

# **УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ**

**КРЫМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО  
УНИВЕРСИТЕТА имени В. И. ВЕРНАДСКОГО.  
ГЕОГРАФИЯ. ГЕОЛОГИЯ**

**Научный журнал**

**Том 10 (76). № 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, 2024**

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 «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 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 1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение (географические науки), 1.6.9. Геофизика (геолого-минералогические науки), 1.6.12. Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов (географические науки), 1.6.13. Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география (географические науки), 1.6.14. Геоморфология и палеогеография (географические науки), 1.6.21. Геоэкология (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 №2 от «14» марта 2023 г.)**

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

Аркадьев В.В., д.г.-м.н.,  
профессор

Амеличев Г.Н., к. г. н., доцент

Боков В.А., д. г. н., профессор

Вольфман Ю.М., д. г.-м. н.,

профессор

Вольхин Д.А., к.г.н.

(ответственный секретарь)

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 (Азербайджан)

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

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.

Старожилов В.Т., д.г.н.,

профессор

Страчкова Н.В., к. г. н., доцент

Холощев А.В., д. г. н.,

профессор

Шаповалов Ю.Б., д.г.-м.н.,

с.н.с.

Швец А.Б., к. г. н., доцент

Юдин В.В., д.г.-м.н., профессор

Яковенко И.М., д. г. н.,

профессор

Подписано в печать \_\_. \_\_. 2024. Формат 70x100 1/16 Объем 12,3 усл. п. л. Заказ № \_\_. Цена: Бесплатно.

Тираж \_\_ экз. Дата выхода в свет \_\_. \_\_. 2024 Адрес редакции: 295007, г. Симферополь, проспект Вернадского, 4

Отпечатано в Издательском доме Крымского федерального университета 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 911.3:30*

**МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ ЭТОСА В ГЕОГРАФИЧЕСКОМ**  
**ПРОСТРАНСТВЕ (НА ПРИМЕРЕ АРМЕНИИ)**

*Любичанковский А. В.*

*Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация*  
*E-mail: av-lubichan@yandex.ru*

В статье с позиции этнологической географии представлена методика выявления конкретных компонентов геэтоса в реальном географическом пространстве. Базовой составляющей такой методики выступают традиционные социально-географические методы исследования, дополненные широким применением историко-географического подхода и современными подходами в области географического моделирования. На примере Армении показана методика идентификации ядер специфической ментальности путем наложения выявленных пространственных конфигураций по каждому геэтологическому компоненту. Актуализируется метод включенного наблюдателя в контексте геэтологического исследования.

**Ключевые слова:** география ментальности, этнологическая география, этос, геэтос.

**ВВЕДЕНИЕ**

Этологическая география как наследница моральной географии И. Канта рассматривается нами как идиографическая ветвь географии, ориентированная на исследовательскую триаду «образ» — «уникальное» — «деятельность». Географическое исследование направлено не на саму ментальность, а на идентификацию различий ментальности от места к месту во взаимодействии с другими явлениями.

Нами сформирована и апробирована в конкретном полимасштабном исследовании оригинальная понятийно-терминологическая структура, позволяющая охарактеризовать ментальность как культурно-географическое явление [1, 2]. Обосновано узловое понятие для идентификации ментальности в геокультурном пространстве — геэтос. В качестве элементов и подсистем геэтоса рассмотрены следующие его основные компоненты: связь с вмещающим ландшафтом; территориальная идентичность; геэтнокультурная стратификация; социально-территориальная иерархия общества; гендерные соотношения в общественно-географических процессах (территориальные отличия гендерных соотношений в общественно-географических процессах и региональные особенности гендерной идентификации и восприятия гендерных ролей в обществе); пространственные мифологемы (ключевые представления о пространстве в геокультурной системе). Эти компоненты выступают базовыми предельными уровнями геэтоса, от которых возможны множество производных. Эти уровни позволяют рассмотреть геэтос как интегрально-пространственную структуру всего общества [3].

Ментально-географическая организация общества идентифицируется сквозь призму культурно-географической методологии. Анализ инструментально-методических приемов и методики выявления компонентов геотоса проводится нами с предметно-содержательных позиций складывающегося научного направления — этологической географии. Культурный ландшафт и культурно-территориальная общность – варианты геосистем, структурирующие геокультурное пространство, выражают ментальность в определенном геотосе.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Опираясь на охарактеризованный нами теоретико-методологический аппарат этологической географии [3], представим методику выявления конкретных компонентов геотосов в реальном географическом пространстве.

