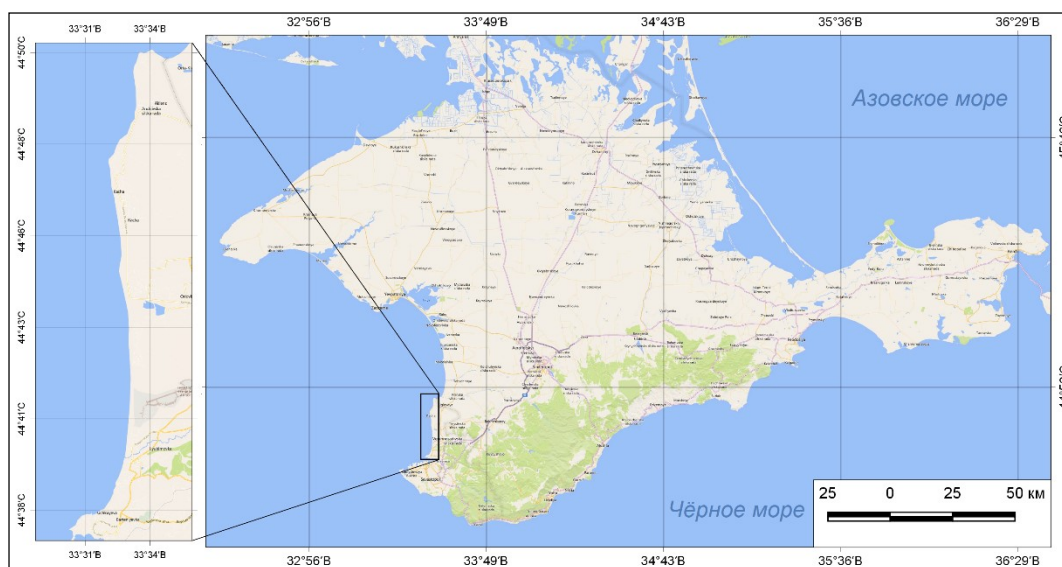


Рис. 1. Географическое положение западного побережья г. Севастополя.

Составлено авторами.

Береговая линия слабо изрезана, характерно субмеридиональное простираие, берег имеет западную экспозицию. Выравненность берега нарушается наличием мысов, образование которых связано с залеганием в их основании устойчивых к абразии пород песчаников, гравелитов и конгломератов, которые прослеживаются на дне на некотором расстоянии от берега [1]. Тип берега — абразионный, обвальноползневой. Берег сложен известняками среднего сармата и карангата, перекрытыми четвертичными аллювиальными пролювиально-глинисто-галечниковыми отложениями и красно-бурыми глинами. Для побережья характерна высокая динамичность процессов: абразионных, абразионно-гравитационных и абразионно-ползневых. Пляжи сложены песчано-гравийно-галечниковым материалом. Преобладает рекреационное и специальное (военное) природопользование.

Ландшафтная структура современных ландшафтов территории исследуемого побережья рассмотрена в виде двух составляющих – природной и хозяйственной. Для её изучения и описания использовали литературно-аналитический, картографический, аэрокосмический и ГИС методы. Собраны и проанализированы материалы полевых исследований (2019–2021 гг.), позволившие выявить особенности ландшафтной структуры и природопользования изучаемой территории, установить их пространственную локализацию. Картирование ландшафтной структуры территории (от м. Коса Северная до м. Тюбек) осуществлено с помощью программного пакета QGIS 2.18.

Ландшафты природной подсистемы зоны побережья нанесены в соответствии с ландшафтной картой г. Севастополя, составленной на уровне типов местности и урочищ (с корректировкой авторов) [2]. Карта-схему ландшафтной структуры территории разрабатывали на основе полевых исследований, материалов топографических и комплексных карт, космических снимков.

Для отображения хозяйственной подсистемы побережья составлена карта-схема типов природопользования. Для детализации карты применяли космические снимки и информацию, полученную при полевых исследованиях. При выделении классов и видов хозяйственных систем опирались на классификацию Е. А. Позаченюк [6]. Карта-схема современных ландшафтов получена с использованием метода наложения двух карт: карты природной и хозяйственной подсистем побережья.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Природная подсистема. Исследуемое побережье г. Севастополя расположено в предгорной зоне разнотравных степей, шибляковых зарослей, лесостепи и дубовых лесов в приморском ингрессионно-бухтовом, абразионно-гравитационном и оползневом ландшафтном поясе [2]. Выделено пять типов местностей, которые в зависимости от геолого-геоморфологических особенностей и антропогенной преобразованности дифференцированы на урочища (рис. 2).

Предгорная зона разнотравных степей, шибляковых зарослей, лесостепи и дубовых лесов. Приморский ингрессионно-бухтовый, абразионно-гравитационный и оползневой ландшафтный пояс.

Местность денудационно-эрозионных равнин, сложенных четвертичными и глинисто-четвертичными отложениями с разнотравно-ковыльно-типчаковыми степями на коричневых переходных и чернозёмных почвах (1) представлена на водораздельных пространствах от м. Коса Северная до м. Тюбек. В пределах равнин дифференциация происходит в зависимости от физико-географических условий (прежде всего геоморфологических), степени хозяйственной нагрузки и удалённости от бровки обрыва. Территория, испытывает высокую хозяйственную нагрузку за счёт тропиночно-дорожной сети, сельскохозяйственных угодий, строительства дач. В ландшафтной структуре этого типа местности выделено шесть урочищ (рис. 2.1).

От восточной границы памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс (ПАК) у мыса Лукулл» до м. Тюбек расположено урочище водораздельно-останцовых равнин с эгилопсово-типчаковыми и кострово-пырейными степями (1.1) (рис. 2.2).

СОВРЕМЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВАСТОПОЛЯ

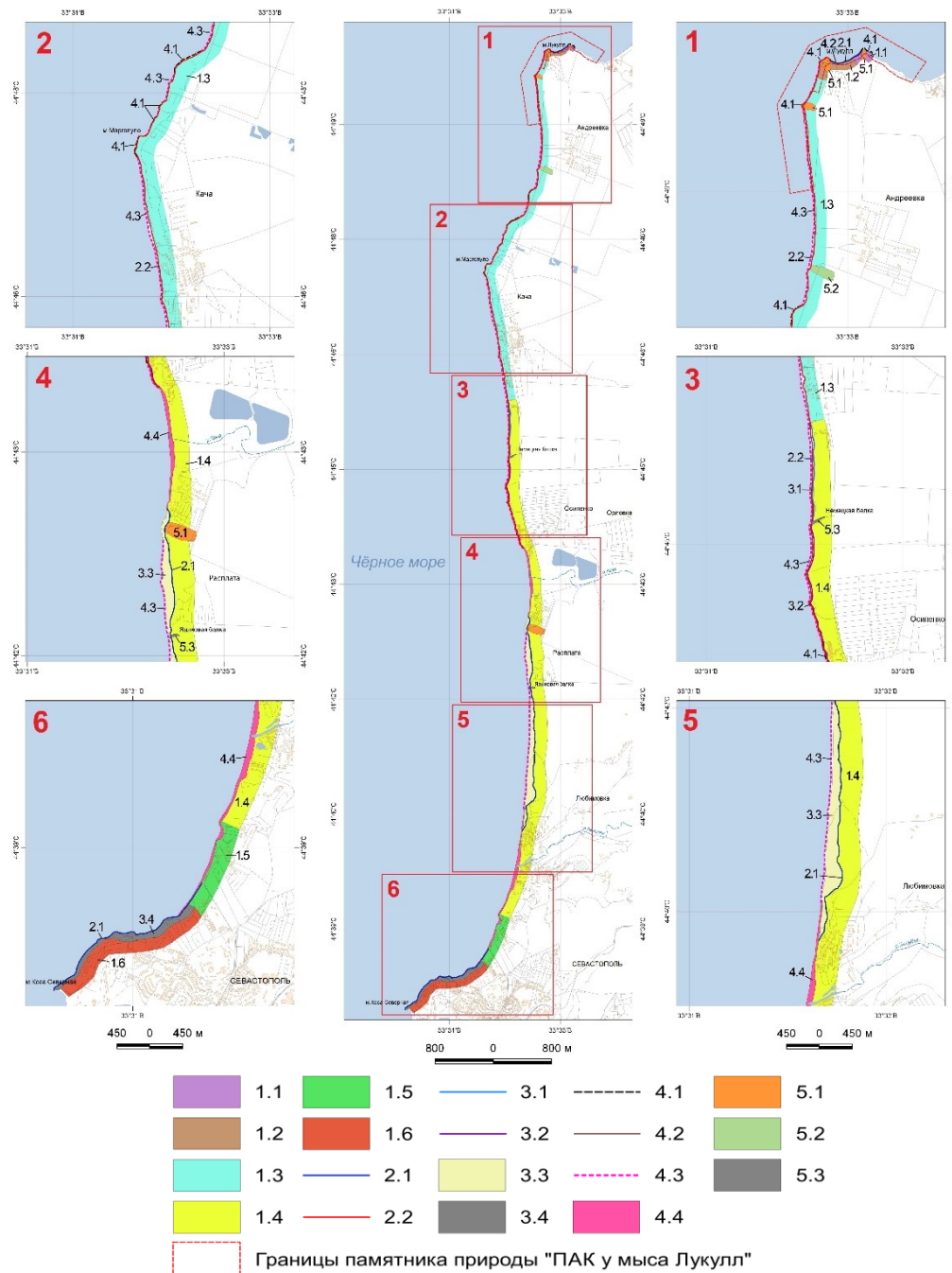


Рис. 2. Карта-схема природной подсистемы западного побережья г. Севастополя.
Составлено авторами.

Условные обозначения:

1. Денудационно-эрозионные равнины, сложенные четвертичными и глинисто-четвертичными отложениями с разнотравно-ковыльно-типчаковыми степями на коричневых переходных и черноземных почвах: 1.1 – водораздельно-останцовые равнины с эгилопсово-типчаковыми и кострово-пырейными степями; 1.2 – водораздельно-склоновые равнины с житняковой и ковыльно-типчаковой степями; 1.3 – водораздельно-склоновые равнины с житняковой степью; 1.4 – высокие аккумулятивные равнины, сложенные четвертичными и глинисто-четвертичными отложениями с полынно-житняковой и разнотравно-ковыльно-типчаковыми степями на коричневых почвах; 1.5 – аккумулятивные равнины с лесопарковой растительностью на насыпных почвах; 1.6 – антропогенно-преобразованные высокие структурные денудационные равнины с селитебной и рекреационной застройкой.

2. Активный клиф, выработанный в нижнечетвертичных песчанисто-гравийно-глинистых ритмично чередующихся отложениях: 2.1 – активный клиф с интенсивным развитием абразионно-гравитационных и оползневых процессов; 2.2 – активный клиф с интенсивным развитием абразионно-гравитационных процессов.

3. Крутые склоны, сложенные глинистыми отложениями на песчаных известняках с прибрежно-оползевой растительностью на коричневых почвах: 3.1 – крутые склоны с доминированием тростника южного; 3.2 – крутые склоны с растительными сообществами с преобладанием травянистых однолетников; 3.3 – крутые гравитационно-осыпные и оползневые ступенчатые склоны с фиашковским редколесьем; 3.4 – крутые гравитационно-осыпные и оползневые ступенчатые склоны с полудеральными сообществами.

4. Естественные пляжи с прибрежной растительностью: 4.1 – глыбовый навал; 4.2 – песчано-галечниковые пляжи с отдельными глыбами песчаника и конгломератов; 4.3 – прислоненные песчано-галечниковые пляжи; 4.4 – песчано-гравийно-галечниковые пляжи в устьях балок и рек с прибрежной растительностью; 4.5 – прислоненные галечниково-валунные пляжи с прибрежной растительностью.

Овражно-балочный с разнотравно-ковыльно-типчаковой степью на эродированных коричневых почвах: 5.1 – балочное с житняково-типчаковой степью; 5.2 – балочное с разнотравно-ковыльно-типчаковой степью и сельскохозяйственными угодьями; 5.3 – антропогенно-преобразованные балки с карьерами.

Характерна эгилопсово-типчаковая ассоциация с проективным покрытием 40-50%. Обильно встречается кощеря береговой (*Bromopsis riparia* (Rehmann) Holub), грудница мохнатая (*Galatella villosa* (L.) Rchb. f.), единично отмечены ковыль украинский (*Stipa ucrainica* P.A. Smirn.), ирис низкий (*Iris pumila*), лён Маршалла (*Linum marschallianum* Juz.) и др. В приречной части распространена ассоциация с доминированием пырея ползучего (*Elytrigia repens* (L.)).

Урочище водораздельно-склоновых равнин с житняковой и ковыльно-типчаковой степями (1.2) занимает площадь от м. Тюбек до Лукулльского маяка. В понижениях доминирует ковыльно-типчаковая ассоциация с мозаикой пятен грудничево-ковыльно-типчаковых, типчаково-грудничевых, васильково-полынных, на водоразделах преобладает житняковая степь с участками полынно-кострово-житняковой, а также обширными пятнами эгилопса двухдудимового (*Aegilops biuncialis* Vis.).

От Лукулльского маяка до посёлка городского типа (пгт.) Кача представлено урочище водораздельно-склоновых равнин с житняковой степью (1.3), где в

растительном покрове доминирует ассоциация житняка гребневидного (*Apropyrum pectiniforme*) с проективным покрытием 30-40% и обильным участием полыни австрийской (*Artemisia austriaca* Jacq.) и полыни крымской (*Artemisia taurica*). Пятнами отмечен ячмень луковичный (*Hordeum bulbosum* L.) и солнцезвезд иволистный (*Helianthemum salicifolium* (L.) Mill.). На блоках отседания зарегистрирована мозаичность травостоя: полынно-житняковые пятна с обилием овсяницы валлисской (*Festuca valesiaca*), синеголовника полевого (*Eryngium campestre* L.) и рапонтикоидеса Талиева (*Rhaponticoides taliewii*) чередуются с житняково-типчаковыми пятнами с обилием птицемлечника понтийского (*Ornithogalum ponticum* Zahar.).

Урочище высоких аккумулятивных равнин, сложенных четвертичными и глинисто-четвертичными отложениями с полынно-житняковой и разнотравно-ковыльно-типчаковыми степями на коричневых почвах (1.4) (рис. 2.3) занимает водораздельные пространства от пгт. Кача до микрорайона Любимовка. Обильно представлена ассоциация житняка гребневидного (*Apropyrum pectiniforme*), однако ассоциация нарушена с выраженной мозаичностью. Отдельные участки полынно-житняково-типчаковой ассоциации чередуются с полынно-кохиево-типчаковыми пятнами, где сильно выбит травостой, участками типично житняковой ассоциации. Проективное покрытие изменяется от 20 до 40-50%. Отмечены виды полыни австрийской (*Artemisia austriaca*) и полыни крымской (*Artemisia taurica*). Обильны виды, свидетельствующие о значительной деградации травостоя, такие как: синеголовник полевой (*Eryngium campestre*), цмин песчаный (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench), чертополох арабийский (*Carduus arabicus* Jacq.), чертополох крючковатый (*Carduus uncinatus* M. Bieb.), дазипирум мохнатый (*Dasypyrum villosum* (L.) P. Candargy), пупавка русская (*Anthemis ruthenica* M. Bieb.), мачок рогатый (*Glaucium corniculatum* (L.) Rudolph). В травостое единично отмечены рапонтикоидес Талиева (*Rhaponticoides taliewii*), дубровник беловойлочный (*Teucrium polium* L.), дубровник обыкновенный (*Teucrium chamaedrys* L.), кострец береговой (*Bromopsis riparia*), астрагал эспарцетовый (*Astragalus onobrychis* L.), василёк салоникийский (*Centaurea salonitana* Vis.).

Урочище аккумулятивных равнин с лесопарковой растительностью (1.5) расположено в районе микрорайона Учкеевка. Растительность трансформирована хозяйственной деятельностью человека, разбит парк, где встречаются более 100 видов растений. Лесопарковая растительность представлена следующими видами: сосна Палласова (*Pinus pallasiana* D. Don), миндаль обыкновенный (*Amygdalus communis* L.), робиния лжеакация, (*Robinia pseudoacacia* L.), гледичия трехколючковая (*Gleditsia triacanthos* L.), ясень высокий (*Fraxinus excelsior* L.), кипарис вечнозелёный (*Cupressus sempervirens* L.) и др.

Урочище антропогенно-преобразованных высоких структурных денудационных равнин с селитебной и рекреационной застройкой (1.6) занимает водораздельные пространства от м. Коса Северная до м. Толстого. В настоящее время урочище сильно преобразовано хозяйственной деятельностью и занято конструктивными ландшафтами (селитебные, рекреационные и т.д.). Естественная растительность

представлена сообществами лоха узколистного (*Elaeagnus angustifolia* L.) и ежевики сизой (*Rubus caesius* L.) с участками петрофитной степи.

Ландшафты с естественной степной растительностью представляют ценность как остатки сохранившихся естественных степей Крыма, тем более что эти участки степи располагаются на морском побережье в зоне контакта моря и суши и являются индикатором происходящих динамических процессов.

Местность *активных клифов, выработанных в нижнечетвертичных песчанисто-гравийно-глинистых ритмично чередующихся отложениях* типична для всего исследуемого побережья (2). Особенностью этого типа местности является высокая динамичность абразионно-гравитационных процессов. Вследствие активного развития динамических процессов наземная растительность практически отсутствует. Встречаются заросли тростника южного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.). Выделено два урочища: активный клиф с интенсивным развитием абразионно-гравитационных и оползневых процессов (2.1) и активный клиф с интенсивным развитием абразионно-гравитационных процессов (2.2) (рис. 2.4). Развитие динамических процессов усиливается в результате хозяйственной нагрузки на прилегающую территорию. Этот тип местности представляет научный интерес, так как является естественным полигоном для изучения динамики абразионного разрушения побережья.

Местность *крутых склонов, сложенных глинистыми отложениями на песчаных известняках с прибрежно-оползневой растительностью на коричневых почвах* (3). Урочище крутых склонов с доминированием тростника южного (3.1) отмечено на обвальном-оползневых склонах в районе побережья пгт Кача — Немецкая балка. В летний период зелёный аспект образует тростник южный (*Phragmites australis*). На склонах от Немецкой балки до села Орловка формируется урочище крутых склонов, где представлено сообщество из травянистых однолетников (3.2). Летом основной растительный покров образует репник морщинистый (*Rapistrum rugosum* (L.) All.).

Урочище крутых гравитационно-осыпных и оползневых ступенчатых склонов с фисташковым редколесьем (3.3) занимает побережье от устья реки Кача до пляжа микрорайона Любимовка. Для древесного яруса характерны фисташка туполистная (*Pistacia tatica* Fisch. & C.A. Mey.), лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia*), вяз малый (*Ulmus minor* Mill.). Подлесок образован жасмином кустарниковым (*Jasminum fruticans* L.), скумпией кожевенной (*Cotinus coggygria* Scop.), ежевикой сизой (*Rubus caesius*), сумахом дубильным (*Rhus oritaria* L.). В травяном ярусе представлены полынь крымская (*Artemisia taurica*), пырей узловатый (*Elytrigia nodosa* (Nevski) Nevski), солонечник мохнатый (*Galatella villosa* L.) Rchb. f.) и др.

Урочище крутых гравитационно-осыпных и оползневых ступенчатых склонов с полурудеральными сообществами (3.4) (рис. 2.5). Растительность представлена сообществами гемикриптофитов сухих экотопов и сообществами денудационных склонов с участием пырея среднего (*Elytrigia intermedia* (Host) Nevski), ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.), резака обыкновенного (*Falcaria vulgaris* Bernh.), сердечницы крупковидной (*Cardaria draba* (L.) Desv.), латука татарского (*Lactuca tatarica*) и др. На склоне чередуются участки с травяными сообществами пырея удлиненного

(*Elymus elongatus* (Host) Nevski), древесно-кустарниковыми сообществами лоха узколистного (*Elaeagnus angustifolia*) и айланта высочайшего (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle). Над пляжем «Толстяк» на крутом склоне высажен метельник ситниковый (*Spartium junceum* L.), также встречаются виды, такие как барвинок большой (*Vinca major* L.), подсолнечник клубненосный (*Helianthus tuberosus* L.), алтей туринский (*Althaea taurinensis* DC.), купырь лесной (*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm.), ива вавилонская (*Salix babylonica* L.). На мысе Коса Северная сохранилась узкая полоса петрофитных степей с хвойником двухколосковым (*Ephedra distachya* L.), горошком двоякоплодным (*Vicia amphicarpa* Lam.) и др.

Вдоль клифа фрагментарно расположена местность естественных пляжей (4). Урочище глыбового навала (4.1) приурочено к мысам Тюбек, Лукулл, Вай-Вай, Маргопуло и ряду небольших мысов, расположенных вдоль изучаемого побережья. Характерны выходы коренных пород, сложенных песчаниками, гравелитами и конгломератами. Между мысами формируются урочища песчано-галечникового пляжа с отдельными глыбами песчаника и конгломератов (4.2) и прислонённых песчано-галечниковых пляжей (4.3) (рис. 2.5). Местами встречаются сообщества облигатных пионерных сообществ песчано-галечниковых пляжей с участием катрана приморского (*Crambe pontica* L.), латука татарского (*Lactuca tatarica*), тростника южного (*Phragmites australis*) и ячменя заячьего (*Hordeum leporinum* Link).

Урочище прислонённых галечниково-валунных пляжей с прибрежной растительностью (4.4) (рис. 2.6) характерно для побережья от м. Тюбек до м. Толстый. Встречаются такие прибрежные виды, как критмум морской (*Crithmum maritimum* L.), катран приморский (*Crambe maritima*), морская горчица черноморская (*Cakile euxina* Pobed.), латук татарский (*Lactuca tatarica*), бодяк седой (*Cirsium incanum* (S.G. Gmel.) Fisch.), качим пронзённолистный (*Gypsophila perfoliata* L.), солянка сорная (*Salsola tragus* L.).

Урочище песчано-гравийно-галечниковых пляжей в устьях балок и рек с прибрежной растительностью (4.5). В устьевой части рек Кача и Бельбек сформировались песчаные пляжи с псаммофитной растительностью. На пляжах встречаются катран приморский (*Crambe maritima*), аргузия сибирская (*Argusia sibirica* (L.) Dandy), морская горчица черноморская (*Cakile euxina*), латук татарский (*Lactuca tatarica*), бодяк седой (*Cirsium incanum*), качим пронзённолистный (*Gypsophila perfoliata*), солянка сорная (*Salsola tragus*). В устьевой части рек отмечены сообщества гидрофильных видов — хвоща большого (*Equisetum telmateia* Ehrh.). Формируются редкие своеобразные и специфические галофитные и псаммофитные растительные сообщества, которые охраняются на региональном, государственном и международном уровне, такие как мачок жёлтый (*Glaucium flavum* Crantz), синеголовник приморский (*Erynium maritimum* L.), катран приморский (*Crambe maritima*), морская горчица черноморская (*Cakile euxina*) и др. Однако, естественная растительность уничтожается при сооружении объектов рекреационной инфраструктуры.

Особую природоохранную ценность имеют ландшафты прибрежных псаммофитных сообществ песчаных дюн, так как выполняют барьерную функцию, защищают от ветровой эрозии, сгонов и штормов. Ландшафты пляжей обладают

высоким природным и рекреационным потенциалом, что требует их не только сохранения, но и нормирования рекреационной нагрузки.

Овражно-балочный тип местности с разнотравно-ковыльно-типчаковой степью на эродированных коричневых почвах (5). Овражно-балочная сеть дренирует равнины и спускается к пляжам. Доминирует ковыльно-типчаковая ассоциация с мозаикой пятен грудницево-ковыльно-типчаковых, типчаково-грудницевых васильково-полынных. В травостое отмечены следующие виды разнотравья: кострец береговой (*Bromopsis riparia* (Rehmann) Holub), синеголовник полевой (*Eryngium maritimum*), восковник малый (*Cerinth minor* L.), василёк бесплодный (*Centaurea sterilis* Steven), репник морщинистый (*Rapistrum rugosum*), железница горная (*Sideritis montana* L.), лён чешуйчатый (*Linum squamulosum* Rudolphi ex Willd.), наголоватка Регнера (*Jurinea roegneri* K. Koch), солнцезвезд иволлистный (*Helianthemum salicifolium* (L.) Mill.), птицемлечник понтийский (*Ornithogalum ponticum* Zahar.), небольшие участки пырея ползучего (*Elytrigia repens* (L.) Nevski). Выделены урочища: балочное с житняково-типчаковой степью (5.1); балочное с разнотравно-ковыльно-типчаковой степью с сельскохозяйственными угодьями (5.2) и антропогенно-преобразованные балки с карьерами (5.3).

Показательно, что овражно-балочная сеть является экологическим коридором регионального уровня, который связывает ландшафты предгорного и равнинного Крыма, по которому осуществляется миграция флоры и фауны.

Структура и характер **хозяйственной подсистемы** западного побережья г. Севастополя отличается полифункциональным использованием (рис. 3), что обусловлено специализацией региона и историей его развития.

Селитебную зону составляют, в основном, городские территории г. Севастополя, небольшие сёла и посёлки городского типа (Андреевка, Кача, Орловка, Любимовка, Учкеевка), также дачные участки, расположенные в пригородной зоне города. Между населёнными пунктами располагаются сельскохозяйственные ландшафты. Наибольшую площадь занимают виноградники, что связано со специализацией района – виноделием. Сельскохозяйственные угодья представлены садами, но они занимают небольшие территории. Часть сельскохозяйственных земель, которые не обрабатываются в настоящее время, представляют собой производные (дигрессионно-ренатуризованные) геосистемы. В состав водохозяйственного комплекса входят пруды, а также гидротехнические сооружения в районе села Орловка. В исследуемом районе достаточно хорошо развита дорожно-транспортная сеть. Хозяйственная подсистема включает коммунально-складские сооружения (очистные сооружения, кладбища, свалки и склады). Горнодобывающая промышленность по добыче песка, гальки и гравия представлена двумя карьерами в районе Немецкой и Языковой балок. Специальное (военное) природопользование занимает значительные площади изучаемой территории в районе мысов Лукулл и Коса Северная, пгт. Кача и микрорайона Любимовка.

СОВРЕМЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВАСТОПОЛЯ

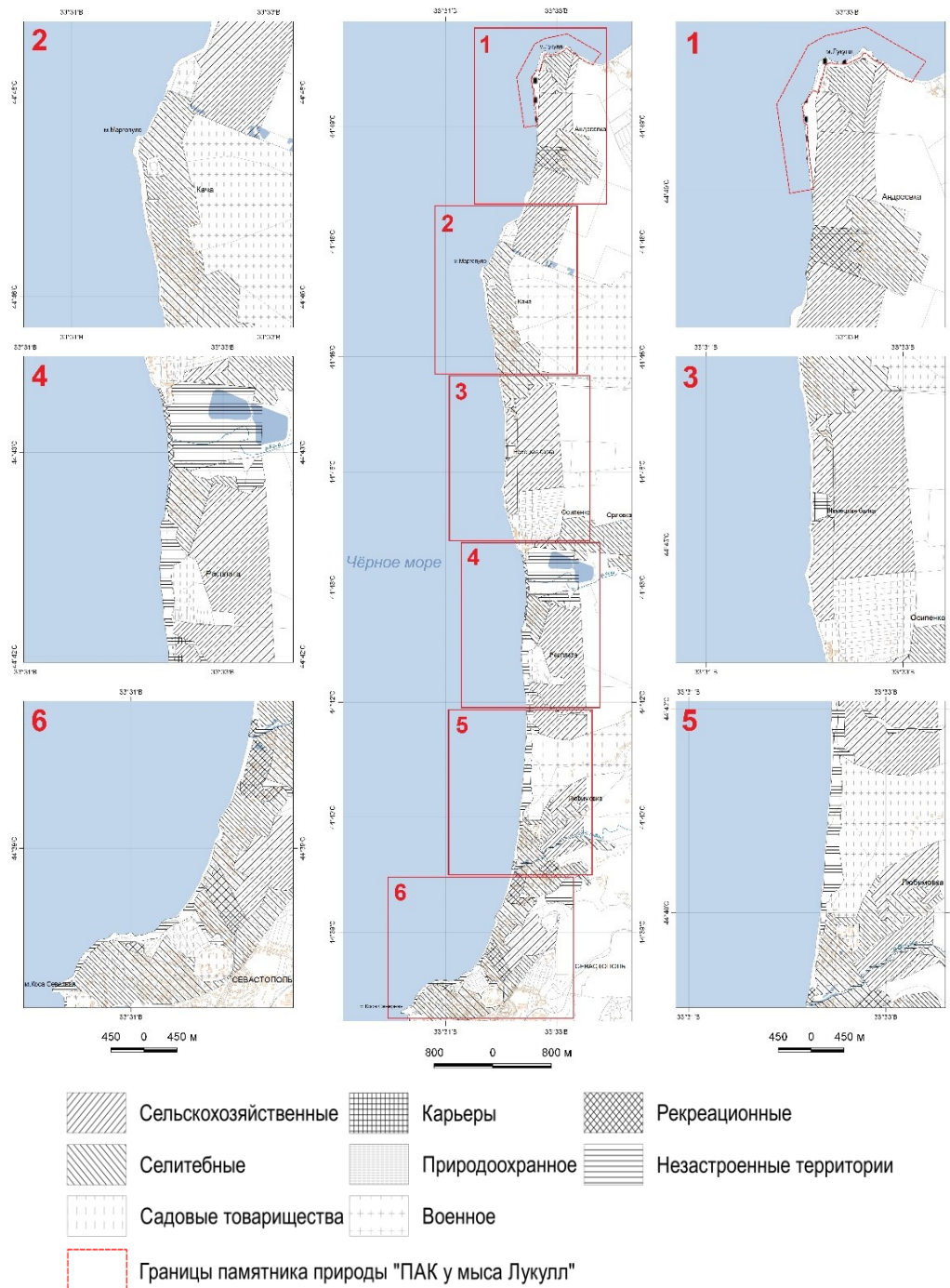


Рис. 3. Хозяйственная подсистема западного побережья г. Севастополя.
Составлено авторами.

Важное место в хозяйственной подсистеме занимает рекреационное хозяйство. К объектам рекреационных комплексов относятся дачи, базы отдыха, детские учреждения отдыха, частные гостиницы и другие туристические объекты («Наш Парус», «Любоморье», турбаза им. Мокроусова и др.).

Для рекреационного природопользования характерен наиболее сложный комплекс различных объектов, каждый из которых предъявляет разные требования к природным свойствам геосистем. Высокая рекреационная нагрузка характерна для песчано-галечниковых пляжей, которые активно используются для купально-пляжного отдыха.

Природоохранное природопользование представлено памятником природы регионального значения «ПАК у мыса Лукулл». В 1972 г. Решением Крымского облисполкома от 22.02.1972 г. № 97 был создан гидрологический памятник природы местного значения «ПАК у мыса Лукулл», как «природный эталон взаимодействия моря и суши в условиях речного наноса». Постановлением Правительства г. Севастополя от 25.05.2015 г. № 417-ПП «Об утверждении перечня особо охраняемых природных территорий регионального значения, расположенных в г. Севастополе», переименован в гидрологический памятник природы регионального значения «ПАК у мыса Лукулл».

Современные ландшафты исследуемого побережья отличаются достаточно сложной структурой и высокой мозаичностью, что обусловлено как особенностями природных условий, так и степенью антропогенной нагрузки. Антропогенное использование территории, с одной стороны, упрощает исходную ландшафтную структуру за счёт высокой степени преобразованности ландшафтов и снижения ландшафтного разнообразия, с другой — увеличивает мозаичность ландшафтной структуры, что снижает организацию современных ландшафтов, вследствие антропогенной нагрузки и наличия сельскохозяйственных, селитебных, рекреационных, дорожно-транспортных и иных комплексов. Эти процессы приводят к тому, что территория достаточно мозаичная (пёстрая), но в тоже время, имеет более низкую степень организации в сравнении с исходным природным состоянием. Сложившуюся структуру ландшафтов отражает карта современных ландшафтов западного побережья, представленная на рисунке 4.

Анализ современной ландшафтной структуры западного побережья г. Севастополя, показал, что подавляющее большинство естественных ландшафтов в той или иной степени преобразованы хозяйственной деятельностью человека. Очевидно, их можно отнести к производным. Тем не менее, на исследуемой территории отмечены виды, которые внесены в Красную книгу г. Севастополя (ККС) [4], такие как, рапонтикоидес Талиева (*Rhaponticoides taliewii*), бельвалия великолепная (*Bellevalia speciosa* Woronov ex Grossh), ковыль волосатик (*Stipa capillata*), ковыль понтийский (*Stipa pontica* P. Smirn), ковыль Лессинга (*Stipa lessingiana*), катран шершавый (*Crambe aspera* M. Bieb), ирис низкий (*Iris pumila* L.). Кроме этого, представлены редкие виды для Севастопольского региона – морковница прибрежная (*Astrodaucus littoralis* (M. Bieb.) Drude), углостебельник красноватый (*Goniolimon rubellum* (S.G.Gmel.) Klokov), гвоздика ложноармериевидная (*Dianthus pseudarmeria* M. Bieb.) [5].

СОВРЕМЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВАСТОПОЛЯ

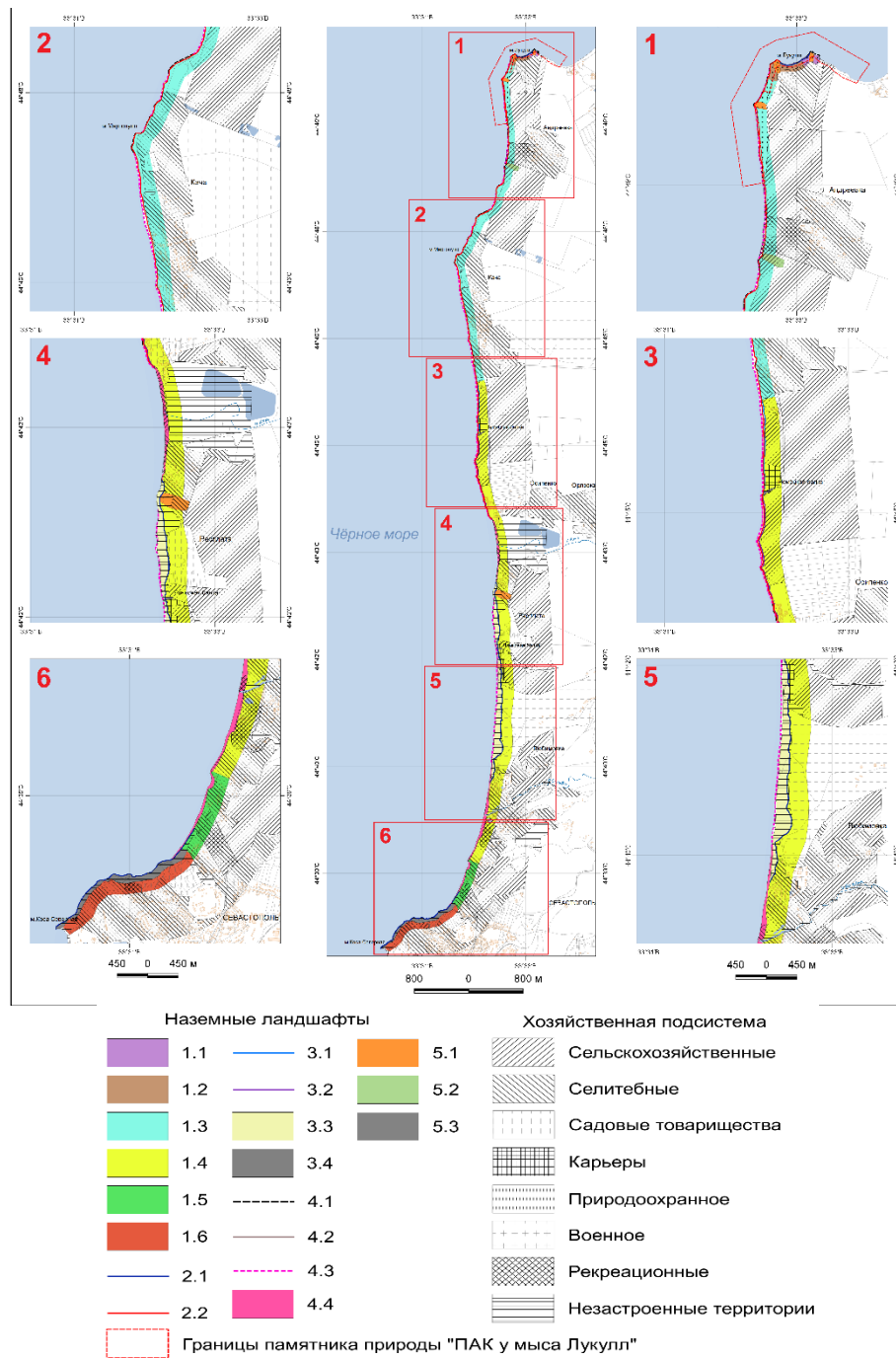


Рис. 4. Карта-схема современных ландшафтов западного побережья г. Севастополя. Условные обозначения соответствуют рисунку 2 и 3.

Составлено авторами.

Наибольшее разнообразие современных ландшафтов характерно для местности денудационно-эрозионных равнин, сложенных четвертичными и глинисто-четвертичными отложениями с разнотравно-ковыльно-типчачовыми степями на коричневых переходных и чернозёмных почвах (1), в пределах которой расположились конструктивные ландшафты. Ландшафты активных клифов (2) и крутых обвально-оползневых склонов (3) отличаются неустойчивостью и малопригодны для хозяйственной деятельности. Овражно-балочный (4) тип местности преобразован хозяйственной деятельностью. Значительно реже встречаются слабопреобразованные ландшафты. Они сохранились лишь на участках побережья памятника природы «ПАК у мыса Лукулл», представляя определённую стадию ренатурализации естественных ландшафтов [3]. Природоохранную ценность имеют ландшафты естественных пляжей с прибрежной растительностью (4). Однако, в последнее время отмечена высокая неорганизованная рекреационная нагрузка на пляжи, особенно на побережье от пгт. Кача до Немецкой балки.

В целом, современные ландшафты исследуемой береговой зоны выполняют не только средообразующие функции, но и отличаются аттрактивностью. В сложившихся условиях сохранение естественных береговых ландшафтов будет направлено на сохранение уникальности территории в ландшафтном и биоценоотическом отношениях, как элемента экологической сети г. Севастополя и Крыма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные ландшафты западного побережья г. Севастополя представлены в виде двух подсистем — природной и хозяйственной. Для изучения природной подсистемы исследуемого побережья проведено её картирование и описание ландшафтной структуры на уровне типов местностей и урочищ. Выявлено, что в природной подсистеме исследуемого побережья преобладают ландшафты крутых склонов и пляжей. Отмечено, что эти ландшафты отличаются неустойчивостью, в связи с высокой динамичностью абразионных, абразионно-гравитационных и абразионно-оползневых процессов.

Изучена структура хозяйственной подсистемы западного побережья г. Севастополя: составлена карта и описаны основные типы природопользования. Характерно, что наибольшие площади изучаемой территории заняты под сельскохозяйственные угодья и рекреационные объекты.

Современные ландшафты западного побережья г. Севастополя отличаются достаточно сложной структурой, что обусловлено как особенностями природных условий, так и степенью антропогенной нагрузки. Под влиянием антропогенного прессинга снижается ландшафтное разнообразие природной подсистемы, но увеличивается мозаичность современных ландшафтов, что в целом снижает уровень организации ландшафтов побережья. Показано, что все представленные ландшафты исследуемой территории в разной степени преобразованы хозяйственной деятельностью, но при этом отличаются флористическим своеобразием и выполняют средообразующие функции. Однако, незначительное преобладание

СОВРЕМЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВАСТОПОЛЯ

стабилизирующих ландшафтов способствует неустойчивости побережья, что приведёт к уменьшению площади пляжей, активизации гравитационных процессов, разрушению и отступанию берега, сокращению ландшафтного и биологического разнообразия, снижению рекреационной привлекательности. В связи с чем, антропогенная нагрузка на ландшафты западного побережья должна быть регламентирована.

Полученные результаты могут быть использованы при организации природоохранной деятельности, формировании объектов особо охраняемых природных территорий, экологической сети, а также в территориальном, ландшафтном и иных видах планирования западного побережья г. Севастополя.

Благодарности. Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИМБИ (гос. рег. № АААА-А18-118021350003-6). Госзадание ФГБУН МГИ «Прибрежные исследования» (№ 0555-2021-0005).

Список литературы

1. Горячкин Ю. Н., Долотов В. В. Морские берега Крыма. Севастополь: ООО «КОЛОРИТ», 2019. 256 с.
2. Позаченюк Е. А. Панкеева Т. В. Геоэкологическая экспертиза административных территорий. Большой Севастополь. Симферополь: Бизнес-Информ, 2008. 296 с.
3. Мильчакова Н. А., Александров В. А., Бондарева Л. В., Панкеева Т. В., Чернышева Е. В. Морские охраняемые акватории Крыма. Симферополь: Н. Оріанда, 2015. 312 с.
4. Красная книга города Севастополя. Севастополь: ИД «РОСТ-ДООАФК», 2018. 432 с.
5. Особо охраняемые природные территории Севастополя / Гл. упр. природ. ресурсов и экологии города Севастополя; редкол.: Ю. А. Гаврилова (пред.), Е. И. Голубева, Е. А. Позаченюк. Симферополь: Ариал, 2020. 140 с.
6. Позаченюк Е. А. Экологическая экспертиза: природно-хозяйственные системы. Симферополь, 2003. 473 с.
7. Позаченюк Е. А., Агиенко А. А. Современные ландшафты территории Алуштинского амфитеатра // Геополитика и экогеодинамика регионов. Том 3 (13). Вып. 2. 2017 г. С. 5–15.
8. Позаченюк Е. А., Панкеева Т. В., Панкеева А. Ю. Современные ландшафты природного заказника «Байдарский» // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. Т. 6 (72). № 1. 2020. С. 144–155.
9. Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий: Монография // Научный редактор Е. А. Позаченюк. Симферополь: Бизнес-Информ, 2009. 672 с.
10. Скребец Г. Н., Быстрова Н. В. Современные ландшафты Юго-Восточного Крыма // Геополитика и экогеодинамика регионов Т.10. № 2. 2014. С. 771–774.

MODERN LANDSCAPES OF THE WESTERN COAST OF SEVASTOPOL

Pankeeva T.V.¹, Mironova N.V.², Parkhomenko A.V.³

^{1,2}Kovalevsky Institute of Marine Biological Research, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russian Federation, ³Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russian Federation

E mail: ¹tatyanapankeeva@yandex.ru, ²dr.nataliya.mironova@yandex.ua,

³avparkhomenko52@gmail.com

Modern landscapes of the western coast of Sevastopol are presented in the form of natural and economic subsystems. To study the natural subsystem of the investigated coast, its mapping and description of the landscape structure at the level of types of terrains and tracts were carried out. It was revealed that landscapes of steep slopes and beaches prevail in the natural subsystem of the investigated coast. It is noted that these landscapes are unstable due to the high dynamics of abrasion, abrasion-gravity and abrasion-landslide processes. The structure of the economic subsystem of the western coast of Sevastopol has been studied: a map has been drawn up and the main types of nature management have been described. It is characteristic that the largest areas of the study area are occupied by agricultural land and recreational facilities.

Modern landscapes of the western coast of Sevastopol are distinguished by a rather complex structure, which is due to both the peculiarities of natural conditions and the degree of anthropogenic pressure. It is shown that all the landscapes presented in the study area have been transformed to varying degrees by economic activity, but at the same time they are distinguished by floristic originality and perform environment-forming functions. In this connection, the anthropogenic load on the landscapes of the western coast should be regulated.

The results obtained can be used in the organization of nature protection activities, the formation of protected areas, ecological network, as well as in the territorial, landscape and other types of planning of the western coast of Sevastopol.

Keywords: natural subsystem, economic subsystem, landscape, nature management.

References

1. Goryachkin Yu. N., Dolotov V. V. Morskije berega Kryma (Sea Coasts of Crimea). Sevastopol: Colorit, 2019. 256 p. (in Russ.)
2. Pozachenyuk E. A. Pankeeva T. V. Geoe'kologicheskaya e'kspertiza administrativny'x territorij. Bol'shoj Sevastopol'. (Geoecological examination of administrative territories. Big Sevastopol) Simferopol': Biznes-Inform, 2008. 296 p. (in Russ.).
3. Milchakova N. A., Aleksandrov V. A., Bondareva L. V., Pankeeva T. V., Chernysheva E. V. Morskije okhraniaemye akvatorii Kryma (Marine protected areas of Crimea). Simferopol: N. Orianda, 2015. 312 p. (in Russ.).
4. Krasnaia kniga goroda Sevastopolia (The Red Book of the Sevastopol). Sevastopol: ID «ROST-DOAFK», 2018. 432 p. (in Russ.).
5. Osobo okhraniaemye prirodnye territorii Sevastopolia (Specially protected natural territories of Sevastopol) / Gl. upr. prirod resursov i ekologii goroda Sevastopolia redkol; IU. A GavriloVA pred. E. I. Golubeva, E. A. Pozacheniuk. Simferopol: Arial, 2020. 140 p. (in Russ.).
6. Pozachenyuk E. A. E'kologicheskaya e'kspertiza: prirodno-xozyajstvenny'e sistemy'. (Ecological expertise: natural and economic systems) Simferopol', 2003. 473 p. (in Russ.).
7. Pozacheniuk E. A., Agienko A. A. Sovremennye landshafty territorii Alushtinskogo amfiteatra (Modern landscapes of the territory of the Alushta Amphitheater) // Geopolitika i ekogeodinamika regionov. T. 3 (13). no. 2. 2017. pp. 5–15. (in Russ.).
8. Pozacheniuk E. A., Pankeeva T. V., Pankeeva A. IU., Sovremennye landshafty prirodnogo zakaznika Baidarskii (Modern landscapes of the Baydarsky Nature Reserve) // Uchenye zapiski Krymskogo

- federalnogo universiteta imeni V I Vernadskogo. Geografiia. Geologiya. T. 6 (72). № 1. 2020. pp. 144–155. (in Russ.).
9. Sovremennye landshafty Kryma i sopredel'nyh akvatorij (Modern landscapes of the Crimea and adjacent water areas): Monografiya // Nauchnyj redaktor E. A. Pozachenyuk. Simferopol': Biznes-Inform, 2009. 672 p. (in Russ.).
 10. Skrebets G. N., Bystrova N. V. Sovremennye landshafty IUgo-Vostochnogo Kryma (Modern landscapes of the Southeastern Crimea) // Geopolitika i ekogeodinamika regionov. T.10. № 2. 2014. pp. 771–774. (in Russ.).

Поступила в редакцию 23.10.2021 г.

УДК 910.3:556.53 (477.75)

ЛАНДШАФТНО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ РЕЧНЫХ ЛАНДШАФТОВ АЛУШТИНСКОГО АМФИТЕАТРА

Позаченюк Е. А.¹, Тимченко З. В.², Кутикова Е. В.³

^{1,3}Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация, ² Крымская гидрогеолого-мелиоративная экспедиция, Симферополь, Российская Федерация

E mail: 'pozachenyuk@gmail.com

На основании ландшафтно-гидрологического подхода изучены речные ландшафты Алуштинского амфитеатра (Республика Крым). Речные ландшафты рассматриваются как ландшафты бассейна реки. Приведена ландшафтная карта Алуштинского амфитеатра. Выделены низкогорный и среднегорный ландшафтный уровень, две ландшафтные зоны, четыре пояса и 36 местностей. Приводится описание основных водотоков, протекающих по территории Алуштинского амфитеатра – реки Вереси, Улу-Узень, Демерджи и б. Баар-дере, определены их гидрографические и гидрологические характеристики, в т.ч. при отсутствии данных наблюдений.

Ключевые слова: ландшафтно-гидрологический подход, Алуштинский амфитеатр, водоток, р. Вереси, б. Баар-дере, р. Улу-Узень, р. Демерджи.

ВВЕДЕНИЕ

Начиная с середины 50-х гг. прошлого века активно развивается ландшафтно-типологическое направление исследований речных долин [1]. Несколько позже — позиционно-динамические и позиционно-генетические ландшафтные исследования, связанные не только с поймой и террасами рек, но и речными склонами [2], т.е. к речным ландшафтам относятся ландшафты бассейна реки [3, 4, 5, 6, 7, 8]. В последние годы все чаще используется подход к выделению речных ландшафтов исходя из их бассейнов, включая геоинформационное моделирование [9, 10, 11].

Бассейново-ландшафтный подход к природопользованию, активно развивающийся со середины 80-х годов XX века [12, 13].

Пожалуй, наиболее полно интегрирует ландшафтное и гидрологическое направление — ландшафтно-гидрологический подход в исследовании речных ландшафтов. Ландшафтно-гидрологический подход дает возможность более полно изучать ландшафты бассейна реки, а также речной сток и другие гидрографические и гидрологические характеристики реки в зависимости от ландшафтной структуры ее бассейна. На основании ландшафтно-гидрологического подхода целесообразно организовывать природоохранные мероприятия и мероприятия, направленные на сохранение и увеличение речных ресурсов [14, 15, 16].

В исследовании речных ландшафтов Крыма ландшафтно-гидрологический подход используется впервые.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Написание статьи базируется на группе методов общеполитических: анализ, синтез, индукция, дедукция, аналогия, аксиоматизация, формализация, абстрагирование; общенаучных: картографический, исторический, математический,

экологический; конкретно-научных: ландшафтное картографирование с применением дистанционных данных и ГИС-технологий с использованием программного комплекса ArcView 3.2a, а также материалов систематизации имеющихся данных наблюдений и их статистической обработки с применением методов гидрологических расчётов при отсутствии данных наблюдений [16].

Информация о реках Крыма в литературных источниках практически отсутствует. Некоторые сведения приводятся в [17, 18], отдельные результаты приводятся в работах [19, 20, 21, 22].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Авторы к речным ландшафтам относят ландшафты бассейна реки. При этом, в зависимости от цели исследования, можно использовать несколько моделей речных ландшафтов: морфологическую, парагенетическую, парадинамическую, эоцентрически-сетевую, бассейновую. В данной работе применяется морфологическая модель ландшафтов Алуштинского амфитеатра.

Алуштинский горно-приморский амфитеатр располагается в пределах мегантиклинария Горного Крыма, является одним из самых обширных на Южном Берегу Крыма (ЮБК). Его окружают горы Главной горной гряды и их отроги: с юго-запада — Кастель (439 м), с северо-запада — Бабуган-яйла (1545 м), на северо-востоке — Чатыр-Даг (1527 м), на востоке — Демерджи (1359 м).

Прилегающая к речным долинам местность характеризуется в верхнем течении горным, в среднем и нижнем течениях — крупнохолмистым и холмистым рельефом. Долины рек в верхнем течении имеют вид ущелий, затем становятся V-образными, в нижнем течении трапециевидные или ящикообразные. Их склоны незаметно переходят в склоны окружающих гор и холмов, в нижнем течении склоны долины заняты постройками и сельхозугодиями, сложены глинистыми грунтами, местами подвержены размыву и изрезаны балками. Современные геологические процессы, характерные для долин, — эрозия склонов, оползни, сели. Пойма встречается в нескольких местах на коротких участках, большей частью в устьях боковых балок, водами которых она затопляется во время паводков. Пойма двусторонняя сложена аллювиальными отложениями, выносимыми по балкам в долину. Мощность аллювия 1–40 м. Русла рек слабо извилистые. В истоке практически не выражены, ниже берега крутые, глинисто-сланцевые и глинистые, местами галечные с крупными валунами. Дно русел галечно-каменистое, местам глинистое, в устье — гравелистое, сильно размываемое. Во время паводков реки несут большое количество взвешенных и влекомых по дну наносов. По территории города русла рек взяты в трубы или спрямлены, берега укреплены бетоном.

Ландшафтная структура Алуштинского амфитеатра достаточно разнообразна, что связано с изменением ландшафтов в широтном и долготном направлениях. Своеобразие ландшафтов данной территории выделяет их в системе ландшафтов всего Южного берега Крыма и определяет относительно высокое разнообразие ландшафтов. Изучение ландшафтной структуры амфитеатра производилось на

основе ландшафтной карты Алуштинского амфитеатра, выполненной с помощью программного пакета ArcView 3.2a (рис. 1). Карта составлена на уровне местностей, рабочий М 1:50000. Все ландшафты изучаемой территории относятся к низкогорному и среднегорному ландшафтному уровню южного макросклона Главной гряды Крымских гор. Выражено две ландшафтные зоны, четыре пояса и 36 местностей. Наряду с высотной поясной дифференциацией ландшафтов наблюдается их изменение с запада на восток, что обусловлено позиционным положением, неоднородностью рельефа и геологического строения.

По территории Алуштинского амфитеатра протекают четыре водотока (с запада на восток) — р. Вереси, б. Баар-дере, рр. Улу-Узень и Демерджи.

По водоразделу между реками Улу-Узень и Демерджи проходит условная граница между западной и восточной частями ЮБК. Основные гидрографические характеристики водотоков, определённые по картам М 1:25000, представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Основные гидрографические характеристики

Характеристики	Водотоки			
	р. Вереси	б. Баар-Дере	р. Улу-Узень	р. Демерджи
Длина, км	5,7	2,12	12,0	13,6
Средний уклон, м/км	155	122	67	70
Площадь водосбора, км ²	6,51	1,43	75,7	55,4
Средняя высота водосбора, м	330	110	600	450
Средний уклон водосбора, м/км	265	268	219	66
Лесистость, %	80	85	64	26

Составлена авторами.

Река Вереси (Кастель), начинается на юго-восточных склонах Бабуган-яйлы, г. Кучук-Урага. В нижнем течении протекает по территории Профессорского уголка. Длина 5,7 км; площадь водосборного бассейна — 6,51 км².

Балка Баар-дере (Весенняя), за исток принята точка земной поверхности на высоте 200 м. Водоток представляет собой, по сути, сухой овраг, который образуется от слияния сухих балок на южных склонах горного хребта, соединяющего хребет Чамны-Бурун с Орлиной горой (171,6 м). В среднем и нижнем течении река взята в трубы и протекает под землей. Длина балки — 2,12 км, площадь водосборного бассейна — 1,43 км².

Река Улу-Узень (Узень-Баш), начинается в ущелье Узеньбаш на юго-восточном склоне Бабуган-яйлы, на территории Крымского природного заповедника. Впадает в Черное море в районе Алуштинского морпорта. Длина реки — 12 км; площадь водосборного бассейна 75,7 км².

Река Демерджи, начинается на юго-западном склоне горного массива Демерджи, северо-западнее с. Лучистое на высоте около 1000 м абс., впадает в Чёрное море в

ЛАНДШАФТНО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ РЕЧНЫХ ЛАНДШАФТОВ АЛУШТИНСКОГО АМФИТЕАТРА

северо-восточной части города Алушты, восточнее городского пляжа, образуя песчано-гравелистую косу, размываемую во время штормов. Длина реки — 13,65 км; площадь водосборного бассейна 55,4 км².

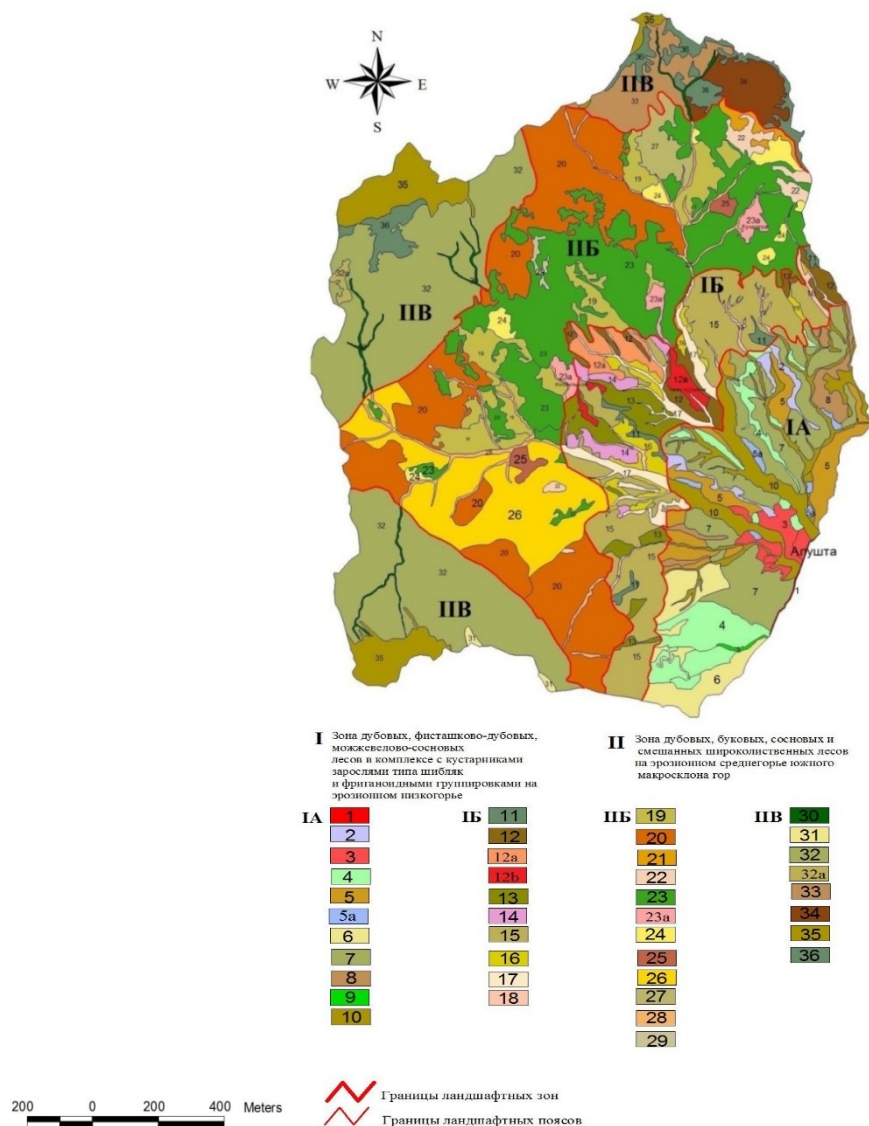


Рис. 1. Ландшафты Алуштинского амфитеатра.

Составлено авторами.

Условные обозначения к рис 1:

I. Зона дубовых, фисташково-дубовых, можжевельново-сосновых лесов в комплексе с кустарниками зарослями типа шибляк и фриганоидными группировками на эрозионном низкогорье

I А. Пояс фисташково-дубовых и можжевельново-сосновых лесов, кустарниковых зарослей типа шибляк в комплексе с фриганоидно-степными группировками на эрозионном и оползневом ступенчатом низкогорье:

1. Клифово-бенчевый с элементами пляжа; 2. Водораздельно-ступенчатый с кустарниковыми зарослями типа шибляк и фриганоидными степями в комплексе с сельскохозяйственными угодьями; 3. Открытые пологие и средней крутизны склоны (3а — крутые) с рекреационными и селитебными комплексами; 4. Открытые пологие и средней крутизны склоны с сельскохозяйственными угодьями; 5. Закрытые и полужакрытые среднекрутые и крутые склоны с дубовыми лесами и кустарниковыми зарослями типа «шибляк»; 5а — сельскохозяйственными угодьями на их месте; 6. Закрытые склоны среднекрутые и крутые с грабинниково-дубовыми лесами и кустарниковыми зарослями типа «шибляк»; 7. Открытые средней крутизны и крутые овражно-балочные склоны с кустарниковыми зарослями типа «шибляк» с группировками саванноидной и фриганоидной степной растительности; 8. Овражно-балочный с кустарниковыми зарослями типа «шибляк», степными группировками и сельскохозяйственными землями на их месте; 9. Долинно-балочный грабинниково-дубовых лесов и кустарниковых зарослей, сельскохозяйственные рекреационные земли на их месте; 10. Долинно-террасовый смешанных широколиственных лесов, луговых полей и сельскохозяйственных земель на их месте;

IB. Пояс фисташково-дубовых и можжевельново-сосновых лесов и кустарниковых зарослей на эрозионном низкогорье:

11. Водораздельно-ступенчатый с шибляковыми зарослями, фриганоидными степями и сельскохозяйственными угодьями на их месте; 12. Открытые склоны средней крутизны и крутые, расчлененные оврагами и балками с кустарниковыми зарослями типа «шибляк»; 12а — сельскохозяйственными угодьями на их месте; 12б — с селитебными комплексами; 13. Открытые крутые склоны с дубовыми лесами и кустарниковыми зарослями типа «шибляк»; 14. Закрытые склоны средней крутизны с дубовыми лесами и кустарниковыми зарослями типа «шибляк»; 15. Закрытые крутые склоны с дубовыми лесами; 16. Плогие и среднекрутые склоны с сельскохозяйственными угодьями; 17. Долинно-террасовый смешанных широколиственных лесов, луговых полей и сельскохозяйственных земель на их месте; 18. Овражно-балочный с дубовыми лесами, кустарниковыми зарослями и сельскохозяйственными землями на их месте.

II. Зона дубовых, буковых, сосновых и смешанных широколиственных лесов на эрозионном среднегорье южного макросклона гор

IIБ. Пояс дубово-грабовых смешанных широколиственных лесов на эрозионном низкогорье:

19. Ступенчатые склоны с сельскохозяйственными угодьями на месте дубовых лесов и шибляковых зарослей; 20. Закрытые крутые склоны, расчлененные балками с дубовыми и грабово-буковыми лесами; 21. Обрывы в комплексе с осыпями и обвалами; 22. Открытые крутые скальные склоны и обрывы; 23. Открытые крутые и среднекрутые склоны, расчлененные балками с горными степями и кустарниковыми зарослями; а) селитебные комплексы; 24. Овражно-балочное низкогорье с кустарниковыми зарослями типа «шибляк» и луговыми степями; 25. Ступенчато-водораздельный с кустарниковыми зарослями типа «шибляк» и луговыми степями и сельскохозяйственными угодьями; 26. Открытые средней крутизны и крутые овражно-балочные склоны с дубовыми лесами, кустарниковыми зарослями типа «шибляк»; 27. Закрытые крутые склоны с дубово-грабовыми лесами; 28.

ЛАНДШАФТНО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ РЕЧНЫХ ЛАНДШАФТОВ АЛУШТИНСКОГО АМФИТЕАТРА

Долинно-балочный; 29. Горнодолинный со смешанными широколиственными лесами и сельскохозяйственными землями на их месте.

ПВ. Пояс буковых, буково-грабовых, сосновых и смешанных широколиственных лесов на эрозионном среднегорье:

30. Горно-долинный с буковыми лесами; 31. Водораздельные склоны с дубово-грабинниковым лесошибляком; 32. Закрытые склоны средней крутизны и крутые с грабово-буковыми лесами; 32а — сельскохозяйственными угодьями на их месте; 33. Крутые склоны с буковыми лесами; 34. Закрытые склоны средней крутизны с грабово-буковыми и дубовыми лесами; 35. Ступенчато-скальные водораздельные плато и крутые склоны с луговой растительностью; 36. Крутые склоны с элементами осыпей, горнолуговыми степями и кустарниковыми зарослями.

На двух реках Алуштинского амфитеатра в разное время действовали гидропосты, сведения о которых представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Сведения о гидропостах

Гидропост	Расстояние от истока, км	Площадь водосбора, км ²	Средняя высота водосбора, м	Период действия	
				открыт	закрыт
р. Улу-Узень — г. Алушта	11	64,8	610	1914 г.	1967 г.
р. Демерджи — г. Алушта	12	53,0	460	1914 г.	действ.

Согласно [23] территория Алуштинского амфитеатра в гидрологическом отношении является недостаточно изученной.

Основной характеристикой годового стока является норма (среднегодовое значение), которая может быть выражена в виде расхода воды, модуля, объёма и слоя годового стока. Для рек горного Крыма наблюдается зависимость модулей годового стока от средней высоты водосбора, что позволило определить количественные характеристики годового стока для неизученных водотоков Алуштинского амфитеатра (таблица 3).

Таблица 3.

Норма годового стока

Водотоки	Площадь, км ²	Годовой сток				Коэффициент вариации
		Расход воды, м ³ /с	Модуль, л/с км ²	Объём, млн. м ³	Слой, мм	
Вереси	6,51	0,033	5,1	1,02	157	0,4
Баар-дере	1,43	0,005	3,5	0,14	97	0,4
Улу-Узень	75,7	0,50	6,6	15,8	209	0,4
Демерджи	55,4	0,225	4,1	7,09	127	0,5

Изменчивость годового стока от года к году характеризуется коэффициентом вариации (C_v). Коэффициент вариации по данным наблюдений гидропоста р. Улу-Узень — г. Алушта составляет 0,4 (такой же принимаем для р. Вереси и б. Баар-дере — западная часть ЮБК); гидропоста р. Демерджи — г. Алушта - по Демерджи-Алушта — 0,5 (восточная часть ЮБК). Несимметричность гидрологического ряда характеризуется коэффициентом асимметрии (C_s), который для годового стока рек Крыма принимается равным $2C_v$. Среднегодовые расходы воды и объёмы годового стока в годы разной водности приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Расходы и объёмы воды в годы разной водности (обеспеченности)

Расчётный створ	Характеристика	Норма	Обеспеченность (P), %				
			1	5	50	75	95
Вереси	Расходы, м ³ /с	0,033	0,071	0,057	0,031	0,023	0,015
	Объёмы, млн. м ³	1,025	2,21	1,78	0,97	0,72	0,46
Баар-дере	Расходы, м ³ /с	0,0044	0,009	0,0075	0,004	0,003	0,002
	Объёмы, млн. м ³	0,14	0,292	0,235	0,128	0,096	0,06
Улу-Узень	Расходы, м ³ /с	0,5	1,08	0,87	0,47	0,35	0,224
	Объёмы, млн. м ³	15,8	33,9	27,3	14,9	11,2	7,03
Демерджи	Расходы, м ³ /с	0,225	0,625	0,483	0,229	0,158	0,085
	Объёмы, млн. м ³	7,09	19,7	15,23	7,21	4,98	2,68

Годы разной обеспеченности:

P = 1% — очень многоводный (такой расход и выше случается 1 раз в 100 лет);

P = 5% — многоводный (такой расход и выше случается один раз в 20 лет);

P = 50% — средний по водности (такой расход и выше случается каждый второй год);

P = 75% — маловодный год (такой расход и выше случается один раз в четыре года);

P = 95% — очень маловодный (такой расход и выше случается один раз в 20 лет).