Разработанная методика позволяет идентифицировать ментальность в географическом пространстве через вмещающий ландшафт и ряд культурно-географических параметров (территориальная идентичность; геотнокультурная стратификация; социально-территориальная иерархия общества; гендерные соотношения в общественно-географических процессах; пространственные мифологемы) путем нахождения пространственной стыковки в макросоциальных отношениях. С предметно-содержательных позиций этологической географии эти компоненты выступают базовыми предельными уровнями геотоса, от которых возможны множественные производные. Эти уровни позволяют рассмотреть геотос как интегрально-пространственную структуру всего общества.

## **ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА**

Четыре метода характеризуются универсальностью и могут быть использованы для отображения всех основных компонентов геотоса (связь с вмещающим ландшафтом; территориальную идентичность; геотнокультурную стратификацию; социально-территориальную иерархию общества; гендерные соотношения в общественно-географических процессах; пространственные мифологемы).

Представим базовые методы выявления этоса в географическом пространстве и форму их проведения в следующей таблице (табл. 1). Типология всех используемых нами методов представлена на схеме ниже (рис. 1).

Обозначим совокупность процедур и операций практического выявления геотоса. Обозначенные нами компоненты исследуются различными конкретными методиками в трансдисциплинарном научном пространстве, их сочетание и вариации могут быть подобраны в большом количестве. Более того, выбор отдельных методик часто оказывается делом предпочтения конкретного исследователя. Таким образом, учитывая зарождающийся характер этологической географии, мы не предлагаем какую-то застывшую форму научного исследования, но опираемся на свой исследовательский опыт по выявлению основных компонентов геотоса на различных пространственных уровнях. Мы надеемся, что толчком к ускоренному развитию методики послужит рост географической информации, связанный с тем пластом исследований, который мы называем

## МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ ЭТОСА В ГЕОГРАФИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ (НА ПРИМЕРЕ АРМЕНИИ)

этологическая география. Необходимость научной организации исследований и создание эффективной системы методов вырастет из новых методических приемов и с решением ещё не решавшихся или оставшихся до сих пор нерешенными проблемами.

Таблица 1.

Форма проведения основных методов исследования в этологической географии

Методы исследования	Форма проведения
Историко-географический подход	Камеральный этап по пространственно-временному анализу
Социологические	Опросники и анкетирование по выявлению характерных составляющих геоэтоса, фокусированное интервью на местности (полевая и камеральная формы)
Полевой	Определение территориальных маркеров идентификации геоэтоса и фокусированное интервью с респондентами
Картографический	Картографирование территориальной привязки социологических измерений, ядер специфического этоса, выявление сопряженности этих ядер, иерархии, определения ареалов приоритетного влияния, вычленение «серых», переходных, полизависимых зон и т.п.

Составлено автором.

Мы предлагаем следующую методическую структуру, в которой используемые методы группируются в соответствии с решаемыми задачами.

В первом приближении методика выявления геоэтоса (этоса в географическом пространстве) представляет собой вычленение основных компонентов в конкретной пространственно-временной обстановке. Дальнейшая разработка методики связана с исследованием настоящего состояния выявленного геокомпонента как результата его пространственно-временного развития. Осуществив этот методический принцип, можно выходить на географическое моделирование выявленной картины, используя синтез полученного разнообразного фактического материала.

Сбор фактического материала производится на основе использования комплекса частных методов анализа.

Основное правило составления методики выявления геоэтоса — использование методики сопряженного анализа, обусловленного сложностью объекта исследования. Принцип комплексности — базовой для всей географической науки — повышает надежность полученных результатов, обеспечивая контроль и дополнение данных.

В целом, в соответствии с выделенными нами основными компонентами геоэтоса можно предложить следующую совокупность основных методов.

Для геоэтологического компонента — связь с вмещающим ландшафтом предполагающего определения регионального природопользования, то есть

«привязанный к месту или местности аспект взаимодействия общества с природой, общественного воспроизводства (хозяйства) в самом широком смысле слова, формирующий распределение населения по Земле, его расселение (экистику), основные системы жизнеобеспеченности, закономерности образования и эволюции так называемых территориальных общностей людей начиная с первичного этногенеза и даже более древних форм социализации первобытного населения. Природопользование определяет и образует тип использования земли (территории), а последнее служит индикатором важнейших черт функциональной и качественно-технической определенности природопользования» [4].



Рис. 1. Типология методов исследования геоэтноса.

Составлено автором.

Концепция историко-культурных типов, изначально формировавшаяся как историко-географическая [5, 6, 7], имеет методический потенциал в применении к

## МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ ЭТОСА В ГЕОГРАФИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ (НА ПРИМЕРЕ АРМЕНИИ)

современным моно- и полиэтничным формам хозяйствования в регионах, где природопользование закономерно связано с определенной структурой природно-ресурсного потенциала. На это обращали внимание некоторые ведущие этноэкологи [8].

Основным методом, определяющим специфику природопользования, является картографический метод. Путем наложения картографически отображенных историко-культурных районов он позволяет соотнести природно-ресурсную специфику с определенным типом этногеографического содержания.

Важным критерием анализа природопользования является системный подход, предполагающий установление взаимосвязей между всеми ключевыми компонентами во взаимодействии человеческого сообщества с вмещающим ландшафтом.

Приведем пример геоэтологической характеристики компонента связи с вмещающим ландшафтом для территории Армении. Этот компонент через контактно-установочный макротип социальных отношений — определенный культурно-хозяйственный тип, выражен в соответствующей историко-культурной области (рис. 2).

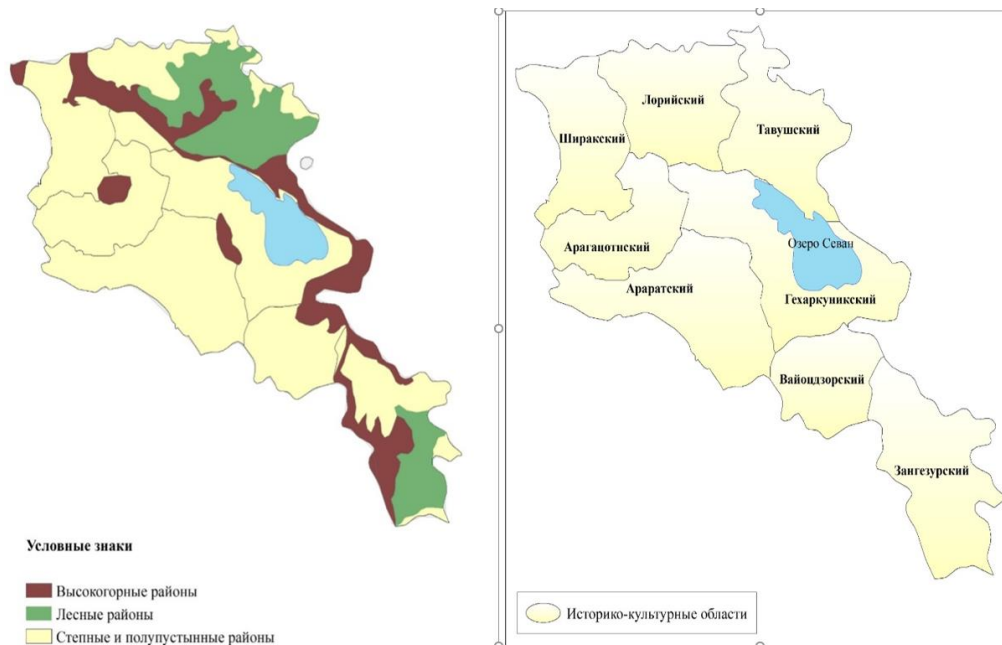


Рис. 2. Основные типы природных ландшафтов и историко-культурные области Армении.

Составлено автором.

По приведенным картосхемам можно идентифицировать горно-лесную ментальность для лорийских и тавушских армян, и горно-степную — для всех остальных.

Такой подход работает для населения с высокой степенью культуры укорененности. Развитие культуры мобильности может практически нивелировать такой показатель. На основе наших полевых наблюдений (октябрь 2014, ноябрь 2018 и апрель 2022 гг.) для сельского населения в Армении культура укорененности и культура мобильности выступают в паритетном соотношении. При этом физико-географический аспект ментальности — горный — имеет важное значение в самоидентификации народа в ментально-географическом отношении. Степной и лесной аспект практически не акцентируются.

Социолого-географические методы являются важнейшими для практического выявления территориальной идентичности, как пространственной самоидентификации, так и более широкого семантического слоя, включающегося в пространственную идентичность. Этот компонент геозтоса, выражает себя в региональном самосознании — самоотождествлении людей с той или иной территорией. Результаты проведенных нами в Армении полевых социологических замеров (с акцентом на фокусированное интервью с экспертами) для выявления территориальной идентичности показаны на рис. 3.



Рис. 3. Территориальная идентичность в Армении.

Составлено автором.

Пространственная репрезентация была достигнута выбором характерных поселений (в различных культурно-исторических регионах), с учетом позиционного



## МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ ЭТОСА В ГЕОГРАФИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ (НА ПРИМЕРЕ АРМЕНИИ)

эффекта (удаления от Еревана) и природно-ландшафтного разнообразия (степень высокогорности поселения, а также лесной, степной или пустынной зональности его расположения). Полевое исследование проводилось в октябре 2014 г., ноябре 2018 г., апреле 2022 г.