Характерной особенностью рек Крыма является их паводочный режим. Формирование выдающихся паводков происходит за счёт выпадения жидких осадков, непродолжительных, но интенсивных. Наряду с ливневыми паводками, наблюдаются и смешанные, формирующиеся в результате снеготаяния с одновременным выпадением дождей с декабря по апрель. В их формировании большая доля принадлежит дождевым водам. Максимальные расходы воды приведены в таблице 5.

Таблица 5.

Максимальные расходы воды, м³/с

Водоток	Обеспеченность (P), %				
	1	2	5	10	25
Вереси	17,2	12,9	8,59	5,84	1,72
Баар-дере	7,7	5,77	3,84	2,61	0,77
Улу-Узень	46,5	34,9	23,3	15,8	4,65
Демерджи	106	79,8	53,2	36,2	10,6

Продолжительность стояния высоких уровней незначительна из-за кратковременности ливневых паводков.

Минимальные расходы воды наблюдаются в летне-осенний меженный период, которая продолжается с июля по октябрь. Основными факторами, формирующими меженный сток, являются климат и подстилающая поверхность, создающие запасы подземных вод. Меженный период начинается при переходе рек на подземное питание. В течение этого времени наблюдаются минимальные расходы воды. На отдельных участках поверхностный сток переходит в подрусловой. Пересыхание в отдельные годы является естественным состоянием рек.

Важной гидрологической характеристикой является твёрдый сток. Основными источниками твёрдого стока являются ветровая и водная эрозия почв и грунтов. Наносы приводят к заиливанию водотоков. По карте Н. И. Дрозда [25] территория водосборного бассейна рек Алуштинского амфитеатра попадает в зону с мутностью 500–2000 г/м³.

Расход взвешенных наносов, их вес и объём представлены в таблице 6.

Таблица 6.

Расход, вес и объём наносов

Характеристика	Вереси	Баар-дере	Улу-Узень	Демерджи
Расход взвешенных наносов, кг/с	0,066	0,008	1,0	0,45
Вес взвешенных наносов, т/год	2079	252	31500	14175
Объём наносов, м ³ /год	1599	194	24230	10904

Из современных геологических процессов наблюдаются эрозия склонов, подработка берегов, оползни, сели. Эти процессы имеют умеренную интенсивность. Для водотоков Алуштинского амфитеатра характерно формирование селей.

Частота проявления селей в бассейнах рр. Улу-Узень и Демерджи приведена в таблице 7.

Таблица 7.

Частота проявления селей

Реки	Максимальный межселевой период, годы
Улу-Узень	7
Демерджи	16
Вереси	7

Образующиеся при селевых процессах конусы выноса откладываются в море, водохранилищах, руслах рек или их террасах, нарушая сложившийся режим их работы и использования.

Водные ресурсы рек используются для разных целей. Чтобы использовать сток многоводных периодов строят водохранилища и пруды. Собственный сток водотоков Вереси и Баар-дере не зарегулирован. Собственный сток р. Улу-Узень зарегулирован сильно, коэффициент зарегулированности стока равен 0,8. В месте впадения р. Корбекский Узень, у с. Изобильное в 1979 г. построено Изобильненское водохранилище объемом 13,25 млн м³ для водоснабжения ГО Алушты. Водами р. Улу-Узень наполняется также пять прудов, их общий объем составляет 0,426 млн м³. Собственный сток реки Демерджи зарегулирован слабо. Коэффициент зарегулированности стока равен 0,2. На реке в 1985 г. для орошения построено Кутузовское водохранилище объемом 1,1 млн м³, откуда вода самотёком может поступать в Изобильненское водохранилище. Водами р. Демерджи наполняются 12 прудов, построенные, в основном, в 1960–90-е годы. Их общий объем составляет 0,326 млн м³.

Условия стокоформирования во многом определяются ландшафтами водосборов рек. Верховье и средняя часть рек Улу-Узень и Демерджи протекают по зоне дубовых, буковых, сосновых и смешанных широколиственных лесов на эрозионном среднегорье южного макросклона гор. Нижняя часть этих рек — по зоне дубовых, фисташково-дубовых, можжевельново-сосновых лесов в комплексе с кустарниковыми зарослями типа шибляк и фриганоидными группировками на эрозионном низкогорье. Тем не менее, как расходы воды, так и объемы стока р. Улу-Узень в 2,2 раза больше, чем р. Демерджи. В то же время, как видно из табл.1, основные гидрографические характеристики этих рек отличаются не столь существенно. Но лесистость бассейнов этих рек отличается в 2,5 раза (лесистость р. Улу-Узень — 64%, р. Демерджи — 26%). Расположенные западнее р. Улу-Узень бассейны р. Дереси и б. Баар-Дере также имеют высокую лесистость, соответственно, 80% и 85%, несмотря на то, что они приурочены к прибрежной части низкогорной зоны. Отличие ландшафтов бассейнов этих рек прослеживается на уровне местностей (см. рис. 1). Данные различия целесообразно учитывать при осуществлении комплекса водоохраных мероприятий, включая качество и количество водных ресурсов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании ландшафтно-гидрологического подхода изучены речные ландшафты Алуштинского амфитеатра (Республика Крым). Речные ландшафты рассматриваются как ландшафты бассейна реки. Приведена ландшафтная карта Алуштинского амфитеатра. Выделено низкогорный и среднегорный ландшафтный уровень, две ландшафтные зоны, четыре пояса и 36 местностей. Определены гидрографические и гидрологические характеристики водотоков, протекающих по территории Алуштинского амфитеатра: рр. Вереси, Улу-Узень, Демерджи и б. Баар-дере, в т.ч. при отсутствии данных наблюдений. Условия стокоформирования во многом определяются ландшафтами водосборов рек, в частности лесистостью их бассейнов, которая отличается в 2–3 раза. Полученные результаты могут быть использованы при определении водоохраных зон и прибрежных защитных полос

вдоль русел рек Алуштинского амфитеатра и при разработке водоохранных мероприятий.

Список литературы

1. Мильков Ф. Н. Основные географические закономерности склоновой микрозональности ландшафтов // Склоновая микрозональность ландшафтов. Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета, 1974. С. 5–12.
2. Мильков Ф. Н. Парагенетические ландшафтные комплексы // Научные записки Географического общества СССР. 1966. Вып. 7. С. 3–7.
3. Мильков Ф. Н. Долинно-речные ландшафтные системы // Известия Всесоюзного Географического общества. 1978. Т. 110. Вып. 4. С. 289–296.
4. Козин В. В. Сравнительный анализ ландшафтов долины Верхнего и Среднего Дона (опыт парагенетического анализа): автореферат диссертации кандидата географических наук. Воронеж, 1974. 28 с.
5. Швебе Г. И., Васютинская Т. Д., Антонова С. А. Долинно-речные парагенетические ландшафты (типология и районирование) // География и природные ресурсы. 1982. № 1. С. 24–32.
6. Bridge J. S. Rivers and Floodplains: Forms, Processes, and Sedimentary Record. Oxford. U.K.: Blackwell Science LTD, 2003. 491 p.
7. River Science at the U.S. Geological Survey. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2007. 193 p.
8. Pozachenyuk E. A. Model of position-dynamic structure of river basins/ E. A. Pozachenyuk, F. N. Lisetskii, A. N. Vlasova, Z. A. Buryak, O. A. Marinina, I. V. Kalinchuk // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2015. 6 (6). pp. 1776–1780.
9. Позаченюк Е. А., Тимченко З. В. Современные ландшафты р. Авунда // Ученые записки ТНУ им. В. И. Вернадского. География. 2007. Т. 20 (59). № 2. С. 270–283.
10. Власова А. Н. Применение ГИС-технологий при выделении позиционно-динамической структуры бассейновых территорий (на примере Крыма) // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2012. Т. 8. Вып. 1–2. С. 56–62.
11. Глотова А. А. Геоинформационное моделирование эволюции долинно-речных ландшафтов Воронежской области. 2013. 213 с.
12. Pozachenyuk Ekaterina A., Lisetskii Fedor N., Vlasova Anna N., Kalinchuk Irina V. Justification of Landscape and Biotechnical Solutions for Designing Water Protection Zones // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. V. 9. No 2. P. 716–722.
13. Зотов С. И. Бассейново-ландшафтная концепция природопользования // Изв. РАН, Сер.геогр. 1992. № 6. С. 55–56.
14. Полянин В. А. Ландшафтно-гидрологический подход к моделированию стока воды с речного водосбора: автореф. дис. ... к-та географических наук : 25.00.27 / Владислав Олегович Полянин ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. М., 2004. 25 с.
15. Косолапов А. Е., Кувалкин А. В., Мордвинцев М. М., Магомедзагиров З. М. Ландшафтно-гидрологический подход к обоснованию сети мониторинга и управления малым водосбором // Мелиорация и водное хозяйство. 1995. № 6. С. 25–26.
16. Антипов А. Н. Ландшафтно-гидрологическая организация территории в условиях Сибири : автореф. дис. ... д-ра географических наук: 25.00.27 / Александр Николаевич Антипов ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. М., 2003. 25 с.
17. СП 33-101-2003 Определение основных расчётных гидрологических характеристик. М: 2004. 73 с.
18. Материалы по гидрографии СССР. Серия «Реки». Т.2. Вып.6 / Под ред. Л. Д. Ивашенцевой. Л.: ГМИ, 1951. 134 с.
19. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 3. Крым. Л.: ГМИ, 1964. 127 с.
20. Тимченко З. В. Гидрография и гидрология рек Крыма. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2012. 290 с.

21. Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов. Справочник / Под ред. З. В. Тимченко. Симферополь: ДОЛЯ, 2007. 218 с.
22. Тимченко З. В. Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма. Симферополь: ДОЛЯ, 2002. 152 с.
23. Pozachenyuk E., Timchenko Z. Generalizataon of the greatest urgent peak discharge of water on the Crimean rivers // Floods and Modern Metnods of Control Measures. International Symposium. Tbilisi. Georgia. 2009. С. 402–407.
24. СП 33-101-2002 Определение основных расчётных гидрологических характеристик. М., 2004. 74 с.
25. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып. 3. Крым. Л: ГМИ, 1966. 344 с.

LANDSCAPE-HYDROLOGICAL APPROACH TO THE STUDY OF RIVER

LANDSCAPES OF THE ALUSHTA AMPHITHEATER

Pozachenyuk E. A.¹, Timchenko Z. V.², Kutikova E. V.³

^{1,3} *V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation*

² *Crimean Hydrogeological and Meliorative Expedition, Simferopol, Russian Federation*

E mail:¹pozachenyuk@gmail.com

River landscapes of the Alushta amphitheater (Republic of Crimea) were studied on the basis of landscape-hydrological approach. The authors of the article consider river landscapes as river basin landscapes.

The landscape structure of the Alushta amphitheater is quite diverse, which is associated with the change of landscapes in latitudinal and longitude directions. The peculiarity of the landscapes of this territory distinguishes them in the landscape system of the entire Southern coast of Crimea and determines the relatively high diversity of landscapes. The study of the landscape structure of the amphitheater was carried out on the basis of a landscape map of the Alushta amphitheater, made using the ArcView 3.2a software package. The map was compiled at the level of localities, working M 1:50000. All landscapes of the studied territory belong to the low-mountain and mid-mountain landscape level of the southern macroscline of the Main ridge of the Crimean Mountains. There are two landscape zones, four belts and 36 localities. Along with the high-altitude belt differentiation of landscapes, their change from west to east is observed, which is due to the positional position, heterogeneity of the relief and geological structure.

The dependence of the hydrological characteristics of watercourses flowing through the territory of the Alushta amphitheater on the landscapes of their catchments is considered.

Four watercourses flow through the territory of the Alushta Amphitheater (from west to east) – r. Veresi, b. Baar-dere, pp. Ulu-Uzen and Demerdzhi. The annual flow rate is calculated. The coefficient of variation of the annual runoff is 0,4 — for rr. Veresi and Ulu-Uzen, b. Baar-dere; 0,5 — r. Demerdzhi. The coefficient of asymmetry for the annual flow of the rivers of the Crimea is assumed to be equal to $2C_v$. A characteristic feature of the rivers of Crimea is their flood regime. The formation of outstanding floods occurs due to the precipitation of liquid precipitation, short but intense. The minimum water consumption is observed in the summer-autumn inter-soil period, which lasts from July to October. The territory of the catchment basin of the rivers of the Alushta amphitheater falls into a zone with a turbidity of 500—2000 g/m³. The frequency of mudslides in the basins of the Ulu-

Uzen and Veresi rivers is once every seven years; in the basin of the Demerdzhi River – once every 16 years.

The conditions of runoff formation are largely determined by the landscapes of river catchments.

Keywords: landscape-hydrological approach, Alushta amphitheater, watercourse, Veresi river, Baar-dere river, Ulu-Uzen river, Demerdzhi river.

References

1. Milkov F. N. Osnovnye geograficheskie zakonomernosti sklonovoj mikrozonalnosti landshaftov // Sklonovaya mikrozonálnost landshaftov. Voronezh: Izdatel'stvo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 1974. P. 5–12. (in Russian).
2. Milkov F. N. Parageneticheskie landshaftnye komplekсы // Nauchnye zapiski Geograficheskogo obshchestva CCCR. 1966. Vyp.7. P. 3–7. (in Russian).
3. Milkov F. N. Dolinno-rechnye landshaftnye sistemy // Izvestiya Vsesoyuznogo Geograficheskogo obshchestva. 1978. T. 110. Vyp. 4. P. 289–296. (in Russian).
4. Kozin V. V. Sravnitel'nyy analiz landshaftov doliny Verhnego i Srednego Dona (opyt parageneticheskogo analiza): avtoreferat dissertatsii kandidata geograficheskikh nauk. Voronezh, 1974. 28 p. (in Russian).
5. SHvebs G. I., Vasyutinskaya T. D., Antonova S. A. Dolinnorechnye parageneticheskie landshafty (tipologiya i rajonirovaniye) // Geografiya i prirodnye resursy. 1982. № 1. P. 24–32. (in Russian).
6. Bridge J. S. Rivers and Floodplains: Forms, Processes, and Sedimentary Record. Oxford. U.K.: Blackwell Science LTD, 2003. 491 p.
7. River Science at the U.S. Geological Survey. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2007. 193 p.
8. Pozachenyuk E. A. Model of position-dynamic structure of river basins/ E. A. Pozachenyuk, F. N. Lisetskii, A. N. Vlasova, Z. A. Buryak, O. A. Marinina, I. V. Kalinchuk // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2015. 6 (6). pp. 1776–1780.
9. Pozachenyuk E. A., Timchenko Z. V. Sovremennyye landshafty r. Avunda // Uchenye zapiski TNU im. V. I. Vernadskogo. Geografiya. 2007. T.20 (59). № 2. S. 270–283. (in Russian).
10. Vlasova A. N. Primenenie GIS-tehnologiy pri vydelenii pozitsionno-dinamicheskoy struktury bassejnovykh territorij (na primere Kryma) // Geopolitika i ekogeodinamika regionov. 2012. T.8. Vyp. 1–2. P. 56–62. (in Russian).
11. Glotova A. A. Geoinformacionnoe modelirovaniye evolyucii dolinno-rechnykh landshaftov Voronezhskoj oblasti. 2013. 213 p. (in Russian).
12. Pozachenyuk Ekaterina A., Lisetskii Fedor N., Vlasova Anna N., Kalinchuk Irina V. Justification of Landscape and Biotechnical Solutions for Designing Water Protection Zones // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. V. 9. No 2. P. 716–722.
13. Zotov S. I. Bassejnovo-landshaftnaya koncepciya prirodoopolzovaniya // Izv. RAN, Ser.geogr. 1992. № 6. P. 55–56. (in Russian).
14. Polyani V. A. Landshaftno-gidrologicheskij podhod k modelirovaniyu stoka vody s rechnogo vodosbora: avtoref. dis. ... k-ta geograficheskikh nauk : 25.00.27 / Vladislav Olegovich Polyani ; Mosk. gos. un-t im. M.V. Lomonosova. M., 2004. 25 p. (in Russian).
15. Kosolapov A. E., Kuvalkin A. V. Mordvincev M. M., Magomedzagirov Z. M. Landshaftno-gidrologicheskij podhod k obosnovaniyu seti monitoringa i upravleniya malym vodosborom // Melioraciya i vodnoye hozyajstvo. 1995. № 6. P. 25–26. (in Russian).
16. Antipov A. N. Landshaftno-gidrologicheskaya organizaciya territorii v usloviyah Sibiri : avtoref. dis. ... d-ra geograficheskikh nauk: 25.00.27 / Aleksandr Nikolaevich Antipov ; Mosk. gos. un-t im. M. V. Lomonosova. M., 2003. 25 p. (in Russian).
17. SP 33-101-2003 Opredeleniye osnovnykh raschyotnykh gidrologicheskikh harakteristik. M: 2004. 73 p. (in Russian).
18. Materialy po gidrografii SSSR. Seriya «Reki». T.2. Vyp.6 / Pod red. L. D. Ivashencevoj. L.: GMI, 1951. 134 p. (in Russian).

19. Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Gidrologicheskaya izuchennost. T. 6. Ukraina i Moldaviya. Vyp. 3. Krym. L.: GMI, 1964. 127 p. (in Russian).
20. Timchenko Z. V. Gidrografiya i gidrologiya rek Kryma. Simferopol: IT «ARIAL», 2012. 290 p. (in Russian).
21. Poverhnostnye vodnye ob"ekty Kryma. Upravlenie i ispolzovanie vodnyh resursov. Spravochnik / Pod red. Z. V. Timchenko. Simferopol: DOLYA, 2007. 218 p. (in Russian).
22. Timchenko Z. V. Vodnye resursy i ekologicheskoe sostoyanie malyh rek Kryma. Simferopol: DOLYA, 2002. 152 p. (in Russian).
23. Pozachenyuk E., Timchenko Z. Generalizataon of the greatest urgent peak discharge of water on the Crimean rivers // Floods and Modern Metnods of Control Measures. International Symposium. Tbilisi. Georgia. 2009. P. 402–407.
24. SP 33-101-2002 Opreделение osnovnyh raschyotnyh gidrologicheskikh harakteristik. M., 2004. 74 p. (in Russian).
25. Resursy poverhnostnyh vod SSSR. T.6. Ukraina i Moldaviya. Vyp. 3. Krym. L.: GMI, 1966. 344 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 20.02.2022 г.

РАЗДЕЛ 3.

ГИДРОЛОГИЯ, ОКЕАНОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

УДК 551

ОЦЕНКА СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Бригида В. С.

*Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», Сочи, Российская Федерация
E-mail: 1z011@inbox.ru*

Стохастическая природа волнового движения в совокупности с антропогенным воздействием на геоморфологию береговой линии представляют существенные угрозы для управления прибрежными территориями. Задачей исследования являлась оценка внутригодовой изменчивости распределения ветровых волн (фактора ускорения эрозионных процессов). В результате работы получена зависимость (в виде поверхности отклика) пространственно-временных изменений гидродинамики Каспийского моря. Новизна установленных закономерностей – величина высоты значительных волн в летний период изменяется по полиномиальному закону с образованием максимума (+26%) в замерной точке №2, а в период с ноября по февраль – растет на +13% по полиномиальному закону в направлении с юга на север. Методика проведения исследования может быть использована при проектировании природно-технических систем и экологизации туристского продукта в прибрежных территориях.

Ключевые слова: Каспийское море, волновой климат, береговая эрозия, экологизация туристских направлений, прибрежные зоны.

ВВЕДЕНИЕ

Прибрежные районы (особенно Черноморского побережья и Республики Крым) предоставляют большую часть экосистемных услуг, обуславливая высокий потенциал будущего экономического роста. Эффективность разработки стратегий пространственного развития регионов рекреационно-туристской специализации связывают исключительно с переходом на новый технологический уровень (индустрии 4.0, развертывание технологических платформ, цифровой экономики и технологий IoT) и продвижением крупномасштабных турпродуктов [1]. Интенсификация хозяйственной деятельности, безусловно, снизит качество туристских ресурсов туристских направлений. В то же время необходимость учета экологического фактора при планировании деятельности предприятий, а также управлении социально-экономическим развитием туристского сектора доказана во многих исследованиях [2, 3, 4.]. Формирование новых турпродуктов на основе принципов устойчивого развития и экологизации их структурных элементов позволяет сохранить природные ресурсы даже в сырьевых регионах [5, 6]. Кроме того сохранение объектов геологического наследия в форме геоморфологических особенностей и георазнообразия, является важной частью окружающей среды при

формировании природно-заповедного фонда в прибрежных территориях рекреационно-туристской специализации [7].

Прибрежные зоны в большинстве случаев подвергается совокупным действием нескольких опасностей, что указывает на наличие следующих угроз, с которыми могут столкнуться туристские регионы: повышение уровня моря, нарастание частоты экстремальных погодных явлений и штормовых волн, отступление пляжа. Это может оказать существенное негативное влияние на экономику регионов с высокой долей туризма (например, вдоль побережья Каспийского моря). Основные угрозы поднятия уровня моря для устойчивости природно-технических систем и прибрежных сооружений, при реализации различных сценариев изменения климата (например, RCP2.6 или RCP8.5), обусловлены изменением режимов ветрового волнения и ускорением береговой эрозии. При этом наиболее важной причиной береговой эрозии является наличие ветровых волн значительной высоты – штормовых волн [8], а также нелинейный характер динамики уровня Каспийского моря [9].

Нарастание антропогенной нагрузки в прибрежных зонах создает угрозу нарушения гидрологических циклов и сохранения целостности экосистем в области влияния трансформации береговой линии. Среди наибольших угроз особое место занимает эрозия пляжей. Например, в странах Евросоюза эта проблема актуальна для 70 млн. человек, которые проживают на территории 20 тыс. км. [10]. В нашей стране наиболее чувствительные к техногенным трансформациям — зоны влажных субтропиков (город-курорт Сочи) сталкиваются с все большим уменьшением биоразнообразия Черноморского побережья. Изменение природных ландшафтов при застройке Имеретинской низменности, привели к масштабным разрушениям береговых сооружений при нарастании опасных гидрометеорологических явления.

Прогнозирование темпов эрозии береговой линии позволяет эффективно оценить продуктивную ширину пляжа и интенсивность его потери в будущем. Обеспечение устойчивого управления береговой линией, в большей степени связано со скоростью реакции органов государственного управления, эффективностью защитных мероприятий и оценки адаптационной способности природно-технических систем на интенсификацию эрозионных процессов [11]. По этой причине расширение представлений о факторах, инициирующих изменения в прибрежных районах, повышает возможность противостояния природным рискам и разработке эффективных стратегий смягчения последствий, связанных с проявлениями опасных метеорологических явлений [12].

Поэтому обеспечение устойчивого развития прибрежными территориями, а также смягчения негативных последствий эрозии береговой линии является актуальной научно-технической проблемой.

Одним из основных элементов управления прибрежной зоной является анализ динамики береговой линии, происходящей под воздействием детерминант, которые реализуются в различных по продолжительности масштабах времени: ветровые волны — секунды или минуты; штормовое волнение — часы или дни; сезонные изменения энергии волн, волновой климат — десятки лет. При рассмотрении исследуемых процессов важным аспектом, является роль и взаимосвязи между прибрежной гидродинамикой и морфологией морского дна в прибрежной зоне. В

ОЦЕНКА СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

работе [13] использовались продолжительные батиметрические временные ряды данных, для анализа многолетних морфологических изменений береговой линии и моделирования распределения энергии волн в заливе Виссант (Франция) (рис. 1.).

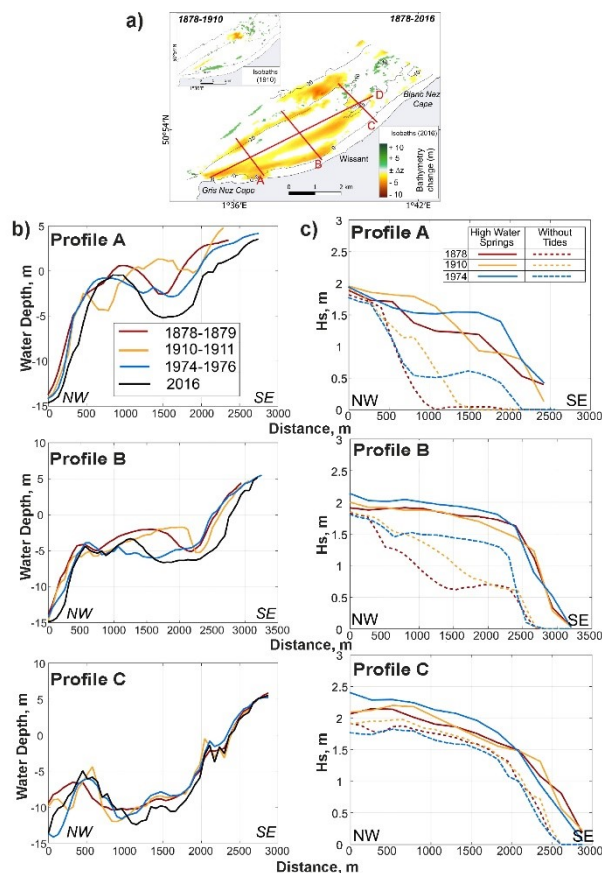


Рис. 1. Морфологические изменения береговой линии и энергии ветровых волн на побережье Виссант [13].

а) – карта пространственного распределения батиметрических данных (с 1878 по 2016 гг.). Оранжевый цвет указывает на снижение глубины морского дна, зеленые участки – вертикальную аккрецию. Разрезы А, В, С являются рассматриваемыми батиметрическими профилями; б) – динамика уровня воды (глубины дна) по профилям А-С; в) – изменения высоты северо-восточных значительных волн с учетом и без учета приливов.

Моделирование осуществлялось на сетке MANGAS (основанной на цифровой модели рельефа «DEM») с разрешением от 10 км на открытых границах и до 200 м на побережье. Авторы использовали совокупность модели TELEMAC-2D (приливная циркуляция) во взаимосвязи с моделью распространения высоты значительных волн — TOMAWAC. Использование волновой модели TOMAWAC позволило определить

влияние морфодинамики морского дна на распределение энергии волн в прибрежной зоне Северного моря. В связи с отсутствием данных до 1970-х года ее актуализировали с помощью модели WaveWatch III (широко применяемой при решении подобных задач). В результате установлен факт заполнения прибрежного канала, за счет расширения и миграции береговой линии в Западной и центральной части залива. Это привело к общему уменьшению высоты волн и снижению скорости течений, обуславливая отложению наносов на береговой линии и пляж.

Таким образом, было доказано важность оценки изменения морфологии морского дна и его непосредственное влияние на интенсивность приливов и рассеивание ветровых волн. Наличие механизмов прямой и обратной связи и сложного взаимодействия гидродинамической циркуляции и глубиной морского дна обуславливает существенные сложности для долгосрочного прогнозирования волнового климата. Кроме того, эти процессы объясняют важность учета пространственных особенностей конкретного объекта исследования, которые не всегда учитывают существующие модели ветровых волн. Различные модели ветровых волн уже используются в моделировании динамики береговой линии (ShoreFor, COCOONED, Random Forest и др.) [14, 15, 16], тем не менее, обеспечение надежных прогнозов остается сложной задачей, как при наличии протяженных временных рядов, так при краткосрочных сценариях (рис. 2.).

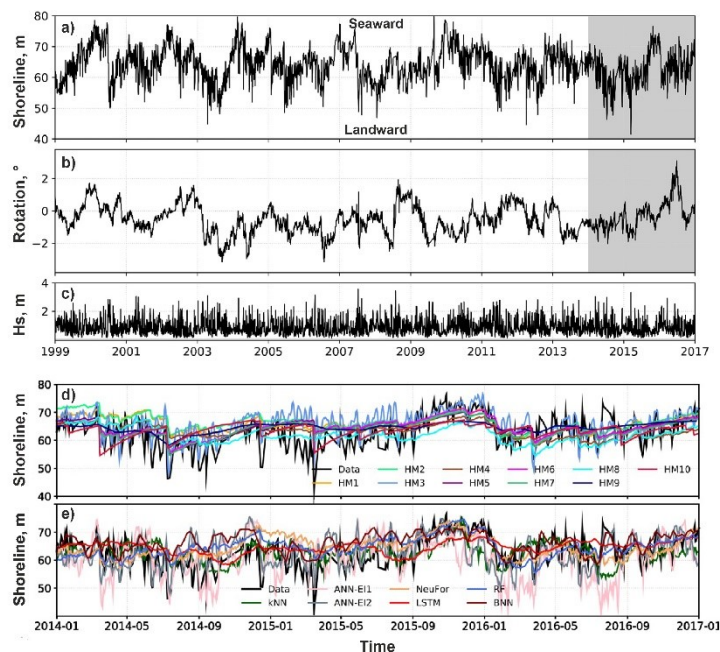


Рис. 2. Динамика береговой линии пляжа Tairua, Северный остров (Новая Зеландия) [16].

а) — фактические данные подвигания береговой линии, полученные с помощью системы камер установленных вдоль пляжа; б) — фактические данные поворота береговой линии: положительные — аккреция на юг (вращение против часовой

ОЦЕНКА СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

стрелки), отрицательными – на север; с) — высота значительных волн; d) — береговые прогнозы при использовании 11-ти гибридных моделей, по сравнению с наблюдениями (черная линия); е) — при использовании 8-и моделей машинного обучения.

Так, например, для проверки и повышения качества прогнозирования динамики береговой линии был проведен конкурс «Shoreshop» [16]. Для калибровки использовались данные береговой линии пляжа Таируа полученные фотометрическим методом, за период с 1999 по 2014 гг. Прогнозирование осуществляли для периода 2014–2017 гг. (для области серого затенения данных, см. рис. 2а, b.) с применением гибридных моделей (НМ) и моделей машинного обучения (ML). Волновые характеристики были получены из ретрансляции волны с использованием гидродинамической модели (SWAN), форсированной моделью Wavewatch III подтвержденной натурными измерениями на глубине 8 м ($R^2 = 0,80$).

В результате проведенного исследования определено, что НМ и ML модели хорошо воспроизводят изменения береговой линии при наличии фактических данных для нормальных условий, но имеют низкую эффективность в прогнозном периоде. Авторы связывают это с наличием неопределенностей, вследствие положения береговой линии (пространственные особенности) и волновых характеристик (содержат потенциальные источники погрешности).

Наличие неопределенности в детерминантах (H_s) обуславливает флуктуационную составляющую в реакции береговой линии, которая увеличивает свое влияние по мере включения в прогностические модели более протяженных временных масштабов данных. Кроме того, недостаточный учет сезонной составляющей во внутригодовой цикличности волнового климата остается не до конца изученным. В связи с этим выявление особенностей пространственного распределения ветровых волн и их взаимосвязей с детерминантами, обуславливающими различного рода нелинейности временных рядов, является важной научно-технической задачей.

Цель исследования — выявление сезонной изменчивости высоты значительных волн в отдельных участках Каспийского моря, для использования полученных закономерностей, при повышении устойчивости береговой линии в туристских дестинациях.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объекты исследования. Объектами исследования являются пять ключевых участков Каспийского моря (в том числе с учетом расположения нефтегазовых месторождений Северного Каспия), пространственная ориентация которых представлена в табл.1 и рис 3.

В качестве исходных данных принимались результаты гидродинамического моделирования высоты значительных волн (« H_{sig} ») из таблицы 1 работы [17]. Описание примененного подхода к описанию зависимости ветрового волнения от условий волнообразования («формула эволюции спектральной плотности волнового

действия»), исходные данные, основания для создания цифровой модели рельефа, а также сущность и обоснованность применения гидродинамической модели, основанной на численном интегрировании (SWAN) более широко описано в самой работе [17].

Таблица 1.

Характеристика реперных точек в ключевых участках Каспийского моря

Координаты	Номера ключевых точек отдельных районов моря (Р)				
	1	2	3	4	5
N	44°02'	41°09'	40°03'	39°00'	45°04'
E	48°09'	50°06'	51°04'	51°01'	49°09'

Составлено автором.

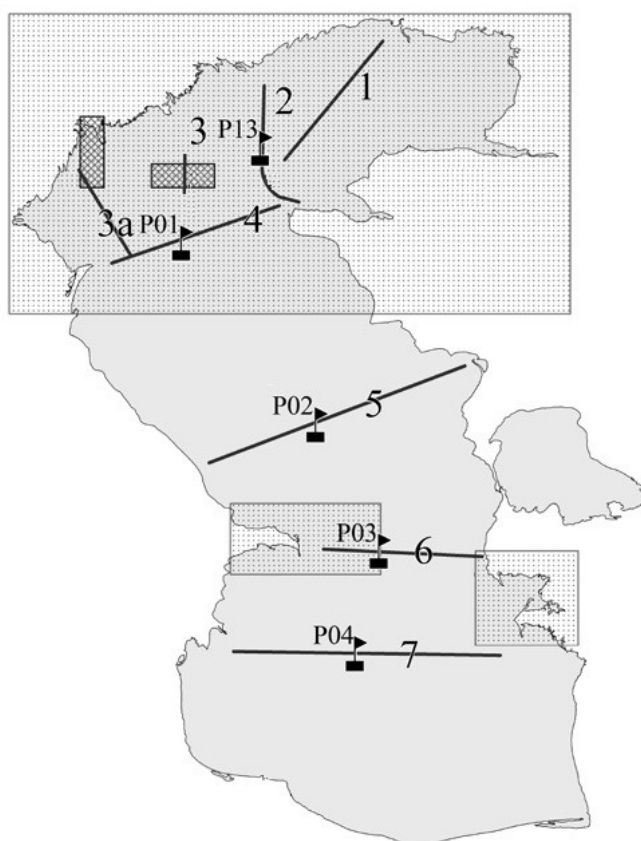


Рис. 3. Положение ключевых точек для моделирования параметров волнения в отдельных участках (с размерами расчетных сеток) моря [17-19]: P01, P02, P03, P04, P13 – номера реперных точек, соответствующих №1,2,3,4,5 в табл.1.

Составлено автором.

ОЦЕНКА СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Результаты были получены при использовании численной модели SWAN, которая позволяет с высокой степенью достоверности оценивать ветро-волновой климат [18].

Для формирования базы метеорологических полей ветра в [17] применяли массивы данных реанализа NCEP/NCAR для уровня моря минус 27 м. Значения модулей скорости ветра в локальных районах акватории корректировались с учетом результатов измерений, полученных на прибрежных гидрометеорологических станциях. Одним из недостатков в исследовании авторов было недостаточная «пост-процессинговая» обработка полученных результатов, обусловленная ограниченностью двумерной постановки задачи.

Выявление пространственно-временных закономерностей необходимо при решении различных типов подобных задач геоэкологии в смежных областях знаний [20, 21, 22, 23]. В большинстве случаев, при решении подобных задач (например: обеспечения устойчивого трансграничного водопользования) применяют географо-гидрологические или стандартные статистические методы анализа временных рядов [24]. Недостатком такого подхода, является отображение результатов трехмерного протекания исследуемых процессов в виде спроецированной на плоскость совокупности экспериментально-аналитических кривых. Это обуславливает наличие проблемы совершенствования общего методологического подхода к выявлению закономерностей пространственно-временной изменчивости в непрерывных многофакторных процессах [25]. При аппроксимации пространственно-временных данных использовался подход, приведенный в работах [26, 27]. Неполную выборку уточняли методами трехмерной интерполяции рассеянных данных (по алгоритму Renka). Процедуры триангуляции Роберта Ренки широко применяются для получения точных и гладких частных производных первого и второго порядка, позволяющие достичь более высокого порядка гладкости при интерполяции. Таким образом, впервые для выявления особенностей сезонной изменчивости высоты значимых волн, при интерпретации массива временных рядов данных (в плоскости (H_s-t) согласно планируемому подходу добавлены параметры пространственной ориентации в привязки к местности (P). Это позволило установить зависимость, отражающую исследуемый процесс в виде поверхности $(H_s \text{ от } t-P)$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результатом обработки расчетных значений модели SWAN установлена зависимость изменения значимых высот волн от параметров пространственно-временных условий их обуславливающих, имеющая полиномиальный вид квадратичной сигмоидной функции (так называемой «сигмоидальной» или S-образной) десятого порядка. Область определения точек: $t' = t$ для всех $t \in [0, \pi]$ и $P' = P$ для всех $P \in [0, \pi]$.

В результате, на рис. 4 представлена итоговая функция пространственной динамики высоты ветровых волн ($R^2 = 0,97$), которая имеет следующий вид:

Из рис. 4. следует, что при изменении пространственного положения реперных точек №1-№4 табл.1 (с Севера на Юг акватории Каспийского моря) прослеживается уменьшение амплитуды колебаний в характере изменения высот значимых волн для любого времени года. Степень нелинейности динамики ветрового волнения максимально резко проявляется для реперной точки №1.

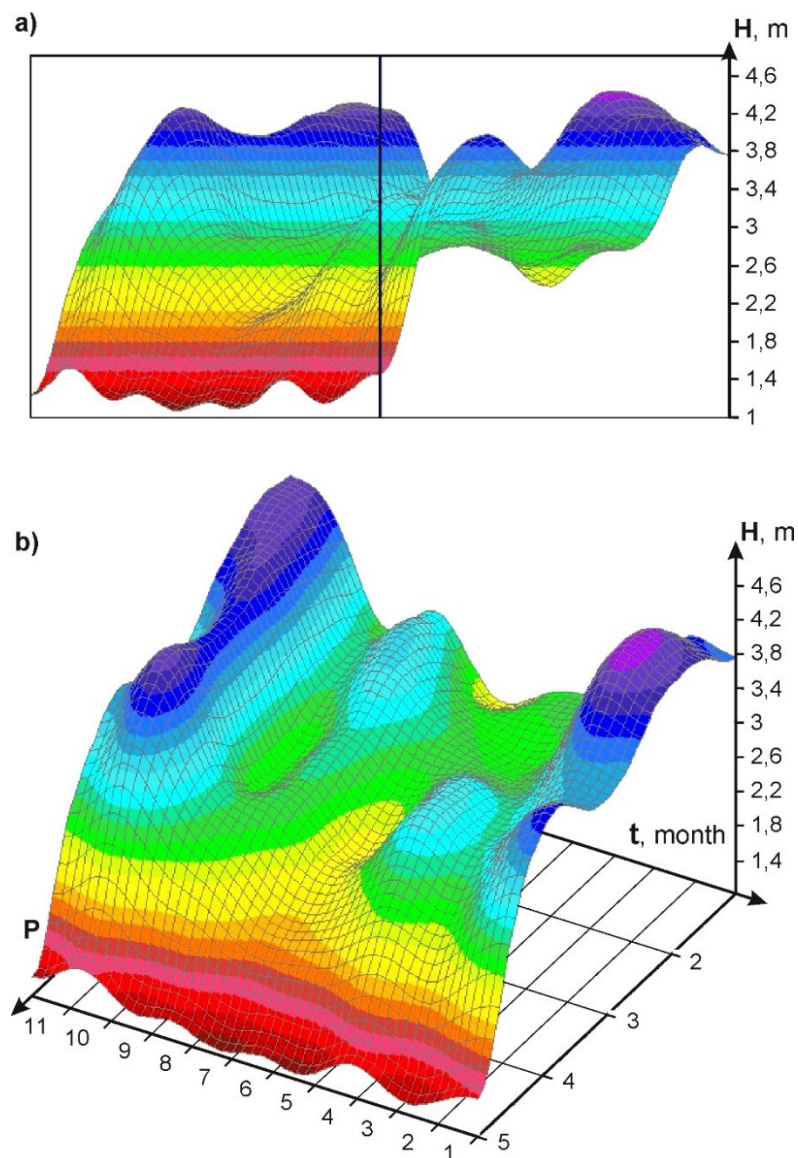


Рис. 4. Пространственное распределение динамики ветрового волнения в Каспийском море: а) — результирующая поверхность во фронтальной и профильной плоскости проекций; б) — трехмерный вид.

Составлено автором.

$$\begin{aligned}
 H_s = & 3 - 0,03 \cos(t') + 0,55 \cos(P') + 0,58 \cos(2t') + 0,06 \cos(t') \cos(P') - \\
 & - 0,35 \cos(2P') + 0,01 \cos(3t') + 0,14 \cos(2t') \cos(P') - 0,02 \cos(t') \cos(2P') + \\
 & + 0,26 \cos(3P') + 0,10 \cos(4t') + 0,11 \cos(3t') \cos(P') - 0,01 \cos(2t') \cos(2P') - \\
 & - 0,05 \cos(t') \cos(3P') - 0,28 \cos(4t') + 0,14 \cos(4t') \cos(P') + 0,07 \cos(3t') \cos(2P') + \\
 & + 0,11 \cos(2t') \cos(3P') + 0,01 \cos(t') \cos(4P') + 0,08 \cos(5t') + 0,04 \cos(6t') - \\
 & - 0,19 \cos(5t') \cos(P') - 0,01 \cos(4t') \cos(2P') - 0,8 \cos(3t') \cos(3P') - \\
 & - 0,13 \cos(2t') \cos(4P') - 0,02 \cos(t') \cos(5t') - 0,08 \cos(6t') + 0,07 \cos(7t') - \\
 & - 0,02 \cos(6t') \cos(P') - 0,03 \cos(5t') \cos(2P') - 0,05 \cos(4t') \cos(3P') - \\
 & - 0,08 \cos(3t') \cos(4P') + 0,02 \cos(2t') \cos(5P') + 0,04 \cos(7t') - 0,15 \cos(8t') - \\
 & - 0,11 \cos(7t') \cos(P') + 0,02 \cos(6t') \cos(2P') + 0,05 \cos(5t') \cos(3P') - \\
 & - 0,03 \cos(4t') \cos(4P') - 0,01 \cos(3t') \cos(5P') - 0,02 \cos(2t') \cos(6P') - \\
 & - 0,01 \cos(t') \cos(7P') - 0,05 \cos(8t') + 0,06 \cos(9t') - 0,07 \cos(8t') \cos(P') - \\
 & - 0,09 \cos(7t') \cos(2P') + 0,09 \cos(6t') \cos(3P') - 0,01 \cos(5t') \cos(4P') - \\
 & - 0,01 \cos(3t') \cos(6P') + 0,02 \cos(2t') \cos(7P') + 0,03 \cos(9t') - 0,06 \cos(10t') + \\
 & + 0,09 \cos(8t') \cos(2P') + 0,02 \cos(7t') \cos(3P') + 0,04 \cos(6t') \cos(4P') + \\
 & + 0,06 \cos(5t') \cos(5P') + 0,2 \cos(4t') \cos(6P') - 0,01 \cos(2t') \cos(8P') - \\
 & - 0,01 \cos(t') \cos(9P') - 0,04 \cos(10P'),
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где H_s — высота значительных волн, м; t — время внутригодового цикла, мес.; P — номер реперной точки, для которой осуществлялось моделирование.

Внутригодовая изменчивость метеорологических условий в данной точке, обуславливает существование двух локальных минимумов: $H_s = 2,9$ м в диапазоне с сентября по октябрь, а также $H_s = 2,4$ м — с июня по июль. Максимальные значения ветрового волнения приходились с ноября по декабрь и с января по февраль, когда значения локальных максимумов составляли 4,2 м и 3,9 м соответственно. В тоже время характер динамики высоты волн в точке №5, которая расположена восточнее №1, имеет существенные отличия. Сама внутригодовая изменчивость энергии волн в ней выражена незначительно, но имеет общие особенности реализации. Минимальные значения $H_s = 1,1$ м прослеживаются с июля по август и с мая по июнь, а также $H_s = 1,2$ м с февраля по март. Кроме того наблюдались три максимума: $H_s = 1,35$ м ($t = 4$ — апрель), $H_s = 1,4$ м ($t = 1,2$ — начало января) и $H_s = 1,52$ м ($t = 10,5-11,2$ — с середины октября по начало ноября). Разница между максимальным и минимальным значениями не превышает 0,6 м (против 1,9 м для точки №1), а

периоды колебаний значительно больше, что обуславливает выполаживание поверхности протекания исследуемого процесса.

Проекция боковой плоскости «поверхности отклика» по осям t -Нс и P -Н (рис. 4b.) свидетельствует о наличии существенного влияния параметров расположения реперных точек на динамику ветрового волнения, характеризующимся существенным затуханием нелинейности формы исследуемой поверхности в сторону внутрисезонного выполаживания и резкого спада высоты волн при переходе от точки №4 к №5. Обобщая анализ графического отображения сезонной изменчивости ветровых волн, следует отметить наличие волновой природы в динамике их пространственного распределения.

Проекция полученной поверхности на ось P - t (пространство-время) приведена на рис. 5. Изолиниями показано геометрическое место точек с одинаковыми параметрами «значительных волн».

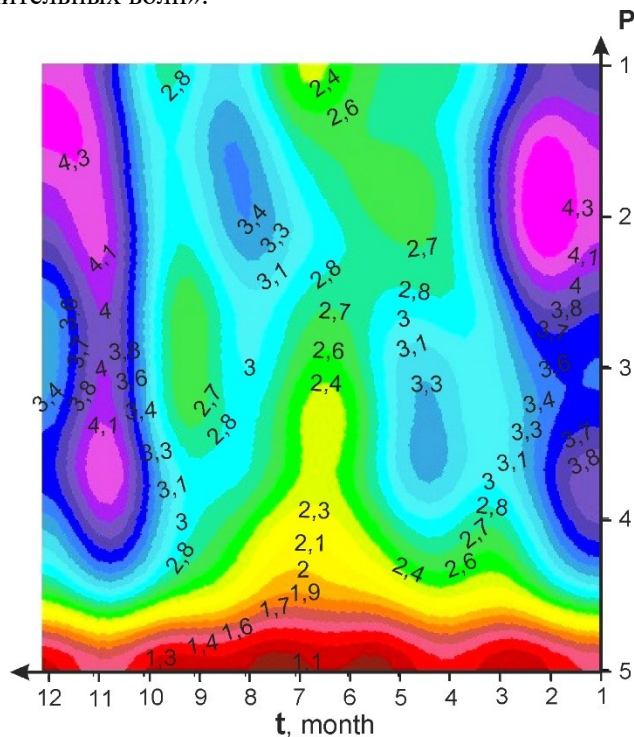


Рис. 5. Проекция пространственного распределения высоты значительных волн на горизонтальную плоскость.

Составлено автором.

Из анализа изолиний представленных на рис. 5. следует, что в пространственном распределении ветрового волнения присутствуют сезонные особенности, проявляются во внутримесячной вытянутости форм и локализации областей с характерными максимумами и минимумами вдоль оси P . Например: увеличение P с 1 до 4, при значении $t = 10-12$ (октябрь-декабрь) приводит к стабилизации максимальных высот значимых волн в районе 3,4 м, с образованием локального

ОЦЕНКА СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

максимума = 4,3 м (см. сиреневую область в форме усеченного овала, расположенную слева на рис. 5.) в диапазоне от 1,4 до 1,8 Р. Фома модели исследуемого процесса, при данных ограничениях, характеризуется волновым изменением значений H_s от 3,6 до 4,3 при $t = 11$ (ноябрь).

Максимальные значения H_s , в начале года, прослеживается для всего пространственного распределения, сменяющийся общим минимумом в диапазоне t от 5,8-7 (конец мая-июль), в виде вытянутой вдоль оси Р (равномерно распределенной) области с $H_s = 2,1-2,7$ м, которая ($P = 4,2$) сменяется резким спадом до уровня 1,3 м ($P = 4,2-5$).

ОБСУЖДЕНИЯ

Исходя из полученных результатов, следует, что при незначительном изменении временных рядов (сезоны, месяцы) пространственное распределение ветровых волн весьма неравномерна и может подвергаться существенным трансформациям. Большая степень неопределенности временных рядов данных, особенно для долгосрочного прогнозирования, обусловлена наличием совокупного действия ряда влияющих факторов и стохастической природой волн. Для полного раскрытия механизма влияния каждого из них необходимо проведение уточняющих исследований (например, в области межгодовой динамики).

Использование авторского подхода к решению трехмерных геоэкологических задач, на примере оценки внутригодовой изменчивости гидродинамики Каспийского моря, позволило более точно оценить зональность локальных экстремумов в полученных моделях. К наиболее значимым следствиям из которых можно выделить следующие.

Значение высоты значительных волн нелинейно возрастает (с образованием локальных максимумов между №1 и №2 реперными точками) с 3,8 м до 4,3 м по полиномиальному закону с уменьшением номера исследуемого пикета (в направлении с севера на юго-запад), обуславливая соответствующие особенности сезонных изменений с октября по февраль.

Высота волнения равномерно возрастает от 1,9 м до 2,4 м, с образованием максимума в районе 2-й реперной точки, по полиномиальному закону при изменении номера пространственных точек (в направлении с севера на юго-запад), определяя нахождение годовых минимумов сезонных изменений с конца мая по июль.

Из вышеизложенного следует, что миграции и изменение размеров зон локальных максимумов присущ волновой характер пространственного распределения, который в тоже время (для отдельной точки №5) может проявляться не для всех точек пространства. В целом форма поверхности исследуемого процесса, а именно ее проекция на фронтальную плоскость, хорошо согласуется с результатами аналогичных исследований [13] (рис. 1с.), [16] (рис. 2а.), рис. 4. работы [11] и др.

Кроме того, выявленные закономерности косвенно подтверждаются схожим характером трансформации береговой линии описанных в работах [14, 28, 29, 30]. Анализ данных дистанционного зондирования для исследования береговой эрозии

методами огибающей береговой линии (SCE), скорости конечных точек (EPR) и скорости линейной регрессии (LRR) проводили в расширении DSAS (ПО ArcGIS) [28]. В ходе анализа были выделены 814 разреза вдоль 40 км береговой линии дельты реки Гексу (Турция), с максимальной интенсивностью эрозионных процессов (когда в пляжной зоне присутствуют буны, а река впадает в море). В результате (на Рис. 5. [28]) для периода с 1984 по 2011 гг., в динамике профиля береговой линии Средиземного моря, полученной по каждому из методов SCE, EPR и LRR прослеживается ярко выраженный нелинейный характер, проявляющаяся в рамках десятилетнего масштаба времени. Что доказывает общность природы прямых и обратных взаимосвязей прибрежной гидродинамики и ветрового климата.

Совокупность полученных результатов расширяют представления о сезонных особенностях пространственно-временных изменений энергии ветровых волн, как о едином и непрерывном физическом процессе. Для практики туристской индустрии, их использование позволит осуществлять экологизацию туристского продукта, за счет устойчивого управления прибрежными районами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные выводы и научные результаты динамики ветрового волнения заключаются в следующем:

- определены пространственные закономерности нелинейных динамики волнового климата Каспийского моря, заключается проявляющиеся в изменении размеров зон локальных максимумов и их миграции в плоскости P-t.

- установлено, что сезонность изменений ветрового волнения с октября по февраль, заключается в том, что уменьшение номера реперных точек с №4 до №1 приводит к нелинейному росту, по полиномиальной зависимости, высоты значительных волн на 13%;

- установлено, что сезонность изменений годовых минимумов ветрового волнения Каспийского моря реализуется с конца мая по июль и заключается в том, что уменьшение номера реперных точек с №4 до №1 приводит к равномерно росту высоты значительных волн, по полиномиальной зависимости, на 26% и образованием локального максимума в районе 2-й точки ($H_s = 2,8$ м);

Кроме того общий подход, реализованный в настоящем исследовании возможно применить для расширения представлений о сезонной изменчивости уровня Чёрного моря (например, выявления особенности миграции локальных максимумов – смотри Рис. 1. работы [31] или пространственных закономерностей динамики химического состава отходов горнорудной промышленности [32, 33]).

Список литературы

1. Сорокин Д. Е., Шарафутдинов В. Н., Онищенко Е. В. О проблемах стратегирования развития туризма в регионах России (на примере Краснодарского края и города-курорта Сочи) // Экономика региона. 2017. Т. 13. № 3. С. 764–776. <https://doi.org/10.17059/2017-3-10>.

ОЦЕНКА СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ
КАСПИЙСКОГО МОРЯ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

2. Khasheva Z. M., Golik V. I., Kravchenko N. P., Milovanov V. F., Adamyan Zh. A. Analysis of environmental factors of enterprise at the regional market of oil products // *Revista San Gregorio*. 2019. N. 30. P. 95–103.
3. Koval V., Mykhno Y., Antonova L., Plekhanov D., Bondar V. Analysis of environmental factors' effect on the development of tourism // *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2019. V. 28(3). P. 445–456. <https://doi.org/10.15421/111941>.
4. Рыльникова М. В. Гармоничное развитие горной промышленности, науки и высшего горного образования — гарантия устойчивого состояния горнопромышленных регионов России // *Устойчивое развитие горных территорий*. 2020. Т. 12. № 1 (43). С. 154–161. <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2020-12-1-154-161>.
5. Kiriyanova L. G., Surtseva A. A., Yumatov K. V., Pyatovskiy A. A. Tourism as a «post-staples» diversification for Russian remote resource-dependent regions: a new path for Kuzbass // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2019. Т. 330. № 10. С. 230–239. <https://doi.org/10.18799/24131830/2019/10/2319>.
6. Бригида В. С., Стась Г. В., Мишулина С. И. Перспективные направления экологизации структурных элементов туристского продукта Краснодарского края (на примере транспортной составляющей) // *Устойчивое развитие горных территорий*. 2020. Т. 12. № 1. С. 18–25. <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2020-12-1-18-25>.
7. Васенко В. И., Вахрушев Б. А., Чабан В. В. Современное состояние и антропогенное влияние на прибрежные озера Крыма // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология*. 2021. № 1. С. 226–240.
8. Molina R., Manno G., Lo Re C. Storm energy flux characterization along the Mediterranean coast of Andalusia (Spain) // *Water*. 2019. V. 11. N. 509. <https://doi.org/10.3390/w11030509>
9. Piralí Zefrehei A. R., Fallah M., Hedayati A. Applying remote sensing techniques to changes of water body and aquatic plants in Anzali International Wetland (1985–2018) // *Theoretical and Applied Ecology*. 2021. N. 1. P. 65–72. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2021-1-065-072>.
10. Díaz-Cuevas P., Prieto-Campos A., Ojeda-Zújar J. Developing a beach erosion sensitivity indicator using relational spatial databases and Analytic Hierarchy Process // *Ocean and Coastal Management*. 2020. V. 189. N. 105146. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105146>.
11. Sytnik O., Río L. D., Greggio N., Bonetti J. Historical shoreline trend analysis and drivers of coastal change along the Ravenna coast, NE Adriatic // *Environmental Earth Sciences*. 2018. V. 77. N. 779. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7963-8>.
12. Евсеева Н. С., Ромашова Т. В. Опасные метеорологические явления как составная часть природного риска (на примере юга Томской области) // *Вестник Томского государственного университета*. 2011. № 353. С. 199–204.
13. Latapy A., Hekette A., Nicolle A., Pouvreau N. Influence of shoreface morphological changes since the 19th century on nearshore hydrodynamics and shoreline evolution in Wissant Bay (northern France) // *Marine Geology*. 2020. V. 422. N. 106095. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2019.106095>.
14. Lemos C., Floc'h F., Yates M., Le Dantec N., Marieu V., et al. Equilibrium modeling of the beach profile on a macrotidal embayed low tide terrace beach // *Ocean Dynamics*. 2018. V. 68. P. 1207–1220.
15. Ludka B. C., Guza R. T., O'Reilly W. C., Yates M. L. Field evidence of beach profile evolution toward equilibrium // *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 2015. V. 120. P. 7574–7597.
16. Montano J., Coco G., Antolínez J. A. A., Beuzen T., Bryan K. R., Cagigal L., Castelle B., Davidson M. A., Goldstein E. B., Ibáñez R., Idier D., Ludka B. C., Masoud-Ansari S., Méndez F. J., Murray A. B., Plant N. G., Ratliff K. M., Robinet A., Rueda A., Sénéchal N., Simmons J. A., Splinter K. D., Stephens S., Townend I., Vitousek S., Vos K. Blind testing of shoreline evolution models // *Scientific Reports*. 2020. N. 10. 2137. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59018-y>.

17. Лопатухин Л. И., Яицкая Н. А. Волновой климат Каспийского моря. Входные данные по ветру для гидродинамического моделирования и некоторые результаты расчетов // *Океанология*. 2019. Т. 59. № 1. С. 12–21. <https://doi.org/10.31857/S0030-15745912-21>.
18. Яицкая Н. А., Шевердяев И. В., Магаева А. А., Бригида В. С. Реконструкция опасных нагонов в Северном Каспии на основе цифровых моделей рельефа дна и гидрологического моделирования // *Наука Юга России*. 2021. Т. 17. № 3. С. 18–29. <https://doi.org/10.7868/S25000640210303>
19. Лопатухин Л. И., Яицкая Н. А. Особенности подхода к расчету режима ветрового волнения Каспийского моря // *Метеорология и гидрология*. 2018. № 4. С. 54–61.
20. Голик В. И., Лукьянов В. Г., Хашева З. М. Обоснование возможности и целесообразности использования хвостов обогащения руд для изготовления твердеющих смесей // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2015. Т. 326. № 5. С. 6–14. <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/11/2883>.
21. Тимченко З. В., Табунщик В. А. Гидрографические и гидрологические характеристики реки Хору (Кечит-Су) // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология*. 2020. № 3. С. 392–401.
22. Яицкая Н. А. Математическое моделирование ветрового волнения Азовского моря // *Труды Южного научного центра Российской академии наук*. 2020. Т. 8. С. 86–96. <https://doi.org/10.23885/1993-6621-2020-8-86-96>.
23. Golik V. I., Dmitrak Yu. V., Brigida V. S. Impact of duration of mechanochemical activation on enhancement of zinc leaching from polymetallic ore tailings // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020. V. 5. P. 47–54. <https://doi.org/10.33271/NVNGU/2020-5/047>.
24. Бейсембаева М. А., Дубровская Л. И., Земцов В. А. Антропогенные изменения водных ресурсов и максимальных уровней реки Иртыш в равнинной части бассейна в Республике Казахстан // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2018. Т. 329. № 3. С. 6–15.
25. Ергина Е. И., Жук В. О. Пространственно-временная изменчивость климата зимних сезонов в Крыму // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология*. 2018. № 1. С. 104–121.
26. Бригида В. С., Голик В. И., Дмитрак Ю. В., Габараев О. З. Обеспечение устойчивости подрабатываемых наклонных дегазационных скважин при интенсивной разработке свит газоносных угольных пластов // *Записки Горного института*. 2019. Т. 239. С. 497–501. <https://doi.org/10.31897/PMI.2019.5.497>.
27. Джиоева А. К., Бригида В. С. Пространственная нелинейность динамики метановыделения в подземных скважинах для устойчивого развития геотехнологий // *Записки Горного института*. 2020. Т. 245. С. 522–530. <https://doi.org/10.31897/PMI.2020.5.3>.
28. Ciritci D., Türk T. Automatic Detection of Shoreline Change by Geographical Information System (GIS) and Remote Sensing in the Göksu Delta, Turkey. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 2019. V. 47(2). P. 233–243. <https://doi.org/10.1007/s12524-019-00947-1>.
29. Duc D. M., Yasuhara K., Hieu N. M., Lan N. Ch. Climate change impacts on a large-scale erosion coast of Hai Hau district, Vietnam and the adaptation. *Journal of Coastal Conservation*. 2017. V. 21. N. 1. P. 47–62. <https://doi.org/10.1007/s11852-016-0471-7>.
30. Агарзаева Б. А. Исследование ветрового режима Бакинской бухты // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология*. 2020. № 1. С. 200–205.
31. Холопцев А. В., Подпорин С. А., Курочкин Л. Е. Особенности многолетних изменений среднего уровня Чёрного моря (по результатам реанализа GLORYS12V.1) // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология*. 2021. № 1. С. 252–264.

ОЦЕНКА СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ
КАСПИЙСКОГО МОРЯ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

32. Голик В. И., Комашенко В. И. Отходы обогащения железистых кварцитов как сырье для доизвлечения металлов и использования в качестве закладочных смесей // Горный журнал. 2017. № 3. С. 43–47.
33. Хайрутдинов М. М., Конгар-Сюрюн Ч. Б., Тюляева Ю. С., Хайрутдинов А. М. Бесцементные закладочные смеси на основе водорастворимых техногенных отходов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 11. С. 30–36. <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/11/2883>.

**SEASONAL VARIABILITY ESTIMATION FOR WIND WAVES IN THE
CASPIAN SEA WHILE ENSURING SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF
COASTAL TERRITORIES**

Brigida V. S.

*Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Sochi,
Russian Federation
E-mail: 1z011@inbox.ru*

Coastal areas provide most of the ecosystem services on the Caspian and Black Sea coasts, providing high potential for future economic growth in tourist destinations. At the same time, they are highly susceptible to the combined effect of the dangers changes in wind wave regimes and accelerated coastal erosion. Coastline stability is largely associated with the adaptive capacity assessment of natural and technical systems to anthropogenic and climatic changes. In this regard, ensuring sustainable development of coastal areas remains an urgent scientific and technical problem in the regions of recreational and tourist specialization.

Most of the research is focused on the use of hydrodynamic models (SWAN, WaveWatch, TOMAWAC) in combination with data from digital bottom models using GIS technologies (QGIS, ArcGIS). The simulation result is a maps set of spatial distributions by wind waves for each specific time value. At the same time, the validation of distributions obtained point, as well as the validity of the “goodness-of-fit” criteria, remains a debatable issue. Based on this, questions remain about the applicability of one or another geostatistics method (deterministic, stochastic or machine learning) for spatial approximation of hydrodynamic modeling results. Stochastic nature of wave motion combined with anthropogenic impact on coastline geomorphology pose significant uncertainty when modeling the considered processes. From the analysis of coastline dynamics models (ShoreFor, COCOONED, Random Forest, etc.), it was revealed that providing reliable forecasts remains a difficult task, both in the presence of long time series and for short-term scenarios. In this case, a plane problem (two-dimensional view) is mainly considered. This causes the problem of improving the general methodological approach to the approximation of spatiotemporal data in continuous multifactorial processes. For this reason, expanding understanding of the intra-annual variability of wind waves, which initiates changes in coastal areas, improves the quality of forecasting natural risks to mitigate negative consequences in coastal areas. The purpose of the study was to assess the intra-annual variability of wind wave’s distribution (a factor of acceleration of erosion processes). Application of deterministic

methods of spatial interpolation based on finite elements is significantly limited compared to stochastic methods (kricking). In this regard, the author's approach was used to overcome the main drawback of this method while increasing the reliability of the models obtained. Typical results of the wave climate hydrodynamic modeling for arbitrary five points on Caspian Sea surface were taken as initial data [17]. The assessment of intra-annual dynamics was made using of the locally estimated scatter plot smoothing (Savitzky–Golay filter) in combination with three-dimensional interpolation on Robert Renka's algorithm. Thus, for the first time, in order to identify the features of seasonal variability in the height of significant waves, when interpreting the array of data time series (in the plane (Hs-t), according to the planned approach, spatial orientation parameters were added in reference to the terrain (P). This made it possible to establish a dependence that reflects the process under study in the form of a surface (Hs from t-P).

As a result of the work, dependence was obtained (in response surface form) spatio-temporal changes in Caspian Sea hydrodynamics. Novelty of established patterns – magnitude of significant wave height in summer changes according to the polynomial law with peak formation (+ 26%) at the measuring point No.2. In addition, it was found that the seasonality of wind waves from October to February alterations according to a polynomial law, with the formation of a maximum (+13%) with a decrease in the number of reference points from No. 4 to No. 1 in the direction from south to north. From the foregoing, it follows that migration and changes in the zones size of local maxima are inherent in the non-linear nature, which at the same time (for a separate point No. 5) may not appear for all points response functions. In general, the surface shape of process under study, namely its projection onto the frontal plane, is in good agreement with the results of similar studies. Thus, the spatial regularities of the wave waves nonlinear dynamics are determined, which are manifested in a size change of local maxima zones and their migration in the P-t plane. The research technique can be used for natural and technical systems design and greening of the tourist product in coastal areas.

Keywords: Caspian Sea, wave motion, beaches erosion, greening tourist destinations, coastal zones.

References

1. Sorokin D. E., Sharafutdinov V. N., Onishhenko E. V. O problemah strategirovaniya razvitiya turizma v regionah Rossii (na primere Krasnodarskogo kraja i goroda-kurorta Sochi) (On the problems of strategic development of tourism in the regions of Russia (illustrated by the Krasnodar region and the resort city of Sochi)). *Ekonomika regiona*, 2017, v. 13, no. 3, pp. 764-776. (In Russ). <https://doi.org/10.17059/2017-3-10>. (in Russian).
2. Khasheva Z. M., Golik V. I., Kravchenko N. P., Milovanov V. F., Adamyan Zh. A. Analysis of environmental factors of enterprise at the regional market of oil products. *Revista San Gregorio*, 2019, no. 30, pp. 95–103.
3. Koval V., Mykhno Y., Antonova L., Plekhanov D., Bondar V. Analysis of environmental factors' effect on the development of tourism. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 2019, v. 28(3), pp. 445–456. <https://doi.org/10.15421/111941>.
4. Ryl'nikova M. V. Garmonichnoe razvitie gornoj promyshlennosti, nauki i vysshego gornogo obrazovaniya – garantija ustojchivogo sostojaniya gornopromyshlennyh regionov Rossii (The harmonious development of mining, science and higher education – guarantee of the stable condition of the mining regions of Russia). *Sustainable Development of Mountain Territories*, 2020, v. 12, no. 1(43), pp. 154-161. (In Russ). <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2020-12-1-154-161>. (in Russian).

ОЦЕНКА СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ
КАСПИЙСКОГО МОРЯ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

5. Kiriyanova L. G., Surtseva A. A., Yumatov K. V., Pyatovskiy A. A. Tourism as a «post-staples» diversification for Russian remote resource-dependent regions: a new path for Kuzbass. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov*, 2019, v. 330, no. 10, pp. 230–239. <https://doi.org/10.18799/24131830/2019/10/2319>. (in Russian).
6. Brigida, V. S., Mishulina, S. I., Stas, G. V. Perspektivnye napravleniya jekologizacii strukturnyh jelementov turistskogo produkta Krasnodarskogo kraja (na primere transportnoj sostavljajushhej) (Perspective directions of “ecologisation” of structural elements of a tourist product of Krasnodar region (case study of transportation component)). *Sustainable Development of Mountain Territories*, 2020, v. 12, no 1, pp. 24–25. (In Russ). <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2020-12-1-18-25>. (in Russian).
7. Vasenko V. I., Vahrushev B. A., Chaban V. V. Sovremennoe sostojanie i antropogennoe vlijanie na pribrezhnye ozera Kryma (The current state and anthropogenic impact on the coastal lakes of Crimea). *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografija. Geologija*, 2021, no. 1, pp. 226–240. (in Russian).
8. Molina R., Manno G., Lo Re C. Storm energy flux characterization along the Mediterranean coast of Andalusia (Spain). *Water*, 2019, v. 11, art. no. 509. <https://doi.org/10.3390/w11030509>.
9. Piralí Zefrehei A. R., Fallah M., Hedayati A. Applying remote sensing techniques to changes of water body and aquatic plants in Anzali International Wetland (1985–2018). *Theoretical and Applied Ecology*, 2021, no. 1, pp. 65–72. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2021-1-065-072>.
10. Díaz-Cuevas P., Prieto-Campos A., Ojeda-Zújar J. Developing a beach erosion sensitivity indicator using relational spatial databases and Analytic Hierarchy Process. *Ocean and Coastal Management*, 2020, v. 189, art. no. 105146. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105146>.
11. Sytnik O., Río L. D., Greggio N., Bonetti J. Historical shoreline trend analysis and drivers of coastal change along the Ravenna coast, NE Adriatic. *Environmental Earth Sciences*, 2018, v. 77, art. no. 779. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7963-8>.
12. Evseeva N. S., Romashova T. V. Opasnye meteorologicheskie javleniya kak sostavnaja chast' prirodnogo riska (na primere juga Tomskoj oblasti) (Dangerous meteorological phenomena as an integral part of natural risk (on the example of the south of the Tomsk region)). *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2011, no. 353, pp. 199–204. (in Russian).
13. Latapy A., Hekette A., Nicolle A., Pouvreau N. Influence of shoreface morphological changes since the 19th century on nearshore hydrodynamics and shoreline evolution in Wissant Bay (northern France). *Marine Geology*, 2020, v. 422, art. no. 106095. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2019.106095>.
14. Lemos C., Floc'h F., Yates M., Le Dantec N., Marieu V., et al. Equilibrium modeling of the beach profile on a macrotidal embayed low tide terrace beach. *Ocean Dynamics*, 2018, v. 68, pp. 1207–1220.
15. Ludka B. C., Guza R. T., O'Reilly W. C., Yates M. L. Field evidence of beach profile evolution toward equilibrium. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 2015, v. 120, pp. 7574–7597.
16. Montano J., Coco G., Antolinez J. A. A., Beuzen T., Bryan K. R., Cagigal L., Castelle B., Davidson M. A., Goldstein E. B., Ibaceta R., Idier D., Ludka B. C., Masoud-Ansari S., Méndez F. J., Murray A. B., Plant N. G., Ratliff K. M., Robinet A., Rueda A., Sénéchal N., Simmons J. A., Splinter K. D., Stephens S., Townend I., Vitousek S., Vos K. Blind testing of shoreline evolution models. *Scientific Reports*, 2020, no. 10, art. no. 2137. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59018-y>.
17. Lopatoukhin L. I., Yaitskaya N. A. Wave Climate of the Caspian Sea, Input Wind Data for Hydrodynamic Modeling, and Some Calculation Results. *Oceanology*, 2019, v. 59, no. 1, pp. 7–16. <https://doi.org/10.1134/S0001437019010120>.
18. Yaitskaya N. A., Sheverdjaev I. V., Magaeva A. A., Brigida V. S. Rekonstrukcija opasnyh nagonov v Severnom Kaspii na osnove cifrovyh modelej rel'efa dna i gidrologicheskogo modelirovaniya (Reconstruction of hazardous landfills in the Northern Caspian Sea based on digital models of the bottom relief and hydrological modeling). *Nauka Juga Rossii*, 2021, v. 17, no. 3, pp. 18–29. <https://doi.org/10.7868/S25000640210303>. (in Russian).
19. Lopatoukhin, L. I., Yaitskaya, N. A. Data of Wind Field Reanalysis over the Caspian Sea for Calculating the Regime of Wind Waves. *Water Resources*, 2019, v. 46, no. 6, pp. 926–933. <https://doi.org/10.1134/S0097807819060125>.
20. Golik V. I., Lukyanov V. G., Khasheva Z. M. Obosnovanie vozmozhnosti i celesoobraznosti ispol'zovaniya hvostov obogashheniya rud dlja izgotovleniya tverdejushhih smesej (Rationale for feasibility of using ore

- tailings for manufacturing hardening mixtures). *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov*, 2015, v. 326, no. 5, pp. 6–14. <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/11/2883>. (in Russian).
21. Timchenko Z. V., Tabunshhik V. A. *Gidrograficheskie i gidrologicheskie karakteristiki reki Horu (Kechit-Su)* (Hydrographic and hydrological characteristics of the Khoru River (Kechit-SU)). *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografija. Geologija*, 2020, no. 3, pp. 392–401. (in Russian).
22. Yaitskaya N. A. *Matematicheskoe modelirovanie vetrovogo volneniya Azovskogo morja* (Mathematical modeling of wind waves of the Sea of Azov). *Trudy Juzhnogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, 2020, v. 8, pp. 86–96. <https://doi.org/10.23885/1993-6621-2020-8-86-96>. (in Russian).
23. Golik V. I., Dmitrak Yu. V., Brigida V. S. Impact of duration of mechanochemical activation on enhancement of zinc leaching from polymetallic ore tailings. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2020, v. 5, pp. 47–54. <https://doi.org/10.33271/NVNGU/2020-5/047>.
24. Bejsembaeva M. A., Dubrovskaja L. I., Zemcov V. A. *Antropogennnye izmeneniya vodnyh resursov i maksimal'nyh urovnej reki Irtysh v ravninnoj chasti bassejna v Respublike Kazahstan* (Anthropogenic changes in water resources and maximum levels of the Irtysh River in the plain part of the basin in the Republic of Kazakhstan). *Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov*, 2018, v. 329, no. 3, pp. 6–15. (in Russian).
25. Ergina E. I., Zhuk V. O. *Prostranstvenno-vremennaja izmenchivost' klimata zimnih sezonov v Krymu* (Spatial and temporal variability of the climate of winter seasons in the Crimea). *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografija. Geologija*, 2018, no. 1, pp. 104–121. (in Russian).
26. Brigida V. S., Golik V. I., Dmitrak Yu. V., Gabaraev O. Z. Ensuring Stability of Undermining Inclined Drainage Holes During Intensive Development of Multiple Gas-Bearing Coal Layers. *Journal of Mining Institute*, 2019, v. 239, pp. 497–501. <https://doi.org/10.31897/PMI.2019.5.497>.
27. Dzhioeva A. K., Brigida V. S. Spatial non-linearity of methane release dynamics in underground boreholes for sustainable mining. *Journal of Mining Institute*, 2020, v. 245, pp. 522–530. <https://doi.org/10.31897/PMI.2020.5.3>.
28. Ciritci D., Türk T. Automatic Detection of Shoreline Change by Geographical Information System (GIS) and Remote Sensing in the Göksu Delta, Turkey. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 2019, v. 47(2), pp. 233–243. <https://doi.org/10.1007/s12524-019-00947-1>.
29. Duc D. M., Yasuhara K., Hieu N. M., Lan N. Ch. Climate change impacts on a large-scale erosion coast of Hai Hau district, Vietnam and the adaptation. *Journal of Coastal Conservation*, 2017, v. 21, no. 1, pp. 47–62. <https://doi.org/10.1007/s11852-016-0471-7>.
30. Agarzaeva B. A. *Issledovanie vetrovogo rezhima Bakinskoy buhty* (Investigation of the wind regime of the Baku Bay). *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografija. Geologija*, 2020, no. 1, pp. 200–205. (in Russian).
31. Holopcev A. V., Podporin S. A., Kurochkin L. E. *Osobennosti mnogoletnih izmenenij srednego urovnja Chjornogo morja (po rezul'tatam reanaliza GLORYS12V.1)* (Features of long-term changes in the average level of the Black Sea (according to the results of the GLORYS12V.1 reanalysis)). *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografija. Geologija*. 2021. № 1. С. 252–264. (in Russian).
32. Golik V. I., Komashhenko V. I. *Othody obogashheniya zhelezistykh kvarcitolov kak syr'e dlja doizvlecheniya metallov i ispol'zovaniya v kachestve zakladochnykh smesey* (Waste from the enrichment of ferruginous quartzites as raw materials for the recovery of metals and use as laying mixtures). *Gornyj zhurnal*, 2017, no. 3, pp. 43–47. (in Russian).
33. Khayrutdinov M. M., Kongar-Syuryun C. B., Tyulyaeva Y. S., Khayrutdinov A. M. *Bescementnye zakladochnye smesi na osnove vodorastvorimyh tehnogennykh othodov* (Cementless backfill mixtures based on water-soluble manmade waste). *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov*, 2020, v. 331, no. 11, pp. 30–36. <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/11/2883>. (in Russian).

Поступила в редакцию 07.10.2021 г.

УДК 551.524

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ЛУГАНЩИНЕ

**Соколов И. Д.¹, Пашутина Е. Н.², Медведь О. М.³, Сигидиненко Л. И.⁴,
Соколова Е. И.⁵, Долгих Е. Д.⁶, Сигидиненко И. В.⁷**

^{1,3,4,5,6,7}Луганский государственный аграрный университет, Луганск

²Государственный гуманитарно-технологический университет», Московская область,
Орехово-Зуево, Российская Федерация

E-mail: ²pashutina07@mail.ru, ³olga.medved.2016@mail.ru, ⁴lsigidinenko@mail.ru, ⁵s-e-i@mail.ru,
⁶ded57@i.ua, ⁷irinasigidinenko1992@mail.ru

Климат Луганщины характеризуется как умеренно континентальный с довольно жарким летом и сравнительно холодной зимой (абсолютный максимум +41°C, абсолютный минимум -42°C). В связи с тем, что климат не остается постоянным и претерпевает изменения, нами предпринята попытка сравнить локальное изменение климата Луганска на фоне глобальных тенденций потепления. В статье выполнен сравнительный анализ динамики среднегодовых значений температуры воздуха г. Луганска с таковой в целом в мире, то есть с так называемой глобальной температурой воздуха у поверхности Земли (global surface temperature) в период 1880–2019 гг. Для выявления тенденций анализируемых значений температуры применялся метод анализа временных рядов (рядов динамики). Математико-статистический подход позволил установить, что температура Луганска увеличилась на 1,93°C, а глобальная мировая температура повысилась на 1,05°C. Повышение температуры наблюдалось не весь период исследуемого временного интервала, в течении первых тридцати лет температура даже несколько понижалась. Коэффициент парной корреляции климатических факторов «температура г. Луганска» и «отклонения от базовой глобальной температуры» ($r=0,9997^{***}$) позволяет утверждать, что динамика годовой температуры по метеостанции г. Луганска и в целом на планете весьма сходна.

Ключевые слова: климат, температура воздуха, статистический подход, тенденция потепления, Луганск.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время из климатических факторов наибольший интерес исследователей и общественности вызывают многолетние изменения среднегодовой температуры нижних слоев атмосферного воздуха [8, 13, 14]. Эта проблема рассмотрена в пяти «Оценочных докладах» МГЭИК, а шестой доклад на оценочном цикле, и двух «Оценочных докладах Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации» [3, 7, 8]. На территории Луганского региона, как и в России, так и в целом по Земному шару, продолжается потепление, темпы которого высоки [1, 9, 11]. Средняя скорость роста среднегодовой температуры воздуха на территории России в 1976–2019 гг. составила по данным ФГБУ «ИГКЭ» 0,47°C/10 лет [4].

Климат Луганщины умеренно-континентальный, с выраженными засушливо-суховейными явлениями [1]. Он отличается неустойчивостью характера погоды: морозы чередуются с оттепелями, иногда происходит вторжение холодного воздуха с понижением температуры до опасных отметок (абсолютный минимум -42°C). Последнее десятилетие абсолютный максимум - 40,3 - 40,4°C отмечался в июле 2001г., 41,2–42,0 °C в августе 2010г [1]. Лето теплое и жаркое с неустойчивым увлажнением и засушливыми периодами. Отличительной особенностью климата

является обилие солнечного света и тепла, а удаленность территории от больших водных площадей обуславливает континентальный характер.

Современные изменения климата, которые начали фиксировать примерно с конца 1980-х годов, могут повлиять на климатические стандарты, поскольку климатические изменения в последние десятилетия происходят со скоростью, которая, намного превышает ранее зафиксированные [7, 8]. Для адекватного анализа динамики температуры атмосферного воздуха в Луганске необходимо применение статистических методов анализа рядов динамики (временных рядов). Это имеет существенное значение для многих сфер жизни общества.

Цель работы — используя математико-статистические расчеты, изучить изменение температуры атмосферного воздуха Луганска, в период 1880–2019 гг., на фоне глобальных тенденций потепления в целом на Земле. Работа выполнена с учетом более ранних работ [9, 11], где временные ряды анализировались за 1838–2019 гг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве исходных данных использовали результаты инструментальных измерений температуры воздуха по метеостанции г. Луганска (далее – МС Луганск) и сведения о глобальной температуре воздуха у поверхности Земли (global surface temperature) [9, 12]. Исходные данные представляют собой типичные временные ряды, в которых первый ряд чисел включает годы от 1880 до 2019 включительно, т.е. за 140 последних лет. Второй ряд в целом по Земле формируют значения отклонений наблюдавшихся за этот период температур от средней температуры за тридцать лет, 1951-1980 гг., принимаемых в большинстве климатических исследований за базовые (табл. 1).

Таблица 1.
Отклонения наблюдавшихся температур от средней температуры в целом
на Земле (1880–2019 гг.)

Годы	Отклонения температур	Годы	Отклонения температур	Годы	Отклонения температур	Годы	Отклонения температур
1	2	3	4	5	6	7	8
1880	-0,16	1915	-0,14	1950	-0,17	1985	0,11
1881	-0,08	1916	-0,36	1951	-0,07	1986	0,18
1882	-0,10	1917	-0,46	1952	0,01	1987	0,32
1883	-0,16	1918	-0,29	1953	0,08	1988	0,38
1884	-0,28	1919	-0,27	1954	-0,13	1989	0,27
1885	-0,32	1920	-0,27	1955	-0,14	1990	0,45

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ
ВОЗДУХА В ЛУГАНЩИНЕ

Продолжение таблиц 1.

1	2	3	4	5	6	7	8
1886	-0,30	1921	-0,19	1956	-0,19	1991	0,40
1887	-0,35	1922	-0,28	1957	0,05	1992	0,22
1888	-0,16	1923	-0,26	1958	0,06	1993	0,23
1889	-0,10	1924	-0,27	1959	0,03	1994	0,32
1890	-0,35	1925	-0,22	1960	-0,02	1995	0,45
1891	-0,22	1926	-0,10	1961	0,06	1996	0,33
1892	-0,27	1927	-0,22	1962	0,04	1997	0,47
1893	-0,31	1928	-0,20	1963	0,05	1998	0,61
1894	-0,30	1929	-0,36	1964	-0,20	1999	0,39
1895	-0,22	1930	-0,16	1965	-0,11	2000	0,39
1896	-0,11	1931	-0,10	1966	-0,06	2001	0,54
1897	-0,11	1932	-0,16	1967	-0,02	2002	0,63
1898	-0,26	1933	-0,29	1968	-0,08	2003	0,62
1899	-0,17	1934	-0,13	1969	0,05	2004	0,54
1900	-0,08	1935	-0,20	1970	0,02	2005	0,68
1901	-0,15	1936	-0,15	1971	-0,08	2006	0,64
1902	-0,28	1937	-0,03	1972	0,01	2007	0,66
1903	-0,37	1938	-0,01	1973	0,16	2008	0,54
1904	-0,47	1939	-0,02	1974	-0,07	2009	0,66
1905	-0,26	1940	0,13	1975	-0,01	2010	0,72
1906	-0,22	1941	0,19	1976	-0,10	2011	0,61
1907	-0,39	1942	0,07	1977	0,18	2012	0,64
1908	-0,43	1943	0,09	1978	0,07	2013	0,68
1909	-0,48	1944	0,20	1979	0,16	2014	0,75
1910	-0,43	1945	0,09	1980	0,26	2015	0,90
1911	-0,44	1946	-0,07	1981	0,32	2016	1,02
1912	-0,36	1947	-0,03	1982	0,14	2017	0,92
1913	-0,34	1948	-0,11	1983	0,31	2018	0,85
1914	-0,15	1949	-0,11	1984	0,15	2019	0,98

Годы — независимая переменная x , отклонения $d=t-t_{st}$ — зависимая переменная. По Луганщине исходными данными служили измеренные на МС Луганск среднегодовые значения температуры воздуха (табл. 2).

Анализируемые ряды динамики относятся к равноинтервальным рядам. При анализе данных применяли известные математико-статистические методы анализа временных рядов (рядов динамики) [6]. Использовали пакет прикладных программ, называемый также системой STATISTICA [2] и нашу программу PERIOD [10].

Таблица 2.
Среднегодовые значения температуры воздуха по данным Луганской метеостанции
(1880–2019 гг.)

Годы	Среднегодовые значения температуры	Годы	Среднегодовые значения температуры	Годы	Среднегодовые значения температуры	Годы	Среднегодовые значения температуры
1	2	3	4	5	6	7	8
1880	6,7	1915	8,3	1950	8	1985	7,4
1881	7,3	1916	7,3	1951	8,5	1986	8,6
1882	8,7	1917	7,4	1952	8,9	1987	6
1883	7,8	1918	7,9	1953	7,8	1988	7,9
1884	7,5	1919	7,5	1954	7,6	1989	9,9
1885	8,2	1920	7,1	1955	9,1	1990	9,7
1886	8,5	1921	7,8	1956	6,5	1991	9
1887	8,8	1922	8,2	1957	9,7	1992	8,3
1888	7,3	1923	8,9	1958	8,2	1993	7,7
1889	7,7	1924	7,1	1959	7,6	1994	8,4
1890	8,5	1925	8,7	1960	9,2	1995	9,9
1891	7,9	1926	7,3	1961	8,8	1996	8,2
1892	8,3	1927	7,3	1962	9,6	1997	7,7
1893	6,9	1928	6,5	1963	8,1	1998	9,2
1894	6,6	1929	6,3	1964	7,6	1999	10,2
1895	8	1930	8,7	1965	7,9	2000	9,4
1896	6,2	1931	7,1	1966	10,3	2001	9,5
1897	8,2	1932	7,8	1967	8,4	2002	9,7
1898	7,5	1933	5,8	1968	8,8	2003	8,2
1899	8,3	1934	8,2	1969	7,1	2004	9,6
1900	7,6	1935	7,8	1970	8,9	2005	9,7
1901	9,5	1936	8,8	1971	9	2006	9
1902	8	1937	8,9	1972	8,8	2007	10,7
1903	9	1938	9,4	1973	8,3	2008	9,7
1904	7,8	1939	8,7	1974	8,6	2009	10
1905	9,3	1940	7,6	1975	9,8	2010	10,7
1906	9,5	1941	7,8	1976	6,9	2011	8,6
1907	6,8	1942	6,3	1977	7,8	2012	9,9
1908	6,6	1943	8,2	1978	7,9	2013	10,5
1909	7,9	1944	8,8	1979	9,2	2014	9,4
1910	8,3	1945	6,1	1980	7,5	2015	10,2

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ЛУГАНЩИНЕ

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6	7	8
1911	6,3	1946	8,7	1981	9,8	2016	9,8
1912	7	1947	8,3	1982	7,8	2017	10
1913	8,5	1948	8,3	1983	9,4	2018	8,9
1914	8,2	1949	8,3	1984	8,6	2019	10,3

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Среднегодовая температура воздуха обнаруживает сильные небеспричинные, но для исследователей выступающие как случайные, беспорядочные отклонения в ту или иную сторону. Как говорят, «год на год не приходится». Эти отклонения затрудняют выявление закономерностей многолетних изменений температуры. С целью определенной нивелировки отклонений производят так называемое эмпирическое выравнивание (сглаживание) временных рядов (линейное по 3, 5 или 7 точкам, по способу взвешенной скользящей средней при неизвестной форме функции связи Y с X , экспоненциальное сглаживание).

Представленные в табл. 1 данные об отклонениях температуры воздуха Земли сглажены по 5 точкам [12]. Обратим внимание на то, что аналитическое сглаживание возможно как по исходным значениям, так и по предварительно выравненным тем или иным известным способом.

Выравненные по 5 точкам значения отклонений глобальной температуры представлены на рис. 1 в виде ломаной линии. Даже на глаз видно, что на исследованном временном интервале происходил, в целом, рост температуры. При этом темпы подъема температуры с 1980 г. и по настоящее время стали определенно выше, чем они были в предшествующие годы (рис. 1).

Для оценки степени (силы) и значимости изменений температуры необходимо использовать аналитическое сглаживание. Уместно начинать его с наиболее простой функции связи — полинома первой степени (уравнения прямой линии). Коэффициент парной корреляции r оценивает линейную связь, точнее линейный компонент связи. Довольно условно выделяют слабую ($r < 0,50$), среднюю ($0,5 < 0,7$) и сильную ($r > 0,7$) связи [6]. В нашем случае $r = 0,83^{***}$; связь положительная, очень сильная. Три звездочки означают, что связь максимально значимая, вероятность ошибки заключения о наличии связи $p < 0,001$. Коэффициент детерминации $r^2 = 0,695$. Это значит, что почти 70% изменчивости годовой температуры определяется линейной связью Y с X , неуклонным бегом времени. Линейная связь Y с X — главная причина закономерной изменчивости температуры по годам. По уравнению линии регрессии находим значения y для начала и конца временного ряда: $y_{1880} = -0,49$, $y_{2019} = 0,56$. Различие крайних значений равно $1,05^\circ\text{C}$. Значит, рост температуры на исследованном временном интервале (1880–2019 гг.) составляет немногим более 1°C .

Внимательное рассмотрение представленных на рис. 1 выравненных временных рядов позволяет считать, что повышение температуры происходило не все 140 изученных года, что в 1880–1910 гг. имело место понижение температуры.

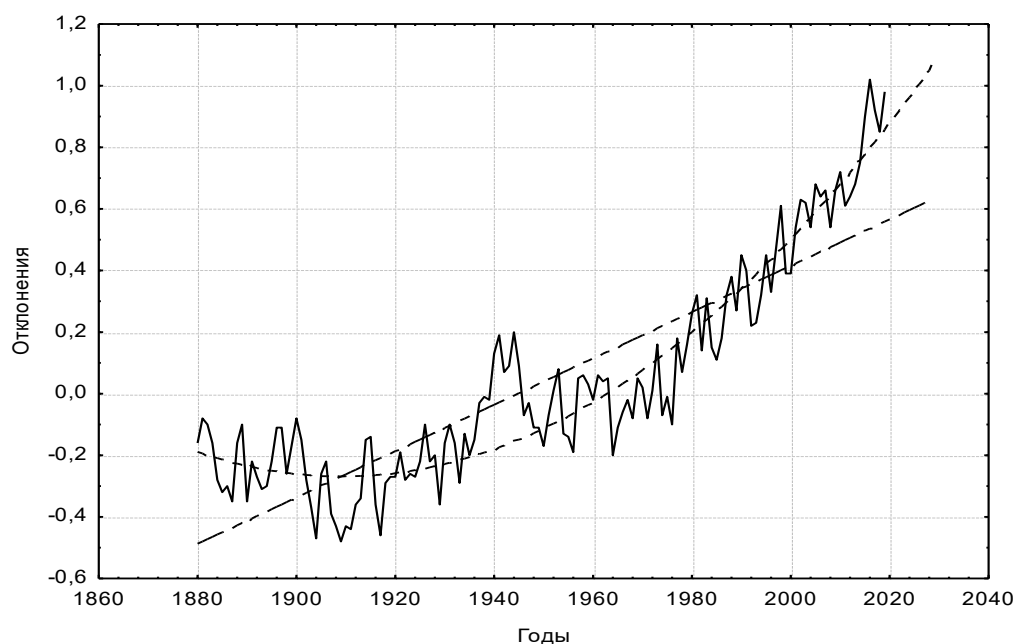


Рис. 1. Эмпирические значения отклонения температуры воздуха планеты от базовой температуры, сглаженные по 5 точкам и результаты сглаживания ряда динамики прямой линией и квадратичной параболой.

Направление связи различается в 30 первых и 110 остальных годах, что требует использования для аналитического сглаживания криволинейных функций, прежде всего полинома второй степени (квадратичной параболы). Графическое представление такого сглаживания также показано на рис. 1. Оцененный по параболе рост температуры на исследованном временном интервале (1880–2019 гг.), как и в случае использования полинома первой степени, составляет немногим более 1°C ($y_{2019} - y_{1880} = 0,86 + 0,19 = 1,05$).

Степень согласия ожидающихся и наблюдавшихся значений оценено среднеквадратичной ошибкой аппроксимации (табл. 3).

Таблица 3.

Результаты аппроксимации временного ряда изменений температуры воздуха планеты различными функциями (X – годы, Y – отклонения от базовой температуры)

№ п/п	Функция сглаживания временного ряда	Среднеквадратичная ошибка аппроксимации
1	Полином первой степени (прямая линия)	0,0406
2	Полином второй степени (квадратичная парабола)	0,0220

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ЛУГАНЩИНЕ

Ошибка аппроксимации временного ряда параболой намного меньше, и поэтому параболу следует предпочтительно использовать как функцию связи.

А. Кислов писал, что во временном ряду изменений глобальной годовой температуры воздуха на Земле «обнаруживается ритм с периодом около 60 лет» [5]. Однако оказалось, что модели с 60-летним (рис. 2) и близкими по продолжительности циклами колебаний не обеспечивают лучшее согласие наблюдавшихся и ожидавшихся значений в сравнении с квадратичной параболой.

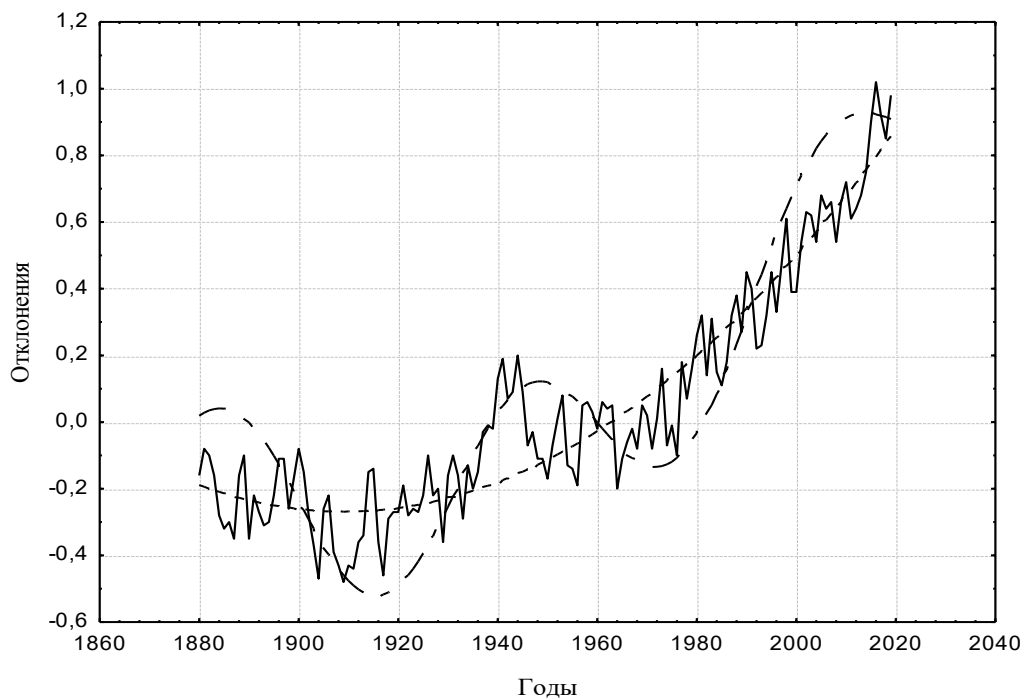


Рис. 2. Сглаживание временного ряда изменений температуры воздуха планеты периодической функцией (60-летний цикл), наложенной на параболический тренд.

В частности, при использовании модели динамики температуры с 60-летним циклом колебаний (рис. 2) получено значение ошибки аппроксимации, равное 0,0400, а, как уже отмечалось выше, эта ошибка при использовании квадратичной параболы составляла 0,0220. По ошибкам аппроксимации последовательно проверяли пригодность для сглаживания циклических тригонометрических функций с продолжительностью периода колебаний от 45 до 75 лет (45, 46, ..., 75). Во всех случаях ошибка превышала таковую параболы. Минимальной она была при продолжительности периода в 45 лет, а именно 0,028, что тоже больше ошибки аппроксимации параболой. В подобных случаях следует ограничиваться параболой как функцией аналитического сглаживания временного ряда.

В настоящей статье о динамике температуры мы судили на основании анализа отклонений температуры каждого года от базовой температуры. Такой подход имеет

свои недостатки. Во-первых, базовая температура вычисляется как средняя арифметическая за т.н. базовые годы (1951–1980 гг.), но сами базовые годы выделены произвольно, на основе пока действующей договоренности. Во-вторых, при вычислении базовой температуры, как средней арифметической из годовых температур каждого из тридцати базовых лет производится округление, и потому база отклонений менее точна, чем база исходных температур. Поясним сказанное.

Среднее значение климатического фактора «среднегодовая температура воздуха» в г. Луганске за 1951–1980 гг. представляет собой бесконечное дробное число 8,41... [2]. При вычислении отклонений производим округление и за базовое значение принимаем 8,41°C, тем самым внося систематическую ошибку во все значения отклонений, получая отклонения с небольшим избытком. В-третьих, при анализе обсуждаемых здесь отклонений о динамике температуры судим косвенно, что создает определенные трудности для понимания результатов. Между тем, есть все возможности для прямого анализа и прогнозирования исходных временных рядов температуры.

Вообще следует иметь в виду, что исходные фактические, наблюдавшиеся значения температуры тоже являются отклонениями. Это отклонения от температуры фазового перехода H_2O из жидкой фазы (вода) в твердую (снег или лед) или, наоборот, из твердой фазы в жидкую. Анализ исходных температур является более простым, более точным и более понятным, чем анализ отклонений температур от базовой температуры. Его и применяли мы при анализе динамики температуры в Луганщине.

На рис. 3 в виде графиков представлены исходный временной ряд (ломанная линия) температуры воздуха на МС Луганск и ряды, сглаженные полиномом первой степени (прямая линия) и полиномом второй степени (квадратичная парабола).

Сравнение рис. 1 и 3, и результатов вычислений позволяют утверждать, что динамика изменений температуры сходна. Температура в Луганске увеличилась на 1,93°C, глобальная мировая температура повысилась на 1,05°C. Подъем температуры наблюдался не все время — в течение первых тридцати лет рассматриваемого временного интервала температура даже несколько понижалась (рис. 1, 3). По этой причине полином второй степени более адекватно, чем полином первой степени, описывает ход температурных изменений.

Количественную характеристику степени схождения временных рядов среднегодовой температуры в г. Луганске и в целом на Земле можно получить, вычислив коэффициент парной корреляции климатических факторов «температура г. Луганска» и «отклонения от базовой глобальной температуры». Коэффициент корреляции $r=0,9997^{***}$; связь очень тесная, приближающаяся к полной (функциональной) связи и максимально значимая ($p<0,001$). Это значит, что динамика температуры в г. Луганске и глобальной температуры практически совпадают. Очевидно, существует какая-то общая причина этого явления, и ею по ряду соображений не может быть CO_2 антропогенного происхождения [9].

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ЛУГАНЩИНЕ

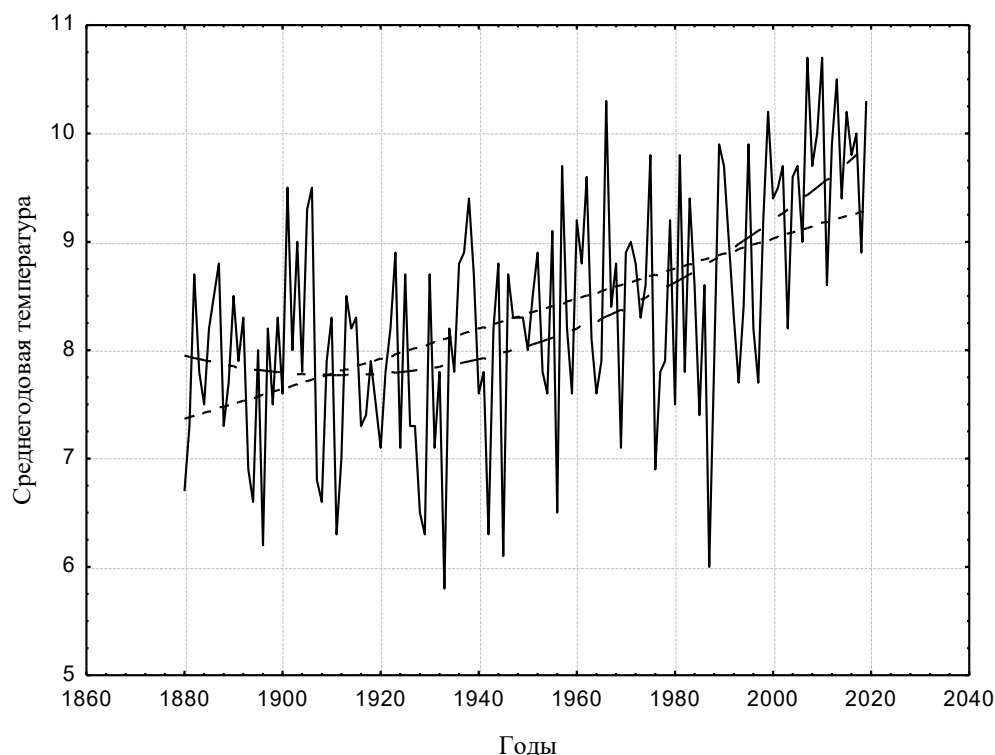


Рис. 3. Эмпирические значения среднегодовой температуры по данным Луганской метеостанции (1880–2019 гг.) и результаты сглаживания прямой линией и квадратичной параболой.

Интересно, что по температуре теплого (апрель–сентябрь) и холодного (октябрь — март) сезонов обнаружена периодическая компонента изменчивости продолжительностью около 75 лет [9]. Но колебания происходили в противофазах, поэтому линии экспоненциально сглаженных временных рядов на графике то расходятся, то сходятся (рис. 4). На фоне общего уменьшения разности летних и зимних температур степень континентальности климата Луганщины периодически колебалась (рис. 4). Колеблясь в противофазах, температуры теплого и холодного сезонов в интегральном показателе «среднегодовая температура» почти компенсируют друг друга, поэтому 75-летняя цикличность в динамике среднегодовой температуры едва просматривается [9].

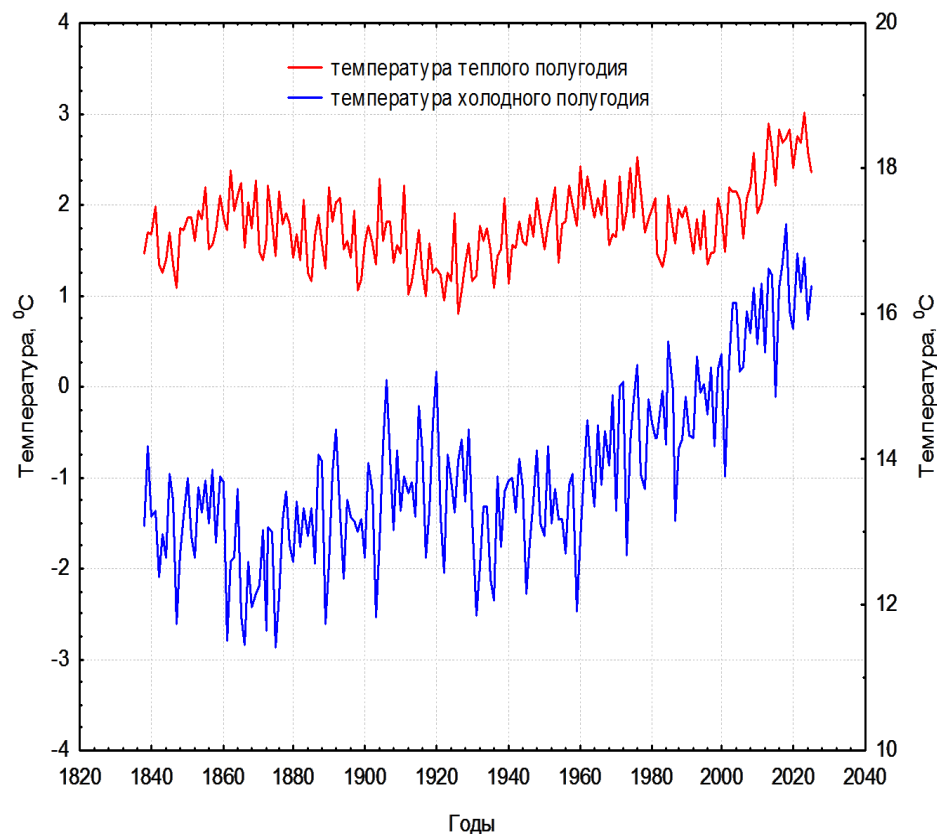


Рис. 4. Временные ряды температуры теплого и холодного сезонов по данным МС Луганск (верхний график — тёплое полугодие, нижний — холодное) [9].

Заметим, что при построении графика (рис. 4), как и вообще в работе [9] использованы данные о температуре в г. Луганске не только в 1880–2019 гг., но и за все годы наблюдений (1838–2019 гг.), что повышает надежность выводов и заключений. По данным за 1838–2019 гг. рост среднегодовой температуры в Луганске составил 1,75°C.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На временном интервале 1880–2019 гг. обнаружен рост температуры по Луганску на 1,93°C, при повышении глобальной мировой температуры на 1,05°C. За исследуемый период температура как понижалась, так и повышалась установлено, что ход температурных изменений адекватно описывает полином второй степени (квадратичная парабола). Динамика годовой температуры на МС Луганск и в целом на Земле весьма сходна при выраженном росте температур.

Наблюдаемые тенденции в изменении приземной температуры Луганщины выявляют как положительные, так и отрицательные социально-экономические

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ЛУГАНЩИНЕ

эффекты. В связи с этим результаты проведенных исследований необходимо учитывать при разработке механизмов адаптации экономики к изменению климата на региональных уровнях.

Анализ временных рядов позволяет также производить их прогнозирование различными способами: экспоненциальное сглаживание; аналитическое сглаживание; модели, связанные с использованием автокорреляций и взвешенных скользящих средних (модели ARIMA); нейронные сети, являющиеся одним из методов т.н. искусственного интеллекта [5, 9]. Однако рассмотрение проблемы прогнозирования температуры как климатического фактора выходит за рамки настоящей статьи.

Список литературы

1. Агрокліматичний довідник по Луганській області (1986–2005 рр.). Луганськ: ТОВ «Віртуальна реальність», 2011 С. 23–26.
2. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. С.-Петербург: Питер, 2003. 688 с.
3. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М., 2014. С. 8–10
4. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. Москва, 2020. С. 6–7.
5. Кислов А. Как росла средняя температура на Земле. [Электронный ресурс]. URL: <https://postnauka.ru/wtf> (дата обращения 05.06.2021).
6. Лакин Г. Ф. Биометрия: учебн. пособие: М.: Высш. шк., 1990. 352 с.
7. МГЭИК, 2014: Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата [основная группа авторов, Р.К. Пачаури и Л.А. Мейер (ред.)]. МГЭИК, Женева, Швейцария, 163 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_ru.pdf (дата обращения 05.06.2021).
8. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) [Электронный ресурс]. URL: https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_russian.shtml (дата обращения 05.06.2021).
9. Соколов И. Д., Орешкин М. В., Медведь О. М., Соколова Е. И., Долгих Е. Д., Сигидиненко Л. И. Изменения климата Луганщины и их прогнозирование. Основания для оптимизма. Луганск: ФЛП Пальчак А.В., 2017. 200 с.
10. Соколов И. Д., Медведь О. М. Программа PERIOD для изучения периодической изменчивости // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Проблемы современной биологии», посвященной 130-летию со дня рождения Н.И. Вавилова (ЛНР, Луганск, 22-25 мая 2017 г.) / Ред. И.Д. Соколов. Луганск: ГОУ ЛНР «ЛНАУ», 2017. С. 119–126.
11. Соколов И. Д., Медведь О. М., Соколова Е. И., Долгих Е. Д., Сигидиненко Л. И., Кармазина А. В. Благоприятные изменения климата Луганщины // Научный вестник ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет». Луганск: ГОУ ЛНР ЛНАУ. 2019. № 6 (2). С. 71–84.
12. Global climate change (NASA). Global temperature. Latest annual average anomaly (NASA's Goddard Institute for Space Studies (GISS) : 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/> (дата обращения 05.06.2021).
13. John Cook, Dana Nuccitelli, et al. Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature // IOP Publishing Ltd Environmental Research Letters. 2013. Volume 8, Number 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/8/2/024024/pdf> (дата обращения 05.06.2021).

TRENDS IN CHANGES IN SURFACE AIR TEMPERATURE IN THE LUHANSK REGION

***Sokolov I. D.¹, Pashutina E. N.², Medved' O. M.³, Sigidinenko L. I.⁴, Sokolova E. I.⁵,
Dolgikh E. D.⁵, Sigidinenko I. V.⁶***

^{1,3,4,5,6,7}Luhansk State Agrarian University, Luhansk

²State Humanitarian University of Technology, Orekhovo-Zuevo, Russian Federation

*E-mail: ²pashutina07@mail.ru, ³olga.medved.2016@mail.ru, ⁴lsigidinenko@mail.ru, ⁵s-e-i@mail.ru,
⁶ded57@i.ua, ⁷irinasigidinenko1992@mail.ru*

On the territory of the Luhansk region, as well as in the whole planet, warming continues, the pace of which is high. The global temperature is a real indicator of the ongoing climate changes on Earth.

The climate of Luhansk region is moderately continental with fairly hot summers and relatively cold winters (absolute maximum +41°C, absolute minimum -42°C). Since the climate does not remain constant and is undergoing changes, we have compared the local climate change in Luhansk against the background of global warming trends.

The main purpose of the work. Using mathematical and statistical calculations, is to study the changes in the temperature of the atmospheric air of Lugansk, in the period 1880–2019, against the background of global warming trends in general on the Earth.

The initial data are typical time series, in which the first row of numbers includes the years from 1880 to 2019 inclusive, for the last 140 years. The second row as a whole on the Earth is formed by the values of deviations of the temperatures observed during this period from the average temperature for thirty years, 1951–1980, taken in most climate studies as the base ones.

The average annual air temperature reveals strong changes, but for researchers acting as random, random deviations in one direction or another. The article presents a comparative analysis of the dynamics of the average annual air temperature in Luhansk with the one in the whole world, that is with the so-called global surface temperature in the period 1880–2019.

To identify trends in the analyzed temperature values, the method of time series analysis (dynamics series) was used.

The mathematical and statistical approach allowed us to establish that the temperature of Luhansk increased by 1.93°C, and the global world temperature increased by 1.05 °C. The temperature increase was not observed for the entire period of the researched time interval; during the first thirty years the temperature even slightly decreased

It is established that the course of temperature changes is adequately described by a polynomial of the second degree (a quadratic parabola). The dynamics of the annual temperature on the Lugansk and on Earth as a whole are very similar with a pronounced increase in temperatures. The coefficient of pair correlation of climatic factors "temperature of Luhansk" and "deviations from the base global temperature" ($r=0.9997^{***}$) suggests that

the dynamics of the annual temperature at the weather station in Luhansk and on the planet as a whole is very similar.

The observed trends in changes in the surface temperature of the Luhansk region reveal both positive and negative socio-economic effects. In this regard, the results of the conducted research should be taken into account when developing mechanisms for adapting the economy to climate change at the regional levels.

Keywords: climate, air temperature, statistical approach, warming trends, Luhansk.

References

1. Agroklimatichnij dovidnik po Luganskij oblasti (1986–2005 rr.). Lugansk: TOV «Virtualna realnist», 2011 P. 23–26. (in Russian).
2. Borovikov V. STATISTICA. Iskustvo analiza dannyh na kompyutere: Dlya professionalov. 2-e izd. S.-Peterburg: Piter, 2003. 688 p. (in Russian).
3. Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii. M., 2014. P. 8–10. (in Russian).
4. Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2019 god. Moskva, 2020.S. 6–7.
5. Kislov A. Kak roslo srednyaya temperatura na Zemle. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://postnauka.ru/wtf> (data obrashcheniya 05.06.2021).
6. Lakin G. F. Biometriya: uchebn. posobie: M.: Vyssh. shk., 1990. 352 p. (in Russian).
7. MGEIK, 2014: Izmenenie klimata, 2014 g.: Obobshchayushchij doklad. Vklad Rabochih grupp I, II i III v Pyatyy ocenochnyj doklad Mezhpriatel'stvennoj gruppy ekspertov po izmeneniyu klimata [osnovnaya gruppy avtorov, R.K. Pachauri i L.A. Mejer (red.)]. MGEIK, ZHeneva, SHvejcariya, 163 s. [Elektronnyj resurs]. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_ru.pdf (data obrashcheniya 05.06.2021).
8. Mezhpriatel'stvennaya gruppy ekspertov po izmeneniyu klimata (MGEIK) [Elektronnyj resurs]. URL: https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_russian.shtml (data obrashcheniya 05.06.2021).
9. Sokolov I. D., Oreshkin M. V., Medved O. M., Sokolova E. I., Dolgih E. D., Sigidinenko L. I. Izmeneniya klimata Luganshchiny i ih prognozirovanie. Osnovaniya dlya optimizma. Lugansk: FLP Palchak A.V., 2017. 200 p. (in Russian).
10. Sokolov I. D., Medved O. M. Programma PERIOD dlya izucheniya periodicheskoy izmenchivosti // Materialy VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Problemy sovremennoj biologii», posvyashchennoj 130-letiyu so dnya rozhdeniya N.I. Vavilova (LNR, Lugansk, 22-25 maya 2017 g.) / Red. I.D. Sokolov. Lugansk: GOU LNR «LNAU», 2017. P. 119–126.
11. Sokolov I. D., Medved O. M., Sokolova E. I., Dolgih E. D., Sigidinenko L. I., Karmazina A. V. Blagopriyatnye izmeneniya klimata Luganshchiny // Nauchnyj vestnik GOU LNR «Luganskij nacionalnyj agrarnyj universitet». Lugansk: GOU LNR LNAU. 2019. № 6 (2). P. 71–84.
12. Global climate change (NASA). Global temperature. Latest annual average anomaly (NASA's Goddard Institute for Space Studies (GISS): 2019. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/> (data obrashcheniya 05.06.2021).
13. John Cook, Dana Nuccitelli, et al. Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature // IOP Publishing Ltd Environmental Research Letters. 2013. Volume 8, Number 2. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/8/2/024024/pdf> (data obrashcheniya 05.06.2021).
14. Skeptical Science [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.skepticalscience.com> (data obrashcheniya 05.06.2021).

Поступила в редакцию 27.08.2021 г.

УДК 551.583

**ANALYSIS OF TENDENCIES IN THE SPATIAL AND TEMPORAL
DISTRIBUTION OF TEMPERATURE AND PRECIPITATION ACROSS
CHELYABINSK REGION AND THE FORMATION OF HEAT AND MOISTURE
AVAILABILITY ZONES**

Nazarenko N. N.¹, Panina M. V.², Sherstobitov Y. V.³, Skudar M. K.⁴

^{1,2,3}South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia

⁴National Research University "Higher School of Economics", Moscow, Russia

E-mail: ¹panina80@mail.ru

The document shows the tendencies in the spatial and temporal distribution of air temperature and precipitation in the Chelyabinsk region for the period from 1936 to 2019. Average annual temperatures and precipitation were analyzed for 21 meteorological stations in the Chelyabinsk region. The results allowed differentiating the study area according to the conditions of thermal regime and moisture regime. The temperature growth zones are identified, the boundaries of moisture zones are determined. They play a leading role in the development of agricultural production in the Chelyabinsk region.

Keywords: climate, air temperature, precipitation, azonal factors, ecoclimatic zoning, methods of multidimensional statistics in climate research.

INTRODUCTION

Climatic parameters are determinant for the development of industrial and especially agricultural production and the comfort of living conditions for the population.

At Ural's 19 meteorological stations analysis of changes of the annual temperature shows an increase from 2–3°C / 100 years for the south Ural and Trans-Ural region and up to 0.7–0.8°C / 100 years for the Northern Urals [1, 2]. At the end of the 20th century there is an increase in the amplitudes of temperature fluctuations [3]. This is observed until now. Positive temperature amplitudes are in the north and north-west of the Urals, when the negative values of the amplitudes are in the north-eastern Urals [4].

Significant climatic changes have been observed in the Southern Urals over the past time. For the territory of Russia the most intense warming has been observed since 1976 at an average annual rate of about 0.43°C / 10 years [5], and the average annual air temperature increased by 0.4°C between 1990 and 2005 [6]. Average and extreme temperatures are rising globally and in most regions of our country. This is the case in the Southern Urals [7].

Temperature growth is confirmed by studies for 21 meteorological stations for the period from 1960 to 2005 for the Chelyabinsk region [6]. Temperature trends for a longer period according to 5 meteorological stations show an average temperature increase of 1.83°C [8]. In the mountain forest zone, the average annual temperature increases more intensively. It is typically for winter and summer. In the steppe zone warming occurs mainly in winter [9].

Assessment of temperature tendencies in the Southern Urals for the entire observation period [10]. showed lack of direct relationship between absolute temperature increase and

the increase in the series of dynamics, with the exception of the steppes of the Southern Urals, where there is a linear increase in temperatures. The best result is not an analysis of annual indicators, but a comparison of decadal and close periods to them. In this case, the temperature peaks of the early 20th century for the Trans-Ural region were comparable with the temperature peaks of the early 21st century, and for the last decade may fall the average annual temperature or at least the lack of their growth [10]. There is also a different distribution of temperature and precipitation for the Southern Urals in the initial period of the 21st century than previously presented [11, 12]. The expected role increasing of warm and dry seasons against the warming tendency may increase the aridization of the steppe area of the Southern Urals and may be more chaotic than before [13].

Thus, the aim of this project is to assess the dynamics of temperature and precipitation regimes and the nature of changes in their spatial distribution in the Chelyabinsk region during the second half of the 20th century and the beginning of the 21st century.

RESEARCH METHODS

In this work we have assessed the nature of the dynamics of average annual temperature and average annual precipitation and changes in their spatial distribution over the following periods. The first period is from 1936 to the beginning of 60s, the data for this period were taken from the "Spravochnik po klimatu USSR"[14, 15]. The second period is from 1966 to 1978 and it is based on observations by the Chelyabinsk Hydrometeorological Observatory. The third period is the data of daily monitoring of Chelyabinsk Center of hydrometeorology and monitoring of environment - a branch of FGBU "Ural'skoe UGMS". The data were processed by using generally accepted statistical and climatological methods.

We used meteorological data from 19 meteorological stations in the Chelyabinsk region. Monitoring data was processed by using mathematical and statistical methods [13], calculating monthly averages of temperature and precipitation. Temperature and precipitation indicators for meteorological stations were analyzed by methods of multivariate statistics [16, 17] — cluster analysis by correlation coefficient with grouping into clusters by Ward method, evaluation of selected clusters by discriminant analysis and nonparametric multivariate scaling by correlation matrix with highlighting and interpretation of axis [9, 8], using nonparametric tau Kendall coefficient [18]. Spatial distribution of temperature and precipitation regimes was evaluated by Inverse Distance Weighted (IDW) [19, 20]. with subsequent classification to identify zones of heat and moisture availability.

RESULTS AND THEIR DISCUSSION

Analysis of the spatial dynamics of temperatures allows us to choose 5 cluster groups (fig. 1), forming several zones and subzones of heat availability in the South Urals and distinguished by specific indicators of average monthly temperatures (tab. 1).

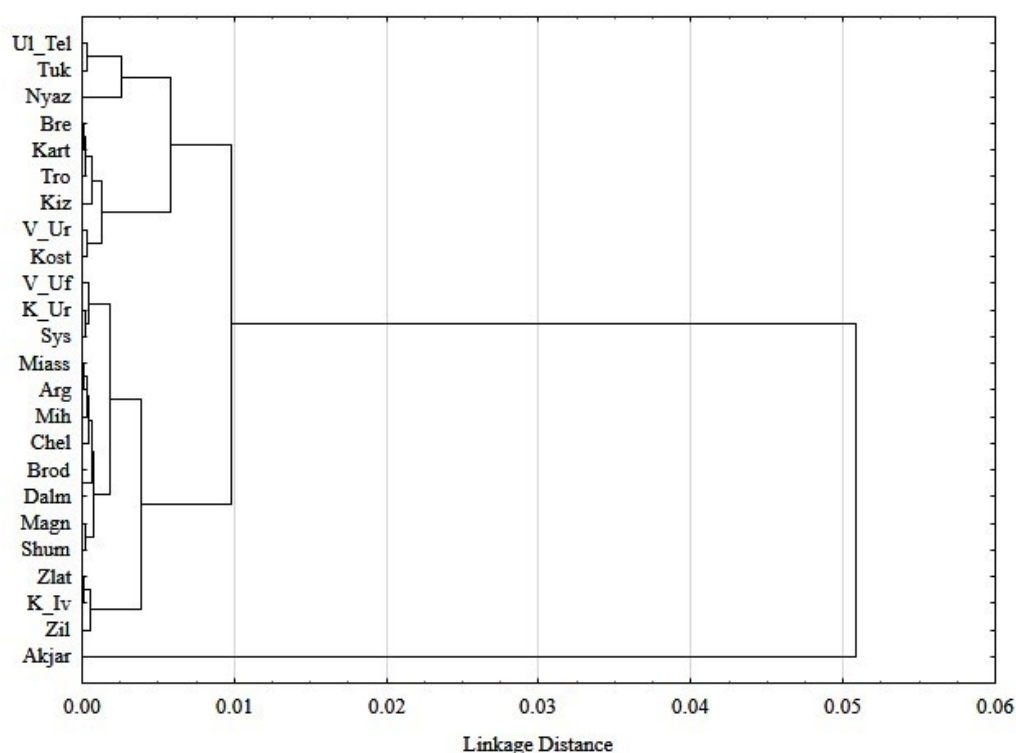


Fig. 1. Cluster analysis of air temperature by meteorological stations in the Southern Urals and adjacent territories.

Features of the spatial location of the zones are allocated according to the average monthly temperatures for the calendar year. They have difference from latitudinal and are characterized by meridional stretching for the territory of the Southern Urals. This is particularly obvious in the Southern Urals and Ural-Tau mountain systems. The meridional zone of the western macro-slope and western spurs of the Ural Mountain Range (cluster 5) is identified. It extends in north-south direction and is defined by meteorological stations Nyazepetrovsk-Ulu-Telyak-Tukan. The formation of this zone is related to the meridional transport of cold air masses along the eastern slope and western ridges of the southern Ural Mountains.

Changes in average annual temperatures for the early observation periods show significant dynamics not only of the average annual temperature of the zones upwards, but also the number of allocated zones for the Southern Urals. The classification of average annual temperature values for the three considered observation periods shows the process of differentiation of temperature conditions for the Chelyabinsk region. This process has been observed since the middle of the 20th century.

The second meridional zone (2) of the centre and eastern macroslope of the Southern Urals and Ural-Tau, extending in a north-south direction.

The azonal distribution of temperatures is due to the complex orographic situation in the study area. The Katav-Ivanovsk meteorological station area is located in a zone of higher average annual temperatures, close to the temperatures of the western macroslope of the Southern Urals. The formation of this zone is associated with the meridional transport of cold air masses along the mountain ranges. The plain part of the Southern Urals belongs to a similar temperature interval. Two temperature zones are formed in this part of the territory - a northern and a southern zone with a latitudinal distribution of temperatures, but it has a heterogeneous character of temperature conditions, and this determines the existence of local meridional temperature subzones.

Table 1.
Average temperature values ($^{\circ}\text{C}$) for selected heat availability zones of the Southern Urals

Zone	Month											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	-12.4	-14.2	-15.8	6.1	14.8	19.6	21.2	20.4	12.9	3.9	-3.5	-11.7
2	-13.9	-12.0	-5.0	4.2	11.9	16.4	17.7	17.0	10.0	2.4	-4.5	-11.2
3	-15.9	-13.6	-5.4	4.8	12.2	17.3	18.4	17.3	10.7	3.2	-4.3	-12.4
4	-16.5	-15.1	-6.3	5.7	13.8	18.9	19.8	19.0	12.1	3.9	-3.9	-12.5
5	-15.0	-15.2	-7.8	2.4	11.1	15.9	16.6	16.2	9.3	1.6	-5.4	-12.1

Two humidification zones were identified according to studies (Smolensk) at the beginning of the 21st century. For Chelyabinsk region there was a period of increasing average annual precipitation, humidification zones acquired a close to submeridional location in the northeast-southwest direction.

We can assume that this is a reflection of cyclical precipitation dynamics with long periods. For the mountainous area of the Chelyabinsk region in the early 2000s the lowest precipitation is recorded in the area of the Nyazepetrovsk meteorological station and is not typical of previous observation periods.

Thus, there is a colder meridional northern subzone within the northern temperature cluster of the Trans-Ural part of the Southern Urals (3). It is characterized by colder growing season conditions compared to the rest of the zone. This is due to the influence of cold air masses coming from the mountain ranges of the Middle Urals in the spring-summer-autumn period.

The general structure of temperature distribution in the study area differs from the typical latitudinal distribution and it is characterised by a more latitudinal extension in the Trans-Urals. It is observed especially in summer throughout the European part of the country [4]. In this case, the maximum temperature intervals are distinguished by a shift to the northeast. Also, the closer to the eastern slope, the more clearly defined is the meridional transition zone of foothills extending from northeast to southwest (along the line Dalmatovo-Argayash-Miass) and characterized by average annual temperatures up to 3°C . This zone is close to the more northern temperature cluster in the south of Sverdlovsk Region (Sysert and Kamensk-Uralsky meteorological stations), but the foothills of Chelyabinsk region have higher average monthly temperatures in February, March and December.

The flat part of the Southern Urals belongs to a single temperature interval (meteorological stations Troitsk-Kartaly-Kizilskoye-Bredy), and forms a southern temperature cluster (4) with a more latitudinal character of the northern border, characterized by a significant annual temperature amplitude. High temperatures of summer months here are combined with low temperatures of calendar winter, comparable with temperatures of cold mountain zones, but warmer compared to mountain temperature clusters in spring and the warmest calendar autumn in the region. According to temperature monitoring data, there are two temperature subzones for this zone. The first one covers areas of the steppe west of the Republic of Kazakhstan (Kostanay) and the second zone is the steppe foothills of the Southern Urals (Verkhneural'sk) with the greatest increase in continentality and the largest temperature variations over the calendar year, and a colder summer period.

The results of the analysis confirmed the correctness of the clustering of meteorological stations and identification of temperature zones. The classification precision is 100% for all groups of meteorological stations. The discriminant analysis model identifies three statistically significant functions determining the character of temperature distribution within the studied area. Analysis of the model structure (Table 2) showed that in the annual dynamics of temperatures, determining for the formation of heat availability zones in the territory of the Southern Urals are (in decreasing order) the average annual temperatures: January-September-March.

Table 2.
Temperature indicators included in the discriminant analysis model and their connection to the discriminant functions*

Factor	Discriminant Function Analysis Summary				Standardized Coefficients for Canonical Variables		
	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove	p-value	Root 1	Root 2	Root 3
IV	0.01	0.88	0.58	0.64	-0.43	-0.17	1.78
III	0.01	0.51	4.10	0.03	-1.84	0.46	-0.49
I	0.03	0.21	16.52	0.00	2.30	1.31	1.20
IX	0.02	0.41	6.36	0.01	4.58	-3.37	-1.24
VII	0.01	0.63	2.56	0.10	-1.06	3.29	1.45
average annual temperature	0.01	0.55	3.55	0.04	-5.07	-1.50	-1.16
XI	0.01	0.74	1.50	0.26	2.04	0.44	-0.26

*— statistically significant indicators are in bold.

Moreover, the factors determining the heat availability zones of the Southern Urals are: in the first function it is a decrease in the annual average temperature and the highest temperature in September; in the second function it is the warmest month of July and the coldest month of September; in the third function it is the warmest month of April and July.

Thus, the distribution of temperature indicators in the territory of the Southern Urals has a clear meridional character. It is connected with the influence of the southern part of

the Ural Mountains, the meridional transport of cold in the direction of the ridges and the influence of cold air masses descending from the ridge. January, September and March temperatures are the determining factors, and, to a much lesser extent, July and April temperatures. Due to the complex orographic situation in the mountain ranges, a peculiar "necklace" of meridional temperature zones characterized by specific monthly and annual average temperature values is defined.

The monitoring of annual precipitation patterns and multidimensional classification also allow the identification of 5 clusters (fig. 2), spatially forming meridional humidification zones (fig. 3) characterized by specific indicators of mean monthly precipitation levels (tab. 3).

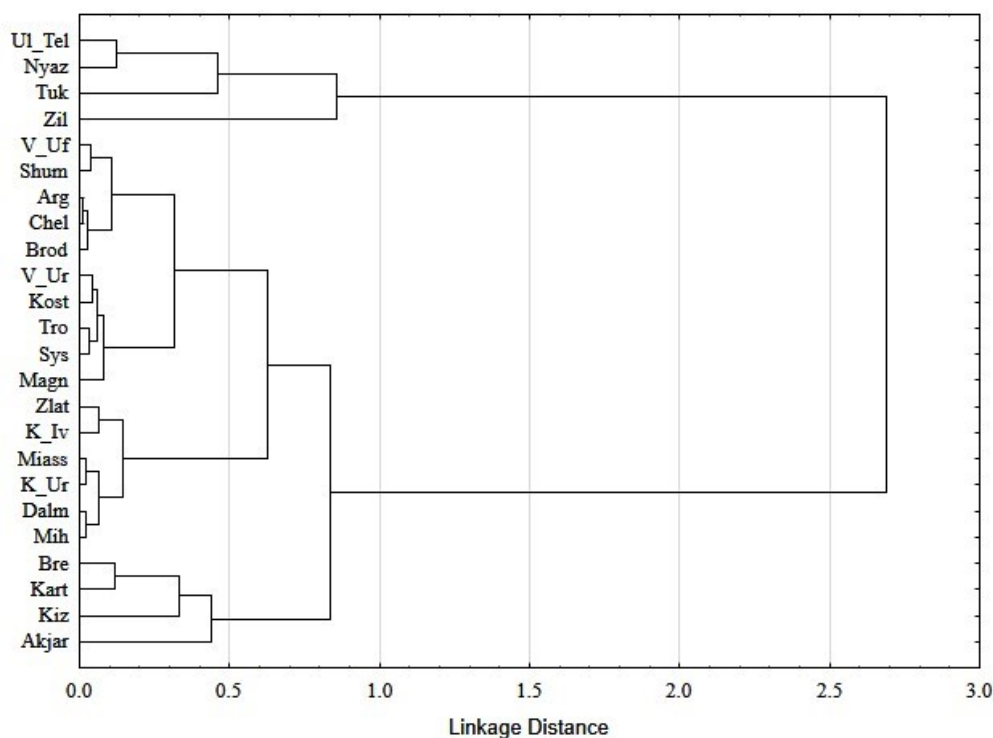


Fig. 2. Clustering of precipitation monitoring by meteorological stations in the Southern Urals and adjacent territories.

The nature of the spatial distribution of precipitation in the Southern Urals is similar to that of temperature and it is also characterised by meridional extention.

Firstly, a meridional southern steppe zone (1) is defined. This zone coincides with the highest temperature zone and the southern and central part of the southern temperature cluster and it is characterized by the least amount of precipitation in late spring-early summer (May-June) and in late summer and autumn (August-November). This zone is also characterized by the lowest average values of precipitation per calendar year and calendar spring-summer-autumn. The reason for the decrease in precipitation is the weakening of the

cyclonic circulation in winter. At this time, the area is under the influence of a higher pressure area from the more southerly regions.

Table 3.
Average precipitation values (mm) for selected moisture availability zones of the Southern Urals

Zone	month											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	22.4	26.5	30.1	34.4	33.9	43.2	47.4	33.4	26.3	32.8	22.1	26.4
2	24.3	22.2	38.1	41.3	64.8	78.8	78.7	60.9	56.8	46.2	43.4	27.0
3	23.4	22.5	32.6	36.8	47.4	54.9	85.3	66.0	35.9	33.4	29.3	26.2
4	22.0	18.6	29.9	30.4	52.0	66.3	89.0	49.8	37.0	36.6	32.8	22.0
5	25.1	27.1	40.0	40.5	35.5	48.3	38.5	47.6	46.0	52.5	44.9	34.6

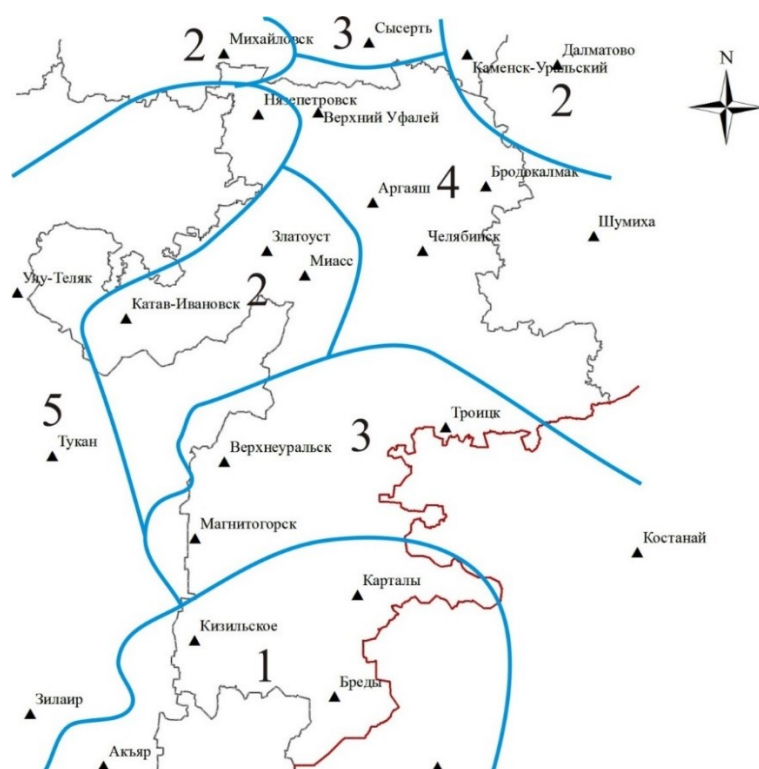


Fig. 3. Zoning of the Southern Urals by average monthly precipitation per calendar year (zone numbers correspond to cluster numbers-see text).

A transition zone of the northern part of the steppe Southern Urals(3) with a latitudinal extension is formed to the north. The zone is characterized by average for the Southern Urals monthly precipitation averages for calendar months and "peak" precipitation in July-August.