Приведенное картографическое наложение позволяет суммировать важные ментально-географические аспекты и рассмотреть «места распространения специфической ментальности», а не собственно пространственный «рисунок» ментальности. Это позволяет очертить общий пространственный контур ментальности. Провести определенного рода реконгсценировку. В дальнейшем углублении исследования вводятся дополнительные параметры, позволяющие структурировать ментальность на разных пространственно-иерархических уровнях.

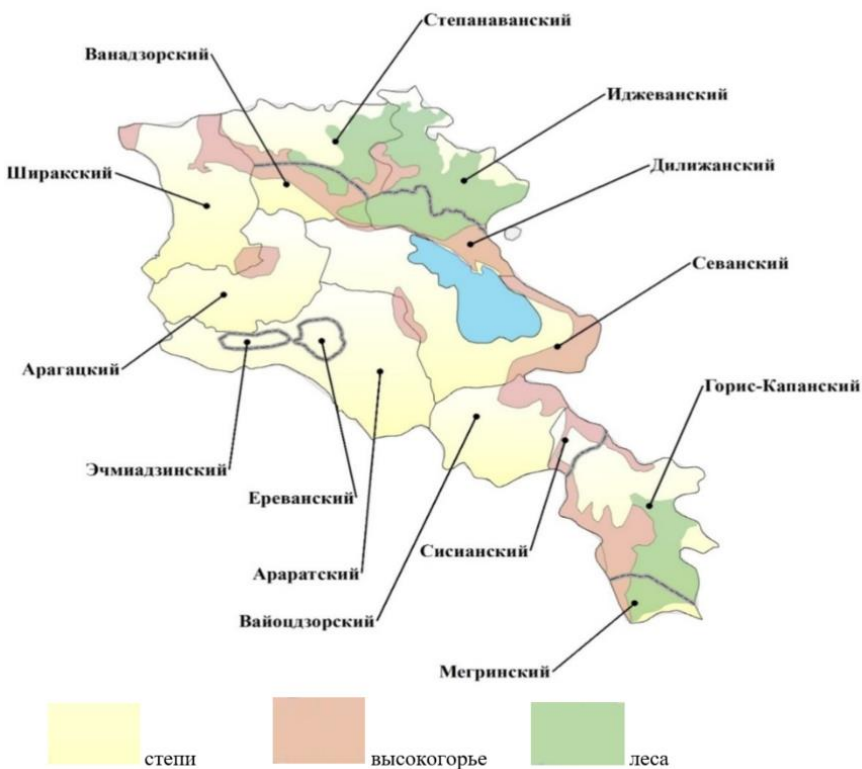


Рис. 4. Геоэтологическое районирование Армении.

Составлено автором.

Также социолого-географические методы используются для выявления гендерных соотношений в общественно-географических процессах, социально-территориальной иерархии общества и пространственных мифологем. Следует отметить, что использование метода социологического опроса (массовое анкетирование и точечный опрос экспертов) важно дополнять полевым методом включенного наблюдения, позволяющим как устанавливать контакт с

респондентами, так и проверять согласованность полученной информации с исследуемыми наблюдаемыми феноменами поведенческих комплексов.

Особенность социально-географического исследования в этнологической географии, предполагает акцент на экспертном подходе. Именно фокусированное интервью с экспертами, то есть с респондентами, которые активно интересуются местными проблемами, краеведами, журналистами, преподавателями, работниками сферы культуры предполагает выход на пространственную рефлексию идентичности, культурного регионализма, а также других социально-географических особенностей, интересующих нас в контексте разрабатываемой проблематики.

Классическая разработка метода включенного наблюдателя в антропологии связана с Б. Малиновским [9] и М. Мид [10]. Этот метод связан с наблюдением за исследуемым сообществом в естественной среде с сохранением пространства повседневности. Так называемое «изучение изнутри». Исследовательские роли в этом методе принято разделять следующим образом [11]:

- полный участник;
- участник как наблюдатель;
- наблюдатель как участник;
- полный наблюдатель.

Такой спектр ролей задает степень включенности исследователя в исследуемое этногеографическое содержание. Для целей нашего исследования мы отдаем приоритет открытому наблюдению с ролью исследователя как наблюдателя. Именно такой статус имели антропологи, изучающие традиционный образ жизни автохтонных культур. Исследователь с согласия исследуемого местного сообщества, проводит наблюдение пространства повседневности, открыто вступая в диалог с членами местного сообщества. От исследователя-наблюдателя требуется коммуникабельность, открытость, доброжелательность и толерантность.