The central (forest-steppe) part of the Southern Urals is occupied by the moisture availability zone (4), which is characterised by a meridional extension in its northern and central part. This zone is also characterized by "average" for the Southern Urals monthly precipitation averages for the growing season and subsequent autumn period, with a precipitation peak in July.

The mountain and foothill moisture availability zones (2), windward northern and southern slopes, and leeward northern parts are distinguished separately.

The zone is characterized by the highest values of average annual precipitation and the highest amount of precipitation during the calendar spring-summer-autumn period. Moreover, the mountainous area (meteorological stations Zlatoust-Katav-Ivanovsk) coincides with the high-mountain low temperature cluster of the Southern Urals and it is characterized by the highest level of precipitation in the region during the calendar spring-autumn period.

The Predoral cluster (5) has a meridional strike character in the area of the western macro-slope of the Southern Urals and Ural-Tau. The cluster shows a combination with temperature indices and it is characterized by the highest average precipitation amount in winter and early spring (March-April). For the territory of Russia the most significant increase in seasonal precipitation amounts is observed in spring, and this is particularly represented for the territory of Western Siberia. Thus, it can be assumed that the formation of the zone is due to air masses coming in during this period from the Arctic along the western ridges of the Ural Mountains, and a change in baric fields over European Russia, and in particular over the open spaces of Western Siberia.

Four discriminant functions are distinguished in the presented model. The first function is determined by a decrease in precipitation during the calendar spring (March to May). The second one is determined by high precipitation during the summer and the calendar spring. The third function is determined only by high precipitation during the calendar spring and the last by low precipitation during the calendar winter (especially December and February) and the dry month of July.

Thus, all monthly precipitations determined to a greater or lesser extent the specifics of moisture availability clusters. It should be noted that the time interval available for analysis includes the 10-year period of growth of spring precipitation in the European territory of Russia, in the Urals and Western Siberia. This undoubtedly influences the overall analysis, as each of the functions is an aggregate of the overall trend.

Of particular interest is the integrated assessment of heat and moisture availability regimes and differentiation by values of average annual temperatures and precipitation. The cluster analysis (fig. 4) revealed five clusters and, respectively, five areas of heat and moisture availability (fig. 5).

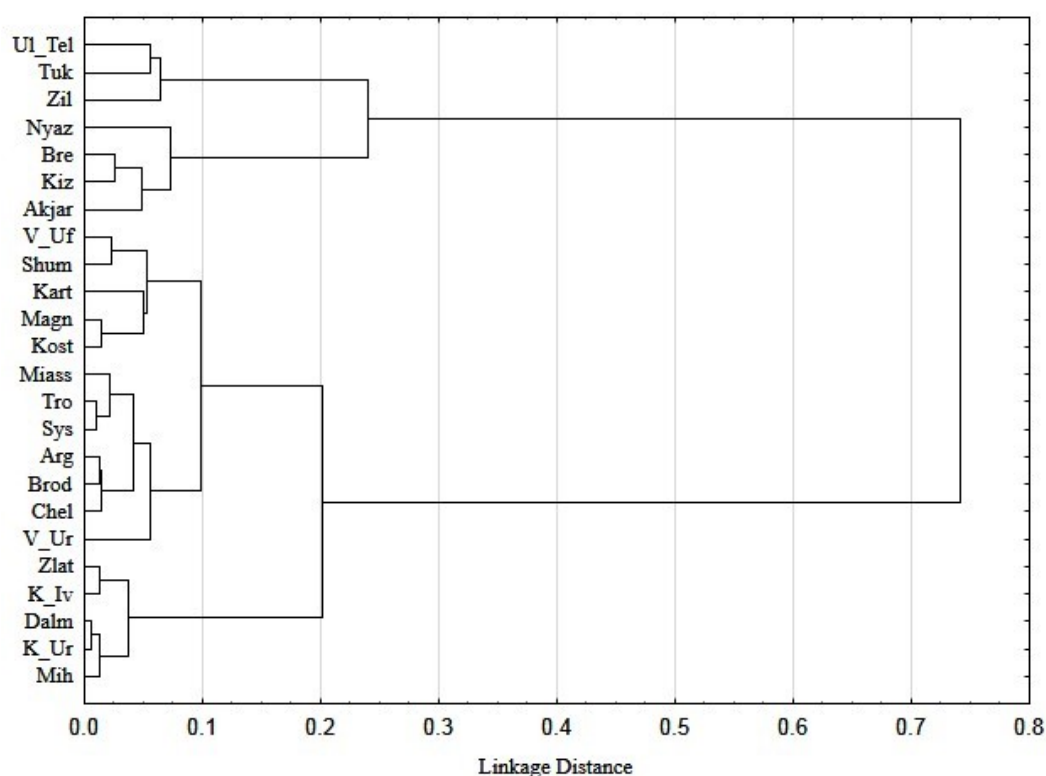


Fig. 4. Classification of temperature and precipitation monitoring by meteorological stations in the Southern Urals and adjacent areas.

First of all, it should be noted that most of the identified areas (fig. 5) largely coincide not with temperature zones, but with zones identified by precipitation monitoring data (fig. 3). This points to the importance of differentiating the territory of the Southern Urals according to climatic parameters by focusing on the distribution of precipitation regime, as well as taking into account the thirty-year and ten-year periods of moisture for a more detailed inter-period analysis.

Firstly, a meridional area is identified that practically coincides with the Pre-Ural precipitation cluster (except for the northern part), determined by data from Ulu-Telyak-Tukan-Zilair meteorological stations(1).

Secondly, the mountain and foothill zone (5) stands out, which almost completely coincides with the zone of high moisture content. Coincidence concerns both mountainous part of Southern Urals (meteorological stations Zlatoust-Katav-Ivanovsk) and Mikhailovsky and meteorological stations Kamensk-Uralsky and Sysert. There come into effect both the vertical zonality in the mountainous part and the predominance in the western part of low relief forms not providing favourable conditions for upward movements and precipitation.

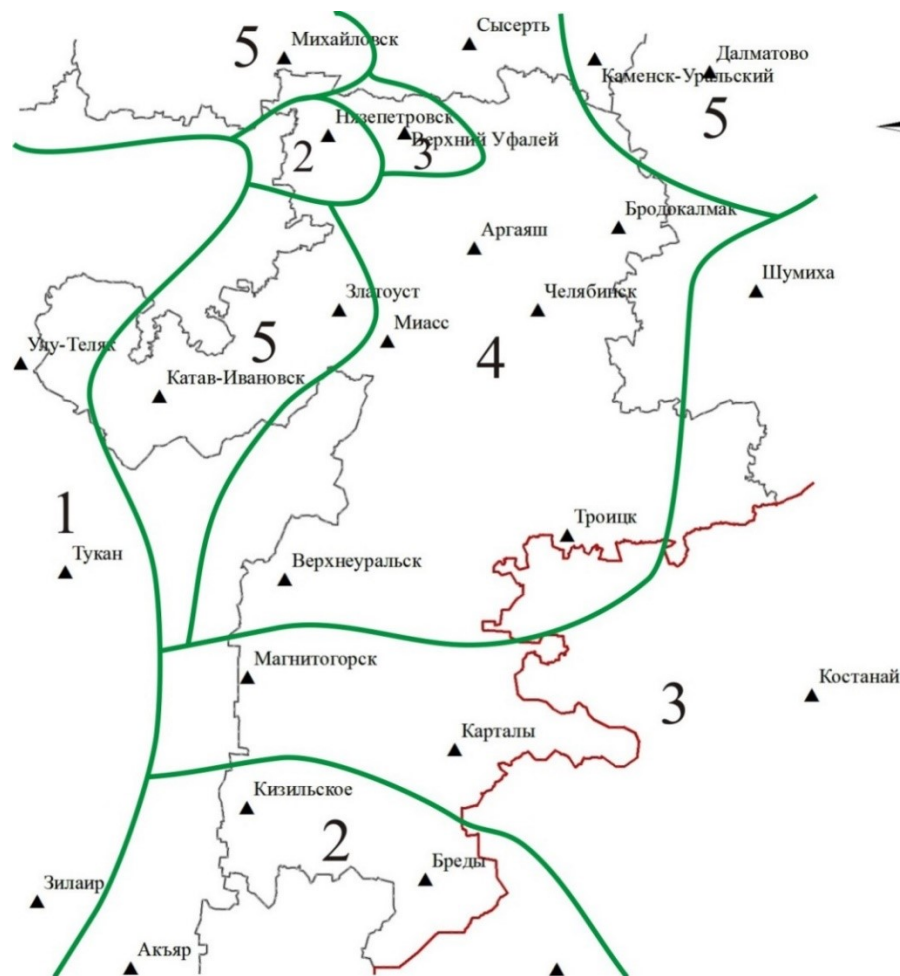


Fig. 5. Zoning of the Southern Urals by heat and moisture availability regimes (area numbers conform to cluster numbers-see text).

There is a southern steppe zone (2), which coincides (except for the north-eastern part in the area of Kartaly meteorological station) with the corresponding precipitation zone. However, the northern transition zone of the eastern slope (3) and the central zone (4) differ from the respective zones highlighted by precipitation levels. Thus, the transition zone includes the northeastern part in the area of Shumikha meteorological station, and the central zone includes the northern part of the area of Sysert meteorological station. Thereby, the last two zones of heat and moisture supply have a stronger meridional character of stretching.

Districts of Nyazepetrovsk (2) and Verkhny Ufaley (3) meteorological stations form separate clusters of heat and moisture supply, gravitating to the more southern dry zones according to the amount of precipitation. They are located on slopes of different exposition. River valleys here are stretched submeridionally. In intermountain basins and on river

watersheds there is a downward movement of air, which reduces the amount of precipitation. This confirms the thesis that precipitation regime is a determinant for climatic zoning of the Southern Urals.

Ordination of monthly temperature and precipitation values by non-metric multidimensional scaling methods allowed identifying two leading factors in the complex distribution of these resources in the Southern Urals (fig. 6).

The first geographic and eco-climatic vector determines the nature of the latitudinal change in the temperature and precipitation gradient from the very southern steppe heat and moisture zone (2) to the central zone of the Southern Urals (4). The second vector is latitudinal, that is associated with the direction of movement of air masses from the Ural Mountains in the eastern direction. The character of inclination of these geographic vectors is determined by the peculiarities of meridional transfer of warm and humid air. Climatic conditions of the Pre-Ural region determine a separate temperature cluster (1) that is associated with the movement of air masses westward from the Urals. Finally, mountain and foothill areas form a separate cluster (5).

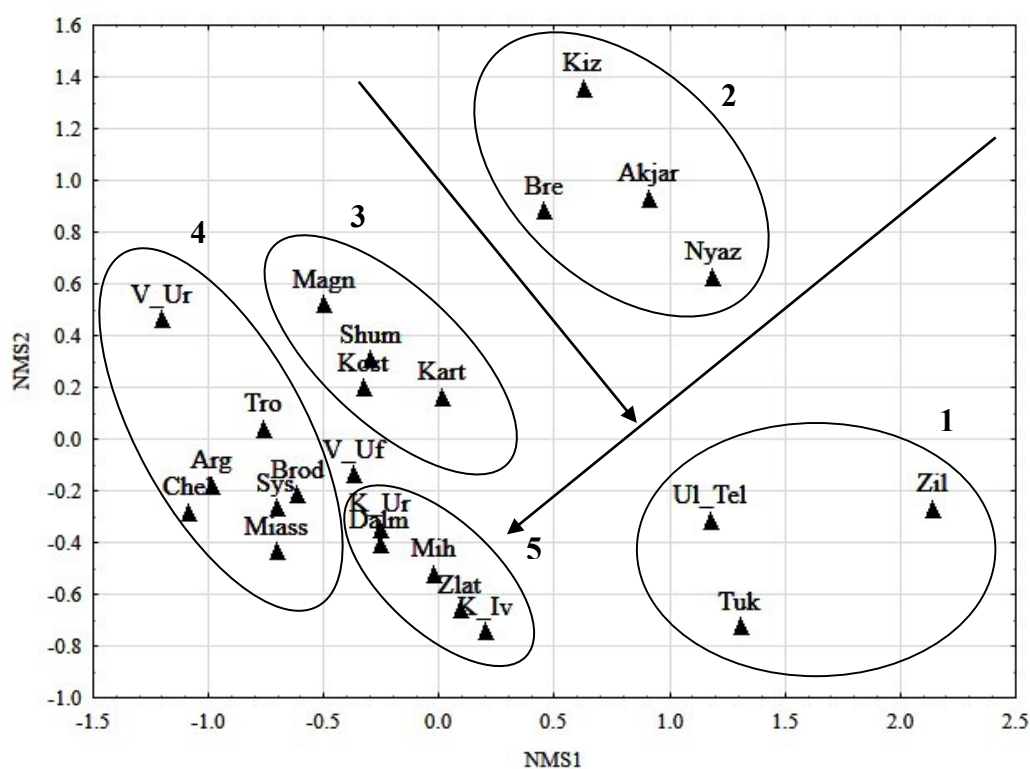


Fig. 6. The ordination of temperature and precipitation monitoring in the non-metric multidimensional scaling axes (there are shown clusters and vectors of the leading climatic factors).

ВЛИЯНИЕ COVID-19 НА АГРОТУРИЗМ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Interpretation of the multidimensional scaling axes (tab. 4) allows determining the following leading eco-climatic parameters. They determine the zoning of the Southern Urals territory according to heat and moisture resources.

Table 4.
Interpretation of non-metric multidimensional scaling axes by seasonal temperature and precipitation dynamics data*

Axis	Factor	Months											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
NMS1	temperature	0.20	-0.07	-0.27	-0.15	-0.01	-0.05	-0.04	0.06	-0.07	-0.20	-0.07	0.06
	Precipitation	0.18	0.28	0.23	0.20	-0.24	-0.22	-0.64	-0.25	0.12	0.24	0.21	0.40
NMS2	temperature	-0.2	-0.2	-0.2	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	-0.1
	Precipitation	-0.2	-0.1	-0.4	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.4	-0.6	-0.1

* — statistically significant Tau-Kendall values are in bold.

The leading eco-climatic factors that determine the zoning of the territory of the Southern Urals in terms of heat and moisture resources are: arid summer conditions (low precipitation in July), the distribution of precipitation in the mountainous area will be influenced by altitude, and lower relative humidity, active precipitation in winter (in December), the influence of the extension of mountain ranges that determine the transport of the western air masses.

The second factor is complex and is defined as an increase in temperatures from February to November, and a decrease in precipitation from March to June and from August to November.

CONCLUSION

Thus, the temperature changes over the study period can be characterized by an increase in average annual temperature values and an increase in climate complexity and contrast in terms of average annual temperatures (an increase in the number of defined heat availability zones and temperature amplitude) for the Chelyabinsk region. The meridional character of the spatial distribution of temperature zones, which were previously observed significantly transform by warming periods.

The temperature increase varies for different areas of Chelyabinsk region. It is less represented in mountainous areas than in the plains. But the plain areas are of the greatest interest. Main part of the precipitations in the mountainous areas has an orographic origin. It is determined by circulation processes, that is why the changes within mountainous areas are more expressed.

5 areas of heat and moisture availability are defined according to monthly dynamics of temperatures and precipitation for the Southern Urals. Their formation is connected with droughts in summer (June) and active precipitation in winter (December), and increasing of temperatures and decreasing precipitation levels during the growing season.

Under conditions of unstable fluctuations steppe areas with insufficient moisture require additional irrigation and changes in agricultural techniques and assortment of cultivated plants. It is clear that a detailed analysis of seasonal changes in temperature and

especially precipitation is required, where trends for the growing season will be clearly visible for the plains-steppe areas of the Southern Urals.

For the Southern Urals the distribution of temperatures and precipitation is characterized by a predominantly meridional character of eco-climatic area formation. The areas identified according to modern monitoring data depart from those defined earlier. There are also differences in the zoning of the area based on monthly dynamics of temperatures and precipitation from the zoning by annual average parameters.

Gratitude: the study was carried out with financial support of partner universities for networking (Shadrinskiy GGPU — reg. № 16-388).

Список литературы

1. Shkljaev V. A., Shkljaeva L. S. Ocenka izmenenij temperatury vozduha i osadkov Srednego i Yuzhnogo Urala v XX veke (Assessment of air temperature and precipitation changes in the Middle and Southern Urals in the XX century). Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta Ekologiya. Prirodopol'zovanie, 2011, 5 (220). pp.61–69 (in Russian).
2. Shkljaev V. A., Shkljaeva L. S. Vekovye izmeneniya temperatury vozduha na Urale (Centennial changes in air temperature in the Urals), Trudy uchenyh geograficheskogo fakul'teta «Sovremennye geograficheskie issledovaniya». Perm, 2006, pp. 254–265 (in Russian).
3. Shkljaev V. A., Shkljaeva L. S. Izmeneniya klimaticheskikh harakteristik, svyazannykh s ekstremal'nymi temperaturami i osadkami na Urale v XX veke (Changes in climatic characteristics associated with extreme temperatures and precipitation in the Urals in the XX century) Geograficheskij vestnik. 2007. 1–2. pp.117–129. (in Russian).
4. Gornostaeva A. A. Analiz izmenenij temperatury zemnoj poverhnosti na Urale i v vostochnoj Evrope v 18-19 vekah po dannym skvazhinnoj termometrii (Analysis of changes in ground surface temperature in the Urals and eastern Europe in the 18th and 19th centuries according to borehole thermometry data). Ural'skij geofizicheskij vestnik. 2013. 2(22). pp. 24–30 (in Russian).
5. Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii (Second Assessment Report of Roshydromet on Climate Change and its Impacts on the Territory of the Russian Federation). Obshhee rezюме, Moscow: Rosgidromet (Publ.), 61 p. (in Russian).
6. Lenskaja O.Y. Osobennosti rezhima temperatury i osadkov Chelyabinskoy oblasti na fone global'nogo potepleniya (Peculiarities of temperature and precipitation regime in Chelyabinsk region against the background of global warming.), Materialy III Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konferencii «Problemy geografii Urala i sopredel'nykh territorij» ("Issues of geography of the Urals and adjacent territories") Chelyabinsk, 2008. pp. 3–5. (in Russian).
7. Mezhpripravitel'stvennaya gruppa ekspertov po izmeneniyu klimata (МГЭИК). Speczial'ny otchyot, Global'noe poteplenie na 1,5 °C (Global warming of 1.5 °C) from: <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/chapter-3/> / october, 2018 (in Russian).
8. Pavlenko E. F. Tendencii izmeneniya klimata Chelyabinskoy oblasti v epohu global'nogo potepleniya (Trends of climate change in Chelyabinsk Oblast in the era of global warming.). Materialy Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferencii XIX «Ural'skie Biryukovskie chteniya. Kul'tura i obrazovanie v regionah: istoriya i sovremennost'» ("Ural Biryukov Readings. Culture and Education in Regions: History and Modernity") Chelyabinsk, 2010, pp.560–570.(in Russian).
9. Lenskaya O. Y. Osobennosti tekushchikh klimaticheskikh izmenenij v regione YUzhnogo Urala (Peculiarities of current climatic changes in the South Urals region), Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta Ekologiya. Prirodopol'zovanie. 2011, 5 (220), pp. 44–49. (in Russian).
10. Nazarenko N. N. Modeli dinamiki temperatur na YUzhnom Urale i sopredel'nykh territoriyah (Models of temperature dynamics in the Southern Urals and adjacent territories). Materialy II Mezhdunarodnoy

- nauchno-prakticheskoy konferencii «Problemy geografii Urala i sopredel'nyh territorij» ("Issues of Geography of the Urals and Adjacent Territories"). Chelyabinsk, 2020. pp. 19–25 (in Russian).
11. Panina M. V., Nazarenko N. N., Petrushkina D. S. Sovremennoe sostoyanie i prostranstvennoe raspredelenie rezhimov temperatury i osadkov na Yuzhnom Urale (Current status and spatial distribution of temperature and precipitation regimes in the Southern Urals). *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2019. № 8 (134). pp. 101–106 (in Russian).
 12. Panina M. V., Nazarenko N. N. 2020 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 579 012085
 13. Krivenko V. G. Prognoz izmenenij klimata Evrazii s pozicij koncepcii ego ciklicheskoj dinamiki (Predicting Eurasian climate change from the perspective of its cyclical dynamics concept). *Vsemirnaya konferenciya po izmeneniyu klimata*. Moscow, 2003. 514 p. (in Russian).
 14. Spravochnik po klimatu USSR Permskaya, Sverdlovskaya, Chelyabinskaya, Kurganskaya oblasti i Bashkirskaya ASSR. CH. 2. Temperatura vozduha i pochvy, Moscow: Gidrometeoizdat (Publ.), 1965, 362 p. (in Russian).
 15. Spravochnik po klimatu USSR Permskaya, Sverdlovskaya, Chelyabinskaya, Kurganskaya oblasti i Bashkirskaya ASSR. P. 4. Vlazhnost' vozduha, atmosferynye osadki i snezhnyj pokrov (Air humidity, precipitation and snow cover), Moscow: Gidrometeoizdat (Publ.), 1968, 372 p. (in Russian).
 16. McCune B, Grace J.B. Analysis of Ecological Communities. *MjM SoftWare Design*, 2002. 300 p.
 17. Legendre L., Legendre P. Numerical ecology. Amsterdam: Elsevier Science B.V., 1998. 853 p.
 18. Persson, S. Ecological indicator values as an aid in the interpretation of ordination diagrams. *Journal of Ecology*. 69 (1), 1981. pp.71–84. <https://doi.org/10.2307/2259816>
 19. Arilson J., Souza S., Dal Pai, Rodrigues E. B., Souza V., Mobile application for analysis of spatial variability of thermal comfort indexes of animals and people, using IDW interpolation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2019, 157 p. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.029>
 20. Lu, G. Y., Wong D. W., An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique. *Computers & Geosciences*, 34 (9), 2008, <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2007.07.010>.

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ПО ТЕРРИТОРИИ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ И ФОРМИРОВАНИЕ ЗОН ТЕПЛО И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ

Назаренко Н. Н.¹, Панина М.В.², Шерстобитов Ю.В.³, Скударь М.К.⁴

*^{1,2,3}Южно-Уральский государственный гуманитарно - педагогический университет,
Челябинск, Российская Федерация*

*⁴Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва,
Российская Федерация
E-mail: ¹panina80@mail.ru*

В материалах рассматриваются тенденции пространственно-временного распределения показателей температуры воздуха и осадков на территории Челябинской области за период с 1936 по 2019 гг. Проанализированы среднегодовые температуры и осадки по 21 метеостанции Челябинской области. Полученные результаты позволили дифференцировать исследуемую территорию по условиям термического режима и режима увлажнения. Характер пространственного распределения осадков на территории Южного Урала сходен с распределением температур и характеризуются меридиональным простираем. Для горно-лесной

зоны характерны наименьшие средние значения осадков за календарный год и календарные весну–лето–осень. В степной зоне отмечается стабильное уменьшение количества осадков, причиной является ослабление в зимний период циклонической циркуляции, в это время территория находится под влиянием области повышенного давления со стороны Казахстана. К северу формируется переходная зона, которая характеризуется «средними» для Южного Урала показателями среднемесячной суммы осадков за календарные месяцы и «пиком» выпадения осадков в июле — августе. Центральная часть изучаемой территории характеризуется «средними» для Южного Урала показателями среднемесячной суммы осадков за вегетационный и последующий осенний период с пиком осадков в июле. Выделяются горная и предгорная зоны влагообеспеченности, наветренных северных и южных склонов, и подветренных северных частей, здесь отмечаются наибольшие показатели среднегодовой суммы осадков и наибольшим количеством осадков в период календарных весны–лета–осени. Наибольшими средними суммами осадков в зимний и ранневесенний (март–апрель), характеризуется западный макросклон, что связано с приходящими в это период вдоль западных хребтов Уральских гор воздушными массами с Арктики, а также сменой барических полей над Европейской частью России, а в особенности над открытыми пространствами Западной Сибири. Выделены зоны роста температур, на территории Южного Урала, они носят меридиональный характер, связанный с влиянием южной части Уральских гор, меридиональным переносом холода в направлении хребтов и влиянием холодных воздушных масс, скатывающихся с хребтов. В районе горных хребтов в связи со сложной орографической обстановкой определяется своеобразное «ожерелье» меридиональных температурных зон, характеризующихся спецификой среднемесячных и среднегодовых значений температур. Определены границы зон увлажнения, играющие ведущую роль в развитии сельскохозяйственного производства Челябинской области.

Keywords: климат, температура воздуха, аazonальные факторы, эоклиматическое зонирование, методы многомерной статистики в климатических исследованиях.

БЛАГОДАРНОСТЬ: работа выполнена при финансовой поддержке вузов-партнеров по сетевому взаимодействию (Шадринский ГГПУ — рег. №16-388).

Список литературы

1. Шкляев В. А., Шкляева Л. С. Оценка изменений температуры воздуха и осадков Среднего и Южного Урала в XX веке // Вестник Челябинского государственного университета Экология. Природопользование. 2011. № 5 (220). С.61–69.
2. Шкляев В. А., Шкляева Л. С. Вековые изменения температуры воздуха на Урале // Труды ученых географического факультета «Современные географические исследования». 2006. С. 254–265.
3. Шкляев В. А., Шкляева Л. С. Изменения климатических характеристик, связанных с экстремальными температурами и осадками на Урале в XX веке // Географический вестник. 2007, № 1–2. С. 117–129.
4. Горностаева А. А. Анализ изменений температуры земной поверхности на Урале и в восточной Европе в 18–19 веках по данным скважинной термометрии // Уральский геофизический вестник. 2013. №2(22). С. 24–30.

5. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М.: Росгидромет, 2014. 61 с.
6. Ленская О. Ю. Особенности режима температуры и осадков Челябинской области на фоне глобального потепления // Материалы III Межрегиональной науч.-практ. конференции «Проблемы географии Урала и сопредельных территорий» Челябинск, 2008. С. 3–5.
7. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК). Специальный отчёт, Глобальное потепление на 1,5 °C. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/chapter-3>.
8. Павленко Е. Ф. Тенденции изменения климата Челябинской области в эпоху глобального потепления. Материалы Всероссийской научно-практической конференции // XIX «Уральские Бирюковские чтения. Культура и образование в регионах: история и современность». Челябинск, 2010. С. 560–570.
9. Ленская О. Ю. Особенности текущих климатических изменений в регионе Южного Урала // Вестник Челябинского государственного университета Экология. Природопользование. 2011. №5 (220). С. 44–49.
10. Назаренко Н. Н. Модели динамики температур на Южном Урале и сопредельных территориях // Материалы II Международной научно-практической конференции «Проблемы географии Урала и сопредельных территорий». Челябинск, 2020. С. 19–25.
11. Панина М. В., Назаренко Н. Н., Петрушкина Д. С. Современное состояние и пространственное распределение режимов температуры и осадков на Южном Урале // Естественные и технические науки. № 8 (134). 2019. С. 101–106.
12. Panina M.V., Nazarenko N. N. 2020, IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 579 012085.
13. Кривенко В. Г. Прогноз изменений климата Евразии с позиций концепции его циклической динамики. Всемирная конференция по изменению климата. Тезисы доклада. М.: 2003. 514 с.
14. Справочник по климату СССР Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР. Ч. 2. Температура воздуха и почвы Москва: Гидрометеиздат, 1965. 362 с.
15. Справочник по климату СССР Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР. Ч. 4. Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров, Москва: Гидрометеиздат, 1968. 372 с.
16. McCune B, Grace J.B. Analysis of Ecological Communities. MjM SoftWare Design, 2002. 300 p.
17. Legendre L., Legendre P. Numerical ecology. Amsterdam: Elsevier Science B.V., 1998. 853 p.
18. Persson, S. Ecological indicator values as an aid in the interpretation of ordination diagrams. Journal of Ecology. 69 (1), 1981. pp.71–84. <https://doi.org/10.2307/2259816>
19. Arilson J., Souza S., Dal Pai, Rodrigues E. B., Souza V., Mobile application for analysis of spatial variability of thermal comfort indexes of animals and people, using IDW interpolation. Computers and Electronics in Agriculture, 2019, 157 p. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.029>
20. Lu, G. Y., Wong D. W., An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique. Computers & Geosciences, 34 (9), 2008, <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2007.07.010>.

Поступила в редакцию 20.09.2021 г.

РАЗДЕЛ 4. ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

УДК 551.44

ОЦЕНКА КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В СЕВАСТОПОЛЕ

Амеличев Г. Н.

*Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Институт спелеологии и
карстологии, Симферополь, Российская Федерация
E-mail: lks0324@yandex.ru*

Приведена методика и выполненная на ее основе оценка карстовой опасности территории, отведенной под реконструкцию и строительство региональной автодороги в г. Севастополе. Установлен генезис и характер поверхностной и подземной закарстованности. Выявлены участки со средней, высокой и очень высокой степенью карстовой опасности, что определило регламент мероприятий по противокарстовой защите территории.

Ключевые слова: карст, методика, карстовая опасность, балльная оценка, антропогенная активизация, устойчивость территории.

ВВЕДЕНИЕ

При геоэкологической и инженерно-геологической оценке территорий карст и связанные с ним карстово-суффозионные явления рассматриваются в качестве опасных геолого-геоморфологических процессов, вызывающих провально-просадочные деформации поверхности и хозяйственных объектов, утечки из гидротехнических сооружений, аварийные притоки карстовых вод в горные выработки, слабую защищенность водоносных горизонтов и водозаборов от загрязнений и другие неблагоприятные последствия, которые могут носить катастрофический характер и часто приводят к возникновению чрезвычайных ситуаций. Для ликвидации последствий негативного воздействия карста на хозяйственную деятельность ежегодно затрачиваются миллионы рублей. Поэтому на всех стадиях предпроектных, проектных, строительных и эксплуатационных работ необходимо проведение плановых и внеплановых инженерно-карстологических исследований, целью которых является обеспечение безопасного функционирования хозяйственных объектов, минимизация угроз и рисков, связанных с карстом.

Проблема связанных с карстом и суффозией угроз и опасностей является весьма актуальной для г. Севастополя в связи с широким распространением здесь водорастворимых пород — известняков. Хотя степень закарстованности растворимых пород в Севастополе варьирует в широких пределах, само их наличие на поверхности и в части геологического разреза, охваченного инженерным освоением и воздействием, следует считать индикатором потенциальной карстоопасности. В связи с широким дорожно-строительным освоением и реконструкцией городских территорий был проведен комплекс инженерно-карстологических исследований в Гагаринском районе Севастополя, у основания бухт Казачья и Камышовая. Объектом изучения явилась

ОЦЕНКА КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В СЕВАСТОПОЛЕ

территория площадью около 9 км², в пределах которой располагается Казачинское шоссе и улицы Правды, Дорическая и Казачья. *Цель работы* — определение степени карстовой опасности территории на основе балльной оценки естественноисторических и техногенных условий развития карста. Для достижения поставленной цели решались задачи, связанные с рассмотрением основных положений методики балльной оценки, исследованием характера поверхностной и подземной закарстованности территории, изучением скорости растворения и собственно реализацией оценки карстоопасности.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время для региональной и локальной оценки карстовой опасности в Республике Крым широко применяется балльный метод [1], учитывающий естественноисторические условия развития и техногенную активизацию карста. Его методологической основой являются представления Д. С. Соколова [2] о четырех основных условиях развития карста (наличие: I — растворимых пород; II — водопроницаемости; III — движущихся вод; IV — агрессивных свойств у вод) и группе, поддерживающих и регулирующих эти условия, ведущих факторов [3]. Выделено 20 ведущих факторов (табл. 1), четко соотносящихся с соответствующими основными условиями и в большинстве случаев, значимо коррелирующих с интегральной оценкой карстоопасности. Они были ранжированы в рамках пределов их распространенности (выраженности) или экстремальных параметров, после чего применена балльная оценка выделенных рангов [1]. Все выделенные факторы характеризуют природный фон карстообразования.

Таблица 1

Основные условия и ведущие факторы развития карста [4]

1-е условие (наличие растворимых пород)	3-е условие (наличие движущихся вод)
1. Развитие карстующихся пород в плане 2. Развитие карстующихся пород в разрезе 3. Мощность карстующихся пород 4. Степень относительной карстуемости в плане 5. Степень относительной карстуемости в разрезе 6. Тип карста по характеру покрова	12. Количество эффективных осадков 13. Количество конденсационных вод 14. Поверхностный сток 15. Подземный сток 16. Уклон подземного потока
2-е условие (наличие водопроницаемости пород)	4 условие (наличие агрессивности вод)
7. Структурно-тектонические условия 8. Залегание пород 9. Близость разломов и зон трещиноватости 10. Характер коллекторов 11. Неотектонический режим	17. Минерализация воды 18. pH воды 19. Температура воды 20. Увеличение агрессивности вод

Первое условие развития карста реализуется через шесть, второе — через пять, третье — через пять и четвертое — через четыре ведущих фактора. Рассмотрим принцип построения и структуру оценочных шкал [1].

I. Наличие растворимых пород:

1. Развитие карстующихся пород (по площади) оценивается по карте распространения растворимых пород (личные исследования, [5, 6]) в долях единицы по шкале: 1,0–0,8 — 5; 0,8–0,6 — 4; 0,6–0,4 — 3; 0,4–0,2 — 2; менее 0,2 — 1 балл.

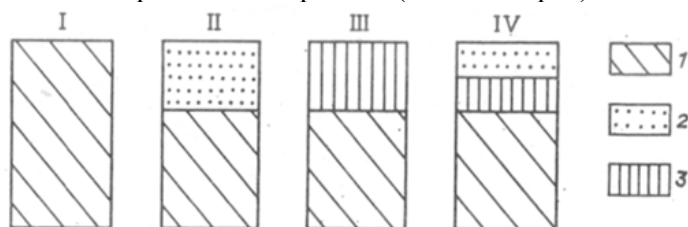
2. Развитие карстующихся пород (в разрезе) оценивается по геологическим разрезам и стратиграфическим колонкам (данные бурения, личных исследований, [7, 8]) в долях единицы по той же шкале.

3. Мощность карстующихся пород, залегающих первыми от поверхности, оценивается по геологическим картам [4, 6, 9], разрезам и стратиграфическим колонкам, предоставленным заказчиком, отдельно для карбонатных (цифры вне скобок), сульфатных и галоидных пород (цифры в скобках) в метрах по шкале: более 500 (50) — 5; 500–100 (50–30) — 4; 100–50 (30–10) — 3; 50–10 (10–5) — 2; менее 10 (5) — 1 балл.

4. Степень относительной карстуемости (по площади) оценивается по следующей шкале: галоидные породы — 5; сульфатные породы, чередование их с галоидными — 4; карбонатные породы (известняки, мел, доломиты), их переслаивание между собой, с галоидными и сульфатными породами — 3; глинистые, песчаные карбонатные породы, их переслаивание между собой и с некарстующимися породами — 2; прослои карстующихся пород среди некарстующихся — 1 балл.

5. Степень относительной карстуемости (в разрезе) оценивается по геологическим разрезам и стратиграфическим колонкам по той же шкале (при этом баллы, начисленные по каждому горизонту карстующихся пород, суммируются и делятся на число горизонтов).

6. Тип карста (по характеру покровных отложений) оценивается, исходя из рисунка 1, по шкале: открытый — 5; покрытый — 4; перекрытый — 3; перекрыто-покрытый — 2; участки открытого и покрытого (в долинах рек) — 5 баллов.



I — открытый, II — покрытый, III — перекрытый, IV — перекрыто-покрытый. Породы: 1 — карстующиеся, 2–3 — некарстующиеся: 2 — осадочные нецементированные, 3 — осадочные сцементированные, магматические, метаморфические.

Рис. 1. Типы карста по характеру покровных отложений [8].

ОЦЕНКА КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В СЕВАСТОПОЛЕ

II. Наличие водопроницаемости пород:

7. Структурные условия оцениваются по тектонической карте [10, 11] по шкале: горно-складчатые сооружения — 5; предгорные моноклинальные гряды — 4; предгорные впадины и прогибы — 3; платформенные антиклинальные структуры — 2; платформенные синклинальные структуры — 1 балл.

8. Залегание (падение) пород определяется в ходе прямых наблюдений, снимается с карт [5, 9, 6] и на основании накопленного опыта [12, 13] оценивается раздельно для геосинклинальных и платформенных (в скобках) условий в градусах по шкале: 0–5 — 3 (5); 6–10 — 4 (5); 11–30 — 5 (4); 31–50 — 5 (4); 51–70 — 4 (3); более 70 — 2 (2) балла.

9. Расстояние от крупных тектонических нарушений оценивается по материалам тектонических исследований [10, 11, 14] в долях радиуса вписанной в ОТЕ окружности по шкале: менее 0,2 — 5; 0,2–0,4 — 4; 0,5–0,6 — 3; 0,7–0,8 — 2; 0,8–1,0 — 1; более 1,0 — 0 баллов.

10. Характер коллекторов оценивается согласно [12, 13, 15] по шкале: поровый (П) — 1; трещинный (Т) — 2; каверновый (К) — 3, смешанный двойной (ПТ, ПК, ТК) — 4; смешанный тройной (ПТК) — 5 баллов. Принимается, что поровые коллекторы характерны для мела и толщ переслаивания карстующихся и некарстующихся пород; трещинные — для неслоистых массивных известняков, гипсов, соли; каверновые — для ракушечниковых известняков, смешанные — для районов, где имеются крупные обводненные полости.

11. Неотектонический режим оценивается по карте неотектоники [16] раздельно для геосинклинальных и платформенных (в скобках) условий в метрах по шкале: более +1000 (+200) — 5; +1000... +500 (+200... +100) — 4; +500... -500 (+100... -100) — 3; -500... -1000 (-100... -200) — 2; более -1000 (-200) — 1 балл.

III. Наличие движущихся вод:

12. Количество эффективных осадков (осадки минус испарение, мм), оценивается по климатическим картам [17] по шкале: 500–400 — 5; 400–300 — 4; 300–200 — 3; 200–100 — 2; менее 100 — 1 балл.

13. Количество конденсационных вод оценивается по данным, приведенным в работах [12, 13], в процентах от количества осадков, по шкале: 15–11 — 3; 10–6 — 2; 5–1 — 1 балл.

14. Поверхностный сток (л/с·км²) оценивается согласно [10] раздельно для геосинклинальных и платформенных (в скобках) условий по шкале: более 20 (4) — 5; 20–16 (4,0–3,1) — 4; 15–11 (3,0–2,1) — 3; 10–6 (2,0–1,1) — 2; менее 6 (1,1) — 1 балл.

15. Подземный сток (л/с·км²) оценивается согласно [10] раздельно для геосинклинальных и платформенных (в скобках) условий по шкале: более 8 (3,5) — 5; 8–7 (3,5–2,6) — 4; 6–5 (2,5–1,6) — 3; 4–3 (1,5–0,6) — 2; менее 3 (0,6) — 1 балл.

16. Уклон подземного потока косвенно характеризуется через превышение водоразделов над тальвегами (м) по шкале: более 100 — 5; 100–80 — 4; 80–60 — 3; 60–40 — 2; 40–20 — 1; менее 20 — 0 баллов.

IV. Наличие агрессивных свойств воды:

17. Минерализация воды (г/л) оценивается по данным, приведенным в [10, 18] по шкале: менее 0,2 — 5; 0,2–0,5 — 4; 0,6–1,0 — 3; 1,1–1,5 — 2; 1,6–2,0 — 1; более 2,0 — 0 баллов.

18. pH воды (единицы) оценивается по данным, приведенным в [13, 15] по шкале: 5–6,9 — 4; 7 — 3; 7,1–9 — 2 балла.

19. Температура воды оценивается по среднегодовой температуре воздуха (градусы) на поверхности [17] раздельно для карбонатных, сульфатных и галоидных (в скобках) пород по шкале: 5,0–6,0 — 5 (1); 6,1–7,0 — 4 (2); 7,1–8,0 — 3 (3); 8,1–9,0 — 2 (4); 9,1–10,0 — 1 (5) баллов.

20. Увеличение растворяющей способности оценивается исходя из накопленного опыта исследований [1, 13, 19 и др.] дополнительным баллом (или их суммой) при формировании CO₂ почвой (учитывается в открытом и покрытом карсте), наличии органических кислот (на заболоченных землях), наличии в растворе одноименных ионов (на участках переслаивания известняков и доломитов), подтоке сухих струй CO₂ (близ разрывных нарушений), окислении сульфидов (в горно-рудных районах), наличии коррозии смешивания (при подпитке напорными или морскими водами и пр.). Для определения участков, где необходимо вводить дополнительные баллы, использованы материалы полевых наблюдений.

Для визуализации распределения итоговых оценочных показателей карстовой опасности, полученных балльным методом, исследуемая территория покрывается сеткой квадратов (ОТЕ – операционно-территориальных единиц) со стороной 0,5 км. Внутри каждого квадрата (ОТЕ) собирается информация по каждому из 20 ведущих факторов. Полученные характеристики переводятся в баллы и суммируются. Затем используется метод «скользящего окна», в которое входит 4 смежных (по краям сетки 2) квадрата. На перекрестии четырех смежных квадратов в кружке выставляется средний итоговый балл, совокупность которых в пределах контура сетки и оцениваемого объекта позволяет методом интерполяции проводить изобаллы, и таким образом, осуществлять дифференциальную оценку природных (естественноисторических) условий карстообразования.

Авторами методики [1] выделяется пять градаций природных условий развития карста: неблагоприятные (до 40 баллов), слабоблагоприятные (41–50), среднеблагоприятные (51–60), благоприятные (61–70) и весьма благоприятные (более 70 баллов). Кроме природных условий необходимо учитывать техногенную активизацию карста, происходящую под влиянием хозяйственной деятельности, ведущейся на территории. Поэтому еще в ходе разработки методики был выполнен анализ влияния отдельных хозяйственных комплексов на весь спектр ведущих факторов и рассчитаны поправочные коэффициенты (табл. 2), что в итоге позволило рассчитать баллы техногенной активизации. В дальнейшем они были ранжированы (табл. 3) и в комплексе с градациями естественноисторических (природных) условий развития карста позволяют выйти на определение степени карстоопасности территории (I–V).

ОЦЕНКА КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В СЕВАСТОПОЛЕ

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

В ходе проведения полевых инженерно-карстологических изысканий в пределах земельного отвода под строительство объекта удалось выявить около десятка типов поверхностных карстопроявлений, характерных для территорий, развивающихся преимущественно в слабо- и средне-благоприятных условиях для карстообразования. Среди них встречены разнообразные карры, покрывающие поверхности отдельных глыб известняка, и выходы скальных обнажений на южном берегу Камышовой бухты, с обилием мелких ниш, ячей и закарстованных трещин.

Таблица 3

Степень карстоопасности территории [1]

Условия развития природного карста, баллы	Техногенная активизация карста, баллы			
	Слабая (<15)	Средняя (15-20)	Сильная (21-25)	Очень сильная (> 25)
Неблагоприятные (<40)	I	I	II	II
Слабоблагоприятные (40-50)	II	II	III	III
Среднеблагоприятные (51-60)	II	III	III	IV
Благоприятные (61-70)	III	III	IV	IV
Весьма благоприятные (>70)	III	IV	IV	V

*Примечание. Степень карстовой опасности: I — низкая, II — средняя, III — высокая, IV — очень высокая, V — катастрофическая.

Маловыразительные формы карров указывают на малоблагоприятные для их развития современные условия карстообразования. Многие из этих форм несут следы разрушения под действием физического выветривания. Несмотря на относительную молодость карров, их активная фаза формирования проходила ранее и сопровождалась более гумидной климатической обстановкой. Современная угнетенность этих форм связана с недостаточностью осадков и поверхностных вод. Ниши и ячей растворения также подвержены процессам комплексной денудации. В соответствии с последними научными разработками [20] их возраст считается более древним, а происхождение до раскрытия на поверхности — спелеогенным. Карстовые воронки на участке отсутствуют.

Таблица 2.
Оценка влияния хозяйственной деятельности на ведущие факторы развития карста [1]

Группы и виды деятельности	Факторы																	Количество изменяющихся факторов	Поправочный коэффициент	Техногенная активизация, балл	
	1	2	3	6	10	12	14	15	16	17	18	20				д					
												а	б	в	г						
Сельскохозяйственная																					
Распашка	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	?	-	-	7	1,3	9,1	
Выпас	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	5	1,2	6,0	
Орошение	-	-	-	-	?	?	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	8	1,3	10,4	
Осушение	-	-	-	-	?	?	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	6	1,2	7,2	
Лесохозяйственная																					
Вырубка	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	?	?	+	+	-	-	+	6	1,2	7,2	
Лесопосадки	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	?	?	+	+	-	-	+	6	1,2	7,2	
Строительная																					
Промышленное	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	?	+	-	-	+	+	+	13	1,5	19,5	
Гражданское	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	?	+	-	-	+	+	+	12	1,4	16,8	
Гидротехническое	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	12	1,4	16,8	
Коммуникационное	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	6	1,2	7,2	
Горнодобывающая																					
Открытые работы	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	?	?	-	+	+	+	14	1,5	21,0	
Подземные работы	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	?	?	-	+	+	+	10	1,4	14,0	
Подземная выплавка	-	-	-	-	+	-	-	-	-	?	?	+	-	-	-	?	+	3	1,1	3,3	
Водохозяйственная																					
Местное водоснабжение	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	2	1,1	2,2	
Централизованное	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	3	1,1	3,3	

Примечание: 1 — развитие карстующихся пород (по площади), 2 — развитие карстующихся пород (в разрезе), 3 — мощность карстующихся пород, 6 — тип карста, 10 — характер коллекторов, 12 — количество эффективных осадков, 14 — поверхностный сток, 15 — подземный сток, 16 — уклон подземного потока, 17 — минерализация воды, 18 — pH, 19 — температура, 20 — увеличение растворяющей способности: а — CO₂, б — органические кислоты, в — однокислотные ионы, г — окисление сульфидов, д — коррозия смешивания; (+) — влияет, (-) — не влияет, (?) — характер влияния не установлен.

Формы переходные от поверхностных к подземным представлены в береговом уступе Камышовой бухты в 800 м к северу от Казачинского шоссе. К ним относятся коррозионно-абразионные гроты и ниши, заложенные в отдельных прослоях сарматских выветрелых известняков. Анализ морфологии гротов и ниш указывает на их первичный гипогенно-карстовый генезис в закрытых гидрогеологических условиях. Максимальные размеры этих реликтовых форм до раскрытия не превышали 3 м в диаметре. Однако последующее абразионное раскрытие на поверхности привело к увеличению размеров до 4–7 м.

Среди подземных форм карста на участке выявлены открытые и заполненные в разной степени глинистым и кальцитовым материалом латеральные каналы и изометричные ниши и карманы, раскрытые обрывами зоны полостной кавернозности. На обнажениях, в разрезах и кернах фрагменты этих полостей демонстрируют как правило стратиформность — приуроченность к отдельным прослоям внутри известняков. Полостной заполнитель чаще всего представлен красноцветной плотной глиной (нерастворимый остаток при химической денудации известняков). В отдельных случаях полостное пространство может быть выполнено вторичным холодноводным кальцитом или даже предположительно его гидротермальной разновидностью. Также встречены несколько мелких карстовых полостей, среди которых выделяются горизонтальный и вертикальный типы. Выявленный на участке фрагмент вертикального колодца имеет вход в виде замочной скважины с максимальным диаметром 0,5 м и видимой глубиной 1 м. Стены колодца гладкие, дно заполнено глинисто-щебнистым материалом. Горизонтальная полость имеет небольшие размеры (диаметр входа 0,7 м, длина около 3–4 м, ширина 0,8 м). Заложена в сильно выветрелом сарматском известняке.

По инженерно-геологическим изысканиям прошлых лет в районе ул. Казачья при строительстве школы и бассейна бурением выявлен кластер небольших карстовых полостей. Провалы инструмента зафиксированы в скважинах № 1 (на глубине 3,9–4,0 м), №5 (на глубине 8,5–8,7 м) и №9 (на глубине 6,0–6,15 м и 6,8–7,0 м). Кровля карстовых полостей по данным бурения находится в интервале абсолютных отметок 14,0–17,0 м. На соседнем участке (80–150 м от первого объекта) были выявлены две карстовые полости, мощностью 70 и 40 см. Кровля карстовых полостей находится на абсолютной отметке 11,0 м.

В целом по распределению поверхностной и подземной закарстованности можно заключить, что карстовый процесс тяготеет к морскому побережью и связан с современным уровнем Черного моря (активные коррозионно-абразионные формы) и древними положениями галоклина в толще известняков (реликтовые формы). Непосредственно в зоне планируемого строительства крупные и активные формы отсутствуют, остальные находятся в угнетенном состоянии.

БАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ

Для оценки карстовой опасности была выбрана территория, включающая объекты всех трех этапов строительства и реконструкции, а именно Камышовое

шоссе, ул. Правды, Казачинское шоссе (1 этап), ул. Дорическая (2 этап) и ул. Казачья (3 этап). Бальный метод, используемый для оценки карстовой опасности, позволяет несмотря на то, что объекты линейные, использовать площадной подход, учитывающий характер закарстованности не только в пределах дорожного полотна, но и на прилегающих к нему участках на расстоянии до 500 м и более по обе стороны от проектируемых линий.

В соответствии с представленной выше методикой исследуемая территория была покрыта сеткой ОТЕ (квадратов) со стороной 0,5 км. Площадь покрытия составила 8,75 км² (2,5×3,5 км). Для идентификации каждого квадрата было введено кодирование (5 строк сетки имеют нумерацию от 1 до 5, каждая из 7 колонок обозначена буквой от а до ж). В пределах каждого квадрата собиралась информация по 20 ведущим факторам, всесторонне характеризующим карст, обусловленный природными факторами. Часть информации снималась с опубликованных и фондовых источников (карт, научных статей, отчетов, материалов заказчика), часть – получена в ходе инженерно-карстологических полевых и лабораторных исследований. Полученные значения для унификации итоговых данных переводились в баллы согласно разработанных оценочных шкал.

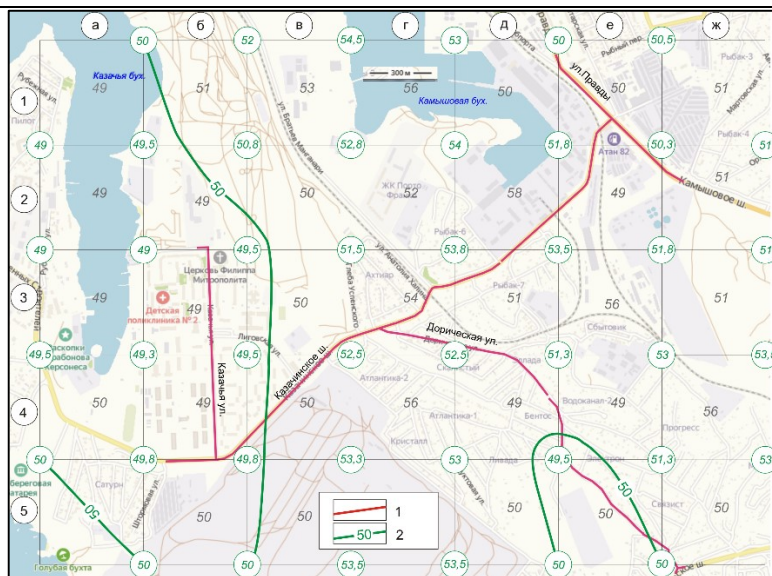
Интегральная средняя оценка для всей исследуемой площади составила 51 балл, что согласно таблице 3, соответствует градации средне благоприятные условия развития природного карста. Дифференциальная оценка и ее территориальное распределение представлено на рисунке 1. Из него следует, что западный участок Казачинского шоссе, ул. Казачья и юго-восточный участок ул. Дорической располагаются в пределах категории территорий со слабо благоприятными условиями развития природного карста. Остальным участкам строительства соответствуют средне благоприятные условия.

Для оценки техногенной активизации карста на площади изыскания был выполнен анализ хозяйственной деятельности и ее влияния на активизацию карста и формирование карстоопасности. Для этого были использованы материалы таблицы 2, на основании которых выполнена балльная оценка техногенной активизации карста в каждом квадрате сетки ОТЕ (рис. 2). В результате оценивания в пределах территории были выделены все градации техногенной активизации. Ареал максимальных значений (очень сильная техногенная активизация) выделился вдоль южного берега Камышовой бухты, куда вошел участок Казачинского шоссе и участок ул. Правды. Большая часть дороги по Казачинскому шоссе и примыкающим Камышовому шоссе и ул. Правды, а также ул. Казачья лежат в ареалах развития средней и сильной активизации карста. Остальные участки приурочены к зонам слабой активизации.

Среднее значение активизации карста для всей площади изыскания составило 13 баллов, что соответствует категории слабая активизация.

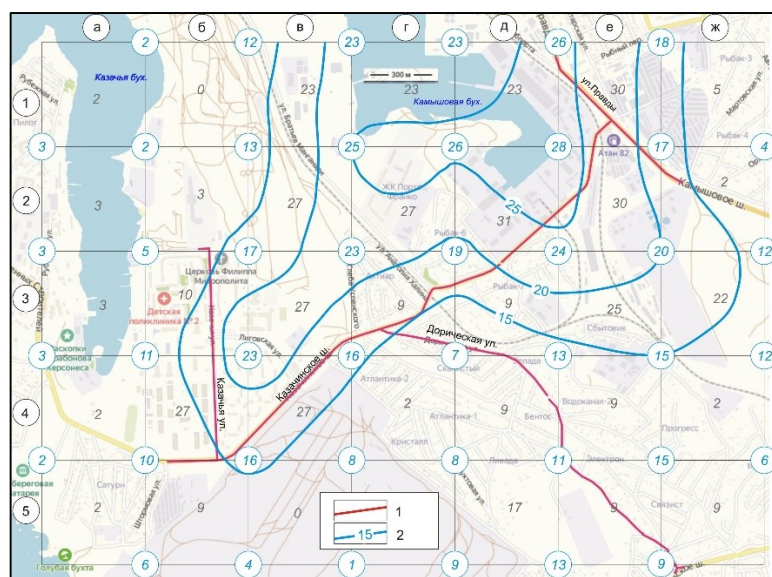
Итоговая карта дифференциальной оценки карстоопасности была создана путем наложения оценочных карт условий развития природного карста и его техногенной активизации. Категории пересекающихся при наложении выделов, соответствующие степени карстоопасности, определялись в соответствии с правилами таблицы 3.

ОЦЕНКА КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В СЕВАСТОПОЛЕ



Условные обозначения: 1 — объект строительства, 2 — граница (50 баллов) между территориями со слабо- и средне-благоприятными условиями карстообразования

Рис. 1. Карта оценки условий развития природного карста на участке Севастополя.

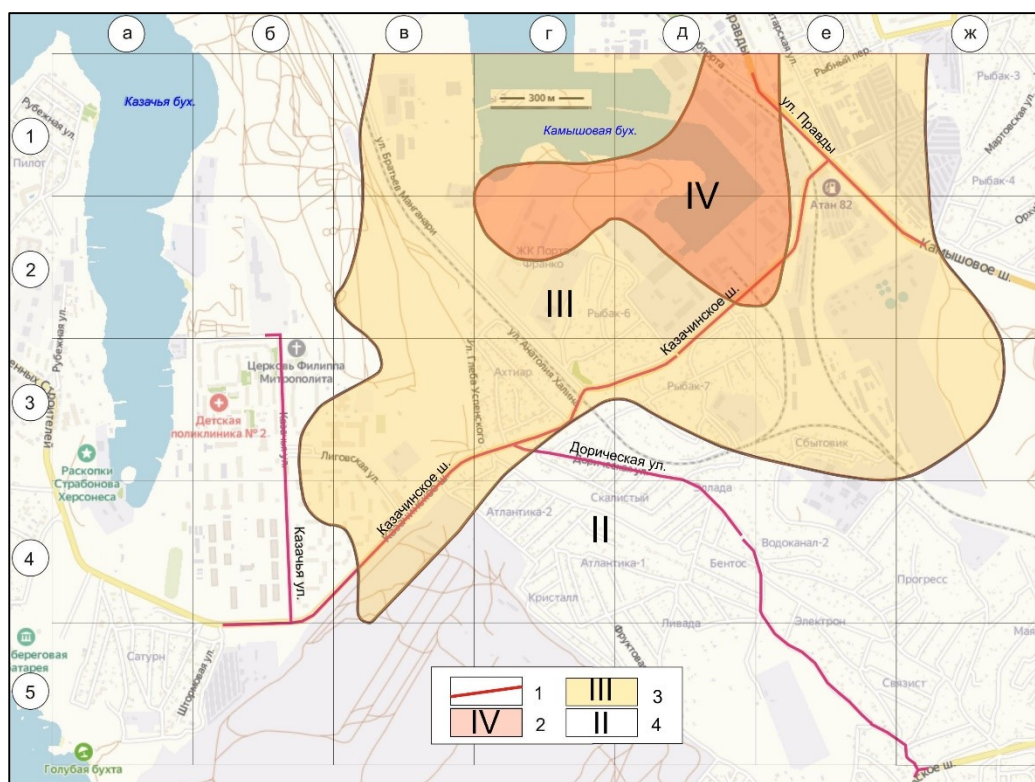


Условные обозначения: 1 — объект строительства, 2 — изобаллы техногенной активизации, разделяющие участки со слабой, средней, сильной и очень сильной активизацией

Рис. 2. Карта оценки техногенной активизации карста на участке Севастополя.

На итоговой карте выделились территории со средней, высокой и очень высокой степенью карстовой опасности (рис. 3). К участку с очень высокой степенью карстоопасности относится фрагмент Казачинского шоссе, пересекаемый Юхариной балкой и северный конец ул. Правды. К участку с высокой степенью карстоопасности относится северо-восточный отрезок Казачинского шоссе с примыкающим Камышовым шоссе и ул. Правды и центральная часть Казачинского шоссе. Юго-западный конец Казачинского шоссе, а также полностью улицы второго и третьего этапов строительства (Дорическая и Казачья) располагаются на участках со средней степенью карстовой опасности. С учетом средних значений оценок условий развития природного карста и его техногенной активизации исследуемая территория обладает средней степенью карстоопасности.

Верификация полученных данных проводилась с привлечением данных о величине химической денудации. Согласно полевым исследованиям и опубликованным материалам [8, 21] ее значение лежит в пределах фона (5–15 мкм/год) и соответствует полученной степени карстоопасности.



Условные обозначения: 1 — объект строительства; участки с разной степенью карстоопасности: 2 — очень высокой, 3 — высокой, 4 — средней.

Рис. 3. Карта районирования карстоопасности на участке Севастополя.

ВЫВОДЫ

Карстологические исследования являются неотъемлемой частью инженерно-геологических изысканий при хозяйственном освоении закарстованных территорий, к числу которых относится и Севастополь. В связи с отсутствием мониторинговых данных, на основе которых обычно проводится оценка карстовой опасности, была рассмотрена часто применяющаяся в Крыму методика балльной оценки. Благодаря обоснованному подбору оценочных критериев она успешно работает для карбонатного, сульфатного и соляного карста, учитывает его современные особенности естественноисторического развития и антропогенной активизации. Результаты промежуточной и итоговой оценки поддаются картографированию.

В ходе сбора, обработки и анализа информации для оценивания и картографирования установлено, что поверхностный карст на участке исследования представлен относительно молодым эпигенным типом (карры, ячеи, ниши, мелкие коррозионно-абразионные гроты), а подземный — фрагментами реликтового гипогенного спелеогенеза. Все карстопроявления, удаленные от берега, крайне угнетены вследствие недостатка влаги.

Балльная оценка показала, что в целом участок дорожного строительства относится к территории со средне-благоприятными условиями развития природного карста (51 балл) и площади со слабой активизацией техногенного карста (13 баллов). Однако с учётом дифференциальных значений обеих оценок на итоговой карте выделились территории со средней, высокой и очень высокой степенью карстовой опасности. Полученные данные позволят проектировщикам и строителям более обоснованно подойти к выбору мероприятий по противокарстовой защите дорожного полотна на разных участках.

Список литературы

1. Дублянская Г. Н., Дублянский В. Н. Картографирование, районирование и инженерно-геологическая оценка закарстованных территорий. Новосибирск, 1992. 145 с.
2. Соколов Д. С. Основные условия развития карста. М.: Гос. науч.-техн. изд-во лит. по геологии и охране недр, 1962. 287 с.
3. Дублянский В. Н., Клименко В. И., Михайлов А. Н. Ведущие факторы развития карста и балльная оценка его интенсивности // Инж. геология. 1989. №2. С. 52–58.
4. Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н. Карстоведение. Ч.1. Общее карстоведение. Пермь, 2004. 308 с.
5. Геологическая карта Горного Крыма. Масштаб 1:200000. / Под ред. Н.Е. Деренюк. Киев: ГУГК, 1984.
6. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000. Крымские листы / Белецкий С. В., Фиколина Л. А., Белокрыс О. А., Обшарская Н. Н. Симферополь, 2016.
7. Атлас палеогеографических карт Украинской и Молдавской ССР (с элементами литофаций). Киев: Изд-во АН УССР, 1965. 78 с.
8. Дублянская Г. Н., Дублянский В. Н. Теоретические основы изучения парагенезиса карст-подтопление. Пермь, 1998. 200 с.
9. Ванина М. В., Фиколина Л. А., Комендантова А. Н. Геологическая карта L-36-127 – Б, Г. Масштаб 1:50000. ПГО «Крымгеология», 1988.
10. Атлас. Автономная республика Крым. Киев-Симферополь, 2003. 80 с.
11. Пасынков А. А., Вахрушев Б. А. Активизация карстовых процессов в пределах разрывных структур природных и урбанизированных территорий горного и предгорного Крыма // Ученые записки

- Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География, геология. 2017. Т.3 (69), № 1. С. 192–204.
12. Дублянский В. Н. Карстовые пещеры и шахты Горного Крыма. Л.: Наука, 1977. 180 с.
 13. Дублянский В. Н., Кикнадзе Т.З. Гидрогеология карста Альпийской складчатой области юга СССР. М.: Наука, 1984. 128 с.
 14. Иванов В. Е., Ломакин И. Э., Тополук А. С., Ефремцева Л. Л., Болдырев С. Н. Особенности тектоники юго-западного Крыма // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2009. Вып. 4. С. 27–39.
 15. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории города федерального значения Севастополь в 2018 г. Вып.1. Севастополь, 2019. 128 с.
 16. Атлас природных условий и естественных ресурсов УССР. М.: ГУГК, 1978. 184 с.
 17. Ведь И. П. Климатический атлас Крыма (Climate Atlas of Crimea). Симферополь: Таврия-Плюс, 2000. 120 с.
 18. Гидрогеология СССР. Том 8. Крым. М.: Недра, 1971. 364 с.
 19. Якуч Л. Морфогенез карстовых областей. М.: Прогресс, 1979. 388 с.
 20. Климчук А. Б., Тимохина Е. И., Амеличев Г. Н., Дублянский Ю. В., Штаубвассер М. Определение возраста рельефа и скорости денудации юго-западной части Внутренней гряды Горного Крыма по карстолого-спелеологическим данным // Ученые записки ТНУ. Т.24(63), №3. География. Симферополь, 2011. С. 165–184.
 21. Дублянский В. Н., Шутов Ю. И., Амеличев Г. Н. Оценка химической денудации карстовых массивов Горного Крыма // Геологический журнал. 1990. № 4. С. 37–39.

ASSESSMENT OF KARST DANGER IN THE ROAD CONSTRUCTION OF SEVASTOPOL

Amelichev G. N.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Institute of Speleology and Karstology, Simferopol,
Russian Federation
E-mail: lks0324@yandex.ru*

The city of Sevastopol belongs to the territories with a wide distribution of soluble carbonate rocks and associated karst phenomena. In recent years, due to the active construction of infrastructure facilities, including the transport network, designers and builders often face difficulties due to the presence of karst hazard (the possibility of karst failures, subsidence, deformation of building foundations and roadbeds). The purpose of the study is to determine the degree of karst danger in one of the areas of Sevastopol based on a scoring of natural and technogenic conditions for the karst development.

The method of index-rating is considered, which is based on the analysis and ranking of 20 leading natural factors that not only determine the essence of the karst itself, but also control its dynamic characteristics. The character of surface and underground karstification was established by field research methods. About a dozen species of young and old karst forms have been identified. Surface forms include karrens, niches, honeycomb structures, and karstified fissures. Underground forms are represented by grottoes and caves. All karst forms have a depressed appearance due to lack of moisture and competitive processing by weathering and abrasion processes. The average assessment of natural factors for the entire study area was 51 points, which corresponds to the gradation of medium favorable conditions for the development of karst.

ОЦЕНКА КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В СЕВАСТОПОЛЕ

A complex of technogenic factors contributing to the activation of karst is taken into account. Its average score gained 13 points, which corresponds to the category of weak activization.

For natural and technogenic factors, maps of the distribution of territories were produced according to the degree of favorable conditions for the karst development in points. When two maps are superimposed, a final map appears, reflecting changes in the degree of karst hazard in the area. It distinguishes areas with a medium, high and very high degree of karst hazard. The data obtained will allow a more reasonable approach to the choice of measures for anti-karst protection of the roadway in different areas.

Keywords: karst, methodology, karst hazard, score assessment, anthropogenic activation, stability of the territory.

References

1. Dubljanskaja G. N., Dubljanskij V. N. Kartografirovaniye, rajonirovaniye i inzhenerno-geologicheskaya ocenka zakarstovannykh territoriy (Mapping, zoning and engineering-geological assessment of the karst territories). Novosibirsk, 1992. 145 p. (in Russ.)
2. Sokolov D. S. Osnovnye usloviya razvitiya karsta (The main conditions for the development of karst). M.: Gos. nauch.-tehn. izd-vo lit. po geologii i ohrane nedr, 1962. 287 p. (in Russ.)
3. Dubljanskij V. N., Klimenko V. I., Mihajlov A. N. Vedushhie faktory razvitiya karsta i bal'naja ocenka ego intensivnosti (The leading factors of karst development and the score assessment of its intensity) // Inzh. geologiya. 1989. №2. P. 52–58. (in Russ.)
4. Dubljanskij V. N., Dubljanskaja G. N. Karstovedenie. Ch.1. Obshhee karstovedenie (Karstology. Part 1. General karstology). Perm', 2004. 308 p. (in Russ.)
5. Geologicheskaya karta Gornogo Kryma. Masshtab 1:200000 (Geological map of the Mountainous Crimea. Scale 1:200000) / Pod red. N. E. Derenjuk. Kiev: GUGK, 1984. (in Russ.)
6. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj federacii. Masshtab 1:1000000. Krymskie listy (State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1000000. Crimean sheets) / Beleckij S. V., Fikolina L. A., Belokrysov O. A., Obsharskaja N. N. Simferopol', 2016. (in Russ.)
7. Atlas paleogeograficheskikh kart Ukrainskoj i Moldavskoj SSR (s jelementami litofacij) (Atlas of paleogeographic maps of the Ukrainian and Moldavian SSR). Kiev: Izd-vo AN USSR, 1965. 78 p. (in Russ.)
8. Dubljanskaja G.N., Dubljanskij V.N. Teoreticheskie osnovy izuchenija paragenezisa karst-podtoplenie (Theoretical foundations of the study of karst-flooding paragenesis). Perm', 1998. 200 p. (in Russ.)
9. Vanina M. V., Fikolina L. A., Komendantova A. N. Geologicheskaya karta L-36-127 – B, G. Masshtab 1:50000 (Geological map L-36-127 – B, G. Scale 1:50000). PGO «Krymgeologiya», 1988. (in Russ.)
10. Atlas. Avtonomnaja respublika Krym (Atlas. Autonomous Republic of Crimea). Kiev-Simferopol', 2003. 80 s. (in Russ.)
11. Pasyukov A. A., Vakhrushev B. A. Aktivizacija karstovykh processov v predelakh razryvnykh struktur prirodnih i urbanizirovannykh territorij gornogo i predgornogo Kryma (Activation of karst processes within the discontinuous structures of natural and urbanized territories of the mountainous and foothill Crimea) // Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Geografija, geologiya. 2017. T.3 (69), № 1. P. 192–204. (in Russ.)
12. Dubljanskij V. N. Karstovye peshery i shahty Gornogo Kryma (Karst caves and mines of the Mountainous Crimea). L.: Nauka, 1977. 180 p. (in Russ.)
13. Dubljanskij V. N., Kiknadze T. Z. Hidrogeologiya karsta Al'pijskoj skladchatoj oblasti juga SSSR (Hydrogeology of the karst of the Alpine folded region of the south of the USSR). M.: Nauka, 1984. 128 p.
14. Ivanov V. E., Lomakin I. Je., Topoljuk A. S., Efremceva L. L., Boldyrev S. N. Osobennosti tektoniki jugo-zapadnogo Kryma (Features of the tectonics of the southwestern Crimea) // Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana. 2009. Vyp. 4. P. 27–39. (in Russ.)

15. Informacionnyj bjulleten' o sostojanii neдр na territorii goroda federal'nogo znachenija Sevastopol' v 2018 g. (Newsletter on the state of the subsoil in the territory of the federal city of Sevastopol in 2018). Vyp.1. Sevastopol', 2019. 128 p. (in Russ.)
16. Atlas prirodnyh uslovij i estestvennyh resursov USSR (Atlas of natural conditions and natural resources of the Ukrainian SSR). M.: GUGK, 1978. 184 p. (in Russ.)
17. Ved' I. P. Klimaticheskij atlas Kryma. Simferopol': Tavrija-Pljus, 2000. 120 p. (in Russ.)
18. Gidrogeologija SSSR (Hydrogeology of the USSR). Tom 8. Krym. M.: Nedra, 1971. 364 p. (in Russ.)
19. Jakuch L. Morfogenez karstovyh oblastej (Morphogenesis of karst areas). M.: Progress, 1979. 388 p.
20. Klimchuk A. B., Timohina E. I., Amelichev G. N., Dubljanskij Ju. V., Shtaubvasser M. Opredelenie vozrasta rel'efa i skorosti denudacii jugo-zapadnoj chasti Vnutrennej grjady Gornogo Kryma po karstologo-speleologicheskim dannym (Determination of the age of relief and denudation rate of the southwestern part of the Inner ridge of the Mountainous Crimea according to karstological and speleological data) // Uchenye zapiski TNU. T.24(63), №3. Geografija. Simferopol', 2011. P.165–184. (in Russ.)
21. Dubljanskij V. N., Shutov Ju. I., Amelichev G. N. Ocenka himicheskoi denudacii karstovyh massivov Gornogo Kryma (Assessment of chemical denudation of karst massifs of the Mountainous Crimea) // Geologicheskij zhurnal. 1990. № 4. P. 37–39. (in Russ.)

Поступила в редакцию 10.01.2022 г.

УДК: 911.2

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ПРОБЛЕМЫ ВОДОЗАБОРОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО КРЫМА ОТНОСИТЕЛЬНО ЛИТОДИНАМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ РЕГИОНА

Баранов И. П.

*Институт биологического приборостроения РАН — обособленное подразделение ФИЦ
ПНЦБИ РАН, Пущино, Российская Федерация
E-mail: georeolog@gmail.com*

В последние годы перед Крымом (населением, промышленностью, инфраструктурой) стоит проблема водообеспечения. Данная ситуация отражается на отраслях пищевой промышленности и сельском хозяйстве, развитии рекреационной сферы. Для решения водной проблемы в 2015 году на северо-востоке полуострова были расконсервированы значительные запасы чистейших артезианских вод. Из десятков скважин трех водозаборов (Просторненский, Нежинский и Новогригорьевский) вода по трубам поступает в русло Северо-Крымского канала. Далее открытым способом течет к водохранилищам восточного Крыма, обеспечивая население и предприятия Керчи, Феодосии и более мелких населенных пунктов. Автором проведено сопоставление положения трех подземных водозаборов относительно литодинамической ситуации региона, с целью оценки перспектив водоносных горизонтов. Для этих целей был составлен ряд моделей пластики рельефа северо-восточной части полуострова и дна Азовского моря. Анализ литодинамических систем показал наличие на данной территории нескольких перспективных палеодельтовых образований, умеренная эксплуатация которых будет способствовать снижению нагрузки на три вышеуказанных водозабора. Дополнительные меры по транспортировке воды к потребителю сократят потери воды из русла канала. Использование нескольких, в т.ч. и картографических, методик, позволяет получать более качественную информацию об исследуемой территории, в чем и заключается суть рационального природопользования.

Ключевые слова: картография, артезианские скважины, концепция пластики рельефа, литодинамика, Равнинный Крым.

ВВЕДЕНИЕ

С 2014 года перед Крымом (населением, промышленностью, инфраструктурой) стоит проблема полноценного водообеспечения. Дефицит воды вынуждает руководство республики искать дополнительные водные источники. В первую очередь, выбор пал на резервуары чистейших артезианских вод северо-востока Крыма. На территории Джанкойского и Нижнегорского районов, вблизи населенных пунктов Просторное, Новогригорьевка и Нежинское были организованы три водозабора с десятками новых скважин. Проектирование и бурение скважин началось в 2014 году, прокладка временных водоводов к точке сброса в канал — в марте 2015 года. Задача водозаборов: обеспечить водоснабжение населённых пунктов на юго-востоке Крыма, в том числе Феодосию, Судак и Керчь.

С 2015 года поставки воды от скважин водозаборов идут по трубопроводам к точкам сброса в Северо-Крымский канал. Интервал глубин продуктивных горизонтов составляет 110–180 метров. В ближайшие годы планируется добывать 195 тыс. м³ в сутки, что составит 40 млн м³ в год. Заявленный временной ресурс водозаборов — 20–25 лет.

Но достаточно ли будет водных ресурсов для решения проблем водоснабжения в перспективе? Не грозит ли в будущем увеличение нагрузки на вышеуказанные водозаборы экологической, а вслед за ней и социально-экономической катастрофами?

С точки зрения геологии и гидрогеологии регион Присивашья был достаточно хорошо изучен еще во времена Союза Советских Социалистических Республик (СССР) [3]. Автор предлагает рассмотреть перспективы водного потенциала с точки зрения концепции пластики рельефа, в основе которой выявление и анализ литодинамических потоков земной поверхности. Главными задачами работы являлись: выявление палеодельтовых структур северо-восточного Крыма, определение перспективности положения трех водозаборов относительно данных образований. Для этого использовалась картографическая концепция «Пластика рельефа», которая включает в себя одноименную технологию визуализации литодинамических потоков и их анализ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основе исследований — метод пластики рельефа — картографический способ отображения и анализа явных и скрытых форм земной поверхности. Главной задачей метода является визуализация динамических процессов в земной коре и содержащихся в ней подземных вод. По изолиниям топографической, батиметрической и структурной поверхностей создается динамическая модель верхней части земной коры, элементами которой на картах становятся потоки, потоковые структуры и системы. Это позволяет установить области начала (репеллера), разветвления (бифуркации) и аккумуляции (аттрактора) природного и антропогенного вещества в пределах вышеуказанных поверхностей. Анализ элементов пластики рельефа помогает решать задачи в различных отраслях науки и хозяйства: почвоведении, геологии, тектонике, геофизике, гидрогеологии, геоэкологии, военном деле, строительстве, добывающей промышленности. Концепция «пластика рельефа» разработана картографической группой Института биологического приборостроения Российской академии наук (ИБП РАН) под руководством профессора И. Н. Степанова [9, 10]. Её рождению и становлению способствовал научно-исторический опыт предыдущих поколений [11, 7].

Литодинамические потоки покрывают всю современную поверхность земной коры, образуя глобальную систему — каркас. Следует отметить, что на топографических картах мы наблюдаем только верхнюю часть каркаса, «корни» которого уходят на глубину нескольких километров, взаимодействуя с аналогичными каркасами прошлых геологических эпох. В зависимости от значимости и возраста геологических процессов, на картах поверхностей могут быть отображены как древние структуры, носящие унаследованный характер развития, так и более молодые, инверсионные образования. Примерами первых могут быть кристаллические щиты, горные системы и впадины эндогенного генезиса. Ко вторым относятся более молодые структуры равнин, сформированных под влиянием экзогенных процессов: формы речных долин, конуса выноса и др.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ПРОБЛЕМЫ ВОДОЗАБОРОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО КРЫМА ОТНОСИТЕЛЬНО ЛИТОДИНАМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ РЕГИОНА

В 2009 г. И. Н. Степановым [8] было высказано предположение о взаимосвязи между литодинамическими потоками и потоками водоносных горизонтов, которые перемещаются не сплошным фронтом, а по определенным каналам, с учетом рельефа земной поверхности. Это же относится и к подповерхностным горизонтам. Согласно картографическим моделям пластики рельефа более перспективными участками земной поверхности считаются области современных и древних речных наносов, в пределах которых сформировались подрусловые потоки подземных вод. Известно, что валы и гряды дельтовых и русловых (меандровых) наносов состоят большей частью из песчаных, более лёгких, отложений, перекрытых толщей молодых пород, тем самым представляя собой резервуары для подземных вод. В течение длительного периода времени реки меняли направление, пересыхали, а сами наносы насыщались пресными водами и, в дальнейшем, перекрывались толщами неаллювиальных пород. При сохранении водоупорных горизонтов, положение резервуаров так же неизменно, что делает их потенциальными источниками хозяйственного использования. При этом максимальное содержание воды должно быть в пределах главного русла и зоне разгрузки реки — дельтовых структурах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В течение геологической истории Крыма, на поверхности полуострова неоднократно «рождались» и «умирали» реки. С момента возникновения Крымских гор почти все реки здесь брали свое начало, частично в предгорьях. Иногда реки меняли свое направление, но все они оставили следы своей деятельности в геологических горизонтах полуострова. Периоды трансгрессии сменялись периодами регрессии, и тогда образованные реками дельты оказывались либо далеко от береговой линии, либо внутри суши. В целях обнаружения перспективных аллювиальных форм автором в 2015 г. была создана литодинамическая модель восточной части Крыма и прилегающей акватории Азовского и Чёрного морей [2] — рис. 1. Рассмотрим положение трех крупных водозаборов северо-восточного Крыма относительно литодинамической ситуации на суше и дне Азовского моря.

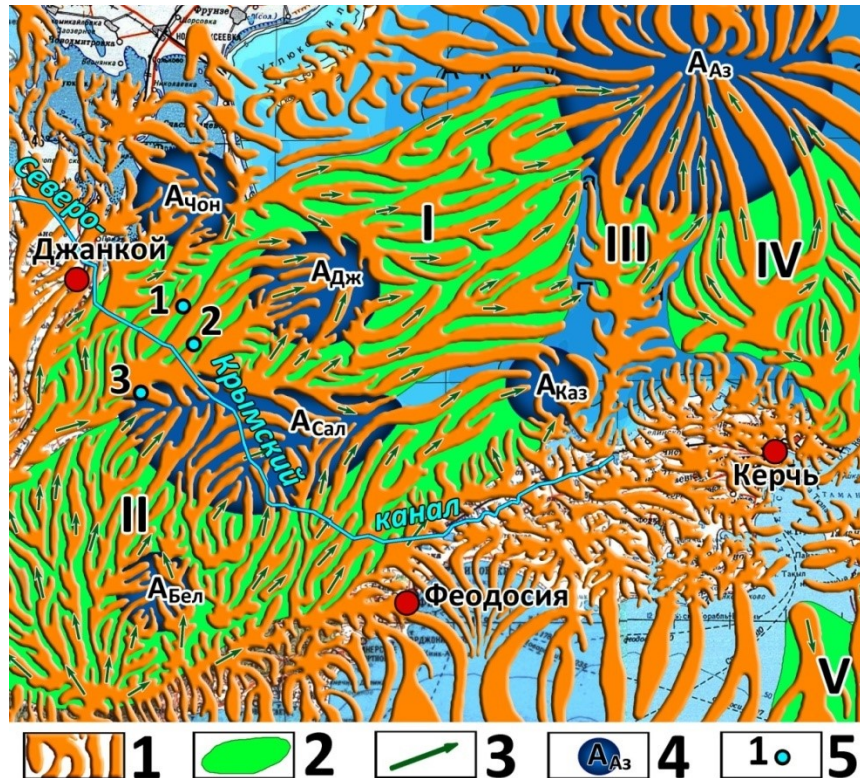


Рис. 1. Картографическая литодинамическая модель восточной части Крыма и дна Азовского и Черного морей. М 1:1 000 000.

Условные обозначения: 1 — литодинамические потоки; 2 — площади распространения литодинамических палеodelьтовых структур и их названия: I — Джанкойская, II — Белогорская; III — Казантипская, IV — Кубанская, V — Донская; 3 — вектор миграции литологического вещества и стока подземных вод; 4 — аттракторы, области аккумуляции литологического вещества, поверхностных и подземных вод. Их названия: Аз — Азовский, Дж — Джанкойский, Чон — Чонгарский, Сал — Салгирский, Бел — Белгорский, Каз — Казантипский; 5 — подземные водозаборы северо-восточной части Крыма: 1 — Просторненский, 2 — Нежинский, 3 — Новогригорьевский.

П. Д. Подгородецким отмечалось наличие подповерхностных водных каналов, простирающихся от Крымских гор на равнину полуострова [5]. И, если рассматривать направленность потоков Крыма, то очевидна система взаимоотношений суши и моря: Крымские горы и возвышенности Керченского полуострова — дно Азовского моря. Естественным выглядит и положение главного аттрактора — в центральной части Азовского моря. Именно в данную точку последние тысячи лет устремляются литодинамические потоки. Основными каналами переноса геологического вещества и воды являлись реки. С течением времени реки неоднократно меняли свое местоположение. Оставляя после себя песчаные русловые и дельтовые наносы,

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ПРОБЛЕМЫ ВОДОЗАБОРОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО КРЫМА ОТНОСИТЕЛЬНО ЛИТОДИНАМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ РЕГИОНА

которые отражали распределение вещества в гравитационном поле Земли. Активное участие в их формировании играла ранее полноводная река Салгир. С начала 50-х гг. прошлого века неоднократно высказывались и обосновывались предположения о веерообразном расположении палеорусел Салгира [4, 6]. Его древние аллювиальные отложения были перекрыты современными глинистыми осадочными породами, что позволило сохранить благоприятные водоносные горизонты. Обнаруженные ранее в процессе полевых исследований следы реки нашли свое отражение на топографических картах, преобразование горизонталей которых в потоки позволило на картах пластики рельефа установить четкие палеodelьтовые структуры. Каждая из структур отличается своей организацией, начальной точкой, направленностью и формой. На карте (рис. 1) палеodelьтовые структуры выделены зеленым цветом и условно названы: Джанкойская, Белогорская, Казантипская, Кубанская и Донская.

Облекаемое в форму потоков вещество всегда будет стремиться к ближайшим впадинам. Это позволяет проследить движение вещества от начальной точки к конечной. Так и палеodelьтовые структуры устремлены к своей конечной точке. Все, за исключением Белогорской дельты устремлены к Азовскому аттрактору. При этом внутри самих структур могут формироваться промежуточные аттракторы, образуя сеть локальных артезианских впадин. На картосхеме масштаба 1:1 000 000 (рис. 1) были выделены следующие промежуточные аттракторы:

1. Джанкойский. Расположен внутри Джанкойской дельты, охватывая часть залива Сиваш, дно Азовского моря и Арабатскую стрелку.
2. Салгирский. Расположен на границе с Джанкойской дельтой, в пределах концевой части Белогорской дельты. Занимает большую площадь устья современного русла р. Салгир и южную часть залива Сиваш.
3. Белогорский. Расположен внутри Белогорской дельты, в окрестностях пгт Белогорск.
4. Казантипский. Расположен в десятке километров от пол-ва Казантип, на дне Азовского моря. Является конечной точкой Белогорской дельты.
5. Чонгарский. Расположен на границе Джанкойской дельты и материковых потоков с севера.

Следует отметить, что именно в пределах впадин-аттракторов можно спрогнозировать формирование крупных артезианских бассейнов. Такие области имеют высокие перспективы добычи пресных подземных вод. Рассмотрим размещение трех подземных водозаборов (Просторненский, Нежинский и Ново-Григорьевский) на северо-востоке Крыма, начавших масштабную добычу пресных вод в 2015 г. Как видно из карты (рис. 1), все они расположены в пределах Джанкойской дельты. Новогригорьевский водозабор имеет непосредственное отношение к Салгирскому аттрактору.

Для уточнения положения водозаборов относительно литодинамических структур в более крупном масштабе по топографической карте М 1:100 000 была составлена и проанализирована карта пластики рельефа (рис. 2). На ней так же были выделены по территориальной принадлежности условные литодинамические системы: I — Джанкойская; II — Белогорско-Нижнегорская с подсистемами; III —

Днепровская; IV — Чатырлыкская. Два водозабора, Просторненский и Нежинский, расположены в пределах Джанкойской системы, а Новогригорьевский — на границе Джанкойской и Белогорско-Нижнегорской.

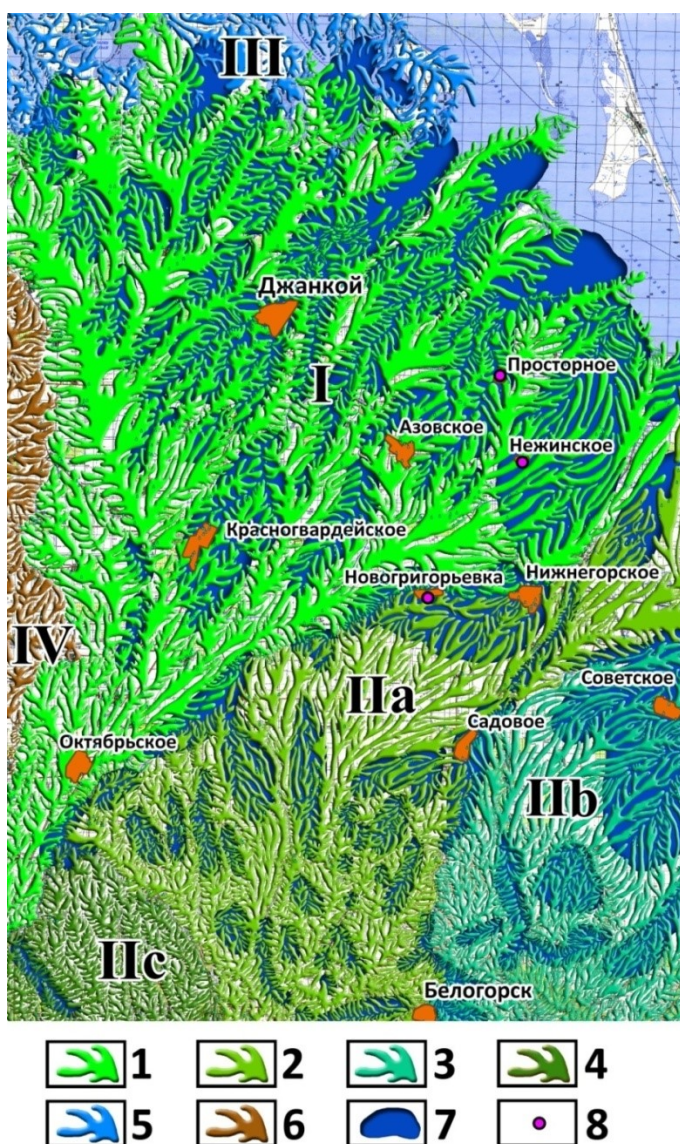


Рис. 2. Картографическая модель литодинамических потоковых систем северо-восточной части Крыма. М 1:100 000. Условные обозначения: литодинамические системы: 1 — Джанкойская (I); 2-4 — Белогорско-Нижнегорская (II) с подсистемами; 5 — Днепровская (III); 6 — Чатырлыкская (IV); 7 — локальные впадины; 8 — местоположение водозаборов.

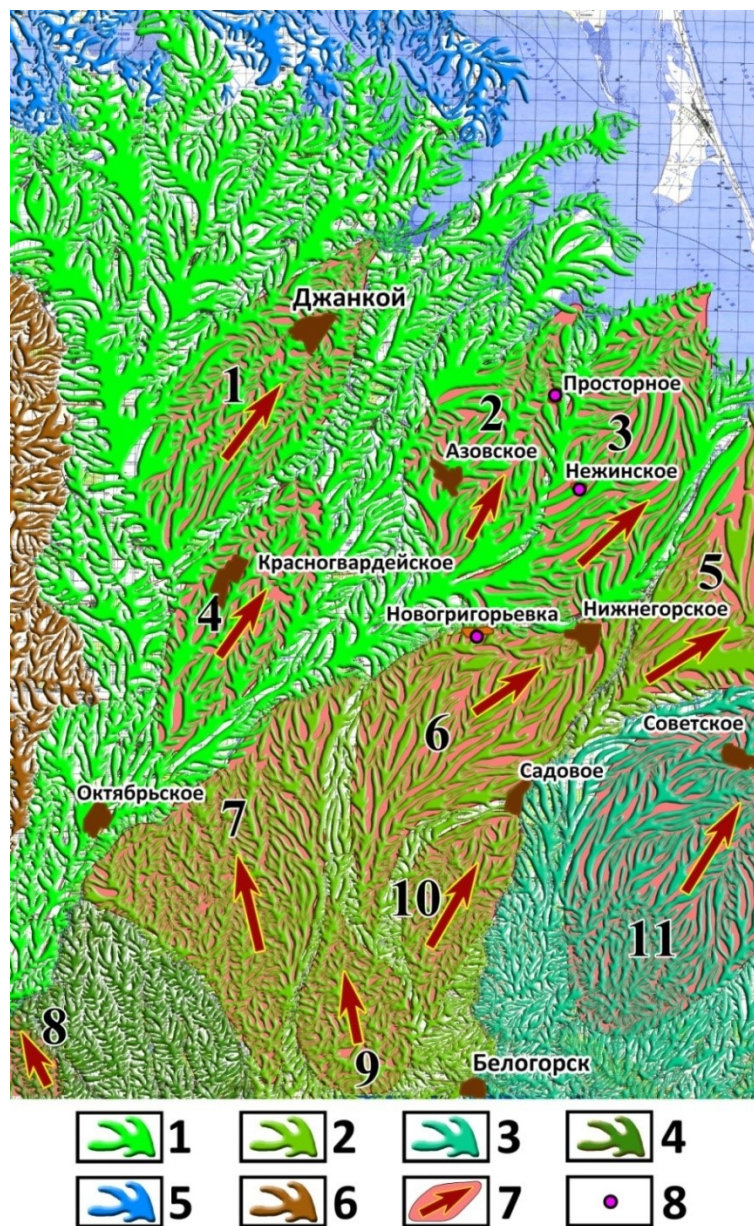


Рис. 3. Дельтообразные структуры северо-восточной части Крыма. М 1:100 000. Условные обозначения: литодинамические системы: 1 — Джанкойская (I), 2–4 — Белогорско-Нижнегорская (II) с подсистемами, 5 — Днепровская (III); 6 — Чатырлыкская (IV); 7 — дельтообразные структуры и их направленность; 8 — местоположение водозаборов.

Установлено местоположение локальных впадин, которые не имеют сплошного распространения, а представляют собой сеть обособленных или соединяющихся между собой депрессий. Наибольшего своего размера они достигают близи залива Сиваш. Именно здесь расположены Просторненский и Нежинский водозаборы. На расстоянии 30-50 км расположены впадины несколько меньших размеров. К впадине такого типа относится Новогригорьевский водозабор. Еще дальше располагаются депрессии малого размера, площади которых даже визуально отличаются от прибрежных впадин в несколько раз.

Аналогично впадинам каждая из систем, прототипами которых являются палеодельтовые структуры более крупного размера (рис. 1), так же дифференцируется на совокупность нескольких палеodelьт меньшего размера. Каждая из них имеет свои четкие границы. Направленность систем внутри них согласна общему вектору материнской системы (рис. 3). Внутри Джанкойской системы были выделены четыре локальные палеodelьты: 1 — Джанкойская, 2 — Азовская (включает в себя Просторненский водозабор); 3 — Нежинская с одноименным водозабором и 4 — Красногвардейская. В пределах Белогорско-Нижегородской системы было выявлено семь палеodelьт: 5 — Карасевская; 6 — Нижегородская; 7 — Зуйская; 8 — Гвардейская; 9 — Рукавская; 10 — Жемчужная; 11 — Советская. Названия структурам даны по местным населенным пунктам и рекам. Предположительно, возраст локальных палеodelьт должен коррелировать с периодами трансгрессии и регрессии Азовского моря.

На модели видно, что большинство дельтообразных структур имеют протяженную, суженную в начале и в конце и расширяющуюся в средней части форму. Только Зуйская палеodelьта (7) имеет веерообразное строение в плане. Вектор потоков указывает на ориентировку палеodelьт в направлении локальных впадин, в которые «погружаются» их окраинные и концевые части.

Согласно традиционной парадигме, наибольшими перспективами обладают центральные области дельтовых и палеodelьтовых структур, т.к. именно здесь отлагаются, в значительной степени, песчаные аллювиальные породы.

Совмещение положения локальных палеodelьт с локальными впадинами показывает наиболее благоприятные литологические и тектонические области для формирования бассейнов артезианских вод. Именно здесь расположены все три водозабора (рис. 4).

Учитывая данные ранее проведенного статистического анализа положения артезианских скважин относительно потоков пластики рельефа [1], в результате которого было выявлено, что из 958 вододобывающих объектов рассматриваемого региона 859 скважин (89,7 %) были пробурены в пределах повышений, а 99 (10,3 %) — в понижениях, следует считать наиболее перспективными все площади потоков-повышений в областях совмещения впадин и палеodelьт. Это может быть объяснено тем, что в пределах потоков-повышений плотность пород должна быть значительно выше, чем в понижениях, что влияет на сохранность водоносных горизонтов. Также отметим, что основания литодинамических потоков расположены на значительной глубине. Технология тем самым отражает более древние горизонты. Для данного масштаба исходной карты (1:100 000) автором предполагается визуализация

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ПРОБЛЕМЫ ВОДОЗАБОРОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО КРЫМА ОТНОСИТЕЛЬНО ЛИТОДИНАМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ РЕГИОНА

основания потоков на глубинах 100–300 м. Именно на таких отметках в данном районе Крыма залегают породы, вмещающие пресные артезианские воды. На картосхеме (рис. 5) показано, что кусты скважин всех трех водозаборов расположены в зоне совмещения впадин, дельтообразных структур и литодинамических потоков.

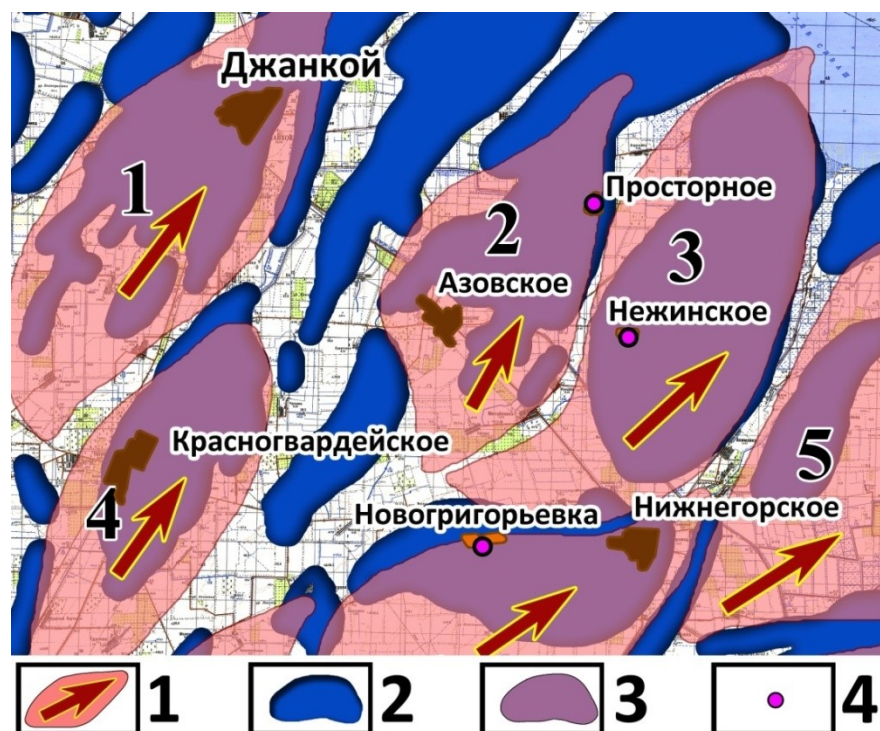


Рис. 4. Совмещение дельтообразных структур с впадинами в пределах Просторненского, Нежинского и Новогригорьевского водозаборов. М 1:100 000. Условные обозначения: 1 — дельтообразные структуры и их направленность; 2 — локальные впадины; 3 — зоны совмещения дельтообразных структур с впадинами; 4 — местоположение водозаборов.

Этот факт может служить, если не абсолютным подтверждением перечисленных критериев перспектив водоносности Присивашья, то, хотя бы сигналом привлечения внимания специалистов в геологии и гидрогеологии к данному подходу. В любом случае, это не обязывает к повсеместному бурению поисковых и разведочных скважин, проведению дорогостоящих геофизических работ.

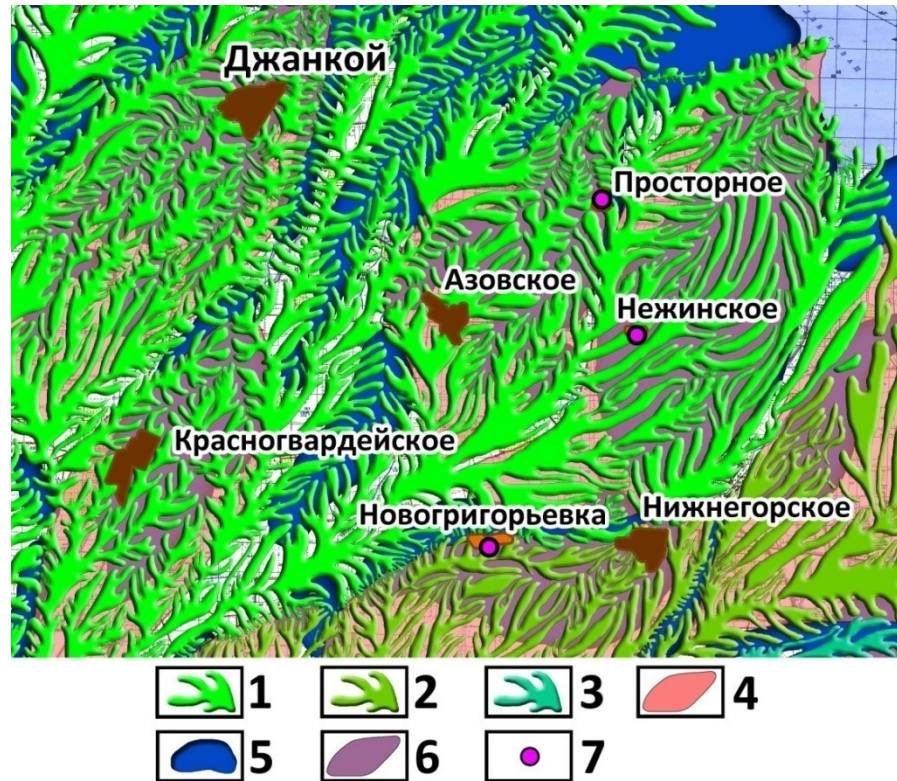


Рис. 5. Совмещение дельтообразных структур с впадинами и литодинамическими потоками в пределах Просторненского, Нежинского и Новогригорьевского водозаборов. М 1:100 000. Условные обозначения: литодинамические системы: 1 — Джанкойская (I), 2–3 — Белогорско-Нижнегорская (II) с подсистемами; 4 — дельтообразные структуры; 5 — локальные впадины; 6 — зоны совмещения дельтообразных структур с впадинами; 7 — местоположение водозаборов.

Напротив, сопоставление данных анализа литодинамики и полученных ранее результатов позволит уточнить, скорректировать дальнейшую деятельность. Ведь главное — эффективность в решении проблемы водоснабжения. И, в случае подтверждения результатов, данный метод может быть использован не только для анализа всех равнинных территорий Крыма, но и повсеместно, где проблема водоснабжения насущна сейчас или в будущем.

ВЫВОДЫ

Подводя итоги, на первый взгляд кажется, что проблема водоснабжения населения наиболее зависимых районов Крыма за счет увеличения скважин и объемов выкачки пресных вод в пределах описываемых водозаборов будет решена. Но возникает ряд проблем, которые в будущем могут отразиться не только на социально-экономической сфере республики, но и на экологии региона в целом. Во-

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ПРОБЛЕМЫ ВОДОЗАБОРОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО КРЫМА ОТНОСИТЕЛЬНО ЛИТОДИНАМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ РЕГИОНА

первых, до известных событий артезианские воды использовались только для нужд населения. В промышленности и сельском хозяйстве было запрещено использовать воды подземных резервуаров, применялась вода из оросительных систем, заполняемых из естественных и искусственных водоемов. В настоящее время растет число скважин в районах крупных водозаборов. Ежегодно предпринимателям официально выдается более 100 лицензий на извлечение артезианских вод. С одной стороны, проблема развития сельского хозяйства, предпринимательства и промышленности логично требует больших объемов пресной воды: рост числа товаров местного производства, регулирование цен на внутреннем рынке, снабжение туристов в рекреационных зонах. Но продолжение расходования ценнейших пресных вод — лишение будущего неприкосновенного запаса жителей Крыма. При этом делаются заявления, что воды хватит на 20–25 лет. А что останется потом? Ведь накопление артезианских вод происходит очень медленно, а новые источники за восемь лет не найдены. Таким образом, предложение автора о приросте числа скважин на 10–20% [1], в настоящей момент не актуально, т.к. лимит, скорее всего, исчерпан.

Во-вторых, транспортировка пресных вод из подземных резервуаров осуществляется по устаревшему ложу Северо-Крымского канала. Большинство бетонных плит, которыми выложено русло канала, растрескались. Местами ложе земляное. Происходит постоянная потеря воды в результате фильтрации, что ведет к подтоплению прилегающих территорий и запуску процессов вторичного засоления. В-третьих, сам канал открытый. Таким образом, значительная часть воды испаряется в условиях теплой весны и жаркого лета. Получается, из скважин выкачивается один объем воды, а к потребителю доходит, в лучшем случае, 50–60%. Соответственно, чтобы восполнить потери, увеличится число скважин, что приведет к быстрому истощению подземных резервуаров воды.

Если для первых трех лет этот способ решения проблем водообеспечения можно было назвать вынужденно оправданным, то сейчас это становится похожим на халатность и растрату народных и природных ресурсов Крыма. Поэтому решение задач полноценного снабжения населения, сельского хозяйства и промышленности водой требует обстоятельного государственного подхода, в основе которого должны быть современные технологии. Разработка локальных артезианских впадин на дне Азовского моря, прокладка труб большого диаметра по дну ложа Северо-Крымского канала и его ответвлений, введение целевого точечного использования ресурсов подземных пресных вод должны решить проблемы водоснабжения населения и промышленности Крыма.

Использование метода пластики рельефа позволяет по-новому взглянуть на информационный потенциал топографических карт. Такой подход позволяет выделять поверхности с незначительным уклоном погребенные геологические тела. Наибольший интерес из них представляют локальные аккумуляционные впадины и палеодельтовые структуры, сложенные песчаными породами, а значит, являющимися благоприятными резервуарами (или каналами) для пресных вод. Преобразование статического образа рельефа в динамический наглядно

демонстрирует потоковые свойства земной поверхности, геологических и, соответственно, водоносных горизонтов. Подход позволяет выделить границы между литодинамическими системами, их элементы, как части древних речных систем, которые обладают высокими перспективами поиска подземных пресных резервуаров. Литодинамические потоки своим направлением указывают на локальные артезианские бассейны. Анализ положения артезианских скважин, относительно литодинамических потоков подтвердил высказанные ранее предположения о более качественном составе пресных вод в пределах повышений (90%).

Данная работа, несмотря на то, что подводит итоги промежуточных исследований, может быть использована на начальном уровне поиска перспективных участков и бурении новых скважин пресной воды. Литодинамические модели на рис. 4 и рис. 5 могут служить отправной точкой для продолжения исследований запасов пресных вод Равнинного Крыма, как основного центра водоснабжения всего Крыма с дальнейшей экстраполяцией знаний на подобные территории в пределах Азовского моря, где литодинамические потоковые системы полуострова имеют своё продолжение. Предложенная в статье концепция пластики рельефа является инновационной в российской науке и уникальной в мировой практике. Ее использование позволяет производить поисково-разведочные работы с наименьшими экономическими затратами, оптимизируя процесс добычи стратегически важных ресурсов. Такой подход можно назвать и экологически оптимальным – точечное бурение скважин наносит природе значительно меньший урон. Опыт использования карт пластики рельефа может стать полезным и для других регионов России или мира, где испытывается острый дефицит водообеспечения.

Список литературы

1. Баранов И. П., Степанова В. И. Выявление локальных резервуаров подземных вод Равнинного Крыма на основе карт литодинамических потоков. Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2020. Том 6 (72). № 3. С. 266–279.
2. Баранов И. П., Степанова В. И. Палеорекострукция древних дельт Азовского и северо-восточной части Черного морей, как потенциальных резервуаров подземных артезианских вод, на основе метода пластики рельефа / Сборник материалов XII Международной научно-практической конференции «Современные концепции научных исследований». Москва, 2015. С. 27–30.
3. Гидрогеология СССР, том VIII, Крым. М.: Недра, 1971. 364 с.
4. Львова Е. В. Равнины Крыма. Научно-популярный очерк. Симферополь: Таврия. 1982. 32 с.
5. Подгородецкий П. Д. Крым: Природа. Справочное издание. Симферополь: Таврия. 1988. 192 с.
6. Слудский А. Ф. Древние долины реки Салгир. Изв. Крым.отд. геогр. общ-ва СССР. 1953. Выпуск 2. 31–38 с.
7. Соболевский П. К. Современная Горная Геометрия. Социалистическая реконструкция и наука, 1932. Выпуск 7. 42–78 с.
8. Степанов И. Н., Баранов И. П., Степанова В. И. Использование карт пластики рельефа при оперативном поиске пресных питьевых и технических подземных вод // Вода magazine. 2011. №1(41). С. 24–26.
9. Степанов И. Н. Методика составления серии среднемасштабных тематических карт «Природно-мелиоративная и сельскохозяйственная оценка Срединного региона СССР». Материалы Всесоюзной

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ПРОБЛЕМЫ ВОДОЗАБОРОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО КРЫМА ОТНОСИТЕЛЬНО ЛИТОДИНАМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ РЕГИОНА

конференции «Оценка природно-мелиоративных условий и прогноз их изменений. Пушкино», 1977. 23–93 с.

10. Степанов И. Н. Теория пластики рельефа и новые тематические карты. М.: Наука, 2006. 230 с.

11. Maxwell J.C. On hills and dales // *Philosophical Magazine*. Ser. 4. 1870. Vol. 40. No 269 (Dec. 1870), 421–427 p.

ABOUT IDENTIFICATION OF LOCAL RESERVOIRS OF UNDERGROUND WATERS OF THE FLAT PART OF THE CRIMEA ON THE BASIS OF MAPS OF LITHODYNAMIC FLOWS

Baranov I. P.

Institute for Biological Instrumentation of RAS - a separate division of FITZ PNC RAS, Pushchino, Russian Federation

E-mail: georeolog@gmail.com

In recent years, before the Crimea (population, industry, infrastructure) there is a problem of water supply. This situation affects the branches of the food and agricultural industries, the development of recreational facilities. To solve the water problem in 2015, significant reserves of the purest artesian waters were conserved in the northeast of the peninsula. From dozens of wells of three water intakes (Spacious, Nezhinsky and Novogrigoryevsky), water flows through pipes into the channel of the North Crimean Canal. Further, it flows in an open way to the reservoirs of the eastern Crimea, providing the population and enterprises of Kerch, Feodosia and smaller settlements, the author compared the position of three underground water intakes relative to the lithodynamic situation of the region, in order to assess the prospects of aquifers. For these purposes, a number of plastic models of the relief of the northeastern part of the peninsula and the bottom of the Sea of Azov were compiled. The analysis of lithodynamic systems has shown the presence of several promising paleodeltic formations in this territory, the moderate operation of which will help to reduce the load on the three above-mentioned water intakes. Additional measures to transport water to the consumer will reduce the loss of water from the channel bed. The use of several, including cartographic, techniques, allows you to obtain better information about the studied territory, which is the essence of rational nature management.

Using the method of relief plasticity allows you to take a fresh look at the information potential of topographic maps. This approach makes it possible to isolate buried geological bodies on surfaces with a slight slope. The most interesting of them are local accumulative depressions and paleodeltic structures composed of sandy rocks, which means that they are favorable reservoirs (or channels) for fresh water. The transformation of a static relief image into a dynamic one clearly demonstrates the flow properties of the earth's surface, geological and, accordingly, aquifers. The approach allows us to identify the boundaries between lithodynamic systems, their elements, as parts of ancient river systems that have high prospects for finding underground fresh reservoirs. Lithodynamic flows point in their direction to local artesian basins. This work can be used at the initial level of searching for promising sites and drilling new freshwater wells. Lithodynamic models can serve as a

starting point for continuing studies of fresh water reserves of the Lowland Crimea, as the main water supply center of the whole Crimea, with further extrapolation of knowledge to similar territories within the Sea of Azov, where the lithodynamic flow systems of the peninsula have their continuation. The concept of relief plasticity proposed in the article is innovative in Russian science and unique in world practice. Its use makes it possible to carry out prospecting and exploration work with the lowest economic costs, optimizing the process of extraction of strategically important resources. This approach can also be called environmentally optimal - spot drilling of wells causes significantly less damage to nature. The experience of using relief plastic maps can also be useful for other regions of Russia or the world where there is an acute shortage of water supply.

Keywords: cartography, artesian wells, the concept of the plastic of the relief, lithodynamics, Plain Crimea.

References

1. Baranov I. P., Stepanova V. I. Vyyavlenie lokal'nykh rezervuarov podzemnykh vod Ravninnogo Kryma na osnove kart litodinamicheskikh potokov. Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. 2020. Tom 6 (72). № 3. P. 266–279. (in Russian).
2. Baranov I. P., Stepanova V. I. Paleorekonstruktsiya drevnikh del't Azovskogo i severo-vostochnoy chasti Chernogo morey, kak potentsial'nykh rezervuarov podzemnykh arteziyskikh vod, na osnove metoda plastiki rel'yefa/Sbornik materialov XII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennye kontseptsii nauchnykh issledovaniy». Moskva, 2015, P. 27–30. (in Russian).
3. Gidrogeologiya SSSR, tom VIII, Krym. M.: Nedra, 1971. 364 p. (in Russian).
4. L'vova E. V. Ravniny Kryma. Nauchno-populyarnyy ocherk. Simferopol': Tavriya. 1982. 32 p. (in Russian).
5. Podgorodetskiy P. D. Krym: Priroda. Spravochnoe izdanie. Simferopol': Tavriya. 1988. 192 p. (in Russian).
6. Sludskiy A. F. Drevnie doliny reki Salgir. Izv. Krym.otd. geogr. obshch-va SSSR. 1953. Vypusk 2. 31–38 p. (in Russian).
7. Sobolevskiy P. K. Sovremennaya Gornaya Geometriya. Sotsialisticheskaya rekonstruktsiya i nauka, 1932. Vypusk 7. 42–78 p. (in Russian).
8. Stepanov I. N., Baranov I. P., Stepanova V. I. Ispol'zovanie kart plastiki rel'yefa pri operativnom poiske presnykh pit'yevykh i tekhnicheskikh podzemnykh vod // Voda magazine. 2011. №1(41). P. 24–26. (in Russian).
9. Stepanov I. N. Metodika sostavleniya serii srednemasshtabnykh tematiceskikh kart «Prirodno-meliorativnaya i sel'skokhozyaystvennaya otsenka Sredinnogo regiona SSSR». Materialy Vsesoyuznoy konferentsii «Otsenka prirodno-meliorativnykh usloviy i prognoz ikh izmeneniy. Pushchino», 1977. 23–93 p. (in Russian).
10. Stepanov I. N. Teoriya plastiki rel'yefa i novye tematicheskie karty (Theory of plastic relief and new thematic maps. Moscow: Nauka, 2006. 230 p. (in Russian).
11. Maxwell J.C. On hills and dales. Philosophical Magazine, Ser. 4. 1870. V. 40. no 269 (Dec. 1870), pp. 421–427.

Поступила в редакцию 20.10.2021 г.

РАЗДЕЛ 5.
ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ПАЛЕОНТОЛОГИЯ И
СТРАТИГРАФИЯ

УДК 556.332.46

**ВЛИЯНИЕ ГИПЕРГЕНЕЗА НА ФОРМИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД КРАСНОЦВЕТНОЙ ТЕРРИГЕННОЙ
ФОРМАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ПРИКАМЬЯ)**

Гайнанов Ш. Х.

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь,
Российская Федерация
E-mail: gaynanov@inbox.ru*

В статье рассмотрены этапы изменения состояния пород в процессе гипергенеза, базовой причиной которого является тектоническая трещиноватость локальных структур, типичных и широко распространенных в пределах красноцветной формации Прикамья. Напряжения и деформации, возникающие в ходе формирования локальных структур обусловили целостность массивов, привели к нарушению строения пород и потере первоначальных прочностных характеристик. Следствием этих процессов явилось возникновение тектонической трещиноватости, во многом определившее дальнейший ход формирования пород формации и инженерно-геологических условий в целом.
Ключевые слова: гипергенез, инженерно-геологические свойства, напряжения и деформации горных пород.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение процессов гипергенеза имеет большое значение, поскольку позволяет получить представление о механизме формирования свойств пород, с которыми приходится иметь дело в момент их применения в качестве оснований проектируемых сооружений. Касательно этого вопроса относительно пород красноцветной терригенной формации необходимо обратить особое внимание на тектоническую трещиноватость локальных структур, широко представленных на территории распространения исследуемых формаций. Автором были исследованы ряд локальных структур Прикамья с построением карт трещиноватости и изучением прочностных характеристик на участках различной степени трещиноватости [4, 10]. Широкое распространение локальных структур в Прикамье обусловлено структурно тектоническими особенностями региона и историей его развития. Фрагмент региона исследований показан на рисунке (рис. 1).

Механизм формирования локальных структур осадочного чехла рассматривался многими исследователями [1, 2]. Связь механизма их формирования и закономерностей развития тектонической трещиноватости позднее изучалось целым рядом ученых [2, 3, 4, 5]. Вопрос влияния трещиноватости на свойства пород не нов и рассматривался многими учеными ранее [3, 6, 4, 9, 7, 8, 10]. В частности В. Н. Катаевым была проведена оценка влияния напряжений при формировании

локальных структур на степень трещиноватости в гипс-ангидритовых толщах для карстологических целей. В таблице 1 проиллюстрированы результаты зависимости степени трещиноватости массива от напряжений, испытанных им.

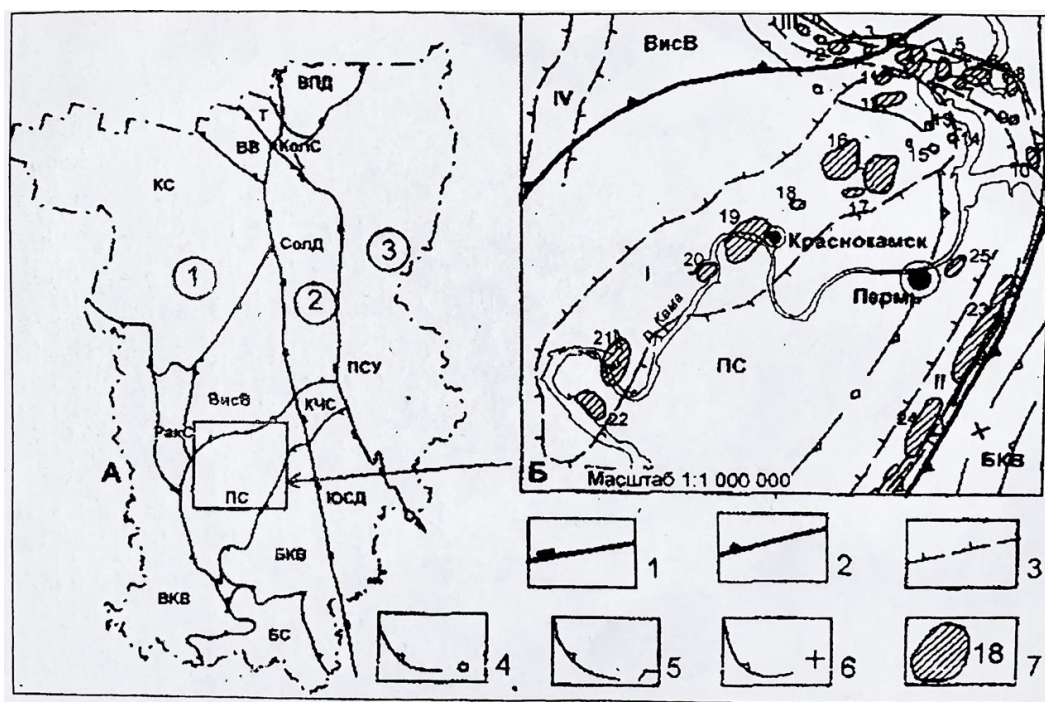


Рис. 1. Тектонические схемы масштаба 1:1 000 000. А – Пермского края (крупные структуры и тектонические зоны), Б — района исследования (мелкие (локальные) структуры), (по Р.О. Хачатрян, В.И. Громека, 1973 г.). Условные обозначения: 1 — границы тектонических зон; 2 — границы крупных тектонических структур; 3 — границы средних тектонических структур; 4 — границы внешней прибортовой зоны Камско-Кинельской системы прогибов (ККСП); 5 — границы внутренней прибортовой зоны ККСП; 6 — границы осевой зоны ККСП; 7 — мелкие структуры и их номера.

Таблица 1.
Соотношение значений напряжений и трещиноватости (L_T) в гипс-ангидритах
Полазненской локальной структуры ($Z=10$ м)

Участки и зоны	Значения L_T (м/10 ⁴ м ²)	Значения напряжений		
		σ_1	σ_2	σ_3
Слабораздробленные	20–80 и менее	<10	<30	1–2
Среднераздробленные	100–300	11–15	30–50	0,2–0,9
Сильнораздробленные	300–900 и более	16–20	51–70	0

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для оценки роли трещиноватости и ее влияния на ход формирования инженерно-геологических свойств терригенных пород автором была использована ранее разработанная методика выявления зон повышенной трещиноватости в пределах локальных структур и проведен сравнительный анализ свойств пород в зонах различной степени трещиноватости [4, 10].

В данной работе рассматривается этапность изменения состояния пород с момента воздействия напряжений в массиве, подверженных нагрузкам в ходе развития локальных структур и далее при воздействии агентов выветривания в зонах повышенной трещиноватости.

При естественном залегании горные породы, находясь в термодинамическом равновесии с окружающей средой, могут фиксировать изменение геологической обстановки в кристаллической структуре составляющих их минералов, вариациях состава и текстуре. Расшифровка информации, закодированной в решетке минералов, в составе и структурно-текстурных особенностях пород, позволяют получить данные для реконструкции характера и механизма процессов, а также о формировании свойств пород [11]. При изучении микротекстурных особенностей породообразующих минералов большую помощь оказывают методы рентгеноструктурного анализа.

Известно, что при процессах, сопровождающих деформацию пород, появляются преимущественные кристаллографические ориентировки частиц породообразующих минералов, приводящие к существенной анизотропии физико-механических свойств. Оценка характера пространственного расположения частиц и агрегатов при различного рода деформациях и нагрузках должны дать дополнительные сведения о природе прочности пород.

Основной целью рентгеноструктурного анализа являлось исследование деформаций кристаллов и кристаллической решетки. В качестве критерия для дефекта кристалла может служить величина полуширины рефлекса В, мм. Она показывает величину области когерентности рассеивания и является более стабильной по сравнению с интенсивностью рассеивания. Ориентировка кристаллитов в монокристалле также определяет степень его сохранности. Чем ближе ориентировка кристаллитов к идеальной, тем меньше изменений испытал минерал. Для описания степени ориентировки служит коэффициент текстурированности, который определяется через угол дезориентации (альфа, $1/2$ град.). Чем меньше значение (альфа $1/2$), тем совершенней текстура кристалла [12].

Таким образом, результаты рентгеноструктурного анализа четко показывают реакцию пород, слагающих локальные структуры, на их напряженное состояние в процессе формирования, а также изменения на уровне кристаллической решетки (рисунок 2).

Рассматривая количество дефектов как отличительный признак измененности кристаллов, можно судить о влиянии процессов гипергенеза на состояние массива

(степени его раздробленности) и, следовательно, на физико-механические свойства пород. То есть можно говорить о подготовительной фазе к изменению прочностных свойств пород и неразрывной связи этих процессов и переходе к изменениям состояния пород *на мезоуровне*.

Результаты сравнительного анализа данных комплексного исследования в пределах локальных структур (Опалихинская и Ижевский источник) показывает зависимость изменения состояния пород, их свойств от степени трещиноватости массива, как следствия высоких напряжений и деформаций. В таблице 2 дана сводная информация данных по этим структурам, показывающая степень влияния трещиноватости на изменение состояния пород на начальном этапе *на микроуровне* (сохранность кристаллической решетки) и далее *на мезоуровне* (уровень физико-механических свойств).

Как видно из таблицы 2, показатели степени нарушенности кристаллической решетки кварца в породах (B и $\alpha/2$) являются четким индикатором реакции пород на те напряжения в массиве, которые он испытал в процессе формирования локальной структуры [2]. Максимальная нарушенность структуры кристаллов ($B=8-10$ мм, $\alpha/2=9-10^\circ$) наблюдается в зонах повышенной трещиноватости с показателями $L=3000-4000$ м/10⁴*м², а минимальные показатели ($B=3-5$ мм и $\alpha/2=2-5^\circ$).

Одновременно степень нарушенности кристаллической решетки коррелируется с прочностью пород, которая находится в обратной зависимости – чем интенсивней трещиноватость в массиве и больше нарушенность кристаллической решетки, тем ниже прочностные характеристики от 1,8 Мпа в зонах высокой трещиноватости до 12,5 Мпа в менее трещиноватых участках.

Такая же закономерность наблюдается в пределах Пермской локальной структуры (таблица 3). Здесь помимо изменения прочности пород (от 4,0 Мпа до 9,0 Мпа), меняется ряд физических свойств: пористость — от 27% до 17%, объемный вес- от 2,16 до 2,4 г/см³, показатель выветрелости — от 0,26 до 0,13. Все эти данные, кроме прочего указывают на интенсивность процессов гипергенеза в зонах повышенной тектонической трещиноватости.

Гидрогеологические показатели также чутко реагируют на нарушенность целостности массива. Особенно характерны величина коэффициента фильтрации, который колеблется от 0,27 м/сут в целиковых участках массива, до 9,74 м/сут в зонах высокой трещиноватости. Такая же закономерность видна и в данных по дебиту в скважинах, расположенных в условиях различной степени нарушенности массива тектонической трещиноватостью. От 0,17 л-сек/м³ сут до 0.67 л-сек/м³ сут.

В таблице 6 даны сравнительные показатели в пределах Исаевской структуры и за ее границами. Поскольку образцы пород на Исаевской структуре отбирались из скважин без выделения участков трещиноватости, то можно обратить внимание на относительно небольшое отличие в свойствах пород. Однако, тенденция наблюдается и в этом случае. Она показывает на нарушенность массива целиком как в зонах трещиноватости, так и за их пределами, хотя и не в такой степени. То есть, процесс формирования локальной структуры отразился на всем массиве.

ВЛИЯНИЕ ГИПЕРГЕНЕЗА НА ФОРМИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД КРАСНОЦВЕТНОЙ ТЕРРИГЕННОЙ ФОРМАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ПРИКАМЬЯ)

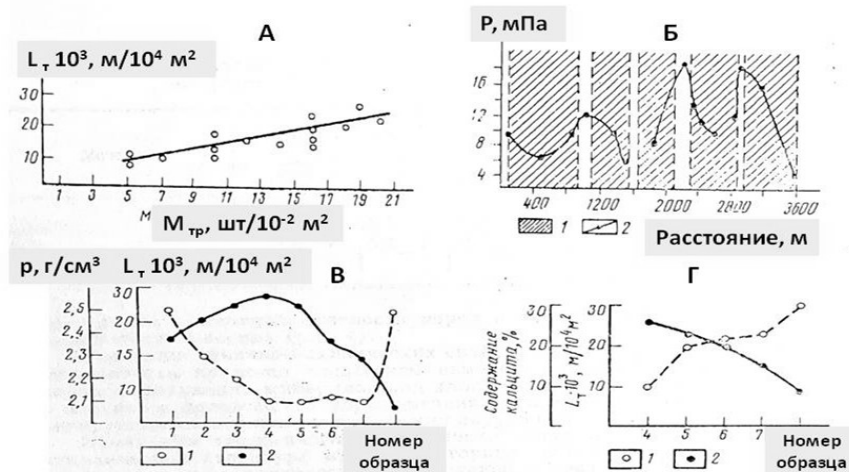


Рис. 2. А — связь между показателем интенсивности трещиноватости массива L_T и модулем трещиноватости $M_{тр}$; Б — изменение прочности на одноосное сжатие аргиллитоподобных глин в зонах повышенной трещиноватости в пределах Опалихинской локальной структуры вдоль развернутой линии обнажения: 1 — зоны повышенной трещиноватости ($L_T \geq 15000 m/10^4 m^2$), 2 — кривая изменения прочности на одноосное сжатие; В — изменение плотности аргиллитоподобных глин в зависимости от степени трещиноватости: 1 — значения плотности ρ , 2 — значения интенсивности трещиноватости L_T ; Г — изменение содержания кальцита в цементе аргиллитоподобных глин по данным петрографического анализа: 1 — значения содержания кальцита, 2 — значения интенсивности трещиноватости.

Таблица 2.

Сводная таблица результатов исследований

	Породы	Минералогический состав (%)				Степень нарушения кристаллической решетки кварца		Прочность на одноосное сжатие	Трещиноватость (L)
		Кварц	Полевой шпат	Кальцит	Хлорит	B , мм	$\alpha/2$, °		
1	Песчаник	72	10	6	12	10	10	2,2	4000
2	Песчаник	87	10	-	3	10	10	2	4000
3	Песчаник	69	20	5	6	9,5	8	1,8	4000
4	Аргиллит	55	30	-	12	9	8	2,8	3500
5	Аргиллит	46	30	17	7	9,5	5	3,2	3500
6	Аргиллит	53	27	10	10	9	10	2,6	3500

	Породы	Минералогический состав (%)				Степень нарушения кристаллической решетки кварца		Прочность на одноосное сжатие	Трещиноватость (L)
		Кварц	Полевой шпат	Кальцит	Хлорит	B, мм	$\alpha/2, ^\circ$		
7	Песчаник	78	20	5	7	8	9	3,5	3500
8	Аргиллит	70	25	1	3	8,5	8	3	3000
9	Песчаник	80	16	-	4	5,5	6	5,6	2000
10	Песчаник	67	22	6	6	6	5	7,2	2000
11	Аргиллит	70	15	12	3	6	6	4,5	2000
12	Песчаник	65	18	10	12	4,5	4	8	1500
13	Песчаник	63	8	28	1	5	4	11,8	1500
14	Песчаник	80	18	1	1	5	3	12,5	1500
15	Аргиллит	52	16	15	10	5	5	6	1500
16	Песчаник	82	10	-	1	4	3	11,5	1000
17	Аргиллит	64	18	8	10	4,5	4	8	1000
18	Аргиллит	39	16	-	3	5	3	9	1000
19	Аргиллит	65	15	5	5	4	4	2,5	500
20	Песчаник	75	18	-	6	3,5	2	10	500
21	Аргиллит	58	25	7	10	3	3	8,2	500

Изменение физико-механических свойств пород в зонах повышенной трещиноватости подтверждается также в пределах Пермской, Опахинской, Ижевский источник, Романихинская, а также при сравнении свойств пород в пределах и за границей Исаевской структуры. Эти выводы иллюстрируются таблицами с характеристиками пород (таблицы 3–6).

Таблица 3.

Физико-механические свойства песчаников в зонах с различным показателем интенсивности тектонической трещиноватости в пределах Пермской структуры

Влажность, %	Коэффициент пористости, д.е.	Пористость, %	Показатель выветрелости, д.е.	Объемный вес, г/см ³	Сопротивление одноосному сжатию, МПа
Зона с низким показателем интенсивности тектонической трещиноватости					
<u>0,010–0,127</u> 0,041	<u>0,115–0,342</u> 0,233	<u>10,29–25,46</u> 17,67	<u>0,08–0,19</u> 0,13	<u>2,24–2,51</u> 2,39	<u>6,5–9,6 – 8,7–9,6</u> 7,7–9,0
Зона с высоким показателем интенсивности тектонической трещиноватости					
<u>0,090–0,195</u> 0,139	<u>0,236–0,549</u> 0,409	<u>19,12–37,31</u> 27,78	<u>0,18–0,33</u> 0,26	<u>2,01–2,33</u> 2,16	<u>3,8–4,5 – 5,4–6,9</u> 4,4–5,4

ВЛИЯНИЕ ГИПЕРГЕНЕЗА НА ФОРМИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД КРАСНОЦВЕТНОЙ ТЕРРИГЕННОЙ ФОРМАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ПРИКАМЬЯ)

Таблица 4.

Результаты откачек из скважин, находящихся в зонах с различным показателем интенсивности тектонической трещиноватости в пределах Пермской структуры

№ скважины	Мощность водоносного горизонта, м	Дебит, л-сек/м³сут	Коэффициент фильтрации, м/сут	Удельный дебит, л/сек	Коэффициент пьезопроводности, м²/сут
скв-43	46,2	3,33/287,00	7,20	1,75	1,68 10
скв-58	-	-	0,08	-	-
скв-60	18,0	2,17/167,5	2,62	0,39	7,2 10
скв-72	48,3	1,56/134,8	0,30	0,04	7,2 10
скв-73	18,3	0,42/36,28	0,31	0,04	7,2 10
скв-75	-	-	28,62	-	-
скв-80	14,5	0,05/4,15	0,02	0,03	7,3 10
среднее		0,676/58,40	9,74	0,03	6,11 10

Таблица 5.

Результаты откачек из скважин, находящихся в зоне с низким показателем интенсивности тектонической трещиноватости в пределах Пермской структуры

№ скважины	Мощность водоносного горизонта, м	Дебит, л-сек/м³сут	Коэффициент фильтрации, м/сут	Удельный дебит, л/сек	Коэффициент пьезопроводности, м²/сут
скв-64	8,7	0,07/5,4	0,04	0,044	7,2 10
скв-68	2,8	0,41/36,4	0,04	0,890	3,7 10
скв-87	16,1	0,04/3,11	0,015	0,025	7,2 10
среднее	-	0,17/14,97	0,27	0,312	5,5 10

Таблица 6.

Физические свойства грунтов в районе Исаевской структуры

Природная влажность, %	Плотность грунта, г/см³	Плотность частиц грунта, г/см³	Пористость, %	Коэффициент пористости, д.е.	Наименование грунта
В пределах Исаевской структуры					
<u>8,82–39,03</u> 19,58	<u>2,00–2,95</u> 2,23	<u>2,63–2,89</u> 2,78	<u>13,92–26,18</u> 21,36	<u>0,16–0,38</u> 0,27	Аргиллит
<u>4,73–80,00</u> 27,63	<u>2,02–2,61</u> 2,21	<u>2,65–2,94</u> 2,8	<u>3,99–26,19</u> 18,02	<u>0,04–0,35</u> 0,22	Песчаник
За пределами Исаевской структуры					
<u>5,87–27,62</u> 13,55	<u>2,05–2,36</u> 2,26	<u>2,63–2,86</u> 2,76	<u>10,65–25,80</u> 17,01	<u>0,12–0,34</u> 0,21	Аргиллит
<u>8,19–18,83</u> 35,60	<u>2,00–2,34</u> 2,17	<u>2,63–2,74</u> 2,70	<u>10,54–24,44</u> 18,53	<u>0,12–0,32</u> 0,23	Песчаник

ВЫВОДЫ

Полученные результаты позволяют оценить степень влияния условий формирования пород красноцветной терригенной формации восточной окраины Русской платформы, обусловленных спецификой тектогенеза и приведшей к широкому развитию на исследуемой территории локальных тектонических структур. Следствием этих процессов стало образование тектонической трещиноватости, ставшая причиной активизации процессов гипергенеза. При этом наблюдается этапность в изменении состояния пород с момента зарождения локальных структур, когда массив начинает испытывать напряжения и это отражается на сохранности кристаллической решетки, что ведет к нарушению жестких связей и понижению прочностных характеристик. По сути, это подготовительный этап для дальнейшего разрушения пород и активизации в последующем экзогенных процессов на участках повышенной трещиноватости в массивах.

Список литературы

1. Белоусов В. В. Основы геотектоники, М.: Недра, 1975, 264 с.
2. Розанов Л. Н. Основные закономерности морфологии и причины образования тектонических структур. В сб.: «Материалы по тектонике Нижнего Поволжья». Гостоптехиздат., 1962.
3. Катаев В. Н. Теория и методология структурно-тектонического анализа в карстоведении. Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Пермь, 1999.
4. Гайнанов Ш. Х., Катаев В. В. Выявление зон трещиноватости в пределах локальных структур, сложенных терригенными красноцветными породами // Инженерная геология. 1988. № 6. С. 92–97.
5. Dittrich E. Beobachtungen über den Kluftkörper // Bergakademie. 22. 1970. № 3. P. 151–160.
6. Моношко А. М. О влиянии тектонических факторов на формирование инженерно-геологических свойств глинистых пород. Инженерная геология. 1979. № 3. С. 55–64.
7. Голодковская Г. А., Красилов Н. С., Ладугин В. М., Шаумян Л. В. Факторы, определяющие прочность скальных пород. Генетические основы инженерно-геологических исследований пород. Труды междунар. конф. Москва, 1975. с. 222–234.
8. Gainanov Sh., Reuter F. Der Einfluss der tektonischen Beanspruchung von Gestein und Gebirge auf die Entwicklung ihrer physikalisch-mechanischen Eigenschaften – ausgewählte Beispiele // Neue Bergbautechnik. 1983. № 12. С. 681–684.
9. Дробинина Е. В., Катаев В. Н., Ковалева Т. Г., Корякина А. В. Анализ локальной изменчивости физико-механических свойств покровной толщи как метод оценки карстоопасности (на примере с. Усть-Кишерть) // Вестник Пермского Университета. Геология. 2017. № 3. С. 242–255.
10. Гайнанов Ш. Х. Влияние тектонических напряжений в массивах пород на изменение их строения и свойств // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2021. №3. С. 71–78.
11. Пономарев В. В. Рентгеноструктурные методы исследований в инженерной геологии. М.: Недра, 1981. 194 с.
12. Русаков А. А. Рентгенография металла. Москва: Атомиздат, 1977. 480 с.

INFLUENCE OF HYPERGENESIS ON THE FORMATION OF ENGINEERING
AND GEOLOGICAL PROPERTIES OF ROCKS OF THE RED-COLOR
TERRIGENIC FORMATION (BY THE EXAMPLE OF PRIKAMIE)

Gaynanov Sh. H.

*Perm State University, Perm, Russia
E-mail: gaynanov@inbox.ru*

The article discusses the stages of changes in the state of rocks in the process of hypergenesis, the basic cause of which is the tectonic fracturing of local structures, typical and widespread within the red-colored formation of the Kama region. Stresses and strains arising during the formation of local structures determined the integrity of the massifs, led to a violation of the structure of the rocks and the loss of the original strength characteristics. The consequence of these processes was the emergence of tectonic fracturing, which largely determined the further course of the formation of formation rocks and engineering-geological conditions in general.

The paper uses the author's materials obtained in the study of a number of local structures of the Kama region. In the course of these works, zones of increased fracturing were previously identified within local structures. At the same time, the technique for determining these zones was used, followed by the construction of maps of the fracturing of massifs, reflected earlier in the author's works. At the same time, rock samples were taken from areas of varying degrees of fracturing to compare strength characteristics in different zones. In addition to standard methods, methods of X-ray diffraction analysis were used to assess the degree of change in the state of the crystal lattice of the main rock-forming minerals.

Extensive factual research material has shown the activation of hypergenesis processes in zones of high tectonic fracturing, which leads to a significant change in the state of rocks and is reflected in their physical and mechanical properties. At the same time, the results of the studies show the dynamics of changes in the state of rocks from the beginning of the activation of hypergenesis in case of discontinuity of the massif at the time of the development of local structures and the subsequent influence of weathering agents.

Keywords: hypergenesis, engineering-geological properties, stresses and deformations of rocks.

References

1. Belousov V. V. Osnovy geotektoniki, M.: Nedra, 1975, 264 p. (in Russian).
2. Rozanov L. N. Osnovnye zakonomernosti morfologii i prichiny obrazovaniya tektonicheskikh struktur. V sb.:» Materialy po tektonike Nizhnego Povolzh'ya». Gostoptehizdat, 1962. (in Russian).
3. Kataev V. N. Teoriya i metodologiya strukturno-tektonicheskogo analiza v karstovedenii. Dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni doktora geologo-mineralogicheskikh nauk. Perm', 1999. (in Russian).
4. Gaynanov Sh. H., Kataev V. V. Vyjavlenie zon treshhinovatosti v predelakh lokal'nykh struktur, slozhennykh terrigennymi krasnocvetnymi porodami // Inzhenernaya geologiya. 1988. № 6. P. 92–97. (in Russian).

5. Dittrich E. Beobachtungen uber den Kluftkorper // Bergakademie. 22. 1970. № 3. P. 151–160.
6. Monjushko A. M. O vlijanii tektonicheskikh faktorov na formirovanie inzhenerno-geologicheskikh svoystv glinistyh porod. Inzhenernaya geologiya. 1979. № 3. P. 55–64. (in Russian).
7. Golodkovskaja G. A., Krasilova N. S., Ladugin V. M., Shaumjan L. V. Faktory, opredeljayushhie prochnost' skal'nyh porod. Geneticheskie osnovy inzhenerno-geologicheskikh issledovaniy porod. Trudy mezhdunar. konf. Moskva, 1975. P. 222–234. (in Russian).
8. Gainanov Sh., Reuter F. Der Einfluss der tektonischen Beanspruchung von Gestein und Gebirge auf die Entwicklung ihrer physikalisch-mechanischen Eigenschaften – ausgewählte Beispiele // Neue Bergbautechnik. 1983. № 12. P. 681–684.
9. Drobinina E. V., Kataev V. N., Kovaleva T. G., Korjakina A. V. Analiz lokal'noj izmenchivosti fiziko-mechanicheskikh svoystv pokrovnoj tolshhi kak metod ocenki karstoopasnosti (na primere s. Ust'-Kishert') // Vestnik Permskogo Universiteta. Geologiya. 2017. № 3. P. 242–255. (in Russian).
10. Gajnanov Sh. H Vliyanie tektonicheskikh naprjazhenij v massivah porod na izmenenie ih stroenija i svoystv // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Gornyj zhurnal. 2021. №3. P. 71–78. (in Russian).
11. Ponomarev V. V. Rentgenostrukturnye metody issledovaniy v inzhenernoj geologii. Moskva: Nedra, 1981. 194 p. (in Russian).
12. Rusakov A. A. Rentgenografija metalla. Moskva: Atomizdat, 1977. 480 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 27.01.2022 г.

УДК 549.01+551.243

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЖИЛЬНЫХ ТЕЛ С КВАРЦЕМ ТИПА «ДИАМАНТОВ ДОНБАССА» СЕЛЕЗНЕВСКОГО УГЛЕНОСНОГО РАЙОНА (СКЛАДЧАТЫЙ ДОНБАСС)

Крисак О. С.¹, Павлов И. О.², Попов Ю. В.³

^{1,2}*Донецкий национальный технический университет, Донецк*

³*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация*

E-mail: ¹krisakoleg@gmail.com, ³popov@sfedu.ru

Гидротермальные кварцевые и кварц-кальцитовые жилы с кристаллами кварца с углеводородными включениями («диаманты Донбасса») на площади Селезневского угленосного района Складчатого Донбасса приурочены к усложняющим крылья Селезневской синклинали брахиантиклиналям третьего порядка, формирование которых происходило во взбросовом поле напряжений ларамийской фазы альпийского тектоногенеза. Жилы межпластовые, плитообразные или с друзовой текстурой; их структурно-текстурные особенности определяются деформационным характером структур и литологическим свойством вмещающих среднекаменноугольных пород.

Ключевые слова: Селезневская синклиналь, Донбасс, брахиантиклинали, надвиги, взбросо-складки, межпластовые жилы, кварц, «диаманты Донбасса», кварц-диксит-киноварное оруденение, альпийский тектоногенез.

ВВЕДЕНИЕ

Кристаллы кварца с углеводородными включениями встречаются в низкотемпературных жилах во многих орогенных структурах (Альпы, Аппалачи, Балхан, Горный Крым, Карпаты, Пиренеи и др.) [1] и описаны под местными названиями «Herkimer diamonds», «Marmarosh diamonds», «оконный кварц», «диаманты Донбасса». Области развития таких образований тяготеют к зонам глубинных разломов, являющимися региональными рудоподводящими структурами, и площадям установленной или перспективной нефте- и газоносности, что определяет актуальность установления их закономерностей структурной локализации и минералогического анализа типоморфных особенностей. В Донбассе распространение «диамантов» совпадает с участками повышенного содержания ртути в углях и развитием гидротермальной киноварь-дикситовой минерализации [2], а также обильного выделения метана в угленосные толщи. Одним из участков, где установлена гидротермальная минерализация с кварцем типа «диамантов Донбасса» является Селезневский угленосный район.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Авторами были проведены геолого-структурные и минералогические исследования в пределах 185 обнажений и 27 карьеров по добыче каменного угля и строительных материалов. Реконструкция параметров палеотектонических полей напряжений выполнялась кинематическим методом [3, 4] с использованием замеренных в полевых условиях элементов залегания тектонических трещин, штрихов на их плоскости и установленных на их стенках векторов скольжения.

Параметры полей мезорегионального уровня (для локальных объемов горного массива) восстанавливались при помощи статистической обработки на стереографических сетках.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Геологическое строение Селезневского угленосного района. В геологическом строении района принимают участие средне- и верхнекаменноугольные отложения, перекрытые маломощным чехлом четвертичных образований. В геолого-структурном отношении он принадлежит к области западного замыкания Северной или Колпаковско-Замчаловской антиклинали — одного из основных структурных элементов Складчатого Донбасса. К наиболее крупным складкам второго порядка относятся Чернухинская антиклиналь и Селезневская синклиналь, осложненные рядом дополнительных складок более высокого порядка (рис. 1).

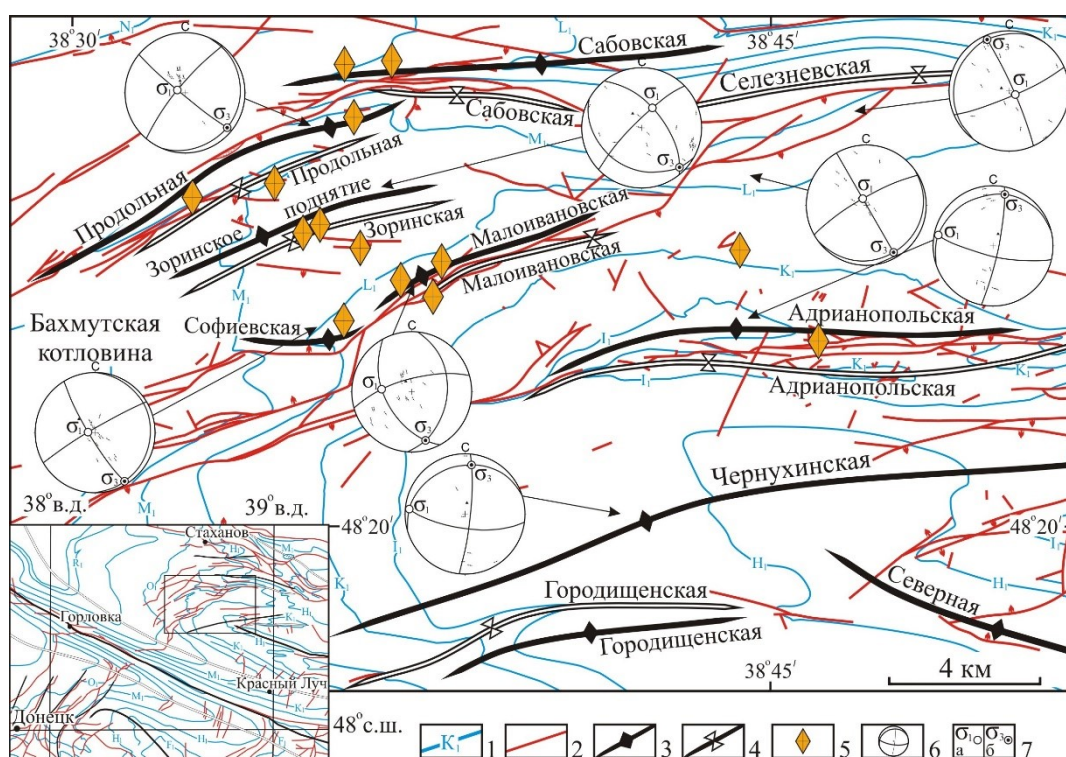


Рис. 1. Структурная карта Селезневского угленосного района: 1 — маркирующие горизонты; 2 — разрывные нарушения; 3 — ось антиклинальных складок; 4 — ось синклинальных складок; 5 — участки проявления кварца типа «диамантов Донбасса»; 6 — стереограммы реконструкций полей напряжений; 7 — оси главных напряжений на стереограммах: а — ось сжатия σ_3 , б — ось растяжения σ_1 .

Особенностью этих складок является восток-северо-восточное и северо-восточное простирание, секущие основное направление складчатости Донецкого бассейна. Подобные поперечные структуры также проявлены в Алмазно-Марьевском и Донецко-Макеевском угленосных районах. Образование таких наложенных диагональных систем складок связывается с ларамийской фазой альпийского тектоногенеза [5].

В целом, на локальном уровне ориентировка осей главных нормальных напряжений в пространстве весьма изменчива. При относительно стабильном положении оси максимального сжатия σ_3 — ось субгоризонтальная и субширотного направления — две другие оси (ось максимального растяжения σ_1 и промежуточная ось σ_2) занимают положение от субгоризонтального до вертикального. Это указывает на взбросовый тип поля напряжений в пределах основной части брахиантиклиналей третьего порядка и в восточном замыкании Селезневской синклинали. В пределах Малоивановской брахиантиклинали, приуроченной к южному крылу Селезневской синклинали, проявлен взбросо-сдвиговый тип поля, а в пределах Чернухинской антиклинали и усложняющей ее северное крыло Адрианопольской антиклинали — сдвиговый (рис. 1).

Структурная локализация жильных тел. Наибольшее количество жильных тел в пластах песчаников и известняков, содержащих кварц типа «диамантов Донбасса», наблюдается в пределах брахиантиклиналей третьего порядка, усложняющих крылья Селезневской синклинали. Реже подобные жилы в пластах известняков присутствуют в брахискладках третьего порядка центральной части синклинали. Единичные жильные тела установлены в пласте известняка на пологом северном крыле и в пласте песчаника в пределах присводовой части Адрианопольской антиклинали. Структурно-текстурные особенности этих жильных тел напрямую зависят от деформационного характера структур, а также от литологических особенностей вмещающих пород.

В пределах Малоивановской брахиантиклинали в карьере по добыче известняка К₇ (свита С₂⁵) была вскрыта апофиза Южного надвига (рис. 2). В северо-восточном борту карьера надвиг с азимутом падения 325° и углом падения 20–25°, на глубине он выполаживается и переходит в межпластовую плоскость. Надвиг разрывает известняк К₇, образуя здесь взбросо-складку. Известняк крепкий грубослоистый однопачечного строения с видимой мощностью до 4 м. В висячем крыле вблизи надвига в известняке развиты трещины межпластового скольжения, а также трещины отрыва. Во фронтальной зоне складки по кровле известняка развивается интенсивная микроскладчатость. В этой зоне развиты весьма невыдержанные по падению и простиранию межпластовые трещины. В северо-западном направлении от надвига в верхней части дислоцированного известняка встречается серия крутопадающих взбросов. За пределами развития взбросов пласт выполаживается, здесь изредка проявлены трещины межпластового скольжения.

Как в висячем, так и лежащем крыле надвига в известняке повсеместно проявлены межпластовые плитообразные жилы мощностью от 1–2 до 25 см, довольно выдержанные по простиранию и сопровождаются грубыми штрихами

скольжения; сложены молочно-белым кальцитом, в центральной части встречаются кристаллы серого кварца (рис. 2 а). Как правило, в непосредственной близости развития надвига кварц интенсивно тектонически трещиноватый и сцементирован серым кальцитом. Висячем крыле в кварце проявлены отдельные трещины, заполненные кальцитом, имеют клиновидную форму, расширяющуюся к верхней части жильных тел.

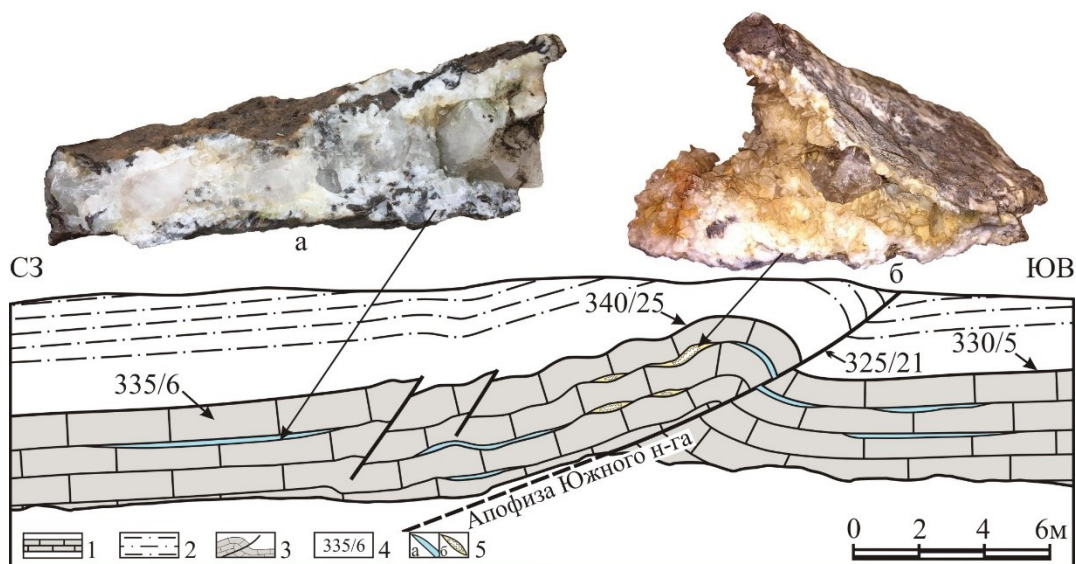


Рис. 2. Зарисовка обнажения известняка К₇ в пределах Малоивановской брахиантиклинали: а — межпластовая плитообразная жила; б — межпластовая жила с остаточной полостью. 1 — известняк; 2 — алевролит; 3 — разрывные нарушения; 4 — элементы залегания (азимут падения / угол падения); 5 — морфологические типы жил. На рисунке: а — межпластовая плитообразная жила; б — межпластовая жила с остаточной полостью.

Межпластовые жилы с кварцем типа «диамантов Донбасса» имеют локальное распространение и приурочены только к зоне интенсивной микроскладчатости во фронтальной зоне складки (рис. 2 б). Жильные тела линзообразной формы, сопровождаются остаточными полостями с мощностью раскрытия до 10—15 см. Зальбанд полостей сложен друзовым кальцитом, центральная часть выполнена хорошо образованными кристаллами и сростками дымчатого кварца и горного хрусталя с блестящими гранями (относимые к «диамантам Донбасса»).

В пределах Сабовской брахиантиклинали (северная краевая часть Селезневской синклинали) на восточном борту карьера по добыче каменного угля I₆^в (свиты С₂⁶) был вскрыт надвиг IV Никаноровский (рис. 3). Падение надвига северо-западное под углом 25—30°. На глубине надвиг выполаживается и переходит в поверхность межпластового скольжения. В борту карьера также выходит на поверхность известняк L₇, имеющий трехпачечное строение. Нижняя и верхняя пачки

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЖИЛЬНЫХ ТЕЛ С КВАРЦЕМ ТИПА «ДИАМАНТОВ ДОНБАССА» СЕЛЕЗНЕВСКОГО УГЛЕННОГО РАЙОНА (СКЛАДЧАТЫЙ ДОНБАСС)

представлены крепким грубослоистым известняком, заключенная между ними пачка относится к тонкоплитчатому глинистому известняку.

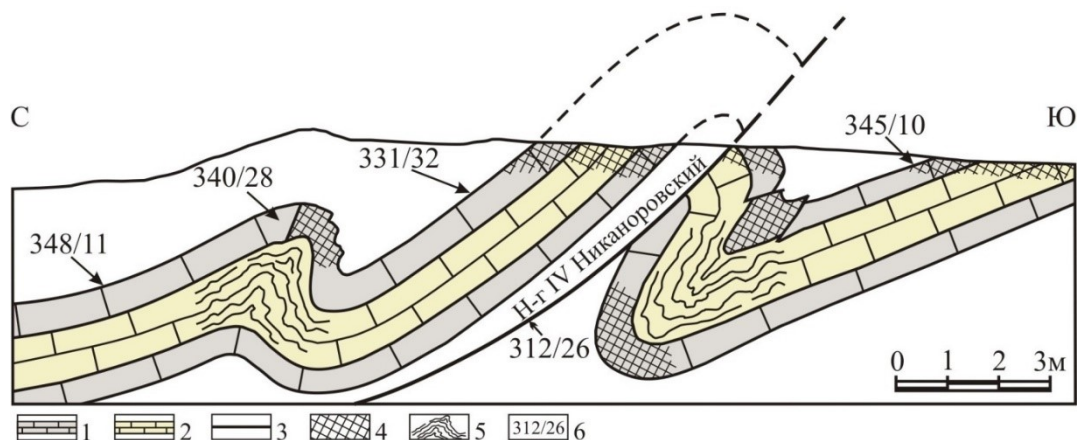


Рис. 3. Зарисовка обнажения известняка L_7 на северном крыле Сабовской брахiantiклинали: а — грубослоистый известняк; б — глинистый известняк; 3 — разрывные нарушения; 4 — зоны дробления; 5 — складки волочения; 6 — элементы залегания (азимут падения / угол падения).

По плоскости надвига известняк L_7 деформирован в так называемую взбросо-складку [6]. При этом в лежащем крыле надвига известняк образует синклиналию складку с острым замком. Северней от взбросо-складки в борту карьера наблюдается деформация известняка, которая по условиям образования относится к складкам срыва. В связи с резко отличающимися механическими свойствами пачек слоя известняка устанавливается различие в их деформационных свойствах. Неподатливые грубослоистые пачки изгибались с явлением внутрислоистого скалывания параллельного слоистости [7], при этом в шарнирных частях складок образовались трещины отрыва или зоны дробления. В пределах таких пачек широко проявлены межпластовые плитообразные жилы, подобные приуроченным к известняку K_7 на Малоивановской брахiantiклинали.

В более пластичной глинистой пачке на крыльях складок породы смялись вдоль сланцеватости без разрыва сплошности. В шарнирных частях складок происходило нагнетание материала из крыльевых участков, что сопровождалось формированием складок волочения [8]. В этих участках локализованы межпластовые жильные тела с раздувами. Они являются наиболее невыдержанными по падению и простиранию, мощность не превышает 25 см. Форма жил неправильная, линзообразная и эллипсовидная, с резкими пережимами и раздувами; нередко отмечаются остаточные полости шириной до 8 см. На зальбанде жил и полостей развит молочно-белый кальцит и флюорит, центральная часть полостей состоит из кристаллов полупрозрачного и прозрачного кальцита свободного роста, серого кальцита, а также хорошо образованных двухвершинных кристаллов дымчатого кварца и горного хрусталя типа «диамантов Донбасса».

Различные структурно-морфологические группы межпластовых жильных тел также проявлены и в пластах песчаников в пределах Сабовской, Малоивановской и Софиевской брахиантиклиналей, приуроченных к краевым частям Селезневской синклинали (рис. 4).

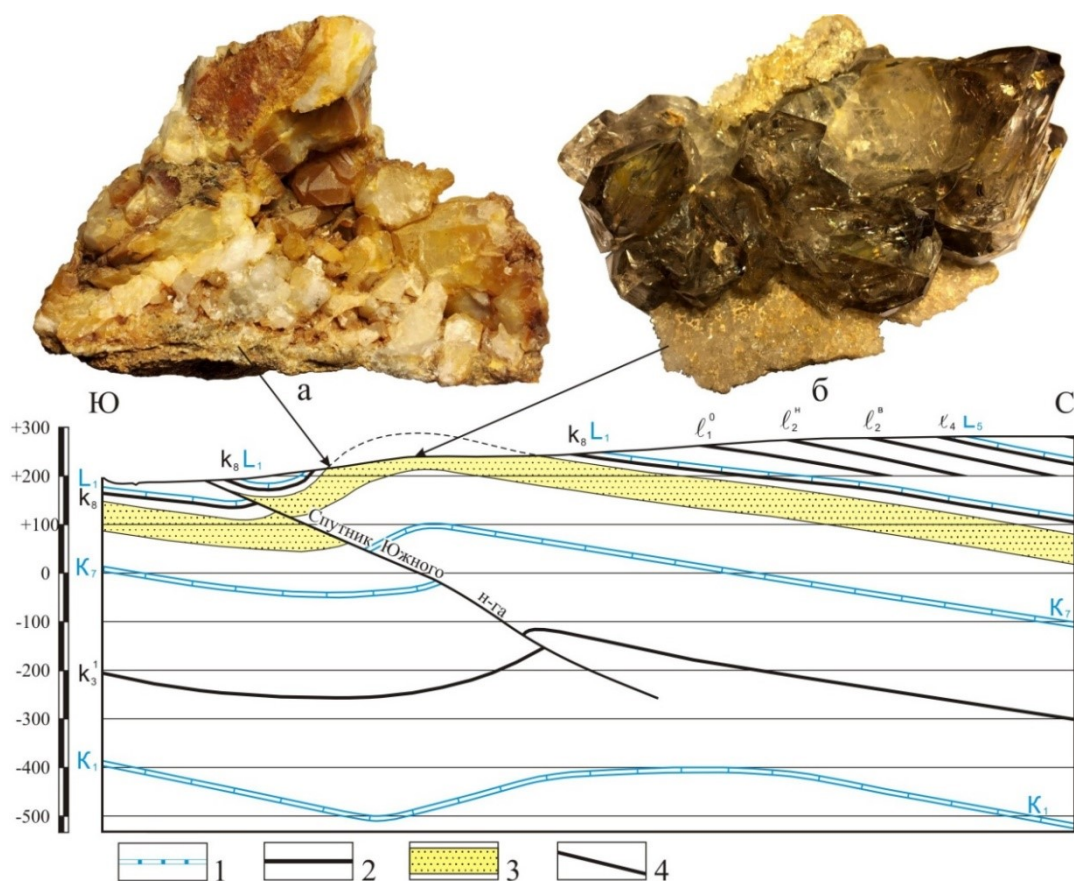


Рис. 4. Геологический разрез Софиевской брахиантиклинали: а — межпластовая плитообразная жила; б — межпластовая жила с друзовой текстурой. 1 — известняки; 2 — угли; 3 — песчаник; 4 — разрывное нарушение; На рисунке: а — межпластовая плитообразная жила с остаточной полостью; б — межпластовая жила с друзовой текстурой.

На крыльях брахиантиклиналей в грубозернистых кварцевых песчаниках часто встречаются межпластовые плитообразные жилы, которые выдержанны по простиранию, мощностью от 1–2 до 12 см (рис. 4 а). Нередко жилы сопровождаются остаточными полостями. Тела сложены жильным молочно-белым и серым кварцем, в полостях развиты двухвершинные кристаллы молочно-белого и серого кварца. Кристаллы кварца тектонически трещиноватые, трещины имеют различную ориентировку с мощностью раскрытия от 0,5 до 5 мм. Только в пределах присводовой

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЖИЛЬНЫХ ТЕЛ С КВАРЦЕМ ТИПА «ДИАМАНТОВ ДОНБАССА» СЕЛЕЗНЕВСКОГО УГЛЕННОГО РАЙОНА (СКЛАДЧАТЫЙ ДОНБАСС)

части брахиантиклиналей проявлены межпластовые тела с друзовой текстурой, относящиеся к седловидным жилам (рис. 4 б). Жильные тела довольно невыдержанные по падению, имеют резко выклинивающийся характер. Мощность раскрытия полостей жил до 25 см. Зальбанд сложен щетками горного хрусталя, в полостях развиты сростки кристаллов дымчатого кварца и горного хрусталя типа «диамантов Донбасса», ассоциирующие с диккитом, заполняющим свободное пространство полостей. Кристаллы дымчатого кварца размером свыше 2 см отличаются скелетным строением. На этих участках в протолочках жильных тел обнаружена киноварь [9].

Особая группа межпластовых жильных тел с «диамантами Донбасса» обнаружена в пределах брахискладок третьего порядка центральной части Селезневской синклинали. Здесь в глинистой пачке известняка L₇ довольно часто встречаются межпластовые жильные тела с раздувами, распространение которых субпараллельно стилолитовым текстурам субширотного простирания (разделяющими слои на расстоянии от 0,2 до 1 м). Наименьшая мощность жил (до 1 см) наблюдается вблизи стилолитов, резко увеличиваясь между ними (нередко достигает 25 см) с образованием остаточных полостей. Последовательность минералообразования в таких жилах довольно сложная: наиболее ранние генерации минералов представлены флюоритом, молочно-белым кварцем и кальцитом, более поздние — двуглавые кристаллы кварца типа «диамантов Донбасса», на самых последних стадиях происходила кристаллизация барита, прозрачного кальцита и диккита.

Подобное распространение жильных тел в Донецком бассейне также установлено в пределах Горловской антиклинали, где седловидные рудные залежи распространены в сводовой части структуры и контролируются сложным искривлением пластов песчаников, происходившем в процессе развития наложенных куполообразных складок [10].

ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований установлено, что «диаманты Донбасса» связаны преимущественно с межпластовыми жилами в песчаниках и известняках и приурочены к брахискладкам третьего порядка Селезневской синклинали, сформированными во взбросовом поле напряжений ларамийской фазы альпийского тектоногенеза. Трещины в этих структурах контролировали пути циркуляции низкотемпературных гидротермальных растворов метаново-углекислотно-водного состава, с которыми связана кристаллизация «диамантов» в ассоциации с диккитом и киноварью. Нужно отметить, что кварц-диккит-киноварный тип оруденения (с присутствием двухвершинных кристаллов «диамантов») типичен для Никитовского рудного поля, Докучаевского, Амвросиевского и др. ртутных рудопроявлений [2, 11] вследствие чего присводовые части брахиантиклиналей краевых частей Селезневской синклинали следует рассматривать как перспективные участки для выявления минерализации подобного типа.

Список литературы

1. Levresse G., Tritlla J., Rosique A. R., Cardellach E., Rollion-Bard C., Pironon J., Sandoval S.J. Hydrocarbons in silica: PVTX properties of fluids and the genesis of diamond quartz from Caravia-Berbes Fluorite district (Asturias, Spain) // (2019) *Marine and Petroleum Geology*, 102, pp. 1–15. DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2018.11.039
2. Зацixa Б. В. Кристаллогенезис и типоморфные особенности минералов ртутного и флюоритового оруденений Украины. Киев: Наукова думка, 1989. 192 с.
3. Гущенко О. И. Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции тектонических полей напряжений. Поля напряжений и деформаций в литосфере. М.: Наука, 1979. С. 7–25.
4. Ребецкий Ю. Л. Тектонические напряжения и прочность горных массивов. М.: Академкнига, 2007. 406 с.
5. Попов В. С. Тектоника Донбасса / Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. М.: Госгеолтехиздат, 1963, Ч. 1. С. 103–152.
6. Гайдук В. В. Прокопьев А. В. Методы изучения складчато-надвиговых поясов. Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. 159 с.
7. Шахов Ф. Н. Геология жильных месторождений. М.: Наука, 1964. 221 с.
8. Крайтер В. М. Структуры рудных полей и месторождений. М.: Госгеолтехиздат, 1956. 271 с.
9. Крисак О. С. Ассоциация киновари с диккитом и кварцем типа «диамантов Донбасса» в Селезневской синклинали Донбасса (по результатам шлихового опробования) // Практика геологов на производстве. Сборник трудов V Всероссийской студенческой научно-практической конференции. 2020. С. 9–11.
10. Корчемагин В. А. Трещинная тектоника, механизм и история развития структуры Никитовского рудного поля: Дис. ... канд. геол.-мин. Наук: 04.133 / В. А. Корчемагин; ДонНТУ. Донецк, 1970. 150 с.
11. Багатаев Р. М., Роговой В. М. Геологическое изучение и освоение Никитовских ртутных месторождений Донбасса (Украина). М.: Научный мир, 2011. 182 с.

FEATURES OF THE STRUCTURAL LOCALIZATION OF VEIN BODIES
WITH QUARTZ OF THE "DONBASS DIAMOND" TYPE IN THE SELEZNEVSK
COAL-MINING REGION (FOLDED DONBASS)

Krisak O. S.¹, Pavlov I. O.², Popov Yu. V.³

^{1,2}Donetsk National Technical University, Donetsk

³Institute of Earth Sciences, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

E-mail: ¹krisakoleg@gmail.com, ³popov@sfned.ru

There are hydrothermal quartz and quartz-calcite veins with quartz crystals containing hydrocarbon inclusions ("Donbass diamonds") in strata of sandstone and limestone in the Seleznevsk coal-mining region (Folded Donbass). Structurally, the largest number of these veins is confined to third-order brachyanticlines in the marginal parts of the Seleznevskaya syncline. A feature of the brachyanticlinals is the east-north-east and north-east strike, which cut the main direction of the folding of the Donetsk basin.

Based on the conducted tectonophysical studies, it was established that these structures were formed in the upthrust stress field of the Laramian phase of Alpine tectonogenesis. Structural and textural features of veins with "Donbass diamonds" depend on the deformation nature of the structures, as well as on the lithological features of the host rocks. The veins in strong coarse-layered limestones have a local spread and are confined to the zone of intense micro-folding in the near-arch part of the brachianticlines only. The veins

belong to interstratal slip cracks. They have lenticular shape with residual cavities in the central part. The outer part of the veins consists of calcite druses, the central part includes crystals and fragments of smoky quartz and rock crystal with shiny facets (the so-called "Donbass diamonds").

Stronger plastic deformations are manifested in plastic clayey limestones in the hinge parts of the brachyanticlines. There were dragging folds formed there. Interstratal vein bodies with cavities are localized there. The shape of the veins is irregular, lenticular and elliptical. Residual cavities are often found in the veins. The surface of the veins is composed of milky-white calcite and fluorite.

Crystals of gray calcite and quartz, as well as double terminated crystals of smoky quartz and rock crystal of the "Donbass diamonds" type are observed in the cavities of the veins. Similar veins in the third-order brachyclines of the Seleznevsk syncline are controlled by steeply dipping stylolites.

In coarsely layered sandstones, the veins are confined only to the near-arch part of the brachyanticlines. The veins of the interstratal slip have a druze texture, which can be referred to as saddle-shaped. The surface of the veins is composed of small crystals of rock crystal. There are crystals of smoky quartz and rock crystal of the "Donbass diamonds" type in the cavities. The space of the cavities is filled with dickite. Cinnabar was found in the destroyed part of these veins.

It is concluded that the cracks in these structures controlled the circulation paths of low-temperature hydrothermal solutions of the methane-carbon dioxide-water composition, which are associated with the crystallization of "diamonds" in association with dickite and cinnabar. Quartz-dickite-cinnabar type of mineralization with "Donbass diamonds" is typical for many mercury ore occurrences in the Donetsk basin. Thus, brachyanticlines in the marginal parts of the Seleznevskaya syncline should be considered as promising places for revealing mineralization of this type.

Keywords: Seleznevsk syncline, Donbass, brachyanticline, thrust faults, upthrust-folds, interstratal veins, quartz, "Donbass diamond", quartz-dickite-cinnabar mineralization, Alpine tectonogenesis.

References

1. Levresse G., Tritlla J., Rosique A. R., Cardellach E., Rollion-Bard C., Pironon J., Sandoval S. J. Hydrocarbons in silica: PVTX properties of fluids and the genesis of diamond quartz from Caravia-Berbes Fluorite district (Asturias, Spain) // (2019) Marine and Petroleum Geology, 102, pp. 1–15. DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2018.11.039
2. Zatsiha B. V. Kristallogenezis i tipomorfnye osobennosti mineralov rtutnogo i flyuoritovogo orudneniy Ukrainy (Crystallogenesi and typomorphic features of mercury and fluorite mineralization minerals in Ukraine). Kiev, Naukova Dumka (Publ.), 1989, 192 p. (in Russian).
3. Gushchenko O. I. Metod kinematicheskogo analiza struktur razrusheniya pri rekonstruktsii tektonicheskikh poley napryazheniy. Polya napryazheniy i deformatsiy v litosfere (Method of kinematic analysis of fracture structures during reconstruction of tectonic stress fields. Stress and strain fields in the lithosphere). Moscow: Nauka (Publ.), 1979. P. 7–25. (in Russian).
4. Rebetskiy Yu. L. Tektonicheskiye napryazheniya i prochnost' gornykh massivov (Tectonic stresses and strength of mountain ranges). Moscow, Akademkniga (Publ.), 2007, 406 p. (in Russian).
5. Popov V. S. Tektonika Donbassa. / Geologiya mestorozhdeniy uglya i goryuchikh slantsev SSSR (Tectonics of Donbas. In the book: Geology of coal and oil shale deposits in the USSR). Moscow, Gosgeoltekhizdat (Publ.), Part I., 1963. P. 103–152. (in Russian).

6. Gaiduk V. V., Prokopyev A. V. Metody izucheniya skladchato-nadvigovykh poyasov (Methods for studying fold-thrust belts). Novosibirsk, Nauka Sibirskoye predpriyatiye RAN (Publ.), 1999, 159 p. (in Russian).
7. Shakhov F. N. Geologiya zhil'nykh mestorozhdeniy (Geology of vein deposits). Moscow: Nauka (Publ.), 1964. 221 p. (in Russian).
8. Crater V. M. Struktury rudnykh poley i mestorozhdeniy (Structures of ore fields and deposits). Moscow, Gosgeoltekhizdat (Publ.), 1956. 271 p. (in Russian).
9. Krisak O. S. Association of cinnabar with dikkite and quartz of the "Donbas diamonds" type in the Seleznevsk syncline of Donbas (based on the results of schlich sampling) [Practice of geologists in production]. Proceedings of the V All-Russian Student Scientific and Practical Conference. Rostov-on-Don, 2020. P. 9–11. (in Russian).
10. Korchemagin V. A. Treshchinnaya tektonika, mekhanizm i istoriya razvitiya struktury Nikitovskogo rudnogo polya (Fracture tectonics, mechanism and history of the development of the structure of the Nikitovsky ore field): The dissertation to Geol.-min. Science: 04.133. Donetsk, 1970. 150 p. (in Russian).
11. Bagataev R. M., Rogovoy V. M. Geologicheskoye izucheniye i osvoyeniye Nikitovskikh rtutnykh mestorozhdeniy Donbassa (Ukraine). (Geological survey and development of Nikitovsk mercury deposits in Donbass (Ukraine)). Moscow, Nauchnyi mir (Publ.), 2011. 182 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 30.09.2021 г.

УДК 552.981.551.782(477.75)

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ «КАРБОНАТОВ ПРОСАЧИВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ» ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ГЕРАКЛИТОВ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)

Лысенко В. И.

*Филиал Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова в городе
Севастополе, Севастополь, Российская Федерация
E-mail: niagara_sev@mail.ru*

Установлены палеогеографические условия образования гераклитов и доказано их генетического родство с современными и древними карбонатами углеводородного просачивания. Их формирование происходило на дне палеоокеана Паратетис в местах соприкосновения и взаимодействия литосферы, гидросферы, атмосферы (пузырьки флюидов) и биосферы. Непременными условиями образования гераклитов являются наличие консорциума прокариот и архей по производству органического вещества и карбоната и поступления углеводородных флюидов из недр, которые контролировались неотектоникой поднятия Горного Крыма. Гераклиты относятся к микробиолитам, образованных за счет переработки метана. Поэтому их можно называть метанолитами миоцена.

Ключевые слова: гераклиты, древние карбонаты просачивания углеводородов, метан, палеофлюиды, метан, прокариоты, археи, морфология, геохимия, изотопный состав.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня существует большой объем научных публикаций по результатам исследования бактериальных карбонатных образований в зонах поступления метана на дне морей и океанов, которые имеют много общего с гераклитами. Они впервые были обнаружены исследователями в северо-восточной части Тихого океана около выходов углеводородных газовых струй [1]. Позже подобные карбонатные образования были найдены во многих морях и во всех океанах [2, 3], а также на дне пресноводного озера Байкал [4]. В англоязычных литературных источниках чаще всего используется название карбонаты просачивания, а в русской – аутигенные карбонатные постройки (образования) [2, 5, 6]. Несколько позже, в иностранной литературе появились описания подобных форм в породах мезозоя и кайнозоя, которые получили название древних «карбонатов просачивания углеводородов» [7, 8]. По большинству признакам к ним можно отнести карбонатные образования миоцена под названием гераклиты, которые встречаются в Юго-Западной части Крыма [9]. Несмотря на значительное количество работ по тематике древних «карбонатов просачивания углеводородов», остается много не решённых вопросов палеогеографических условий их образования.

Целью данной обзорной статьи является палеогеографический анализ условий образования гераклитов по результатам многолетнего изучения их геологии, геохимии, минералогии, флюидного и изотопного состава.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Гераклиты изучались в обнажениях береговых обрывов на Гераклейском, Керченском и Тарханкутском полуостровах, на побережье Болгарии вблизи Варны, в кернах скважин Степного Крыма и Гераклейского полуострова [9, 10, 11]. На Гераклейском полуострове они встречаются в обнажениях береговых обрывов общей протяженностью около 40 км. В карбонатно-терригенной толще миоцена наблюдается от одного до пятнадцати прослоев с гераклитами. При проведении исследований большое внимание уделялось расположению их в пространстве, размерам, цветовой окраске, внешней морфологии, литологическим особенностям вмещающих пород и отбору фауны. Гераклиты содержатся в породах чокракского, караганского и сарматского ярусов. Автором была собрана значительная их коллекция. Этот материал использовался для выполнения химических и геохимических анализов, для определения в них нефтепродуктов, состава флюидов, минералогии микропримесей, изотопного состава углерода и кислорода [11, 12].

Структурные и текстурные особенности гераклитов исследовались с помощью микроскопа Olympus BX 5 с фотокамерой Olympus DP 12 в Институте минералогии УрО РАН г. Миасс. Работы по определению состава и содержанию газов в гераклитах выполнялись на масс-спектрометре MCX-3A совместимого с газовым хроматографом YL6500 в лаборатории глубинных флюидов ИГГИ НАН Украины (г. Львов). Петрохимические анализы были выполнены в лаборатории Института Минеральных Ресурсов г. Симферополя аналитиком В. В. Ларкиной. Анализы на содержание 50 геохимических элементов выполнялись по стандартной методике в лабораториях ИГГ УрО РАН г. Екатеринбурга и Институте Минералогии УрО РАН г. Миасс на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой (ICPELAN – 9000 фирмы PerkinElmer). Изучение изотопного состава углерода и кислорода проводилось в Институте минералогии УрО РАН г. Миасс. Для определения использовался масс-спектрометрический метод измерения изотопных отношений (IRMS) на приборе Deltaplus Advantage. Масс-спектрометр сопряжён с элементным анализатором EA Flash1112 и высокотемпературным конвектором TC/EA.

Часть результатов исследования были опубликованы в более ранних работах автора [10, 11]. В данной статье приводятся расширенные результаты, которые являются подтверждением палеогеографических условий образования гераклитов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для выяснения палеогеографических условий образования гераклитов, приводится краткая характеристика результатов их изучения за двадцатилетний период [9, 10, 11, 12].

Гераклиты встречаются в хемогенных и органогенных известняках, а реже глинистых песчаниках, мергелях, травертинах. Породы с ними имеют «псевдостратиграфическое» залегание в терригенной толще в виде прерывистых лент (рис. 1а). Протяжённость слоев пород с гераклитами составляет не более 100 м. Латеральное окончание таких толщ не сопровождается литофациальными изменениями, а фиксируется по исчезновению гераклитов. Ленточные прослои пород

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ «КАРБОНАТОВ
ПРОСАЧИВАНИЯ УГЛЕВОДОДОВ» ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ
ГЕРАКЛИТОВ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)

с ними имеют довольно резкие нижние границы, и нечёткие верхние (рис. 1б). Главной особенностью в строении линз с гераклитами является беспорядочное расположение «обломочного» материала в общей массе без признаков гравитационной сортировки и структурной упорядоченности (рис. 1в). Эта смесь напоминает «бетонную массу», выполненную щебнем и гравием гераклитов, а также дигенетического известняка [9]. В смеси встречаются в значительном количестве песчинки и точечные микро выделения гераклитов (рис. 1г). «Брекчиевидное» строение толщ с гераклитами без гравитационной сортировки имеет много общего с внешним видом описания пород древних «карбонатов просачивания» [2, 7, 9].

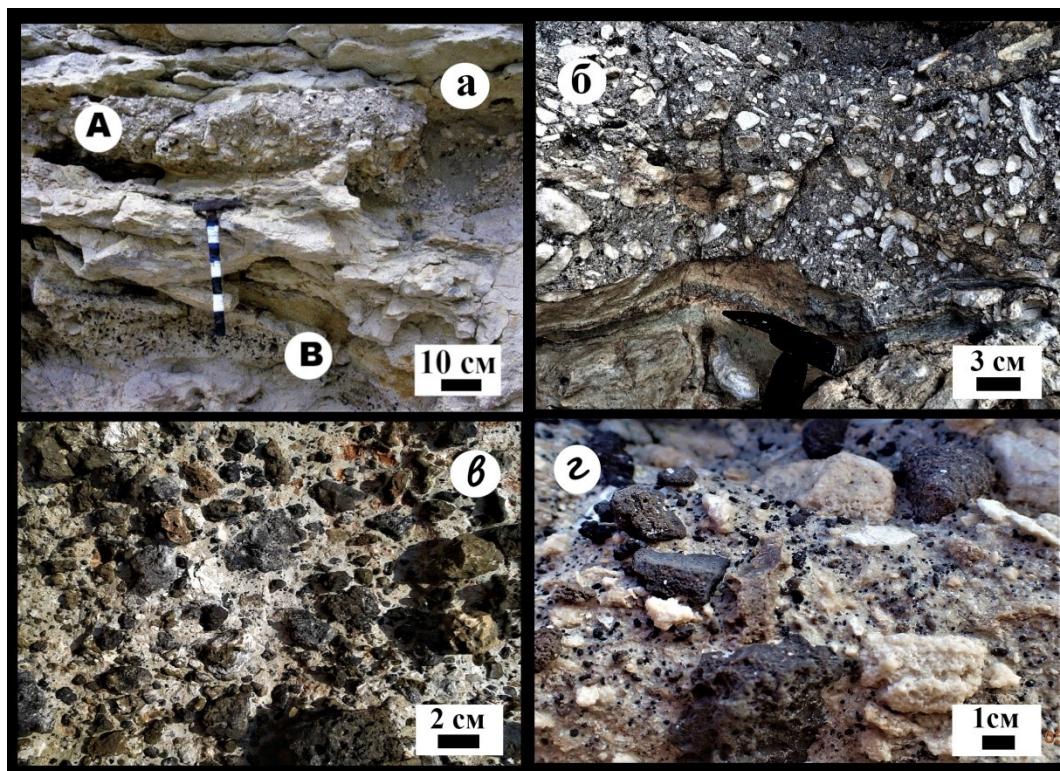


Рис. 1. Расположение гераклитов в геологическом разрезе: 1а — псевдостратиграфическое залегание линзовидных прослоев с гераклитами (А и В) в карбонатной толще верхнего сармата; 2б — резкий нижний контакт вмещающих пород с брекчиевидной толщей с гераклитами, в которой отсутствуют следы гравитационной сортировки; 1в — текстура бетонной смеси, расположения гераклитов в карбонатной толще; 1г — песчанистый и крупнообломочный материал шлаковидных гераклитов.

Горизонты пород с гераклитами приурочены к узким зонам, примыкающим к разломам Гераклейского полуострова [9, 11]. На высокую сейсмическую активность этих зон в миоцене указывают находки в обнажениях береговых обрывов палеосейсмогенных дислокаций или сейсмиков, которые представлены зонами

межпластового дробления (рис. 2а) и смятия пород (рис. 2б), системой взбросов (рис. 2в) и наличием нептонических даек (рис. 2г).

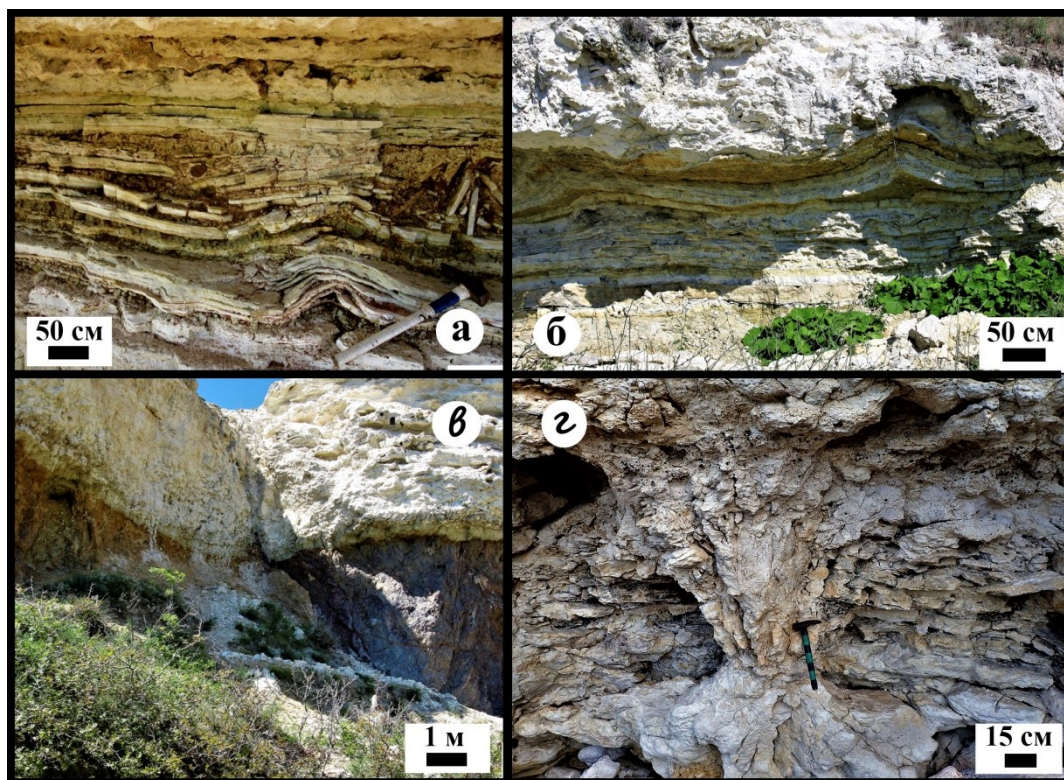


Рис. 2. Следы палеосейсмических процессов в миоцене: 2а — зона межпластового дробления в породах среднего сармата; 2б — межпластовое смятие пород верхнего сармата; 2в — взбросо-сдвиг малой амплитуды в породах среднего миоцена; 2г — нептоническая дайка в породах верхнего сармата.

Гераклиты образованы сообществами микроорганизмов [11]. Из-за обилия разнообразных форм выделения карбоната живыми организмами, наша классификация их материала достаточно условная и носит формальный литологический характер [11]. По размерам гераклиты можно разделить на крупнообломочный и песчанистый материал (рис. 1г). В материале щебня и дресвы можно выделить четыре разновидности гераклитов: шлаковидные (рис. 3а), полосчатые (рис. 3б), угловатые (рис. 3в) и плиты цементации (рис. 3г). Песчанистому материалу автор дал название микрометанолитами (рис. 4а, 4б). Эти чёрные точки при увеличении не отличаются по внешнему виду от шлаковидных гераклитов и представлены сростками микросферолитов [12].

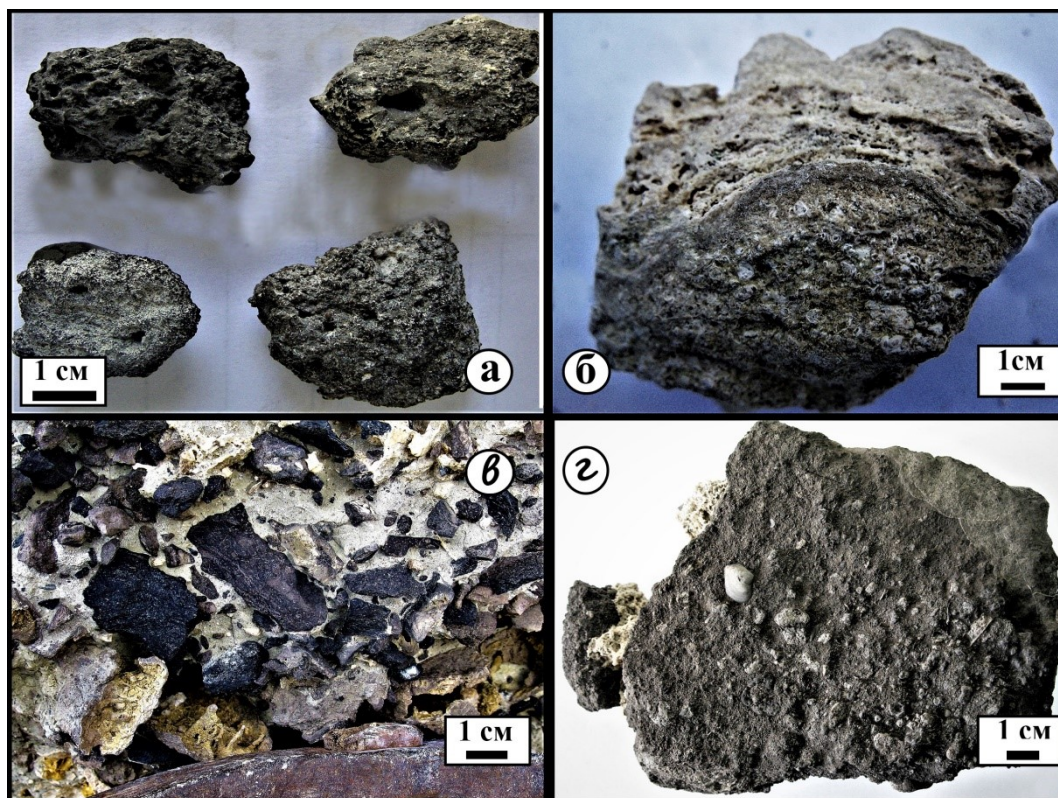


Рис. 3. Разновидности гераклитов: 3а — шлаковидные гераклиты; 3б — полосчатые гераклиты; 3в — угловатые гераклиты; 3г — гераклиты плит цементации с ракушками моллюсков и терригенным материалом.

Несмотря различия во внешнем виде, у гераклитов имеются общие характерные черты, которые присущи современным и древним карбонатам просачивания [2, 8, 15]. Они состоят из кальцита (91,8–96,3%), доломита (2,4–6,4%), кварца (1,5–3,6%) и других плохо определяемых примесей (0,8–1,4%) [10], а также характеризуются повышенными содержания биофильных элементов СаО (31,1–51,5%), MgO (3,4–18,4%), Fe₂O₃ (0,78–3,85 %), FeO (0,3–1,15%), P₂O₅ (0,08–0,14%), SO₂ (0,01–0,19%), K₂O (0,09–0,05%) (табл. 1). По содержанию основных химических элементов и минералов гераклиты не отличаются от современных аутигнных построек Черного моря [5, 15]. Необходимо отметить, что концентрации фосфора в гераклитах на порядок выше, чем в вмещающих породах. Соотношение Са к Mg от 2,1 до 17,8 являются подтверждением участия в строениях гераклитов магнезиального кальцита, а содержания Fe, Ba и Sr доказывают, что в гераклитах присутствуют в незначительном количестве карбонаты, сульфаты (рис. 4в) и сульфиды этих элементов (рис. 4 г).

Таблица 1.
Данные сравнительного химического состава гераклитов и современных карбонатных образований Черного моря (в %).

	Гераклиты — обломочный материал бактериальных карбонатных построек миоцена								Сферолитовый карбонат современных построек [15]	Доломит [15]		
	Л 61/1	Л 63/2	Л 67	Л 69	[14]	[13]			ст 7	ст 17	шельф глуб. 200 м	темно серый
	2	3	4	5	6	1а	2а	3а	10	11	12	13
S ₁ O ₂	5,1	2,41	3,14	2,63	2,24	8,2	4,8	3,05	0,25	3,07	2,61	3,11
T ₁ O ₂	0,01	0,02	0,01	0,01	0,04	0,01	0,02	0,01	0,00	0,03	0,02	0,03
Al ₂ O ₃	0,98	0,94	0,87	0,61	0,44	2,5	1,3	0,3	0,06	0,84	3,77	0,87
Fe ₂ O ₃	1,1	1,4	0,9	0,8	0,78	3,85	1,14	1,04	0,01	0,05	0,21	0,00
FeO	0,6	0,3	0,5	0,7	н	1,15	1,10	0,73	0,01	0,37	0,12	0,54
MnO	0,06	0,01	0,04	0,01	0,016	0,06	0,01	н	0,06	0,04	0,05	0,10
MgO	3,56	4,61	3,43	5,6	0,47	5,43	18,4	6,81	3,38	4,08	3,43	16,92
CaO	43,48	47,5	47,96	45,6	51,53	38,80	31,1	45,42	49,92	44,93	44,68	32,28
Na ₂ O	0,21	0,25	0,28	0,31	0,57	0,31	0,12	0,21	0,25	0,52	0,41	0,24

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ «КАРБОНАТОВ ПРОСАЧИВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ»
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ГЕРАКЛИТОВ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)

Продолжение таблицы 1.

K ₂ O	0,09	0,13	0,10	0,18	0,02	0,5	0,10	0,11	0,01	0,17	0,11	0,17
P ₂ O ₅	0,12	0,09	0,14	0,08	0,11	0,085	0,08	0,081	0,09	0,09	0,12	0,09
S	-	-	0,01	0,02	0,14	0,19	-	-	0,08	0,19	0,11	0,10
H ₂ O	0,36	0,28	0,34	0,24	н	0,26	0,36	0,24	0,22	0,40	0,36	0,22
П.п.п.	44,5	41,7 3	42,1	43,1	42,7	38,7	41,1	41,6	44,9	43,7	43,2	44,6
Сум-ма	100,2	99,6	99,8	99,7	99,1	99,7	99,5	99,6	100,4	99,3	99,4	99,5
$\frac{Fe + Mn}{Ti}$	213	101	175	185	143	205	138	215	78	97	23	85
$\frac{Al}{Al + Fe + Mn}$	0,29	0,28	0,31	0,22	0,29	0,28	0,29	0,11	0,34	0,36	0,88	0,32
Атом- ное Ca/Mg	12,1	17,1	16,9	10,1	20,2	7,5	8,5	2,2	8,1	17,8	15,7	2,3

Примечание: Пробы гераклитов — Л-61/1(парк Победы); Л-63/2 (Голубая бухта); Л-67 (мыс. Казантип); Л-69 (мыс Херсонес); н — анализы на этот элемент не выполнялись. Анализы выполнены в лаборатории Украинского Института Минеральных Ресурсов г. Симферополя. Аналитик — ведущий инженер В. В. Ларкина. Анализы из литературных источников: № 7,8,9. — [13]; № 6 — [14]; № 10, 11, 12, 13 — [15].

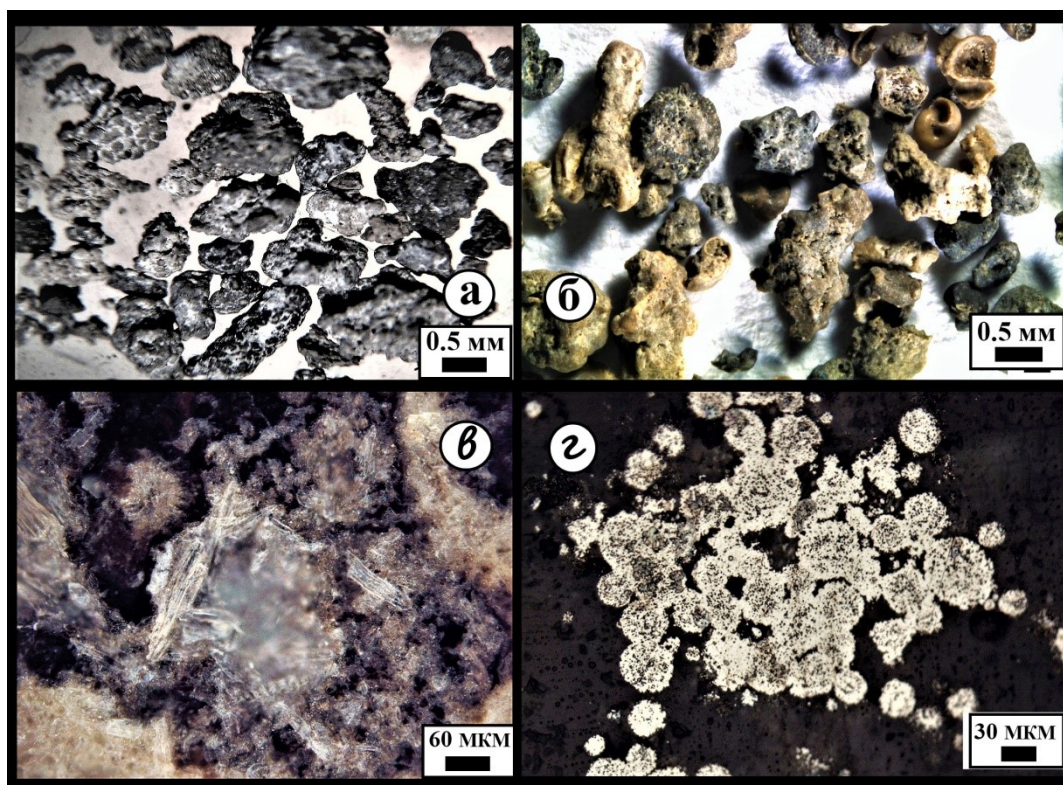


Рис. 4. Песчанистый материал гераклитов и их минералогия: 4а — микрометанолиты представлены сростками микро сферолитов; 4б — микрометанолиты представлены сростками микро сферолитов, которые обрастают детритовый материал; 4в — удлиненные сростки кристаллов барита; 4г — фрамбоиды пирита. Рисунок 4в представлен в проходящем свете, а 4г — в отраженном.

Карбонатный материал в гераклитах представлен четырьмя генерациями, что обычно для современных и древних карбонатов углеводородного просачивания [2, 8, 15]. Для них характерны микритовые и спаритовые структуры с обилием сферолитов (рис. 5а), микротрубчатых бактериальных образований (рис. 5б, 5в) и биогенного материала (рис. 3г, 5а) [15]. При просмотре на электронном микроскопе в микритовых выделениях наблюдаются агрегаты округлой, хлопьеобразной, нитевидной, волокнистой, игольчатой, гантелеобразной, веретёнообразной и микротрубчатых форм [5, 16], напоминающие фоссилизации бактерий [17]. Спаритовые структуры представлены прожилками и сростками кристаллов полупрозрачного кальцита. В их друзовых полостях отмечаются выделения черного керита (рис. 5г).

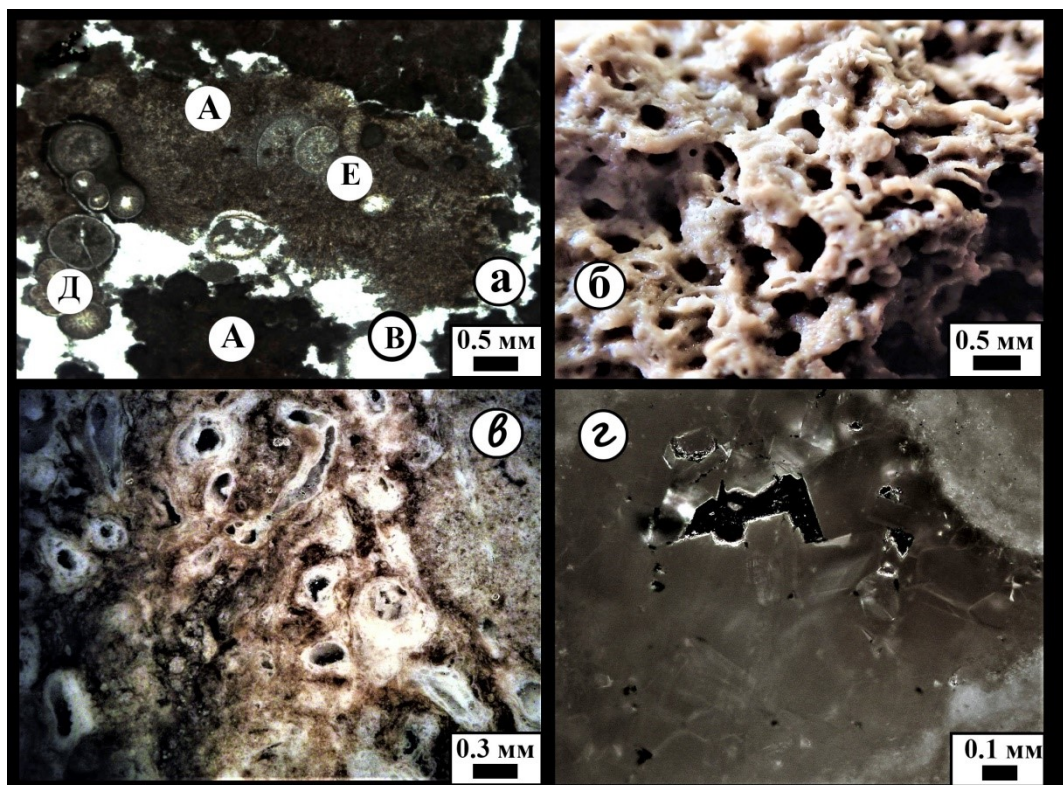


Рис. 5. Строение гераклитов: 5а — четыре генерации карбоната, представленные микритовыми (А) и спаритовыми (В) структурами с сферолитами (Д) и ракушек (Е); 5б — микротрубчатые бактериальные образования; 5в — агрегаты переплетения микротрубчатых строений; 5г — в друзовых полостях кальцита выделения черного керита. Рисунки 5а, 5б и 5г представлены в проходящем свете.

Биогенный карбонат в гераклитах представлен скоплением трубок серпул, раковинами и детритом остракод, гастропод, моллюсков и фораминифер [9], а поверхность раковин покрыта чёрным углеродистым веществом. В гераклитах встречаются сростки удлинённых кристаллов барита (рис. 4в) и сферолитов фрамбоидального пирита (рис. 4г) [10]. Такая похожая минерализация приводится в описаниях современных и древних «карбонатов просачивания» [2, 8, 18]. Обнаружены в гераклитах выделения самородного никеля, железа и меди, цинка, висмута, серебра, олова, марганца, алюминия, вольфрама и платины, а также интерметаллидов меди и цинка (природная латунь), титана и железа, железа и хрома, цинка и алюминия, никеля и хрома, цинка и железа, никеля и меди (рис. 5) [10, 16]. Данные минералогии подтверждаются результатами геохимических анализов ICP-MS. Для гераклитов характерны высокие концентрации Sr, Ba, Co, Ni, Bi, Ce, Nd и Yb и низкие содержания транзитных Ti, V, Mn и Cr [12].

Изотопный состав углерода в карбонатах гераклитов изменяется от -8,4‰ до +2,4‰ [11]. Подобные данные приводятся при описании древних и современных карбонатов просачивания [18, 19, 20]. В биогенном углеродистом веществе $\delta^{13}\text{C}$ характеризуется значениями от -16,5‰ до -26,7‰. Биогенная изотопная разность углерода в карбонатах и органическом веществе гераклитов составляет от -18,9 до -19,3‰ [11]. Облегчённым изотопным составом углерода характеризуются вмещающие известняки (-6,56‰) и створки раковин (-10,0‰) из гераклитов [11]. Это подтверждение их связи с процессами бактериального хемосинтеза метана.

Наличие нефтепродуктов в гераклитах является одним из критериев отличия их от пород вмещающей толщи [9]. Их присутствие отмечается в современных и древних «карбонатах просачивания» [15, 19, 20]. Углеводороды состоят из лёгкой нефти, высокомолекулярных смол и органического вещества (биомаркеров) [10]. Отсутствие следов окисления нефти свидетельствует о мгновенных процессах литификации осадков в восстановительной среде.

Одной из особенностей гераклитов является высокая макро- и микропористость, которая заполнена палеофлюидами. В их состав всегда входят метан и углекислый газ, а в отдельных образцах обнаружен этан, пропан, азот и сероводород (табл. 2). Состав палеофлюидов из гераклитов не отличается от современных зон струйного выделения и грязевых вулканов, что является подтверждением их генетического родства [21]. Возможно, количественный состав газов в палеофлюидах за значительный промежуток времени изменился, но не поменялись его компоненты.

По результатам геологических исследований Гераклейского полуострова установлено, что образование прослоев пород с гераклитами происходило в шельфовой зоне восточной части океана Паратетис. В это время территория данного региона находилась на стыке Горного Крыма и Скифской плиты в узле пересечения Предгорного и Криворожско-Евпаторийско-Скадовского глубинных разломов [11, 22]. В среднем и позднем миоцене произошла активизация неотектонических поднятий Горного Крыма [23], что привело к более интенсивному поступлению палеофлюидов из недр. Именно к таким узким зонам тектонических нарушений, которые контролировали углеводородную дегазацию, приурочены линзовидные прослои с гераклитами. Роль тектоники на поступление метана из недр отмечают многие исследователи, которые изучали «карбонаты просачивания» в Альпах, Средиземноморье, Северной Америке, Африке и Японии [8, 19, 24, 25].

Формирование пород с гераклитами охватывает временной интервал около восьми миллионов лет с чокракского века по сарматский включительно. Особенно интенсивно эти процессы происходили в позднем сармате. В породах этого горизонта отмечается до десяти прослоев с гераклитами, а в чокракском, караганском и среднесарматском — по два или три. Следует предположить, что такие прослои являются временными маркерами тектонической активности региона.

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ «КАРБОНАТОВ ПРОСАЧИВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ»
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ГЕРАКЛИТОВ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)

Таблица 2.

Состав газов в флюидах гераклитов по данным масс-спектрометрического химического анализа

Номер образца	Место отбора	Название породы, минерала	Компоненты: объемная доля, % весовые концентрации, г/т пробы						Отно- сите- льная Газо- насы- щен- ность ΔP , Па	Суммарная весовая концентрац ия г/т пробы
			CO ₂	N ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	H ₂ S		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЛВ-990	Пляж Херсонес	Коричневые шлаковидные	<u>4,5</u> 7,4	<u>1,0</u> 1,7	<u>94,3</u> 155,4	<u>0,09</u> 0,14		<u>0,06</u> 0,09	1,9	164,7
Л-К	Херсонес	Чёрно- коричневый шлаковидный	<u>0,62</u> 0,01	-	<u>99,2</u> 111,3	<u>0,2</u> 0,01	-	-	1,5	111,3
Л-987/А	Мыс Хрустальный	Чёрный шлаковидный	<u>2,83</u> 0,13	-	<u>96,4</u> 52,0	-	-	<u>0,77</u> 0,05	0,5	52,1
ЛВ-988/А	Мыс Хрустальный	коричневый шлаковидный	<u>6,2</u> 8,5	<u>2,6</u> 3,5	<u>89,9</u> 123,1	<u>0,8</u> 1,1	<u>0,04</u> 0,06	<u>0,5</u> 0,7	1,5	136,9

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Л-987/Б	Мыс Хрустальный	коричнево-черный шлаковидный	<u>1,2</u> 0,1	-	<u>94,3</u> 211,8	<u>3,9</u> 0,7	<u>0,54</u> 0,1	-	2,1	216,4
ЛВ-988/Б	Мыс Хрустальный	Чёрные микрометанолиты	<u>3,38</u> 6,30 1	<u>5,1</u> 9,6	<u>87,7</u> 163,4	<u>3,1</u> 5,7		<u>0,7</u> 1,4	1,6	186,2
Л-24/А	Солнечный	Черный шлаковидный	<u>0,4</u> 0,01	-	<u>97,3</u> 82,5	<u>2,3</u> 0,1	-	-	1,1	82,6
Л-24/Б	Солнечный	серовато-коричневый полосчатый	<u>2,3</u> 0,15	-	<u>82,4</u> 87,6	<u>10,9</u> 2,3	<u>4,4</u> 0,5	-	1,0	70,6
Л-986	Пляж Омега	Чёрный полосчатый	<u>7,6</u> 7,4	<u>4,9</u> 4,8	<u>81,8</u> 80,5	<u>3,3</u> 3,2		<u>1,3</u> 1,3	1,1	98,4
Л-28/А	Херсонес	Черный шлаковидный	<u>0,5</u> 0,5	-	<u>98,6</u> 111,2	-	-	<u>0,9</u> 0,98	1,0	112,8
Л-28/Б	То же	коричневый шлаковидный	<u>10,4</u> 4,9	<u>2,5</u> 1,2	<u>72,6</u> 34,4	<u>8,1</u> 3,8	<u>6,4</u> 3,1	-	1,0	47,3
Л-997/А	Голубая бухта	Черный «угловатый»	<u>7,1</u> 4,1	-	<u>91,7</u> 52,6	-	-	<u>1,3</u> 0,7	0,9	57,4

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ «КАРБОНАТОВ ПРОСАЧИВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ»
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ГЕРАКЛИТОВ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Л-997/Б	Голубая бухта	коричневый «угловатый»	<u>4,7</u> 2,6	-	<u>72,5</u> 39,9	<u>14,5</u> 7,9	<u>8,3</u> 4,6	-	0,9	55,1
Л-997/Д	Голубая бухта	Серый угловатый	<u>1,4</u> 0,6	-	<u>98,7</u> 40,9	-	-	-	0,4	41,4
ЛВ-50	Голубая бухта	Серовато- чёрный угловатый	<u>5,1</u> 3,2	<u>4,2</u> 2,6	<u>88,9</u> 55,6	<u>0,1</u> 0,1		<u>1,8</u> 1,1	0,6	62,6
ЛВ-119	Голубая бухта	Серый угловатый	<u>20,5</u> 11,5	<u>26,0</u> 14,6	<u>50,9</u> 28,6			<u>5,6</u> 1,5	0,5	56,2

Примечание: масс-спектрометрический анализ выполнен аналитиком Б. Е. Сахно (масс-спектрометр МСХ-3А), под руководством заведующего отделом геохимии глубинных флюидов ИГТГК НАН Украины д.г.н. И. М. Наумко.

Реконструкция формирования гераклитов, проведенная с использованием знаний о характере образования современных подобных образований, позволяет считать, что эти процессы происходили в несколько этапов. В начале вокруг пузырьковых зон выделения углеводородных флюидов происходило формирование бактериальных матов пластовой формы и карбонатных построек. Сообщество архей и бактерий перерабатывали углеводороды в карбонат и органическое вещество. Описанное выше многообразие карбонатных форм отпечатков прокариот в гераклитах позволяет высказать предположение о значительном разнообразии таких микроорганизмов. Особый интерес вызывают образования, созданные сплетением микротрубчатых строений (рис. 5а), которые по внешнему виду имеют некоторое сходство с описанием чехлов цианобактерий [17, 26]. Возможно, такие скульптурные образования характерны для большинства микроорганизмов царств прокариот, которые создают себе подобных за счёт переработки метана или углекислого газа и солнечной энергии [11]. В материале строения гераклитов преобладают сферолитовые образования (рис. 3г), которые имеют большое сходство с описанием подобных на поверхности современных карбонатных построек в работах В. Х. Геворкьян [27]. Позже более детально строение сферолитовых текстур приводится в статье Е. Ф. Шнюкова с авторами по результатам изучения минералогии современных карбонатных новообразований континентального склона и шельфа Черного моря [15]. Описание подобных образований под названиями: «биотриодиты», «узелковые агрегаты», «межузловые микриты», «сферические клубеньки», «шаровидные сгустки», «шаровидные сферы» и «сферические сферы» - приводится в английской литературе при характеристике современных и древних «карбонатов просачивания» [2, 7, 24, 28, 29]. Находки в них различных биомаркеров, позволили исследователям считать, что эти шаровидные сферические образования созданы сообществом бактерий [19, 24, 29, 30]. Дополнительным подтверждением образования карбоната археями и бактериями являются высокие содержания биофильных химических элементов CaO, MgO, Fe₂O₃, FeO, P₂O₅, SO₂ и K₂O, о чем упоминалось выше. Микроорганизмы создавали с некоторым запасом углеводородное биогенное вещество, которое в значительном количестве присутствует в кислотном остатке гераклитов и являлось пищей для более крупной фауны. Подтверждением образования углеводородистого вещества микроорганизмами являются данные биогенной изотопной разности углерода, которые приведены выше [11].

Образование карбонатного вещества гераклитов происходило в субоксидной или аноксидной среде массового выхода метана и сероводорода, что подтверждают результаты изучения современных и древних «карбонатов просачивания» [2, 8, 24, 30]. В тоже время, этому противоречат результаты геохимических исследований гераклитов. Содержания (г/т) U (0,58–2,1) и Bi (0,02–0,08), соотношения химических элементов U/Th (0,99–2,1), V/(V+Ni) (0,04–0,17), V/Cr (0,33–0,76) и Mo/Mn (0,0008–0,0004) [12] указывают на оксидную среду образования карбоната [31, 32]. Взаимно исключаящие условия существования одновременно восстановительных и окислительных сред возможны только внутри живого клеточного организма прокариот или вблизи его периферии [11].

Низкие содержания U, Ti, Mn и Zr [11] свидетельствуют о значительных скоростях роста карбонатного вещества гераклитов, что характерно для современных построек бухты Ласпи [33]. Накопления Mn, U, Th и V ниже кларка в карбонатных породах доказывают, что образование гераклитов отличается от генезиса формирования конкреций, с которыми они имеют некоторое сходство. [12]. Различия концентраций химических элементов и изотопного состава углерода в карбонатных бактериальных строениях миоцена разной морфологии связаны с физическими и химическими условиями их образования в тектонических зонах с активным сейсмическим режимом.

Формирование гераклитов происходило на поверхности морского дна, на что указывают соотношения Sr/Ba (от 6 до 53) [12], а также наличие микро метеоритного вещества [15, 16, 34]. Подобные условия образования древних «карбонатов просачивания» подтвердили большинство исследователей [1, 2, 7, 30]. На глубоководные условия образования карбонатных построек в миоцене указывают находки в них тонкостенной ракушки, а также незначительные содержания алевролитового некарбонатного терригенного материала [11]. Избыток биогенного углеводородного вещества в карбонате построек являлся пищей для более крупной фауны. Поэтому вблизи выходов палеофлюидов в миоцене существовали оазисы жизни. Подобные участки с повышенной биологической продуктивностью существовали около выходов сипов и грязевых вулканов на дне морей и океанов во все времена [2, 5, 7, 24, 30].

По результатам анализов прокариоты миоцена использовали палеофлюиды, которые имели довольно сложный и непостоянный состав (табл. 2). Основным газом во всех пробах из гераклитов являлся метан, что характерно для современных флюидов сипов и грязевых вулканов [35, 36, 37]. В незначительном количестве в нём присутствуют углекислый газ, азот, этан и сероводород, на которые многие исследователи не всегда обращают внимание (табл. 2). Сложно предположить, что состав и объёмы палеофлюидов в карбонатных породах миоцена не изменились за миллионный период. Поэтому можно считать, что данные наших проб дают только качественную характеристику разнообразия газов в них. Концентрации в них H₂S, N₂ и превышения CH₄ (28,6–211,8 г/т) над CO₂ (0,01–11,50 г/т) (табл. 2.) позволяют считать, что образование карбонатов гераклитов происходило в восстановительной среде палеофлюидов [38, 39]. Наличие CO₂, CH₄, H₂S и N₂ (табл. 2) указывают на их связь с глубинными процессами [38]. По составу у них нет отличий от фумарольных и эруптивных вулканических газов извержения Безымянный, Пейпа и других вулканов [40]. Довольно близкий состав газов был установлен при изучении гидротермальных процессов Рейнбоу СОХ в Атлантическом океане [41], в грязевых вулканах в морях и на суше, а также в флюиде газовых включений кварцевых и кальцитовых жил ряда месторождений [38]. Тяжёлый изотопный состав углерода в гераклитах и приведенные примеры состава газов, позволяют согласиться с предположением некоторых ученых, что палеофлюиды миоцена зарождались на глубинных нижних горизонтах земной коры или в мантии [42]. Это гипотеза подтверждается результатами исследования геохимии гераклитов. Высокие содержания Rb, Nb, Hf, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb и соотношения V/Zr (0,4–0,7) [12]

позволяют предположить, что формирование палеофлюида сложного состава происходило в мантийных породах и изменялось при транспортировке к поверхности земной коры [38, 43]. Дополнительно это предположение подтверждают отношение суммы $LREE_n/HREE_n$, (от 6.2 до 12.7) и аномальные содержания европия (Eu_n/Eu^*) в гераклитах [11, 42, 44]. На хорошую проницаемость земной коры в зонах региональных разломов Горного Крыма указывают соотношения Eu/Sm (от 0.24 до 0.43) [11, 45].

В состав палеофлюидов миоцена кроме газов входили гидротермальные растворы, которые обычно всегда сопровождают извержения современных грязевых вулканов, сипов, гидротермальных рифтовых систем и фумарол остывающих вулканов [5, 40, 41]. На наличие гидротермальных растворов в палеофлюидах гераклитов указывают следующие данные: присутствие легких и тяжелых нефтепродуктов; углеродистое вещество (керит) (рис. 5г); находки минералов с редкоземельной минерализацией [10, 16], барита и псевдоморфоз кальцита моногидрокальциту [5, 16, 41]; значения модулей Страхова и Бострема (табл. 1); высокие содержания халькофильных элементов; соотношения Ni/Co (от 4 до 8), La_n/Yb_n (от 0,34 до 0,77), Y/No (от 24 до 36), Ce/La (от 1,1 до 1,9) [12] и аномальные концентрации церия [32, 45, 46].

Сложно реконструировать второй этап разрушения и переноса обломочного материала и построек миоцена из-за невозможности наблюдения за подобными современными процессами. Даже в наши дни нет постоянных наблюдений за жизнедеятельностью сипов и грязевых вулканов дне морей и океанов. По единичным замерам исследователи отмечали как спад, так и увеличения активности этих процессов. Особенно большая разница в выбросах газов наблюдалась при извержениях грязевых вулканов суши. У них выбросы газов и грязи увеличивались от нескольких литров в сутки до десятков тысяч метров кубических в минуту [37, 47]. Такие выбросы сопровождалась выдавливанием грязи больших объёмов и огненными вспышками. Доказано, что деятельность грязевых вулканов контролируются сейсмическими процессами. Во время Крымского землетрясения наблюдались огненные вспышки над морской поверхностью высотой до нескольких сот метров и длиной до нескольких километров [48]. Предположительно с такими мгновенными катастрофическими процессами в миоцене связано образование обломочного материала гераклитов. Таких событий было более пятнадцати за миллионы лет. Поздний сармат является наиболее активным периодом таких катастрофических процессов. Для этих грозных природных явлений энергия накапливалась в течение нескольких тысяч лет. С такими временными периодами связаны разрушительные землетрясения в районах Альпийской складчатости и других регионах [24]. Гипоцентры землетрясений миоцена были приурочены к разломам, сейсмическая активность некоторых из них продолжается в наши дни. Около этих тектонических зон происходили активные геодинамические вертикальные движения, на это указывает изменчивый литологический состав прослоев с гераклитами и структуры сейсмиков в обнажениях (2а, 2б, 2в, 2г).

Последним этапом образования толщ с гераклитами является литификация отложений. Как отмечалось выше, толщи с ними имеют псевдостратиграфическое

залегание и в породах отсутствуют следы гравитационной сортировки. Похожие отложения в научной литературе носят названия темпеститов или хлидолитов, образование которых связывают со штормами, ураганами, цунами и импактными событиями [49, 50, 51]. Подобное «хаотическое строение интенсивного брекчирования» характерно для толщ с «карбонатами углеводородного просачивания» [19, 24], которые исследователи относят к турбидитам или «штормовым отложениям континентальных склонов» [8]. На связь образования гераклитов с мгновенными катастрофическими процессами указывают следующие признаки: приуроченность к тектоническим зонам; незначительная мощность и протяжённость; повторяемость в разрезах через 0,3-1,5 м; псевдостратиграфическое залегание; резкий нижний контакт и размытый верхний; отсутствие следов гравитационной сортировки и присутствие значительного количества микрометанолитов. Поэтому образование прослоев с гераклитами отличаются от темпеститов и хлидолитов, а также от предложенных гипотез формирования толщ с «карбонатами просачивания углеводородов». Образование толщ с гераклитами связано с катастрофическими событиями разрушения и мгновенной цементацией. Как отмечалось выше, такими процессами могут быть катастрофические выбросы газа сипов или грязевых вулканов во время землетрясений [48]. При этом разлёт материала из-за гидростатического давления воды происходит не на значительные расстояния. Во время катастроф осадочная иловая толща не только обогащается обломочным материалом гераклитов, но и пропитывалась метаном. Поэтому в иловом пространстве в кратковременный период продолжается жизнедеятельность и формирование карбонатного вещества сообществами архей и прокариот. В цементной илистой массе образуются микрометанолиты и происходит почти мгновенная литификация толщи, что подтверждают расположенные в пространстве разно ориентированные обломки гераклитов и сингенетических известняков (рис. 1в, 1г). Активная деятельность сообществ метаногенных и метанотрофных прокариот подтверждается данными изотопного состава углерода вмещающих известняков и раковин (табл. 2). Возможно, некоторую роль в уплотнении цемента вмещающих пород играют сейсмические процессы. Нанос иловых отложений с обломочным материалом метанолитов происходит на твёрдую поверхность, что подтверждает резкий нижний контакт толщи (рис. 1б). Верхняя граница горизонта расплывчатая и заканчивается постепенным выклиниванием микрометанолитов из разреза.

После прекращения катастрофической сейсмической деятельности и литификации горизонта с обломочным материалом гераклитов наступает длительный период формирования обычных известняков. На спокойный режим образования тонкослоистых пелитоморфных известняков свидетельствует не четкая граница между горизонтом с обломочным материалом гераклитов и выше залегающих пород (рис. 1б, 1г). В этот временной период длительностью несколько тысячелетий в зонах региональных разломов формируются новые поля карбонатных построек. Жизнь этих хрупких строений и биоценозов контролируются экстремальными сейсмическими процессами, которые повторяются через некоторый промежуток времени.

Горизонты с брекчированным материалом гераклитов можно считать памятниками процессов палеодегазации в миоцене, которые контролировались неотектоническими движениями поднятия Горного Крыма. Наши исследования подтвердили, что гераклиты принципиально не отличаются от подобных образований, описанных в английской литературе, как древние «карбонаты углеводородного просачивания» [1, 2, 7, 8, 19, 21]. Такие древние карбонатные бактериальные строения были обнаружены в отдельных точках на всех континентах и в временных интервалах от девона до плейстоцена [2, 7, 8]. В научных статьях исследователей отмечаются значительные разнообразия в терминах этого материала: «карбонаты просачивания углеводородов» (hydrocarbon seep carbonate); «метановые морские карбонаты» (methane-derived marine carbonate); «аутигенные карбонаты» (authigenic carbonate); «арагонитовые тротуары» (aragonite sidewalks); «аутигенные карбонатные конкреции» (authigenic carbonate nodules); «карбонатные новообразования», «карбонатные постройки», «литофикаты», «гераклиты» и «аутигенные карбонатные постройки» [2, 5, 7, 8, 9, 19, 21]. В англоязычных литературных источниках чаще всего используется название seep carbonate (карбонаты просачивания), а в русской - аутигенные карбонатные постройки (образования) [2, 5, 7, 8].

Некоторые исследователи считают, что главную роль в образовании карбоната принадлежит сульфатредуцирующим бактериям. Вряд ли это можно считать правильным, так как содержания сульфатов в морской воде и осадках океанов имеют довольно постоянную концентрацию, но аутигенные карбонатные постройки образуются только рядом с выходами пузырьков углеводородов или в осадках с диффузионной пропиткой метана. Для образования карбоната сообщества прокариот могут использовать углеводороды различной природы, на что указывает изотопный состав углерода. Образование аутигенных карбонатных строений не возможно без участия в этом процессе сообществ бактерий и архей. Поэтому такие бактериальные постройки можно включить в группу микробиолитов [52]. Главными признаками образования карбонатных строений являются поступление метана и переработка его прокариотами, поэтому их можно называть метанолитами с добавлением возраста формирования. По этой классификации гераклиты являются метанолитами миоцена.

Первые поисковые признаки обнаружения древних «карбонатов просачивания углеводородов» была изложена в работе К.А. Campbell и D.J. Bottijer [1993]. По результатам нашего исследования этот список можно дополнить. Следует подчеркнуть, что главную роль в поступлении углеводородов из недр играет тектоника региона. Она контролирует глубину зарождения флюидов, определяет химический и изотопный состав, объёмы поступления метана, периодичность, температурный режим, разрушение газогидратных залежей и рельеф океана. Большинство современных «метановых и сульфидных просачиваний» приурочено к рифтовым системам и континентальным склонам морей и океанов. Эти регионы являются местами сосредоточения большинства современных гипоцентров землетрясений, а также центров извержения действующих вулканов. Именно сейсмическая активность и геодинамические движения контролирует поступление объёмов и состав флюидов из недр.

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ «КАРБОНАТОВ ПРОСАЧИВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ» ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ГЕРАКЛИТОВ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)

Вторым ведущим фактором является деятельность сообщества бактерий и архей по переработке углеводородов. Поэтому для идентификации метанолитов (карбонатов углеводородного просачивания) в древних породах необходимо учитывать следующие признаки: приуроченность находок к зонам региональных разломов; шлаковидная и конкрециевидная форма; наличие в спаритовых и микритовых структурах сферолитовых и микротрубчатых образований; присутствие биомаркеров; многочисленные фаунистические остатки; совместное нахождение в толще обломочного материала дигенетических известняков и микрометанолитов; значительная протяжённость прослоев и незначительная их мощность в разрезах; резкий нижний контакт пород и размытый верхний; отсутствие следов гравитационной сортировки; псевдостратиграфическое залегание в разрезе вытянутых линз с материалом; пропитка углеводородами нефти и присутствие в них углеводородных флюидов; наличие сульфидов; повышенные содержания фосфора, литофильных, халькофильных и редкоземельных элементов; изотопное фракционирование углерода из карбоната и органического вещества.

ВЫВОДЫ

В результате проведённых исследований изучения гераклитов установлены палеогеографические условия их образования и признаки выделения в других временных интервалах. Приведены доказательства их генетического родства с современными и древними аутигенными карбонатными постройками (hydrocarbon seep-carbonate).

Образование гераклитов происходило в местах соприкосновения и взаимодействия литосферы, гидросферы, атмосферы (газовых пузырьков углеводородов) и биосферы. Их формирование происходило на дне океана Паратетис. Обязательными условиями генезиса гераклитов являются наличие консорциума метанотрофных, метаногенных, нитротрофных и сульфатредуцирующих прокариот и архей по производству сложного органического вещества и карбоната, а также поступления углеводородов из недр. В восстановительной среде метана, азота и сероводорода образование карбоната происходило вблизи или внутри клеточного организма прокариот в окислительных условиях, которые создавали живые организмы. Гераклиты относятся к микробиолитам. По материалу образования их можно называть метанолитами миоцена. Разнообразные формы карбонатных фоссилий микроорганизмов в гераклитах являются доказательством существования довольно значительного видового разнообразия бактерий и архей в миоцене и другие временные интервалы.

Высокие скорости образования карбонатного вещества сообществами прокариот и архей подтверждаются присутствием в гераклитах не окисленных нефтепродуктов, минералогическим составом, терригенным материалом и результатами геохимии.

Доказательствами глубинной природы углеводородной палеодегазации миоцена являются данные состава газов палеофлюидов, наличие нефтепродуктов, минералогия, геохимический и изотопный состав углерода.

Породы с включениями гераклитов (метанолитов) являются свидетелями процессов дегазации миоцена, которые в бухтах и прибрежных зонах Севастополя продолжаются в наше время. Высокие содержания в гераклитах метана, пропана, этана и нефтепродуктов указывают на возможность находок в Юго-западной части Крыма месторождений нефти и газа.

Список литературы

1. Hathaway J. C., Degens E. I. Methane derived marine carbonate of pleistocene age // *Science*. 1968. V. 165. P. 690–692.
2. Aharon P. Geology and biology of modern and ancient submarine Hydrocarbon seeps and vents: an introduction // *Geo-Marine Letters*. 1994. V. 14 (2). P. 69–73.
3. Bange H. W., Bartell U. H., Rapsomanikis S., Andreae M. O. Methane in the Baltic and North Seas and a reassessment of the marine emissions of methane // *Global biogeochemical cycles*. 1994. V. 4. P. 465–480.
4. Крылов А. А., Хлыстов О. М., Земская Т. И. и др. Формирование аутигенных карбонатов в грязевых вулканах озера Байкал // *Геохимия*. 2008. №10. С. 1051–1062.
5. Леин А. Ю. Аутигенное карбонатообразование в океане // *Литология и полезные ископаемые*. 2004. № 1. С. 3–35.
6. Brooks, J. M., Konnicut M. C., Fisher C. R., Macro S. A. et al. Deep-sea hydrocarbon seep communities. Evidence for energy and nutritional carbon sources // *Science*. 1987. V. 238. P. 1138–1142.
7. Campbell K. A., Bottjer D. J. Fossil cold seeps // *Nat Geogr Res Explorer*. 1993. V. 9. P. 326–343.
8. Campbell K. A. Hydrocarbon seep and hydrothermal vent paleoenvironments and paleontology: Past developments and future research directions // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol*. 2006. V. 232. P. 362–407.
9. Лысенко В. И. Гераклиты — свидетели глубинной палеодегазации в Юго-восточной части Паратетиса (Юго-западный Крым) // *Геологический журнал. НАН Украины*. 2013. № 1. С. 29–37.
10. Лысенко В. И., Цельмович В. А. Результаты изучения минералогии материала бактериальных карбонатных палеопостроек миоцена из зон глубинной палеодегазации (Юго-западный Крым) // *Альманах Пространство и Время*. 2017. Т. 14. № 1. С. 2.
11. Лысенко В. И., Садыков С. А., Азовскова О. Б., Михайличенко Т. В. Условия образования микробиолитов миоцена по результатам изучения геохимии и изотопного состава гераклитов. // *Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология*. 2019. Том 5. № 1. С. 204–216.
12. Лысенко В. И., Азовскова О. Б., Михайличенко Т. В. Геохимические особенности микробиолитов миоцена (Юго-Западный Крым) по результатам ICP-MS исследований. // *Литосфера*. 2019. Том 19. № 4. С. 625–639.
13. Белокрыс Л. С. Горизонты пятнистых пород в толще сармата юга УССР // *Изв. высш. учебн. заведений. Геология и разведка*. 1969. № 7. С. 17–25.
14. Иванов В. Е., Ломакин И. Э., Крутов В. В. О находке битум содержащих пород в районе г. Севастополь // *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2009. №3. С. 85–89.
15. Шнюков Е. Ф., Щербаков Е. Е., Шнюкова Е. Е. Палеоостровная дуга севера Черного моря. Киев: Чернобыльинформ, 1997. 287 с.
16. Лукин А. Е., Лысенко В. И., Лысенко Н. И., Наумко И. М. О происхождении гераклитов // *Геолог Украины*. 2006. № 3. С. 23–39.
17. Розанов А. Ю. Ископаемые бактерии и новый взгляд на процессы осадкообразования // *Соровский образовательный журнал*. 1999. № 10. С. 63–67.
18. Cavalazzi B., Barbieri R., Cady S. L., et al. Iron-framboids in the hydrocarbon-related Middle Devonian Hollard Mound of the Anti-Atlas mountain range in Morocco: Evidence of potential microbial biosignatures. *Sediment Geol // Sediment. Geol*. 2012. V. 263–264. P. 183–193.
19. Peckmann J., Thiel V., Michaelis W., et al. Cold seep deposits of Beauvoisin (Oxfordian; southeastern France) and Marmorito (Miocene; northern Italy): Microbially induced authigenic carbonates // *Intl J Earth Sci*. 1999. V. 88. P. 60–75.

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ «КАРБОНАТОВ
ПРОСАЧИВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ» ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ
ГЕРАКЛИТОВ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)

20. Tong H. P., Chen D. F. First discovery and characterizations of late Cretaceous seep carbonates from Xigaze in Tibet, China // *Article Geology* November. 2012. V. 57. №. 33. P. 4363–4372.
21. Knittel K., Lösekann T., Boetius A., Kort R., Amann R., Diversity and distribution of methanotrophic archaea at cold seeps // *Appl. Environ. Microbiol.* 2005. V. 71. P. 467–479.
22. Чекунов А. В. Принципы строения и эволюции тектоносферы юга европейской части СССР // *Геотектоника*. 1987. № 5. С. 25–41.
23. Пчелинцев В. Ф. Киммериды Крыма. М.-Л.: Наука, 1966. 126 с.
24. Conti S., Fontana D., Mecozzi S., et al. Late Miocene seep-carbonates and fluid migration on top of the Montepetra intrabasinal high (Northern Apennines, Italy): Relations with synsedimentary folding // *Sediment Geol.* 2010. V. 231. P. 41–54.
25. Ninomiya T., Shimoyama S., Miyata Y., Yamanaka T., Shimazu T., Taniguchi S., Aoki T., Nishida T., Takahashi T. Origin and water depth of a newly identified seep carbonate and paleoecology of Bathymodiolus in the Miocene Taishu Group, southwestern Japan // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2020. V. 546. 109655. P. 1–56.
26. Крылов И. Н. Строматолиты рифея и фанерозоя СССР. М.: Наука, 1975. 243 с.
27. Геворкян В. Х., Бураков В. И., Исагулова Ю. К., и др. Газовыделяющие постройки на дне северо-западной части Черного моря // *Докл. АН УССР*. 1991. №4. С. 80–85.
28. Brooks, J. M., Konnicut M. C., Fisher C. R., Macro S. A. и др. Deep-sea hydrocarbon seep communities/ Evidence for energy and nutritional carbon sources // *Science*. 1987. V. 238. P. 1138–1142.
29. Beauchamp B., Savard M. Cretaceous chemosynthetic carbonate mounds in the Canadian Arctic // *Palaaios*. 1992. V. 7. № 4. P. 434–450.
30. Campbell K. A., Fanner J. D., Des Marais D. Ancient hydrocarbon seeps from the Mesozoic convergent margin of California: carbonate geochemistry, fluids and palaeoenvironments // *Geofluids*. 2002. V. 2. P. 63–94.
31. Turgeon S., Brumsack H.-J. Anoxic vs dysoxic events reflected in sediment geochemistry during the Cenomanian-Turonian Boundary Event (Cretaceous) in Umbria-Marche basin of central Italy // *Chem. Geol.* 2006. V. 234. P. 321–339.
32. Мизенс Г. А., Степанова Т. И., Кучева Н. А. и др. Геохимические особенности известняков и условия осадконакопления на изолированной карбонатной платформе в позднем девоне и начале карбона на восточной окраине Урала // *Литосфера*. 2014. № 6. С. 53–76.
33. Лысенко В. И., Шик Н. В. Современные процессы образования карбонатов, связанные с углеводородной дегазацией, в бухте Ласпи (Южный берег Крыма) // *Пространство и Время*. 2013. Том 2. № 12. С. 151–157.
34. Катченков С.М. Малые химические элементы в осадочных породах и нефтях. Л.: Гостоптехиздат, 1959. 271 с.
35. Лущик А. В., Морозов В. И., Палин В. П. и др. Особенности формирования подземных вод в западной части Равнинного Крыма (на примере района бухты Очеретай) // *Геол. журн.* 1985. Т. 45. № 3. С. 101–107.
36. Anderson A. L., Bryant W.R. Gassy sediment occurrence and properties: Norten Gulf of Mexico // *Geo-Marine Letters*. 1990. V. 10. P. 209–220.
37. Băciu C., Etiope G. Volcanoes and seismicity in Romania // *Mud Volcanoes, geodynamics and seismicity*, (ed. by G. Martinelu and B. Panahi), NATO series (Springer Verlag Berlin). 2005. P.77–87.
38. Гаськов И. В., Симонов В. А., Ковязин С. В. Эволюция физико-химических параметров и геохимических особенностей магматических расплавов в процессе развития колчеданных рудно-магматических систем Рудного Алтая и Тувы // *Геология и геофизика*, 2006. Т. 47. № 12. С. 1360–1370.
39. Наумов В. Б., Миронова О. Ф., Коваленкер В. А., Салазкин А. Н., Русинов В. Л. Магматический азот и его участие в эпитермальном рудообразовании // *Докл. РАН*, 1992. Т. 322. № 5. С. 973–976.
40. Мархинин Е. К. Вулканы и жизнь. М.: Мысль, 1980. 196 с.
41. Богданов Ю. А., Лисицын А. П., Сагалевиц А. М. и др. Гидротермальный рудогенез океанского дна. М.: Наука, 2006. 528 с.
42. Ларин В. Н. Наша Земля (Происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). М.: Агар. 2005. 248 с.

43. Готтих Р. П., Винокуров С. Ф., Писоцкий Б. И. Редкоземельные элементы как геохимические критерии эндогенных источников микроэлементов в нефти // Докл. АН России. 2009. Т. 425. № 2. С. 1–5.
44. Летников Ф. А. Флюидный режим эндогенных процессов и проблемы рудогенеза // Геология и геофизика. 2006. Т. 47. № 12. С. 1296–1307.
45. Шатров В. А., Сиротин В. И., Войцеховский Г. В., Белявцева Е. Е. Воздействие флюидных процессов на микроэлементный состав осадочных пород Лосевской шовной зоны. Материалы междунар. геол. Конф.: Изменяющаяся геологическая среда: пространственные временные взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов. 2007. Т. 2. Казань: КГУ, С. 129–133.
46. Bau M. Controls of the fractionation of isovalent trace elements in magmatic and aqueous systems: evidence from Y/Ho, Zr/Hf and lanthanide tetrad effect // Contributions to Mineralogy and Petrology. 1996. V. 123. P. 323–333.
47. Валяев Б. М., Гринченко Ю. И., Ерохин В. Е., и др. Изотопный облик газов грязевых вулканов // Литология и полезн. Ископаемые. 1985. №1. С. 72–87.
48. Двойченко П. А. Черноморское землетрясение 1927 г. в Крыму // Природа. 1928. №6. С. 523–542.
49. Ager D.V. Storm deposits in the Jurassic of the Moroccan High Atlas // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 1974. V. 15. P. 83–93.
50. Кузнецов В. Г. Карбонатные и сульфатные псефиты // Литология и полезные ископаемые. 2011. № 5. С. 510–526.
51. Сандула А. Н. Известняковые брекчии в каменноугольных отложениях Печорского Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 143 с.
52. Burne R. V., Moore L. S. Mikrobiolites: Organosedimentary Deposits of Bentic Microbial Communities // Palaios. 1987. V. 3. P. 241–254.

**PALEOGEOGRAPHIC CONDITIONS OF FORMATION OF
«CARBONATES OF SEEDING HYDROCARBONS» AS RESULTS OF
STUDYING HERACLITES (SOUTHWESTERN CRIMEA)**

Lysenko V. I.

*M. V. Lomonosov Moscow State University Branch in Sevastopol, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: niagara_sev@mail.ru*

The author established paleogeographic conditions for the formation of heraclites and proved their genetic relationship with modern and ancient carbonates of hydrocarbon seepage. The paleogeographic conditions of the formation of heraclites have been established and their genetic relationship with modern and ancient hydrocarbon seep-carbonate has been proved. Their formation took place at the bottom of the Paratethys ocean at the points of contact and interaction of the lithosphere, hydrosphere, atmosphere (fluid bubbles) and biosphere. Indispensable conditions for the formation of heraclites are the presence of a consortium of prokaryotes and archaea for the production of organic matter and carbonate and the supply of hydrocarbons from the bowels. Heraclites are mikrobiolites formed by processing methane. They can be called Miocene methanolites. The variety of forms of carbonate fossils in heraclites confirms the species diversity of bacteria and archaea involved in the formation of structures.

The presence of unoxidized petroleum products, the mineralogical composition, and the results of geochemistry confirm the high rates of formation of heraclite carbonate. Their growth depended on the influx of paleofluids, which were controlled by the non-tectonic movements of the Crimean Mountains.

The composition of gases of paleofluids, the presence of oil products, mineralogy, data on the geochemical and isotopic composition of heraclites prove the deep nature of hydrocarbon paleodegassing in the Miocene.

Rocks with inclusions of heraclites (Miocene methanolites) are witnesses of the processes of degassing of the Miocene, which continue in the bays and coastal eons of Sevastopol in our time.

Keywords: heraclites, ancient carbonates of hydrocarbon percolation, methane, paleofluids, methane, prokaryotes, archeies, morphology, geochemistry, isotopic composition.

References

1. Hathaway J. C., Degens E. I. Methane derived marine carbonate of pleistocene age. *Science*, 1968, Vol. 165, pp. 690–692.
2. Aharon P. Geology and biology of modern and ancient submarine Hydrocarbon seeps and vents: an introduction. *Geo-Marine Letters*, 1994, Vol. 14 (2), P. 69–73.
3. Bange H. W., Bartell U. H., Rapsomanikis S., Andreae M. O. Methane in the Baltic and North Seas and a reassessment of the marine emissions of methane. *Global biogeochemical cycles*, 1994, Vol. 4, pp. 465–480.
4. Krylov A. A., Khlystov O. M., Zemskaya T. I. et al. Formirovaniye autigennykh karbonatov v gryazevykh vulkanakh ozero Baykal (Formation of autigenic carbonates in mud volcanoes of Lake Baikal). *Geochemistry*, 2008, no.10, pp. 1051–1062.
5. Lein A.Yu. Autigennoye karbonatoobrazovaniye v okeane (Autigenic carbonate formation in the ocean). *Lithology and minerals*, 2004, no. 1, pp. 3–35. (in Russian).
6. Brooks, J. M., Konnick M. C., Fisher C. R., Macro S. A. et al. Deep-sea hydrocarbon seep communities. Evidence for energy and nutritional carbon sources. *Science*, 1987, Vol. 238, pp. 1138–1142.
7. Campbell K. A., Bottjer D. J. Fossil cold seeps. *Nat Geogr Res Explorer*, 1993, Vol. 9, pp. 326–343.
8. Campbell K. A. Hydrocarbon seep and hydrothermal vent paleoenvironments and paleontology: Past developments and future research directions. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2006, Vol. 232, pp. 362–407.
9. Lysenko V. I. Geraklity – svideteli glubinnoy paleodegazatsii v Yugo-vostochnoy chasti Paratetisa (Yugo-zapadnyy Krym) (Heraclites - witnesses of deep paleodegasation in the southeastern part of Paratetis (Southwestern Crimea)). *Geological Journal. NAS of Ukraine*, 2013, no. 1, pp. 29–37. (in Russian).
10. Lysenko V. I., Tsel'movich V. A. Rezul'taty izucheniya mineralogii materiala bakterial'nykh karbonatnykh paleopostroyek miotsena iz zon glubinnoy paleodegazatsii (Yugo-zapadnyy Krym) (Tsel'movich V. A. Results of studying the mineralogy of the material of bacterial carbonate paleostructures of the Miocene from the zones of deep paleodegasation (South-western Crimea)). *Almanac Space and Time*, 2017, Vol. 14, no. 1. p. 2. (in Russian).
11. Lysenko V. I., Sadykov S. A., Azovskova O.B., Mikhailichenko T.V. Usloviya obrazovaniya mikrobiolitov miotsena po rezul'tatam izucheniya geokhimii i izotopnogo sostava geraklitov (Conditions of formation of Miocene microbiolites based on the results of studying the geochemistry and isotopic composition of heraclites). *Scientific notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology*, 2019, Vol. 5, no. 1, pp. 204–216. (in Russian).
12. Lysenko V. I., Azovskova O. B., Mikhaylichenko T. V. Geokhimicheskiye osobennosti mikrobiolitov miotsena (Yugo-Zapadnyy Krym) po rezul'tatam ICP-MS issledovaniy (Geochemical features of Miocene microbiolites (Southwestern Crimea) based on the results of ICP-MS studies). *Lithosphere*, 2019, Volume 19, no. 4, pp. 625–639. (in Russian).
13. Belokryz L. S. Gorizonty pyatnistykh porod v tolshche sarmata yuga USSR (Horizons of spotted rocks in the thickness of the Sarmatian of the south of the USSR). *Izv. higher. textbook. establishments. Geology and exploration*. 1969, no. 7, pp. 17–25. (in Russian).
14. Ivanov V. E., Lomakin I. E., Krutov V. V. O nakhodke bitum soderzhashchikh porod v rayone g. Sevastopol' (On the discovery of bitumen containing rocks in the area of Sevastopol). *Geology and minerals of the World Ocean*, 2009, no. 3, pp. 85–89. (in Russian).

15. Shnyukov E. F., Shcherbakov E. E., Shnyukova E. E. Paleostrovnaya duga severa Chernogo morya (Paleostrovnaya arc of the north of the Black Sea). Kiev: Chernobylinform (Publ.), 1997, 287 p. (in Russian).
16. Lukin A. E., Lysenko V. I., Lysenko N. I., Naumko I. M. O proiskhozhdenii geraklitov (On the origin of heraclites). Geologist of Ukraine, 2006, no. 3, pp. 23–39. (in Russian).
17. Rozanov A. Yu. Iskopayemyye bakterii i novyy vzglyad na protsessy osadkoobrazovaniya (Fossil bacteria and a new look at the processes of sedimentation). Sorovsky Educational magazine, 1999, no. 10, pp. 63–67. (in Russian).
18. Cavalazzi B., Barbieri R., Cady S. L., et al. Iron-framboids in the hydrocarbon-related Middle Devonian Hollard Mound of the Anti-Atlas mountain range in Morocco: Evidence of potential microbial biosignatures. Sediment Geol. Sediment. Geol., 2012, Vol. 263–264, pp. 183–193.
19. Peckmann J., Thiel V., Michaelis W., et al. Cold seep deposits of Beauvoisin (Oxfordian; southeastern France) and Marmorito (Miocene; northern Italy): Microbially induced authigenic carbonates. Intl J Earth Sci., 1999, Vol. 88, pp. 60–75.
20. Tong H. P., Chen D. F. First discovery and characterizations of late Cretaceous seep carbonates from Xigaze in Tibet, China. Article Geology November. 2012, V. 57, no. 33, pp. 4363–4372.
21. Knittel K., Lösekann T., Boetius A., Kort R., Amann R., Diversity and distribution of methanotrophic archaea at cold seeps. Appl. Environ. Microbiol. 2005, V. 71, pp. 467–479.
22. Chekunov A. V. Principles of structure and evolution of the tectonosphere of the southern European part of the USSR. Geotectonics, 1987, no. 5, pp. 25–41.
23. Pchelintsev V. F. Kimmerids of Crimea. Moscow: Nauka (Publ.), 1966, 126 p. (in Russian).
24. Conti S., Fontana D., Mecozzi S., et al. Late Miocene seep-carbonates and fluid migration on top of the Montepetra intrabasinal high (Northern Apennines, Italy): Relations with synsedimentary folding. Sediment Geol., 2010, V. 231, pp. 41–54.
25. Ninomiya T., Shimoyama S., Miyata Y., Yamanaka T., Shimazu T., Taniguchi S., Aoki T., Nishida T., Takahashi T. Origin and water depth of a newly identified seep carbonate and paleoecology of Bathymodiolus in the Miocene Taishu Group, southwestern Japan. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2020, V. 546, 109655, P. 1–56.
26. Krylov I. N. Stromatolites of the Riphean and Phanerozoic of the USSR. Moscow: Nauka (Publ.), 1975. 243 p. (in Russian).
27. Gevorkyan V. H., Burakov V. I., Isagulova Yu. K., et al. Gazovydeyayushchiye postroyki na dne severo-zapadnoy chasti Chernogo moray (Gas-burning buildings at the bottom of the north-western part of the Black Sea). Dokl. Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. 1991, no. 4, pp. 80–85. (in Russian).
28. Brooks, J. M., Konnicut M. C., Fisher C. R., Macro S. A., etc. Deep-sea hydrocarbon seep communities. Evidence for energy and nutritional carbon sources. Science, 1987, V. 238, pp. 1138–1142.
29. Beauchamp B., Savard M. Cretaceous chemosynthetic carbonate mounds in the Canadian Arctic. Palaios, 1992, V. 7, no 4, pp. 434–450.
30. Campbell K. A., Fanner J. D., Des Marais D. Ancient hydrocarbon seeps from the Mesozoic convergent margin of California: carbonate geochemistry, fluids and palaeoenvironments. Geofluids, 2002, V. 2, pp. 63–94.
31. Turgeon S., Brumsack H.-J. Anoxic vs dysoxic events reflected in sediment geochemistry during the Cenomanian-Turonian Boundary Event (Cretaceous) in Umbria-Marche basin of central Italy. Chem. Geol. 2006, V. 234, pp. 321–339.
32. Misens G. A., Stepanova T. I., Kucheva N. A. et al. Geochemical features of limestones and sedimentation conditions on an isolated carbonate platform in the Late Devonian and early Carboniferous on the eastern outskirts of the Urals. Lithosphere, 2014, no. 6, pp. 53–76.
33. Lysenko V. I., Shik N. V. Sovremennyye protsessy obrazovaniya karbonatov, svyazannyye s uglevodorodnoy degazatsiyey, v bukhte Laspi (Yuzhnyy bereg Kryma) (Modern processes of carbonate formation associated with hydrocarbon degassing in Laspi Bay (Southern coast of Crimea)). Space and Time, 2013, Volume 2, no. 12, pp. 151–157. (in Russian).
34. Katchenkov S. M. Small chemical elements in sedimentary rocks and oils. Leningrad: Gostoptekhizdat (Publ.), 1959. 271 p. (in Russian).
35. Luschik A. V., Morozov V. I., Palin V. P. et al. Osobennosti formirovaniya podzemnykh vod v zapadnoy chasti Ravninnogo Kryma (na primere rayona bukhty Ocheretay) (Features of groundwater formation in the

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ «КАРБОНАТОВ
ПРОСАЧИВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ» ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ
ГЕРАКЛИТОВ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)

- western part of the Plain Crimea (on the example of the Ocheretai Bay area)). Geol. journal. 1985, Vol. 45, no. 3, pp. 101–107.
36. Anderson A. L., Bryant W. R. Gassy sediment occurrence and properties: Norten Gulf of Mexico. Geo-Marine Letters, 1990, V. 10, pp. 209–220.
37. Baciuc C., Etiope G. Volcanoes and seismicity in Romania. Mud Volcanoes, geodynamics and seismicity, (ed. by G. Martinelli and B. Panahi), NATO series (Springer Verlag Berlin), 2005, pp. 77–87.
38. Gaskov I. V., Simonov V. A., Kovyazin C. V. Evolyutsiya fiziko-khimicheskikh parametrov i geokhimicheskikh osobennostey magmaticheskikh razplavov v protseesse razvitiya kolchedannykh pudno-magmaticheskikh sistem Pudnogo Altaya i Tuvy (Evolution of physico-chemical parameters and geochemical features of magmatic melts during the development of pyrite ore-magmatic systems of the Ore Altai and Tuva). Geology and Geophysics, 2006, Vol. 47, no. 12, pp. 1360–1370. (in Russian).
39. Naumov V. B., Mironova O. F., Kovalenker V. A., Salazkin A. N., Rusinov V. L. Magmaticheskiy azot i yego uchastkiye v epitemal'nom podoobrazovanii (Magmatic nitrogen and its participation in epithermal ore formation). Dokl. RAS, 1992, Vol. 322, no. 5, pp. 973–976. (in Russian).
40. Markhinin E. K. Volcanoes and life. Moscow: Mysl (Publ.), 1980, 196 p. (in Russian).
41. Bogdanov Yu. A., Lisitsyn A. P., Sagalevich A. M. et al. Hydrothermal ore genesis of the ocean floor. Moscow: Nauka (Publ.), 2006, 528 p. (in Russian).
42. Larin V. N. Our Earth (Origin, composition, structure and development of the initially hydride Earth). Moscow: Agar (Publ.), 2005, 248 p. (in Russian).
43. Gottikh R. P., Vinokurov S. F., Pisotsky B. I. Redkozemel'nyye elementy kak geokhimicheskiye kriterii endogennykh istochnikov mikroelementov v nefi (Rare earth elements as geochemical criteria of endogenous sources of trace elements in oil). Dokl. Russian Academy of Sciences, 2009, Vol. 425, no. 2, pp. 1–5. (in Russian).
44. Letnikov F. A. Fluid regime of endogenous processes and problems of ore genesis (Fluidnyy pezhim endogennykh protsessov i problemy pudogeneza). Geology and geophysics. 2006, Vol. 47, no. 12, pp. 1296–1307. (in Russian).
45. Shatrov V. A., Sirotin V. I., Voitsekhovskiy G. V., Belyavtseva E. E. Vozdeystviye fluidnykh protsessov na mikroelementnyy sostav osadochnykh porod Losevskoy shovnoy zony (The effect of fluid processes on the microelement composition of sedimentary rocks of the Losev seam zone). Materials of the international geol. Conf.: Changing geological environment: spatial and temporal interactions of endogenous and exogenous processes. 2007. Vol. 2. Kazan: KSU (Publ.), pp. 129–133. (in Russian).
46. Bau M. Controls of the fractionation of isovalent trace elements in magmatic and aquatic systems: evidence from Y/Ho, Zr/Hf and lanthanide tetrad effect. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1996, V. 123, pp. 323–333.
47. Valyaev B. M., Grinchenko Yu. I., Erokhin V. E., et al. Izotopnyy oblik gazov gryazevykh vulkanov (Isotopic appearance of gases of mud volcanoes). Lithology and useful. Fossils, 1985, no. 1, pp. 72–87. (in Russian).
48. Dvoichenko P. A. Chernomorskoye zemletryaseniye 1927 g. v Krymu (The Black Sea earthquake of 1927 in the Crimea). Nature. 1928, no. 6, pp. 523–542. (in Russian).
49. Ager D. V. Storm deposits in the Jurassic of the Moroccan High Atlas. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1974, V. 15, P. 83–93.
50. Kuznetsov V. G. Karbonatnyye i sul'fatnyye psefity (Carbonate and sulfate psephites). Lithology and minerals, 2011, no. 5, pp. 510–526. (in Russian).
51. Sandula A. N. Limestone breccias in carboniferous deposits of the Pechora Urals. Yekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Publ.), 2008. 143 p. (in Russian).
52. Burne R. V., Moore L. S. Mikrobiolites: Organosedimentary Deposits of Benthic Microbial Communities. Palaios. 1987, Vol. 3, pp. 241–254.

Поступила в редакцию 13.12.2021 г.

УДК 55.551.556(477.75)

О «ГЛУБИННОЙ ГИДРОСФЕРЕ КРЫМА» И ПОИСКАХ ПРЕСНЫХ ЮВЕНИЛЬНЫХ ВОД

Юдин В. В.

*Крымская Академия наук, Симферополь, Российская Федерация
E-mail: yudin_v_v@mail.ru*

В статье критически рассмотрены публикации с гипотезой Н. И. Ковалева и В. И. Кузнецова с соавторами о наличии в Крыму возобновляемых источников глубинных пресных напорных вод. На трех конкретных примерах показано, что в районе Ялты, у поселка Орлиное и у пгт Зуя в Предгорном Крыму не существует оснований для декларируемых горячих очагов магмы потухших вулканов. Древние юрские вулканы и их очаги расположены в других местах и за 170 млн лет давно остыли. В карстовом массиве Ай-Петри нет природных опреснителей черноморской воды. Источников глубинных пресных вод по бурению, при проходке тоннеля и по изучению карстовых полостей не обнаружено. Геолого-геофизических данных о наличии в предполагаемых участках мезозойских магматических пород нет. Выделение прямолинейных сквозных «георазломов» с напорными подземными потоками пресной воды с температурой 80–85°C ничем не обосновано. Предложение о необходимости дорогостоящих поисков высоконапорных подземных пресных гидротермальных вод противоречит всем геологическим данным. Сделан вывод, что использование официально не признанного прибора «Поиск» и метода ЯМР-геотомографа для поиска гипотетических глубинных пресных ювенильных вод не эффективно. Высказывание неправдоподобных гипотез может быть полезным для науки лишь в случае, когда оно подтверждено реальными фактическими данными.

Ключевые слова: гидрогеология, тектоника, магматизм, гипотезы.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в научных статьях и в СМИ декларируется сенсационная гипотеза Н. И. Ковалева о том, что в Крыму вблизи древних проявлений мезозойского магматизма выявлены природные подземные опреснители морской воды, которые создали ранее неизвестные в мире возобновляемые источники глубинных напорных вод. В Крымских горах они якобы постоянно формируют очень большие объемы подземных пресных вод [1, 2, 3, 4].

Авторы сенсационной гипотезы — капитан 1 ранга в отставке, кандидат технических наук Н. И. Ковалев, капитан 1 ранга в отставке Виталий Гох и другие. Более 15 лет они пишут, что в Севастопольском институте ядерной энергии и промышленности СевГУ они создали приборный комплекс «Поиск», который позволяет обнаруживать любые полезные ископаемые на суше и на морском шельфе до глубин 1–5 км. По их мнению, к таким ископаемым относятся: уран, золото, платина, серебро, никель, алмазы, нефть, газ, конденсат, уголь, руды металлов и др. В последние 6 лет к ним были добавлены пресные и термальные воды с очень точным определением их объема, температуры, давления и движения флюидов [1, 2, 3 и др.]. Поразительную для дистанционного метода точность обнаружения полезных ископаемых и подземных вод они определили в 97%, что не может не удивить любого профессионального исследователя.

Отметим, что у вышеназванных авторов и интерпретаторов нет геологического образования и их представления о тектонике, геофизике, магматизме и

гидрогеологии Крыма вызывает лишь недоумение. Проверки ранее заявленных прогнозов о наличии близ Севастополя больших месторождений золота, платины и подземных пирамид не подтвердились, как и другие предположения о контурах и глубинах залегания разных полезных ископаемых. Специалистам в Крыму, не раз приходилось тратить время на развенчание этих мифов на конкретных геологических объектах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С возникновением в Российском Крыму острого дефицита пресной воды, Н. И. Ковалев с соавторами переключился на поиск подземных вод. В разных публикациях и в СМИ геологически безосновательно декларируется, что под г. Ай-Петри ими выявлен «*очаг магмы*» [2]. На глубине 2,5 км он якобы формирует «*природные опреснители*» за счет интенсивного испарения поступающей в очаг черноморской воды. Образование пресных вод якобы идет непрерывно за счет конденсации пара в пористых карстовых породах, независимо от природных осадков. В результате с огромной глубины идет пресная вода. Где она и куда девается соль после ее опреснения, соавторы умалчивают.

В действительности, очаг магмы Ай-Петринского вулканогенного комплекса существовал, но в геологически далекое среднеюрское время. Он выражен крупнейшей по размерам 10х30 км Горнокрымской аномалией магнитного поля и изотопным определением возраста магматических пород, которые местами выходят на современную поверхность [5, 6, 7]. Однако за 160–170 млн лет (после окончания в средней юре субдукционного геодинамического режима) магма давно остыла и магматизм более не возрождался.

О длительном отсутствии здесь теплового потока в течение мезозоя и кайнозоя свидетельствуют неметаморфизованные осадочные породы верхней юры, мела и кайнозоя, которые перекрывают вулканогенное тело. Нет в них и жил с гидротермальными минералами, свидетельствующими о длительном остывании магмы до настоящего времени.

По данным изучения современного теплового потока в Горном Крыму над крупными телами мезозойских магматических пород тепловых аномалий нет [8 и др.]. Такие аномалии выявлены в Равнинном Крыму. Они связаны с начальными стадиями проявления современного активноукраинного конвергентного магматизма [6] и сопровождаются термальными и сильно минерализованными водами из глубоких скважин. Но и там тепловой поток не связан с погребенными северокрымскими меловыми вулканами, которые за 100 млн лет давно остыли.

Геологические аргументы. В районе декларируемого «*обследуемого магматического очага №2 Крым (Украина) у пос. Орлиное*» [2, с. 281], на поверхности магматические породы отсутствуют. Нет здесь и магнитной аномалии, свидетельствующей о наличии на глубине древнего магматического очага. На рис. 3 статьи [2] «*Подземный маршрут термальных вод*» стрелкой нереально нарисован от берега моря у пос. Форос, где нет термальных источников. Через ничем не обоснованный «*магматический очаг*» этот «*маршрут термальных вод*» следует... в Байдарскую котловину с общеизвестной карстовой холодной пресной водой. Пять

близлежащих «*подземных потоков пресных вод*» на этом же рисунке 3 произвольно нарисованы от основания обрывов яйлы на северо-запад, что противоречит простиранию реальных геологических разрывов [6 и др.]. Поэтому ничем (кроме официально не признанного прибора «Поиск») не обоснованный «*крупный поток геотермальных пресных вод*» с его точными характеристиками по размерам, температуре и составу можно воспринимать лишь как ненаучную фантазию.

В Ялтинско-Ай-Петринском районе ситуация аналогична с гипотетическим «...*магматическим очагом и его месторождением №3, Крым Украина*» [2, с. 281]. На рис. 3 статьи «*очаг*» нарисован в виде круглого пятна, диаметром 4 км, расположенного у основания Ялтинской яйлы в северной окрестности города Ялты. На поверхности магматических пород здесь нет [7]. В гравитационном поле над декларируемым «*очагом*» расположена не положительная, а отрицательная аномалия. В магнитном поле крупнейшая на полуострове Горнокрымская аномалия расположена северо-западнее, что не дает никаких оснований предполагать здесь на глубине магматические породы. Три из шести «*подземных маршрутов движения термальных вод*» на рис. 3 направлены почему-то не из «очага», а из прилегающих к нему районов. Трассы «*подземных потоков пресных вод*» нарисованы на север и северо-восток, что противоречит направлениям движения воды по данным гидрогеологов, в том числе по индикаторным опытам. Фантастические вертикальные «*георазломы*» (такого термина в геологии нет) вдоль нарисованных и нереально перекрывающих друг друга «*трасс движения пресных, термальных вод и рапы*» на рис. 3, не имеют никакого геологического обоснования. Это четко показано в монографии [6] и др. То же касается физически невозможной накачки морской воды в ялтинский «*очаг*» на расстояние почти 100 км вдоль берега Крыма от мыса Меганом через водонепроницаемые породы таврического флиша. Вдоль этой линии существуют многочисленные пресные источники явно не связанные с водой из Черного моря.

На странице 282 статьи [2] написано: «*Наличие участка парообразования? подтверждено? бурением 2-х скважин в Ай-Петринской Яйле (Н=1000 м, в центре? участка и у северной? границы). Керны представляли собой породы из трещиноватых известняков с ... температурой более 90°C*» (вопросы мои, В.В.Ю.). С такими утверждениями нельзя согласиться. Во-первых, на месте, показанном на рис. 3 как «*магматический очаг №3*», нет, и не может быть буровых скважин из-за расчлененного горного рельефа на крутом залесенном южном склоне яйлы. Неуказанные по номерам неглубокие скважины на самой яйле расположены севернее. В них никогда пара не описывалась. Представить себе керн трещиноватого известняка с температурой более 90° можно только при аварийном бурении без раствора и нагреве керна при проходке за счет трения.

Подчеркнем, что через вымышленный соавторами [2] «*магматический очаг*» проходит линия ныне действующего Ялтинского гидротоннеля, через который в город поступает вода со Счастливенского водохранилища. Никакого пара, гидротермов, солей, рапы и других «чудес» здесь не отмечалось. Термальных вод в районе Ялты и Ай-Петринской яйлы нет.

О «ГЛУБИННОЙ ГИДРОСФЕРЕ КРЫМА» И ПОИСКАХ ПРЕСНЫХ ЮВЕНИЛЬНЫХ ВОД

На самой яйле в двух километрах к северо-западу от г. Ай-Петри (в пределах Горнокрымской магнитной аномалии) расположена самая глубокая в массиве карстовая шахта-пещера Каскадная. До глубины 400 м от поверхности она вскрыла разрез известняков до зоны полного насыщения вод близ подошвы массива. Никаких признаков пара и гидротермальных вод здесь не обнаружено. Нет декларируемого Н. И. Ковалевым *«горячего дыхания природных опреснителей»* и в других многочисленных карстовых пещерах и шахтах Ай-Петринского массива.

Важно отметить, и то, что в 1 км южнее контура декларируемого *«магматического очага №3»*, на юго-восточной границе Горнокрымской магнитной аномалии была пробурена глубокая параметрическая скважина Ялтинская-1. До глубины 2257 м она не выявила ни термальных, ни пресных вод, тем более с самоизливом. Здесь были вскрыты водонепроницаемый очень сложно дислоцированный и меланжированный флиш таврической формации [6, рис. 5.2.1]. Поэтому рекомендовать на основании сомнительного метода «Поиск» бурение здесь новых глубоких поисковых скважин для выявления *«высоконапорных подземных пресных вод с температурой 80–85°»* совершенно недопустимо.

Как известно, при увеличении температуры и давления растворимость минералов (солей и окислов) в воде закономерно возрастает. Как следствие эмпирически и физически гидротермальные воды не бывают пресными ни в гейзерах, ни при получении их из термальных скважин, как, например, в Равнинном Крыму. Даже предположив наличие в меланжированном таврическом флише термальных вод за счет современного динамокатагенеза, они неизбежно будут существенно минерализованы, что фиксируется в береговых обнажениях. Телетермальные (теплые) опресненные воды возможны только при существенном разбавлении их пресными и холодными карстовыми.

Водный баланс пресных вод и источников Ай-Петринской яйлы и направления стока давно изучены. Окраска воды флюоресцином дает четкое понимание, куда карстовые воды двигаются и где разгружаются. Выводы на основании прибора «Поиск» и метода «ЯМР-геотомографа» противоречат объективным геологическим и геофизическим данным, которые соавторы фантастической гипотезы просто игнорируют.

Последствия предположения о существовании *«природных опреснителей»* еще более дискуссионные. Достаточно проанализировать достоверность декларируемых в Крыму *«прямолинейных сквозных тектонических разломов с напорными подземными водами длиной более 120 км»*, и *«более 50 глубинных потоков пресной воды с температурой 80–85°»*, чтобы понять, что все они противоречат геологическим фактам.

Нельзя не отметить и то, что через 3 года после воссоединения Крыма с Россией писать на страницах Международного журнала «Инновационная наука» [2, стр. 281], что село Орлиное (Севастополь) и город Ялта (Республика Крым) — это «Украина», для трех соавторов из города-героя Севастополя совершенно недопустимо. Это противоречит статье 67-2-1 Конституции Российской Федерации о территориальной целостности и недопустимости призывов к отчуждению части территории РФ. Низкий научный уровень статьи [2] при 46 членах редколлегии Международного

журнала можно объяснить лишь тем, что среди членов (докторов и кандидатов наук разных специальностей) не было ни одного специалиста в геологии.

По району Предгорного Крыма севернее пгт. Зуя опубликованы аналогичные фантастические идеи. Скважины у сел Новожиловка и Кленовка были пробурены в региональный водоносный горизонт нижнего мела. Они никакого отношения не имеют к придуманным уже после бурения *«природным подземным опреснителям, к глубинным потокам подземных вод... и к сети тектонических разломов по природным подземным водоводам»* [1, с. 83].

Н. И. Ковалев не только не ознакомился с тектоникой района и с критериями выделения разрывов, но проигнорировал известные геологические и гидрогеологические данные [5, 6, 7 9, 10 и мн. др.]. Поэтому вывод, что в *«20-и сквозных тектонических разломах может находиться до 900 млн м³ пресной воды, пригодной для питьевого обеспечения...»* [1, с. 83] не имеет никаких оснований. Достаточно посмотреть на строение пещеры Таврида, чтобы понять, что карстовая вода текла не по разломам, а по уклону пластов-коллекторов, над водоупорами.

Фантастические прогнозы о больших запасах глубинной горячей опресненной воды в Крыму, которая якобы постоянно выпаривается на глубине из соленой морской воды близ гипотетических магматических очагов, не соответствует реальным геологическим и физическим фактам. Однако такие подкупающе простые гипотезы для получения финансирования научно-исследовательских работ о нереальных пресных водах в «глубинной гидросфере» нашли новых последователей. Рассмотрим реальность обоснования «глубинной гидросферы» В Крыму.

В статье И. В. Кузнецова с соавторами [3, с. 84 и 11, с. 266] постулируется, что в науке сделано... *«грандиозное научное открытие... о глубинной гидрогеологической инверсии... В нарушение законов гидрохимической зональности (увеличение солености подземных вод с глубиной)... на больших глубинах (от 0.5–1 км до 2–3 км) в процессе глубокого бурения зачастую вскрываются залежи и горизонты пресных вод...»*. Однако во-первых, «глубоким» называется бурение от 4,5 до 6 км. Во-вторых, наличие пресных подземных вод в Равнинном Крыму на значительных глубинах более 130 лет логично объяснялось без привлечения гипотетической «глубинной гидросферы». Реальной причиной является постоянное обновление пресных подземных вод в Крымском артезианском бассейне, что было показано еще в XIX веке Н. А. Головкинским и др. Поэтому называть сомнительную гипотезу украинского ученого А. Е. Лукина и др. *«обоснованной и доказанной теорией»* в данном случае не следует. Предположение, что *«Паро-водные флюидные потоки при движении вверх к поверхности Земли конденсируются и аккумулируются..., образуя залежи слабоминерализованных или пресных вод...»* [3, с. 84] — ничем не обосновано.

Соавторы публикации [3, с. 85] написали следующее: *«В Крыму с целью поиска глубоких вод были проведены геофизические исследования методом... (ЯМР) на объекте «Ново-Александровка» (Предгорный Крым)»*. Однако села Ново-Александровка в Предгорном Крыму нет. Н. И. Ковалев ошибочно сам «построил-нарисовал» такое село на карте в Белогорском районе (рис. 1). Его ошибка повторяется в последующих публикациях [11 и др.]. Реальное село с названием

Новоалександровка расположено в 90 км севернее от пгт. Зуя в Равнинном Крыму (в 20 км к юго-востоку от г. Красноперекоска). Поэтому где и что исследовали соавторы публикаций [2, 3, 11 и др.] методом ЯМР остается непонятным.

Далее на той же странице 85 статьи [3] соавторы утверждают: «...установлено, что выявленная линза глубоких подземных вод в районе с. Ново-Александровки приурочена к гравитационной аномалии, обусловленной близким залеганием к поверхности Зуйского интрузивного комплекса, вскрытого на глубинах 350–400 м в зоне Крымского глубинного разлома» (подчеркивание мое, ЮВВ).

Однако, по геологическим данным ни Зуйского интрузивного (или вулканического) комплекса из ультраосновных пород, ни глубинного разлома, ни самого села Ново-Александровки и линзы глубоких подземных вод на глубине всего 350–400 м здесь не существует.

Статья 2021 года о «глубинной гидросфере Крыма» И. В. Кузнецова и Н. Я. Павлюка [11] показывает аналогичное и нередко дословное повторение фантастических идей и ошибок из публикаций Н. И. Ковалева с соавторами [1, 3]. Пример тому приведен на рис. 1, где показан безмасштабный фрагмент геологической карты с несуществующим селом Ново-Александровка. Разрез не соответствует карте и дан с преувеличенным в 20(!) раз вертикальным масштабом. Отсутствуют условные обозначения, ориентировка разреза и др.

На разрезе в рис. 1 из работы [11] декларируется, что «Зуйская надвиговая вулканогенно-тектоническая структура», связана с «Зуйской интрузией». Только на месте надвигов сжатия в разрезе Л. А. Фиколиной нарисованы... нереальные сбросы растяжения (рис. 1). В записке к геологической карте Украины [10] здесь описан «Зуйский гипербазитовый комплекс». Только он выделен не по реальным фактам, а лишь условно предполагался по литературным данным в тальковых и тальк-хлоритовых сланцах, как вероятных продуктах метаморфизма мантийных гипербазитов [12]. Как видно на рис. 2-Б, на месте «интрузии», декларируемой в статье [11], нет магнитных аномалий, которые должны были бы быть связаны с такими породами. В действительности, небольшие бескорнневые глыбы базальтов и ультрабазитов в кернах скважин района представляют собой глыбы-кластолиты в Присутурном меланже и являются фрагментами офиолитов [6].

Абсолютный возраст пород «Зуйского гипербазитового комплекса» определен в 350 млн лет [10], что соответствует раннему карбону. Получается, что на разрезе (рис. 1) интрузия прорывает более молодую среднекаменноугольную «новоселовскую свиту». Такого в Природе быть не может, т.к. в раннем карбоне толща среднего карбона еще не существовала, и интрузия не могла быть в воздухе.

Следует добавить, что в 3-х км южнее гипотетической «зоны напорных потоков глубоких подземных вод» в статье [11], была пробурена скважина Симферопольская-1 (рис. 2). До глубины 3582 м никаких «термальных, глубинных, напорных и пресных водопроявлений» в ней не отмечалось [13]. В тектоническом меланже здесь были вскрыты отдельные небольшие глыбы средних магматических пород, которые явно не составляют единый Зуйский вулканический комплекс (рис. 3-В).

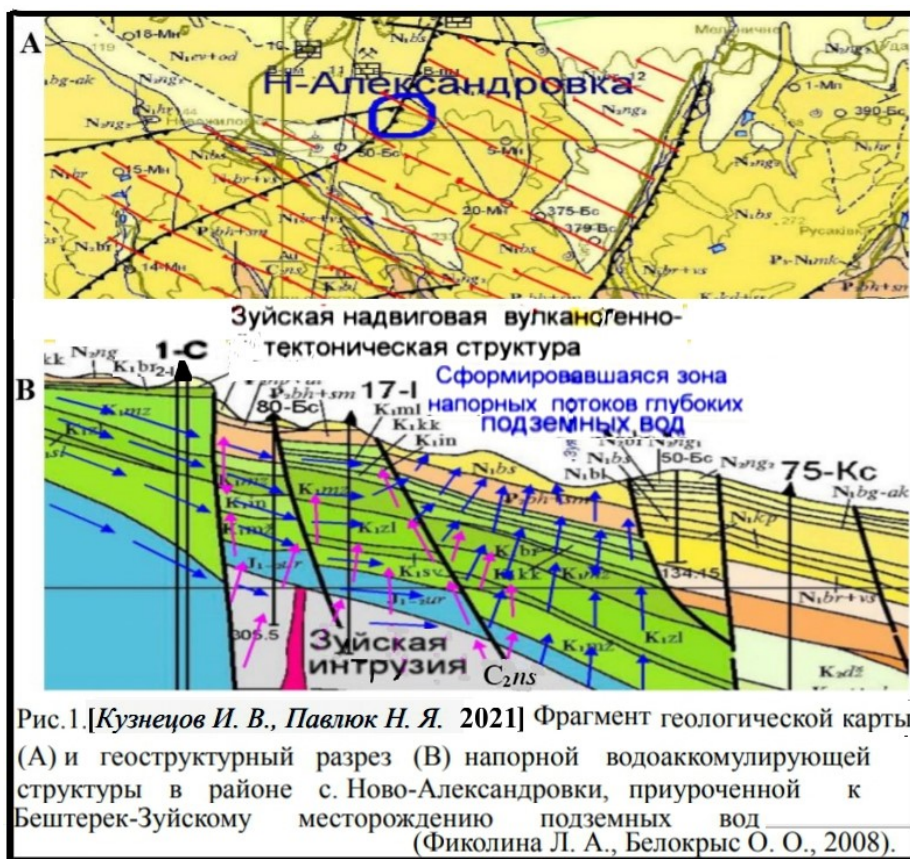
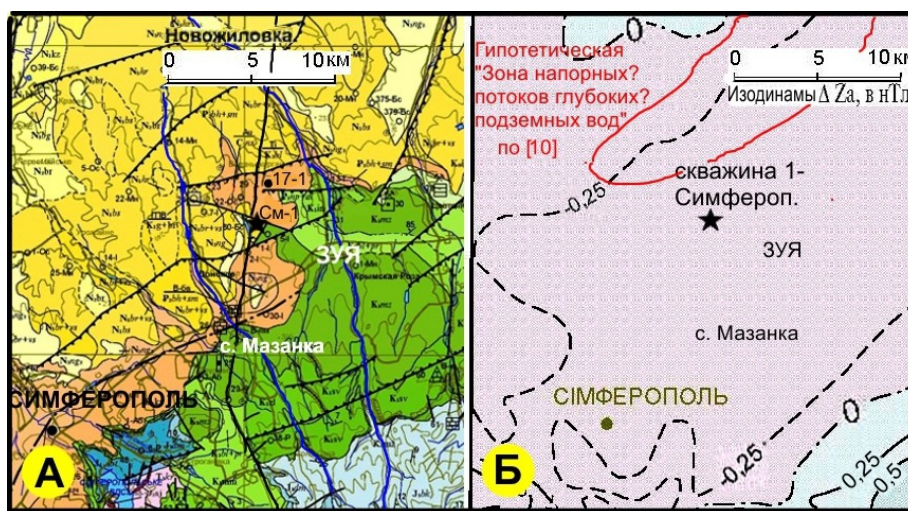


Рис. 1. Проблематичное «обоснование» глубинных вод у пгт. Зуя на рисунке 1 в статье [11].



О «ГЛУБИННОЙ ГИДРОСФЕРЕ КРЫМА» И ПОИСКАХ ПРЕСНЫХ ЮВЕНИЛЬНЫХ ВОД

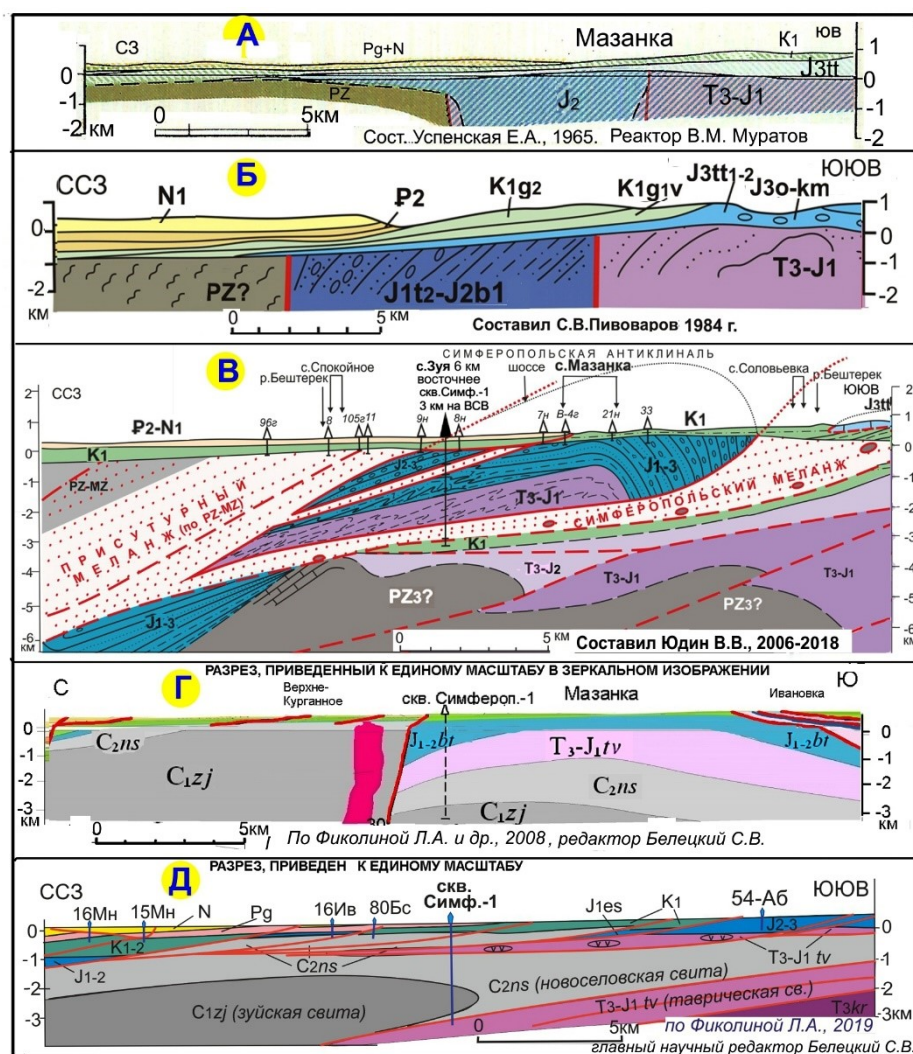


Рис. 3. Разные геологические разрезы через район пгт. Зуя.

В керне нижней части скважины Симф.-1 отмечались запах нефти, соленый вкус керна на сколах и тонкая вкрапленность пирита. Они свидетельствуют об отсутствии на глубине «*потоков пресных подземных вод*». Это подтверждают и расположенные поблизости неглубокие скважины, где водоносными регионально считаются нижнемеловые слои, а подстилающий фундамент сложен водонепроницаемыми метаморфическими породами.

Подчеркнем, что не обоснованная «*Зуйская гипербазитовая интрузия*» была лишь ошибочным предположением Л. А. Фиколиной в 2008 г. [10]. Всеми предшествующими и последующими исследователями такое тело не выделялось [5,

6, 7, 9 и мн. др.], (рис. 3-А, Б, В), Более того, на следующем разрезе 2019 года (составленном той же Л. А. Фиколиной) интрузия уже отсутствует (рис. 3-Д).

Поэтому можно считать странным неаргументированный вывод И. В. Кузнецова и Н. Я. Павлюка, что в районе Зуи есть «...разогретые массивы магматогенных пород, слагающих верхнюю часть литосферы, которые являются источником генерации восходящих флюидных потоков... Зуйская интрузия может выполнять роль подводного тектонического канала, по которому в приповерхностную часть земной коры поступают пароводные флюиды и тепловая энергия земных недр» [11, с. 270]. Но близ Зуи в пещере Таврида тепловой аномалии нет, и постоянная температура составляет 13°C. Важно отметить и то, что, в районе ни в мелких, ни в глубокой скважине Симферопольская-1 [6, 13] не выявлено известняковых пород каменноугольного возраста. Несбалансированные разрезы в работе [5, 10], (рис. 3-Г и 3-Д) игнорируют материалы глубокого бурения [13], (рис. 3-В).

Подчеркнем, что нижнекаменноугольная зуйская свита представлена не декларируемыми в статье [11] «карбонатными отложениями карбона», а сложена водонепроницаемыми филлитоподобными сланцами черносланцевой формации [5, 6, 9, 13]. То же касается якобы среднекаменноугольной новоселовской свиты из динамометаморфических сланцев зеленосланцевой формации [5, с. 5]. Поэтому никаких надуманных соавторами статьи [11, с. 270] «гипогенных карстовых каналов в прокастованных карбонатных отложениях карбона...» здесь нет и быть не может. Выполненный по сомнительному дистанционному методу ЯМР для «Зуйской надвиговой вулканогенно-тектонической структуры» (рис. 1) «...предварительный прогнозный расчёт эксплуатационных ресурсов подземных вод, объёмом 30–34 млн м³/год» [11, с. 271] следует считать совершенно необоснованным. По геологическим данным здесь нет ни потухшего вулкана, ни интрузии, ни каменноугольных карстовых коллекторов [6, 7, 13].

ВЫВОДЫ

Из вышеизложенного следует, что для поиска глубинных пресных ювенильных вод использование прибора «Поиск» и метода ЯМР-геотомографа не эффективно. На государственном уровне метод официально не признан ни в одной из стран мира, в том числе в России. В Крыму нет «Механизмов природного образования подземных питьевых и геотермальных вод вблизи магматических очагов потухших вулканов, расположенных на побережье морей...» [2, с. 277]. Первая причина заключается в том, что в Крыму нет самих «потухших и затухших вулканов». Термин «потухший» (затухших нет) определяет вулкан, сохранивший свою форму и не проявлявший активности в исторический период (10 тыс. лет). В Горном Крыму известны лишь тектонически нарушенные фрагменты среднеюрских «древних» вулканов и интрузивных тел [5, 6, 9, 10].

Вторая причина заключается в том, что, паро-водные флюиды физически не могут конденсироваться близ поверхности. На глубине 3 км при большом давлении температура кипения воды составляет около 400°C. При ее подъеме, у поверхности происходит не конденсация, а вскипание воды при температуре 100°C. Такое вскипание происходит как в скороварке при открытии крышки. Природными

примерами тому являются гейзеры из перегретого у поверхности пара и глубоководные «чёрные курильщики» с не кипящими рассолами с температурой до 430°C и сильно минерализованной водой.

Декларируемые в статье [2] параметры прогнозируемых глубин, площадей, солёности и температур подземных вод, а также подземные участки парообразования в Крыму не реальны. Широкие (7–15 км) и длинные (в сотни км) несуществующие потоки морской воды в «магматические очаги» и образование там «горячих геотермальных озёр пресной воды с $t_w=56\div86^\circ\text{C}$ » и «озёр и потоков пресной воды с температурой $+25\div30^\circ\text{C}$ » [2, стр. 278] – лишь вымысел.

Ложным являются заявления без конкретных фактов, что «*Потоки подземных геотермальных пресных вод в Крыму подтверждены? в трех потоках? бурением четырех? скважин (на глубинах 980–1100 м), а питьевых вод бурением > 80? скважин*» [2, с. 280] (выделения — ЮВВ). Ничем не обоснованные якобы «*Выявленные магматические очаги в Крыму №2 и №3, в которых происходит непрерывное кипение поступающих соленых вод с образованием конденсата в Ай-Петринской яйле... и движение подземных пресных геотермальных вод*». Они представляет собой фантазию неспециалистов, пытающихся получить финансирование на проект, заведомо невыполнимый по результату.

Выводы-призывы соавторов статьи [2, с. 285], что необходимо «...источник образования подземных пресных вод... внести в общий баланс круговорота воды на планете...; ресурсы пресной воды высокого качества, образующихся в магматических очагах, отнести к приоритетной задачи государств...» и даже что «*Необходима международная законодательная база... использование этих вод*» показывает лишь уровень безграничной некомпетентности этих соавторов.

Похожая лженаучная гипотеза полый Земли была разработана ветераном войны 1812 года Дж. Кливсом Симмсом Младшим. Он утверждал, что Земля состоит из нескольких сплошных концентрических сфер, расположенных одна внутри другой (рис. 4-А). В рамках такой гипотезы декларируемая в статье [11] «глубинная гидросфера» Земли в Крыму может быть даже не одна...

То же можно отметить для немногочисленных, но тоже очень убежденных сторонников гипотезы о плоской Земле, которые активно претендуют на международных конференциях на истинность, несмотря на многочисленные и очевидные факты против (рис. 4-Б).

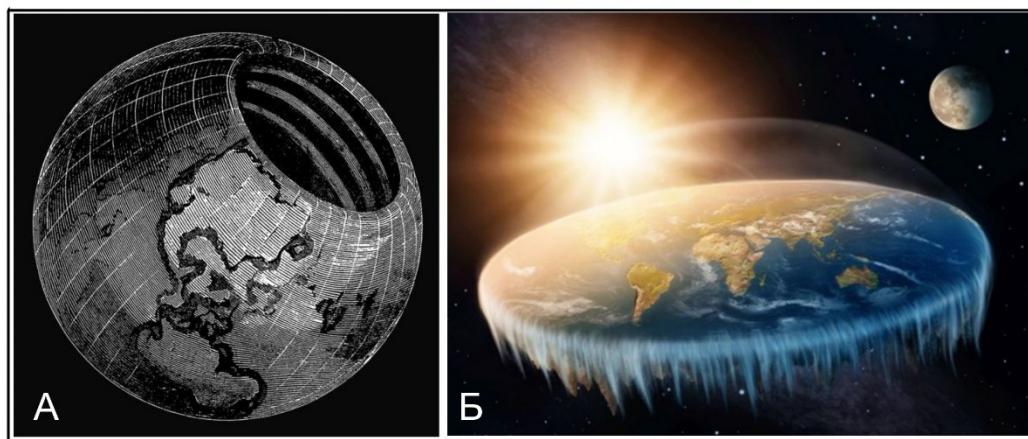


Рис. 4. Иллюстрации к лженаучным гипотезам
полой и плоской Земли.

Таким образом, приведенные в статьях [1, 2, 3, 11 и др.] гипотезы о «глубинной гидросфере Крыма», о «ювенильных пресных водах» и о напорных потоках по «георазломам» пресных вод из очагов древнего магматизма, противоречат геологическому строению конкретных объектов Крыма. Вымышленные горячие «магматические очаги», миграция в них черноморской воды и ее возгонка с образованием огромных потоков пресных вод — лишь лженаучные фантазии.

Горячих магматических очагов в Горном и Предгорном Крыму нет. За, 150–350 млн лет они давно остыли. Не существует здесь тепловых аномалий и термальной переработки пород с молодыми гидротермальными жилами над «очагами». Нет над ними магнитных аномалий, нет выходов магматитов на поверхность. Бурение, карстовые и искусственные полости близ «очагов» не подтверждают наличия термальных пресных вод. В Предгорном Крыму «Зуйская гипербазитовая интрузия» отсутствует. Прогноз рядом с ней пресных вод в «прокарстованных карбонатных отложениях карбона» — ложный, поскольку каменноугольные породы здесь представлены метаморфизованными сланцами.

Финансирование поисков воды под сомнительные дистанционные методы, предложенные коллегами из Севастополя, которые не имеют даже базового геологического образования, не следует принимать и утверждать без экспертизы и обсуждения с профессиональными специалистами. Грамотных геологов, тектонистов, геофизиков и гидрогеологов в Крыму достаточно. Решать водную проблему Крыма на основе необоснованных фантастических гипотез недопустимо. Мы допускаем, что высказывание даже совершенно неправдоподобных гипотез может быть полезным для науки, но лишь в том случае, когда они подтверждаются реальными фактическими данными. Автор благодарит многих коллег-геологов за обсуждение и замечания к статье.

Список литературы

1. Ковалев Н. Природные подземные опреснители морской воды – новые возобновляемые источники глубинных пресных вод в Крыму // Журнал Международная жизнь. 2021. №3. С. 82–83.
2. Ковалев Н. И., Пухлий В. А., Солдатова С. В. Исследование механизма образования подземных пресных вод вблизи магматических очагов потухших вулканов с применением аппаратуры дистанционного резонансно-тестового комплекса «Поиск» // «Инновационная наука». 2017. №01-3. С. 277–285.
3. Кузнецов И. В., Ковалев Н. И., Тарасенко В. С. Новые методические подходы к поиску и оценке ресурсов глубоких подземных вод в Крыму в свете представлений теории формирования глубинной гидросферы / Инновации в геологии, геофизике и географии-2020. Материалы 5-ой Международной научно-практической конференции. М.: «Из-во Перо», 2020. С. 84–85.
4. Ученые обнаружили большой запас подземных пресных вод в Крыму [Электронный ресурс]. URL: https://www.m24.ru/news/nauka/19062020/122370?utm_source=CopyBuf
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации м-ба 1:1000000 Скифская серия, листы L-36, R-36/ автор Фиколина Л.А., ГУП РК «Крымгеология» 2019.
6. Юдин В. В. Геодинамика Крыма. Симферополь: ДИАЙПИ, 2011. 336 с.
7. Юдин В. В. Геологическая карта и разрезы Горного, Предгорного Крыма. Масштаб 1:200000. Изд. 2-е, дополненное. Санкт-Петербург: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2018.
8. Кутас Р. И. Геотермические условия бассейна Черного моря и его обрамления // Геофизический журнал. 2010. Т. 32. № 6. С. 135–158.
9. Геологическая карта Горного Крыма. М-б 1:200000. Мингео УССР, Киев, Составитель С. В. Пивоваров, 1984.
10. Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Кримська серія. Гр. Арк. L-36-XXIX (Сімферополь), L-36-XXXV (Ялта). Поясн. записка / Фіколіна Л., Білокрис О., Обшарська Н. та ін. Київ, КП «Південкогеоцентр», УкрДГРІ, 2008. 370 с.
11. Кузнецов И. В., Павлюк Н. Я. Результаты геолого-геофизических исследований по оценке перспектив получения дополнительных водных ресурсов за счет формирующихся подземных вод в глубинной гидросфере Крыма // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2021. Том 7 (73). № 1. С. 265–275.
12. Спиридонов Э. М., Федоров Т. О., Ряховский В. М. Магматические образования Горного Крыма // Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы. отд. геол. 1990. Т. 65, вып. 4. С. 119–133.
13. Юдин В. В., Гошовский С. В., Еременко Г. К. Геологическая интерпретация скважины Симферопольская-1. В сб. докл. VI Междунар. конф. «Крым-2005»: Геодинамика, сейсмичность и нефтегазоносность Черноморско-Каспийского региона. Симферополь: ДОЛЯ, 2006. С. 87–98.

**ABOUT THE «DEEP HYDROSPHERE OF CRIMEA»
AND SEARCHING FOR FRESH JUVENILE WATERS**

Yudin V. V.

*Crimean Academy of Sciences, Simferopol, Russian Federation
E-mail: namazova.aysel.2014@gmail.com*

The article critically reviews four publications by N. I. Kovalev, and V. I. Kunetsova and co-authors with the hypothesis of the presence in the Crimea of renewable sources of deep fresh pressure water. Three specific examples show that in the Yalta region, near the village of Orlineo and near the village of Zuya in the Piedmont Crimea, there are no grounds for the declared hot magma chambers of extinct volcanoes.

From the analysis of geological and geophysical data, it follows that the use of the Poisk device and the NMR geotomograph method is not effective for searching for deep fresh juvenile waters. This search method is not officially recognized in any of the countries of the world, including Russia.

In Crimea, there are no declared N. I. Kovalev and other mechanisms of natural formation of underground drinking and geothermal waters near the magma chambers of extinct volcanoes located on the coast of the seas. The first reason is that, by definition, there are no "extinct volcanoes" themselves in Crimea. The term "extinct" defines a volcano that has retained its shape and did not show activity in the historical period of 10 thousand years. In the Crimean Mountains, there are only tectonically disturbed fragments of Middle Jurassic "ancient" volcanoes and intrusive bodies.

The second reason is that steam-water fluids cannot physically condense near the surface. At a depth of 3 km at high pressure, the boiling point of water is about 400°C. When water rises to the surface, it does not condense, but boils at a temperature of 100°C. Natural examples of this are geysers from superheated steam near the surface and deep-sea "black smokers" with non-boiling brines with temperatures up to 430°C and highly mineralized water.

The exact parameters of the predicted depths, areas, salinity and temperatures of groundwater, as well as underground areas of vaporization in the Crimea, declared by N.I. Kovalev, are not real. Wide (7–15 km) and long (hundreds of km) non-existent flows of sea water into "magma chambers" and the formation of "hot geothermal lakes and fresh water flows" in them are fiction.

Unsubstantiated are the statements that the flows of underground geothermal fresh drinking water in the Crimean Mountains are confirmed by drilling. Nothing substantiates the opinion that in the magma chambers of the Crimean Mountains there is a continuous boiling of incoming sea salt water with the formation of condensate in the Ai-Petri Yaila, etc. This is a fantasy of non-specialists confirmed by real facts. The recommendations of the co-authors of the reviewed publications on the need to include the search for and high-quality waters formed in magma chambers as a priority task of states are unproven.

According to pseudoscientific hypotheses about a hollow and flat Earth, the declared "deep hydrosphere" of the Earth in Crimea may even be one, but there is no real evidence for this.

The hypotheses about “juvenile fresh waters” and pressure flows along the “geo-faults” of fresh waters from the centers of ancient magmatism, presented in the reviewed articles, contradict the geological structure of specific Crimean objects. Fictional hot “magma chambers”, the migration of Black Sea water into them and its sublimation with the formation of huge flows of fresh water are just unrealistic fantasies.

There are no hot magmatic chambers in the Mountainous and Piedmont Crimea. For 150–350 million years, they have long cooled down. There are no thermal anomalies and thermal processing of rocks with young hydrothermal veins above the “foci”. There are no magnetic anomalies above them, no outcrops of igneous rocks to the surface. Drilling, karst and artificial cavities near the hypotonic “centers” do not confirm the presence of thermal fresh waters.

The declared “Zuya hypermafic intrusion” is absent in Piedmont Crimea. The forecast of fresh waters near it in supposedly prokarst carbonate deposits of the Carboniferous age is not substantiated by anything. Carboniferous rocks here are represented by metamorphosed shales and limestones are not among them.

Funding for water searches using dubious remote methods, proposed by the authors of the reviewed articles, cannot be accepted without examination and discussion with professional specialists. It is unacceptable to solve the Crimean water problem on the basis of unfounded fantastic hypotheses. The advancement of even completely implausible hypotheses can be useful for science, but only if they are confirmed by real factual data.

Ключевые слова: hydrogeology, tectonics, magmatism, hypotheses.

Список литературы

1. Kovalev N. Prirodnye podzemnye opresniteli morskoy vody – novye vozobnovlyаемые istochniki glubinnyh presnyh vod v Krymu // ZHurnal Mezhdunarodnaya zhizn'. 2021. №3. P. 82–83.
2. Kovalev N. I., Puhlij V. A., Soldatova S. V. Issledovanie mekhanizma obrazovaniya podzemnyh presnyh vod vblizi magmaticheskikh ochagov potuhshih vulkanov s primeneniem apparatury distancionnogo rezonansno-testovogo kompleksa «Poisk» // «Innovacionnaya nauka». 2017. №01-3. P. 277–285.
3. Kuznecov I. V., Kovalev N. I., Tarasenko V. S. Novye metodicheskie podhody k poisku i ocenke resursov glubokih podzemnyh vod v Krymu v svete predstavlenij teorii formirovaniya glubinnoj gidrosfery / Innovacii v geologii, geofizike i geografii-2020. Materialy 5-oj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. M.: «Iz-vo Pero», 2020. P. 84–85.
4. Uchenye obnaruzhili bol'shoj zapas podzemnyh presnyh vod v Krymu [Elektronnyj resurs]. URL: https://www.m24.ru/news/nauka/19062020/122370?utm_source=CopyBuf
5. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj federacii m-ba 1:1000000 Skifskaya seriya, listy L-36, R-36/ avtor Fikolina L.A., GUP RK «Krymgeologiya» 2019.
6. YUdin V. V. Geodinamika Kryma. Simferopol': DIAJPI, 2011. 336 p.
7. YUdin V. V. Geologicheskaya karta i razrezy Gornogo, Predgornogo Kryma. Masshtab 1:200000. Izd. 2-e, dopolnennoe. Sankt-Peterburg: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2018.
8. Kutas R. I. Geotermicheskie usloviya bassejna CHernogo morya i ego obramleniya // Geofizicheskij zhurnal. 2010. T. 32. № 6. P. 135–158.
9. Geologicheskaya karta Gornogo Kryma. M-b 1:200000. Mingeo USSR, Kiev, Sostavitel' S. V. Pivovarov, 1984.
10. Derzhavna geologichna karta Ukraïni. Masshtab 1:200 000. Krims'ka seriya. Gr. Ark. L-36-XXIX (Simferopol'), L-36-XXXV (YAlta). Poyasn. zapiska / Fikolina L., Bilokris O., Obshars'ka N. ta in. Kiïv, KP «Pivdenekogeocentr», UkrDGRI, 2008. 370 p.
11. Kuznecov I. V., Pavlyuk N. YA. Rezul'taty geologo-geofizicheskikh issledovanij po ocenke perspektiv polucheniya dopolnitel'nyh vodnyh resursov za schet formiruyushchihsysa podzemnyh vod v glubinnoj

- gidrosfere Kryma // Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. 2021. Tom 7 (73). № 1. P. 265–275.
12. Spiridonov E. M., Fedorov T. O., Ryahovskij V. M. Magmaticheskie obrazovaniya Gornogo Kryma // Byull. Mosk. ob-va ispyt. prirody. otd. geol. 1990. T. 65, vyp. 4. P. 119–133Э.
13. YUdin V. V., Goshovskij S. V., Eremenko G. K. Geologicheskaya interpretaciya skvazhiny Simferopol'skaya-1. V sb. dokl. VI Mezhdunar. konf. «Krym-2005»: Geodinamika, sejsmichnost' i neftegazonosnost' CHernomorsko-Kaspijskogo regiona. Simferopol': DOLYA, 2006. P. 87–98.

Поступила в редакцию 10.12.2021 г.

РАЗДЕЛ 5. ГЕОИНФОРМАТИКА

УДК 528.94 (551.43)

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ РАСТРОВЫХ ФАЙЛОВ СПУТНИКОВОЙ СЪЕМКИ SRTM ДЛЯ РАБОТЫ В ГИС–КАРСТОВЫЙ РЕЛЬЕФ

Вахрушев Б. А.¹, Кунов А. А.², Кунов В. А.³, Швалеев В. Н.⁴

^{1,2,3}Таврическая академия ФГАО ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Российская Федерация

⁴Геологический факультет ФГАО ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, Российская Федерация

E-mail: ¹vakhb@inbox.ru, ²kunovaleksej@gmail.com, ⁴vassvalev@gmail.com

Данная статья рассматривает методику проведения радарной интерферометрической съемки SRTM. Приводит анализ работ, касающихся оценки степени точности растровых файлов настоящей съемки. Рассматривает особенности подготовки SRTM, построение на ее основе гипсометрических картосхем современными открытыми средствами ГИС и возможностью последующего их использования для нужд геоморфологического и карстологического картографирования.

Ключевые слова: SRTM, ГИС, растровое изображение, перепроецирование, интерполяция, картосхема.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития комплекса наук о Земле, качественные геолого-геоморфологические изыскания, как правило, сопровождаются наглядными и информативными картосхемами, выполненными средствами ГИС.

При этом, широкая популяризация геоинформатики способствовала тому, что на данный момент, геоморфологи могут располагать широким спектром как коммерческих, так и открытых программ в сфере геоинформационных технологий, практически не уступающих платному программному обеспечению.

В настоящей работе для анализа данных со спутниковой съемки Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) авторами применялись программы QGIS и SAGA GIS, являющиеся профессиональными ГИС с открытым кодом. Данные программы считаются одними из лучших географических информационных систем, способными конкурировать по количеству и качеству инструментария с любыми коммерческими предложениями в области геоинформационного программного обеспечения.

В последующем метод построения картосхем на базе спутниковой съемки SRTM будет использован при проведении регионального морфогенетического анализа карстовых форм Главной гряды Крымских гор.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ СПУТНИКОВОЙ СЪЕМКИ SRTM. ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ТОЧНОСТИ

Перед началом работы с растровыми файлами SRTM необходимо оценить степень точности, целесообразность и область применения данной съемки.

SRTM представляет собой, открытую для общего пользования, радарную интерферометрическую спутниковую съемку Земли, выполненную в пределах от 56° ю. ш. до 60° с. ш. (рис. 1), что составляет около 80% Земного шара [1, 2].

Спутниковая радарная интерферометрия SRTM — это метод измерений, использующий эффект интерференции электромагнитных волн. Данный метод использовался в сочетании интерферометрической камерой с радиолокационными сенсорами на борту многоорбитального космического корабля «Шаттл». Превая такая съемка была произведена в 2000 г. [3].

Основная методика интерферометрической спутниковой съемки заключается в формировании интерферограммы, которая представляет собой результат наложения двух радиолокационных изображений одной и той же территории, содержащих информацию об амплитуде, фазе и скорости возвращения сигналов, полученных идентичными радарами из близко расположенных точек Земной орбиты [4].

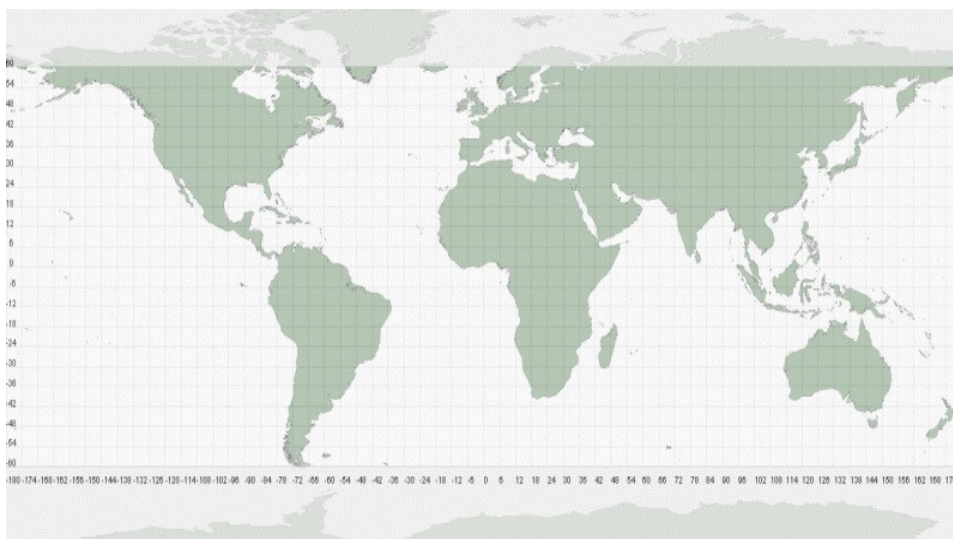


Рис. 1. Территория, покрытая данными SRTM съемки [1].

Данная съемка была переведена в вид растровых файлов цифровой модели рельефа (ЦМР), для которой значение каждого пикселя определяется как величина данной точки местности над уровнем моря. Математической основой данной модели рельефа послужил референц-эллипсоид (датум) WGS84, проекция GCS_WGS_1984 [3, 4] (рис. 2).

Отдельного внимания заслуживает анализ степени точности ЦМР, полученной в ходе данной съемки. А. К. Корвзул и И. Эвиак вывели степень погрешности матрицы SRTM, которая носит характер систематической ошибки и составляет примерно 2,9 м для равнинной территории и 5,4 для холмистого, сильно расчлененного рельефа. По их оценкам данная матрица подходит для создания контурных линий горизонталей на топографических картах и ЦМР масштаба 1:50 000 и мельче, что

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ РАСТРОВЫХ ФАЙЛОВ СПУТНИКОВОЙ СЪЕМКИ SRTM ДЛЯ РАБОТЫ В ГИС – КАРСТОВЫЙ РЕЛЬЕФ

является допустимым масштабом для использования при проведении геоморфологических исследований региональных особенностей развития рельефа [1].

Специалистами АО «Ракурс» степень точности растровых изображений, полученных в ходе съемки SRTM, была оценена на уровне матрицы листа карты масштабом 1:100 000. Такая оценка была обоснована наличием в некоторых районах ЦМР точек с погрешностью съемки до 100 м, в районах с сильно расчлененной горной местностью, что связано с условиями и особенностями съемки отдельных участков земной поверхности (угла наклона снимков, резкого перепада высот в высокогорной местности, сильной расчлененности рельефа и т.д.) [2].

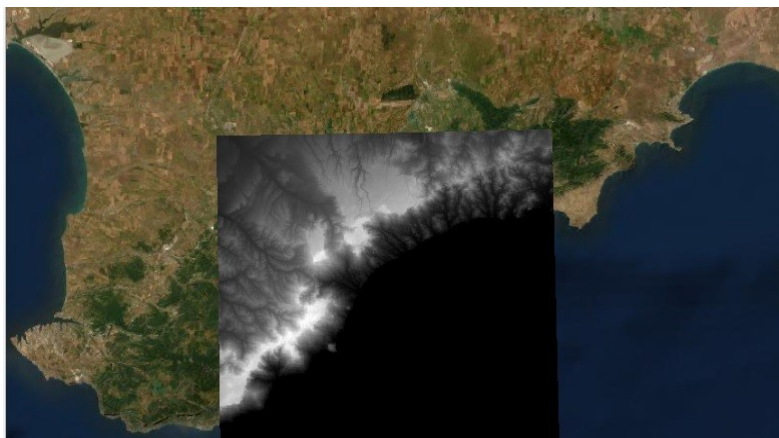


Рис. 2. Лист ЦМР SRTM N44E34, наложенный на спутниковый снимок Крымского полуострова.

При оценке степени точности данных съемки SRTM сотрудники АО «Ракурс» указывают на возможность ее использования для создания ортофотопланов масштабом 1:25 000 и мельче (для районов с равнинным и полого волнистым рельефом) [2].

Следовательно, спутниковая съемка SRTM является одной из самых точных, качественных и наиболее информативных открытых растровых ЦМР. Файлы данной модели Земли достаточно легко поддаются пространственному анализу с помощью современных ГИС, что при правильном подходе, позволяет проводить только с ее помощью целый ряд традиционных морфометрических исследований.

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ РАСТРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ SRTM ДЛЯ РАБОТЫ В ГИС

Подготовку растрового изображениями SRTM для последующего применения при проведении картирования предлагается проводить в два этапа:

1. Перепроецирование листа SRTM, охватывающего территорию исследования из референц-эллипсоида WGS84 в проекцию, отвечающую условиям местности (в

нашем случае, проведение гипсометрического районирования целесообразно проводить в проекции WGS84/UTM zone 36N).

2. Проведение операций по интерполяции растрового изображения SRTM с целью устранения возможных пропусков и сглаживания чрезмерной детализации спутникового сканирования.

Для решения первой задачи необходимо использовать инструмент «Деформация (перепроецирование)» программы QGIS, находящийся в панели инструментов, для преобразования растровых изображений [3] (рис 3).

Для настройки алгоритма инструмента перепроецирования необходимо выбрать растровый слой, требуемый для преобразования, колонке «Целевая система координат» указывается требуемая: WGS84/UTM zone 36N [3].

Далее, для более комфортной работы по сглаживанию рельефа местности объекта исследования, а в данном случае, объектом исследования выступает карстовый массив Караби, выделим его отдельным фрагментом внутри листа растрового изображения N44E34 SRTM. Для этого используем инструмент «Кадрировать растр по охвату» или же «Кадрирование по маске», в зависимости от необходимости дальнейшего построения картосхемы (рис. 4).

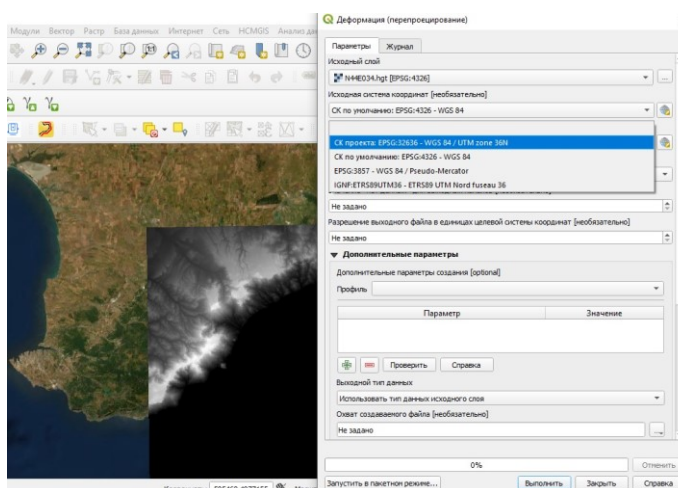


Рис 3. Фрагмент рабочего окна программы QGIS с открытой настройкой алгоритма инструмента «Деформация (перепроецирование)».

Данная маска была использована для дальнейшего преобразования снимка SRTM в полноценную гипсометрическую картосхему горного массива Караби, однако, для начала ее необходимо сгладить с помощью фильтра программы SAGA GIS. Данная процедура вызвана необходимостью убрать множество мелких неровностей, микропонижений а также построек и подстилающей поверхности лесных массивов, встречающихся на пути сканирующих лучей радаров при проведении спутниковой съемки.

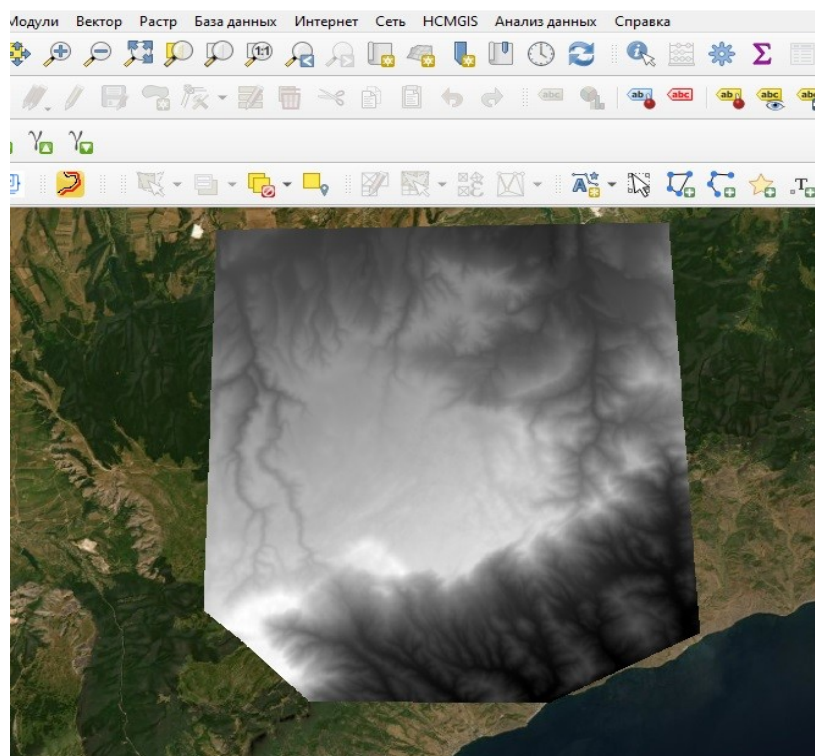


Рис. 4. Результат кадрирования перепроецированного слоя растрового изображения SRTM по произвольной маске, выполненной в полигональном слое.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ГИПСОМЕТРИЧЕСКОЙ КАРТОСХЕМЫ В QGIS С ПОМОЩЬЮ SRTM НА ПРИМЕРЕ КАРСТОВОГО МАССИВА КАРАБИ

Для качественного извлечения рельефа с обработанного ранее растрового слоя SRTM в рабочей панели программы QGIS необходимо создать группу двух дублирующих интерполированных слоев — «Low Pass». Далее, верхний слой переводим в отражение теневого рельефа массива светотонном, с помощью изменения стиля изображения: переходим в свойства слоя, выбираем параметры отображения стиля, далее из перечня возможного типа указываем «теневой рельеф» [3].

На выходе получаем довольно информативное изображение теневого рельефа карстового массива Караби, которое послужит подложкой при нанесении на картосхему светотона, отображающих параметры абсолютной высоты и изолиний (рис. 5).

Следующим этапом при построении гипсометрической картосхемы является нанесение цветового градиента, отражающего показатели абсолютной высоты через каждые 100 метров [5], для чего используется второй, дублирующий слой растра «Low Pass». Светотон накладывается с помощью изменения стиля отображения данного растра с черно-белого на одноканальное псевдоцветное. При настройке

отображения псевдоцветного стиля необходимо задать дискретную интерполяцию, равные интервалы для отображения цвета в зависимости от показателя абсолютной высоты, подобрать цветовое решение для корректного отображения значений абсолютных высот цветом [3].



Рис. 5. Теневой рельеф карстового массива Караби, полученный в результате преобразования сглаженного растрового слоя SRTM.

Для большей наглядности полученного изображения на гипсометрические картосхемы наносят изолинии [5]. В последних версиях QGIS есть возможность построения как векторных, так и полигональных типов изолиний, что удобно при проведении пространственного анализа различных типов форм рельефа. В нашем случае для построения изолиний использован инструмент обработки растровых изображений, который называется «Извлечение изолиний» [3] (рис. 6).

Полученные в ходе выполнения алгоритма заданной команды изолинии могут быть подписаны и отредактированы в настройках их свойств, по аналогии с растровым изображением SRTM [3].

Данная картосхема может быть подготовлена для печати и оформлена обязательными атрибутами (названием, легендой, указанием использованного масштаба) при редактировании инструментом по созданию макета карты в разделе «Проект» [3].

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ РАСТРОВЫХ ФАЙЛОВ СПУТНИКОВОЙ СЪЕМКИ SRTM ДЛЯ РАБОТЫ В ГИС – КАРСТОВЫЙ РЕЛЬЕФ

В данной статье для сохранения приемлемого качества при печати картосхемы при оформлении макета толщина изолинии их контрастность цветопередачи были уменьшены. Надписи убраны (рис. 7).

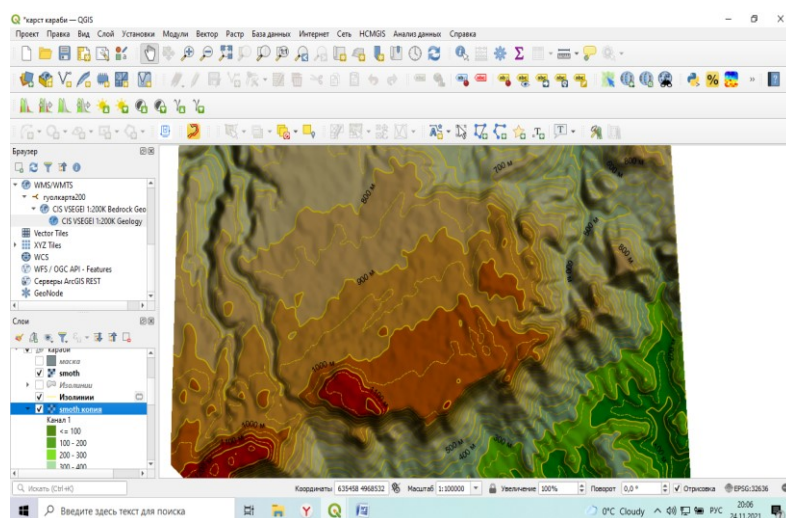


Рис. 6. Фрагмент интерактивной карты массива Караби в окне программы QGIS после нанесения светотона и изолиний.

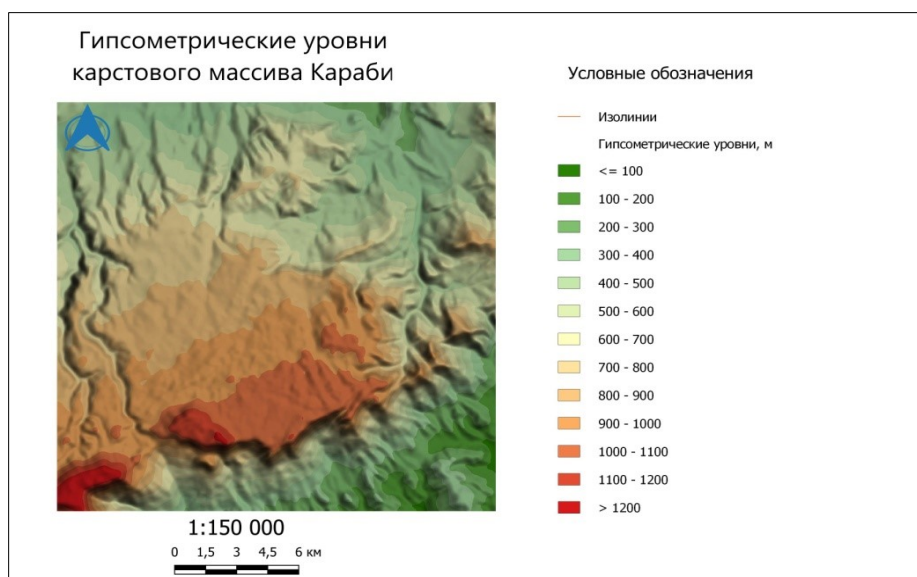


Рис. 7. Гипсометрические уровни карстового массива Караби.

На основании данных полученной картосхемы была построена диаграмма процентного отношения различных высотных уровней исследуемого карстового

массива. По данным приведенной диаграммы (рис. 8), значительную часть высотных уровней занимают ступени Нижнего плато — 700–1100 м (до 35,7% от общей площади массива), с наибольшими показателями поверхностной закарстованности. Максимально закарстованная зона занимает отметки 800-900 м, где преобладают титон-берриасовые известняки верхней юры. Коэффициент поверхностной закарстованности для данной части массива равен 2,5. Верхнее плато занимает высотную ступень 1100–1260 м и составляет всего 2,4% от общей площади (коэффициент поверхностной закарстованности составляет менее 0,05 [6]). Остальные высотные уровни занимают склоны различной экспозиции, процессы поверхностного карстования для которых не характерны.

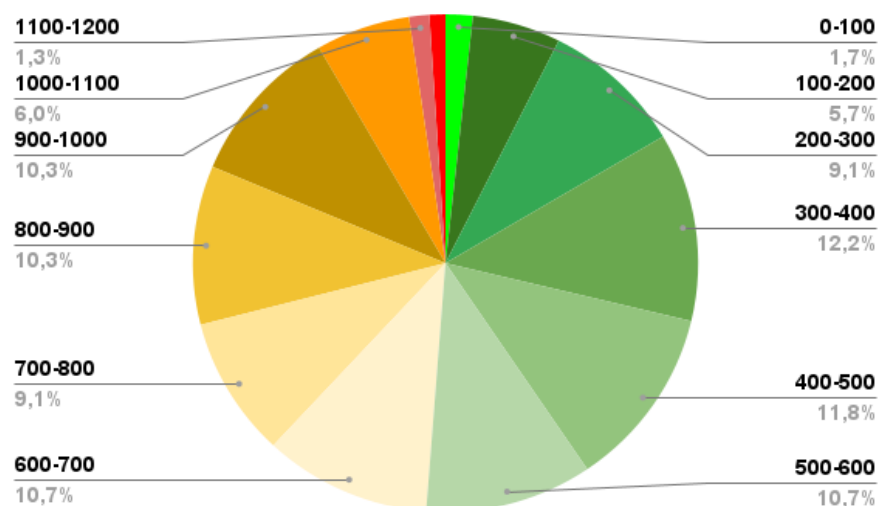


Рис. 8. Соотношение площадей различных высотных уровней карстового массива Караби.

ВЫВОДЫ

Растровое изображение интерферометрической спутниковой съемки SRTM представляет собой достаточно точную цифровую модель поверхности Земли и может использоваться для геоморфологического анализа карстового рельефа.

При незначительном сглаживании и переводе под подходящую району исследования проекцию, растровое изображение данной съемки дает возможность получать точные картосхемы гипсометрических уровней масштаба 1:50 000 и мельче. При необходимости, с помощью современных ГИС, из растра SRTM возможно извлекать и иные географические данные: крутизну склонов, их экспозицию, проводить объединение атрибутов различных слоев, с целью проведения статистического анализа.

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ РАСТРОВЫХ ФАЙЛОВ СПУТНИКОВОЙ СЪЕМКИ SRTM ДЛЯ РАБОТЫ В ГИС – КАРСТОВЫЙ РЕЛЬЕФ

Следовательно, при проведении региональных геоморфологических изысканий, в частности, картирования и пространственного анализа карстовых форм рельефа, в качестве математической основы могут применяться материалы спутниковой съемки SRTM. Свободная доступность, высокая степень точности, широкий перечень исходных данных, поддающихся анализу и обработке средствами ГИС, существенно облегчают задачу отражения результатов полевых и камеральных исследований карстового рельефа на карте.

Список литературы

1. Karwel A. K., Ewiak I. Estimation of the accuracy of the SRTM terrain model on the area of Poland, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B7. Beijing 2008, pp. 169–172.
2. Карионов И. Ю. Оценка точности матрицы SRTM. Москва, «Ракурс», 2009 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.racurs.ru/?page=506>
3. Карандеев А. Ю., Михайлов С. А. Географические информационные системы. Практикум. Базовый курс: Учеб. пособие для ВУЗов. Липецк, 2014. 111 с.
4. Дубинин М. Описание и получение данных SRTM [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/srtm.html>
5. Вахрушев Б.А., Амеличев Г.Н. Картографирование горного карста. Проблемы и методы. // Проблемы моделирования в геоморфологии. Подходы и методы. Новосибирск, 1990. С. 106–107.
6. Вахрушев Б.А. Морфологический анализ поверхностного карста Крымских гор // Культура народов Причерноморья. Симферополь, 2002, №35. С.15–20.

FEATURES OF PREPARATION OF RASTER FILES OF SRTM SATELLITE IMAGERY FOR WORK IN GIS - KARST RELIEF ON THE EXAMPLE OF HYPSONETRIC ZONING KARST MASSIF OF KARABI (CRIMEA MOUNTAINS)

Vakhrushev B. A.¹, Kunov A. A.², Kunov V. A.³, Shvaley V. N.⁴

¹V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation

²Perm State National Research University, Perm, Russian Federation

E-mail: ¹vackhb@inbox.ru, ²kunovaleksej@gmail.com, ⁴vassvaley@gmail.com

This work considers the methodology of conducting radar interferometric survey SRTM. Provides an analysis of works concerning the assessment of the degree of accuracy of raster files of this survey. Considers the features of SRTM preparation, the construction of hypsonetric cartosystems based on it by modern open GIS tools and the possibility of their subsequent use for the needs of geomorphological, in particular karstological, mapping.

At the present stage of the development of the complex of sciences "about the Earth", high-quality geological and geomorphological surveys, as a rule, are accompanied by visual and informative maps made by GIS tools.

At the same time, the wide popularization of geo-informatics has contributed to the fact that at the moment, geomorphologists can have a wide range of both commercial and open-source programs in the field of geo-information technologies that are in no way inferior to

paid software. In this paper, to analyze data from SRTM satellite imagery, the authors will use the QGIS and SAGA GIS program, which are professional open-source GIS. These programs are considered to be one of the best geographic information systems capable of competing in terms of quantity and quality of tools with any commercial offers in the field of geo-information system support.

In the future, the method of constructing maps based on SRTM satellite imagery will be used in the regional morphogenetic analysis of karst forms of the Main ridge of the Crimean Mountains.

Preparation of the SRTM bitmap images for conducting research on a certain territory takes place in two stages:

1. Reprojecting the SRTM sheet covering the study area from the WGS84 reference ellipsoid into a projection that meets the terrain conditions (in our case, it is advisable to conduct hypsometric zoning in the WGS84/UTM zone 36N projection).
2. Performing operations to interpolate the SRTM raster image in order to eliminate possible omissions and smooth out excessive detail of satellite scanning.

Keywords: SRTM, GIS, bitmap, reprojection, interpolation, cartographic scheme.

References

1. Karwel A. K., Ewiak I. Estimation of the accuracy of the SRTM terrain model on the area of Poland, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B7. Beijing 2008, pp. 169–172.
2. Karionov I. YU. Ocenka tochnosti matricy SRTM. Moskva, «Rakurs», 2009 g. [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.rakurs.ru/?page=506>.
3. Karandeev A. YU., Mihajlov S. A. Geograficheskie informacionnye sistemy. Praktikum. Bazovyy kurs: Ucheb. posobie dlya VUZov. Lipeck, 2014. 111 p. (In Russian).
4. Dubinin M. Opisanie i poluchenie dannyh SRTM [Elektronnyj resurs]. URL: <http://gis-lab.info/qa/srtm.html>.
5. Vakhrushev B. A., Amelichev G. N. Kartografirovaniye gornogo karsta. Problemy i metody // Problemy modelirovaniya v geomorfologii. Podhody i metody. Novosibirsk, 1990. P. 106–107. (In Russian).
6. Vakhrushev B. A. Morfologicheskij analiz poverhnostnogo karsta Krymskih gor // Kul'tura narodov Prichernomor'ya. Simferopol', 2002, №35. P.15–20. (In Russian).

Поступила в редакцию 11.11.2021 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Амеличев Геннадий Николаевич	кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры физической и социально-экономической географии, ландшафтоведения и геоморфологии, факультет географии, геоэкологии и туризма, Институт «Таврическая академия», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
Баранов Игорь Павлович	старший инженер, Институт биологического приборостроения РАН – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН, г. Пущино, Российская Федерация.
Баутиста Эспиноза Хьюго	кандидат биологических наук, доцент кафедры сервиса и туризма, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Российская Федерация.
Бригида Владимир Сергеевич	кандидат технических наук, научный сотрудник, лаборатория «Математического моделирования природных процессов», Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», г. Сочи, Российская Федерация.
Вахрушев Борис Александрович	доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой физической и социально-экономической географии, ландшафтоведения и геоморфологии, факультет географии, геоэкологии и туризма, Институт «Таврическая академия», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
Гайнанов Шарибзан Хатинович	кандидат геолого-минералогических наук, доцент, ПГНИУ Пермский государственный научно-исследовательский университет, г. Пермь, Российская Федерация.
Долгих Екатерина Дмитриевна	старший преподаватель кафедры экологии и природопользования, Луганский государственный аграрный университет, г. Луганск.
Коновалова Анна Витальевна	старший преподаватель кафедры экономической, социальной и политической географии Института географии, геологии, туризма и сервиса, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», г. Краснодар, Российская Федерация.
Корчагина Юлия Станиславовна	аспирант, Казанский федеральный университет, г. Казань, Российская Федерация.

Крисак Олег Сергеевич	старший преподаватель, Донецкий национальный технический университет, г. Донецк.
Кунов Алексей Андреевич	аспирант кафедры физической и социально-экономической географии, ландшафтоведения и геоморфологии, факультет географии, геоэкологии и туризма, Институт «Таврическая академия», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
Кунов Валерий Андреевич	обучающийся факультета географии, геоэкологии и туризма, Институт «Таврическая академия», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
Кутикова Екатерина Викторовна	обучающаяся кафедры физической и социально-экономической географии, ландшафтоведения и геоморфологии, факультет географии, геоэкологии и туризма, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
Лысенко Виталий Иванович	кандидат геологических наук, доцент кафедры географии океана, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Филиал МГУ в г. Севастополь, Российская Федерация.
Медведь Ольга Михайловна	кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биологии растений, Луганский государственный аграрный университет, г. Луганск.
Миронова Наталья Всеволодовна	кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Российская Федерация.
Назаренко Назар Николаевич	доктор биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Южноуральский государственный гуманитарно-педагогический университет», г. Челябинск, Российская Федерация.
Павлов Игорь Олегович	кандидат географических наук, доцент, Донецкий национальный технический университет, г. Донецк.
Панасюк Михаил Валентинович	доктор географических наук, профессор кафедры географии и картографии, Казанский федеральный университет, г. Казань, Российская Федерация.
Панина Мария Викторовна	кандидат географических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Южноуральский государственный гуманитарно-

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Панкеева Татьяна Викторовна	педагогической университет», г. Челябинск, Российская Федерация. кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Российская Федерация.
Пархоменко Анастасия Владимировна	старший инженер-исследователь, Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Российская Федерация
Пашутина Елена Николаевна	кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры фармакологии и фармацевтических дисциплин, Государственный гуманитарно-технологический университет, г. Орехово-Зуево, Российская Федерация.
Позаченюк Екатерина Анатольевна	доктор географических наук, профессор, профессор кафедры физической и социально-экономической географии, ландшафтоведения и геоморфологии, факультет географии, геоэкологии и туризма, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
Попов Юрий Витальевич	кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Институт наук о Земле, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация.
Сарафанов Александр Александрович	кандидат технических наук, научный сотрудник кафедры рекреационной географии и туризма, географический факультет, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация.
Сарафанова Анастасия Геннадьевна	научный сотрудник кафедры рекреационной географии и туризма, географический факультет, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация.
Сигидиненко Ирина Викторовна	старший лаборант кафедры биологии растений, Луганский государственный аграрный университет, г. Луганск.
Сигидиненко Людмила Ивановна	кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биологии растений, Луганский государственный аграрный университет, г. Луганск.
Скударь Мария Константиновна	студентка, ФГАОУ ВО НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва, Российская Федерация.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Соколов Иван Дмитриевич	доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биологии растений, Луганский государственный аграрный университет, г. Луганск.
Соколова Елена Ивановна	кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры экологии и природопользования, Луганский государственный аграрный университет, г. Луганск.
Тимченко Зинаида Владимировна	кандидат географических наук, доцент, Государственное бюджетное учреждение Республики Крым «Крымская гидрогеолого-мелиоративная экспедиция», Симферополь, Российская Федерация.
Требушкова Ирина Егоровна	кандидат географических наук, доцент ФГБОУ ВО «Курский государственный университет», г. Курск, Российская Федерация.
Уленгов Руслан Анатольевич	кандидат географических наук, доцент кафедры теории и методики географического и экологического образования, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Российская Федерация.
Шабалина Светлана Александровна	кандидат географических наук, доцент кафедры сервиса и туризма, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Российская Федерация.
Швалеев Василий Николаевич	выпускник Геологического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь, Российская Федерация.
Шерстобитов Юрий Валерьевич	кандидат географических наук, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Южноуральский государственный гуманитарно-педагогической университет», г. Челябинск, Российская Федерация.
Щучкина Татьяна Федоровна	магистрант кафедры экономической, социальной и политической географии Института географии, геологии, туризма и сервиса, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», г. Краснодар, Российская Федерация.
Юдин Виктор Владимирович	доктор геолого-минералогических наук, профессор, вице-президент, руководитель Отделения естественных наук, Межрегиональная общественная организация Федерация.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

Панасюк М. В., Корчагина Ю. С.

Территориальная организация инфокоммуникационной инфраструктуры
Приволжского федерального округа 3

Сарафанова А. Г., Сарафанов А. А.

Апитуризм как перспективный вид сельской рекреации и бизнеса 11

Требушкова И. Е.

Географический анализ государственной политики в отношении
наucoгpaдoв Poccии 20

Шабалина С. А, Баутиста X., Уленгов Р. А.

Теория компромиссных решений как эффективный инструмент
совершенствования туристской сферы региона..... 36

Щучкина Т. Ф., Коновалова А. В.

Перспективное использование рекреационных ресурсов
горно-предгорных территорий (на примере Апшеронского района
Краснодарского края и Республики Адыгея) 45

РАЗДЕЛ 2. ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ

Панкеева Т. В., Миронова Н. В., Пархоменко А. В.

Современные ландшафты западного побережья Севастополя 54

Позаченюк Е. А., Тимченко З. В., Кутикова Е. В.

Ландшафтно-гидрологический подход к изучению речных ландшафтов
Алуштинского амфитеатра 70

РАЗДЕЛ 3. ГИДРОЛОГИЯ, ОКЕАНОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

Бригида В. С.

Сезонная изменчивость прибрежной гидродинамики в Каспийском море..... 83

*Соколов И. Д., Пашутина Е. Н., Медведь О. М., Сигидиненко Л. И., Соколова Е. И.,
Долгих Е. Д., Сигидиненко И. В.*

Тенденции изменений приземной температуры воздуха в Луганщине..... 101

<i>Nazarenko N. N., Panina M. V., Sherstobitov Y. V., Skudar M. K.</i> Analysis of tendencies in the spatial and temporal distribution of temperature and precipitation across Chelyabinsk Region and the formation of heat and moisture availability zones	114
--	-----

РАЗДЕЛ 4. ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

<i>Амеличев Г. Н.</i> Оценка карстовой опасности при дорожном строительстве в Севастополе	130
--	-----

<i>Баранов И. П.</i> Гидрологический потенциал и проблемы водозаборов Северо-Восточного Крыма относительно литодинамической ситуации региона	145
---	-----

РАЗДЕЛ 5. ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ПАЛЕОНТОЛОГИЯ И СТРАТИГРАФИЯ

<i>Гайнанов Ш. Х.</i> Влияние гипергенеза на формирование инженерно-геологических свойств пород красноцветной терригенной формации (на примере Прикамья)	159
---	-----

<i>Крисак О. С., Павлов И. О., Попов Ю. В.</i> Особенности структурной локализации жильных тел с кварцем типа «диамантов Донбасса» Селезневского угленосного района (складчатый Донбасс)	169
---	-----

<i>Лысенко В. И.</i> Палеогеографические условия образования «карбонатов просачивания углеводородов» по результатам изучения гераклитов (Юго-Западный Крым)	179
--	-----

<i>Юдин В. В.</i> О «глубинной гидросфере Крыма» и поисках пресных ювенильных вод	204
--	-----

РАЗДЕЛ 6. ГЕОИНФОРМАТИКА

<i>Вахрушев Б. А., Кунов А. А., Кунов В. А., Швалеев В. Н.</i> Особенности подготовки растровых файлов спутниковой съемки SRTM для работы в ГИС–карстовый рельеф	219
Сведения об авторах	229