Именно этот метод выходит на исследование «внутреннего культурного ландшафта» и эмные элементы культуры, которые характеризуются исходя из позиции местного сообщества.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, приведенный обзор методов, используемых нами в геоэтологическом исследовании, показывает географический характер исследуемого проблемного поля не только в теоретическом, но и методическом ракурсе.

Для идентификации специфического поведенческого комплекса, выявления ключевых компонентов геоэтоса, а также комплексной геоэтологической характеристики территории мы используем метод социологического опроса (прежде всего, фокусированное интервью с респондентами) и полевой метод включенного наблюдателя.

## МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ ЭТОСА В ГЕОГРАФИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ (НА ПРИМЕРЕ АРМЕНИИ)

---

### Список литературы

1. Любичанковский А.В. География ментальности как этологическая география: предметно-объектный анализ // Региональные исследования. 2023. № 3 (81). С. 27–36.
2. Любичанковский А.В. Базовые концептуальные подходы географического анализа ментальности населения // Географический вестник. 2023. Вып. 2 (65). С. 26–35.
3. Любичанковский А.В. Географические исследования ментальности: теория, методология, методы, практика: монография. Оренбург: ОГУ, 2023. 223 с.
4. Ишмуратов Б.М., Безруков Л.А., Гарашенко А.В. и др. Региональное природопользование и география будущего // География и природные ресурсы. 2004. № 2. С. 18–28.
5. Андрианов Б.В. Неоседлое население мира. М.: Наука, 1985. 280 с.
6. Андрианов Б.В., Чебоксаров Н.Н. Хозяйственно-культурные типы и проблемы их картографирования // Советская этнография. 1972. № 2. С. 3–16.
7. Левин М.Г., Чебоксаров Н.Н. Хозяйственно-культурные типы и историко-географические области // Советская этнография. 1955. № 4. С. 3–17.
8. Козлов В.И. Этническая экология: Становление дисциплины и история проблем. М.: Ин-т этнологии и антропологии, 1994. 230 с.
9. Malinowski B. The sexual life of savages in north-western Melanesia: an ethnographic account of courtship, marriage and family life among the natives of the Trobriand Islands, British New Guinea. New York: Halcyon House, 1929.
10. Mead M. Coming of age in Samoa: a psychological study of primitive youth for Western civilisation. New York: William Morrow & Co, 1928. 297 pp.
11. Девятко И.Ф. Методы социологического исследования. Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 1998. 208 с.
12. Wang H., Ang B.W., Su B. A Multi-region Structural Decomposition Analysis of Global CO<sup>2</sup> Emission Intensity // Ecological Economics. 2017. Vol. 142. December. pp. 163–176.

### METHODOLOGY FOR IDENTIFYING ETHOS IN GEOGRAPHICAL SPACE (BASED ON THE EXAMPLE OF ARMENIA)

*Lyubichankovsky A. V.*

*Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation  
E-mail: av-lubichan@yandex.ru*

A methodology has been developed to identify mentality within the geographical space through the encompassing landscape and a series of cultural-geographical parameters (territorial identity; geo-ethnocultural stratification; socio-territorial hierarchy of society; gender relations in socio-geographical processes; spatial mythologemes) by finding a spatial junction in macro-social relationships. From the subject-matter perspective of ethological geography, these components serve as basic ultimate levels of geoethos, from which multiple derivatives are possible. These levels allow for viewing geoethos as an integrally spatial structure of the entire society.

Four methods are characterized by universality and can be used to represent all main components of geoethos (connection with the encompassing landscape; territorial identity; geo-ethnocultural stratification; socio-territorial hierarchy of society; gender relations in socio-geographical processes; spatial mythologemes).

The primary method, defining the specificity of natural resource use, is the cartographic method. By overlaying maps of historically cultural regions, it allows correlating the natural resource specificity with a certain type of ethno-geographical content.

A critical criterion for analyzing natural resource use is the systemic approach, which presupposes establishing interrelations among all key components in the interaction of human society with the encompassing landscape.

Socio-geographical methods are crucial for practically identifying territorial identity, both as spatial self-identification and a broader semantic layer, encompassing spatial identity. This component of geoethos, expressed in regional self-awareness – the self-identification of people with a particular territory. The results of our field sociological measurements in Armenia (focusing on interviews with experts) to identify territorial identity are shown in cartograms. Spatial representation was achieved by selecting characteristic settlements (in various cultural-historical regions), considering the positional effect (distance from Yerevan) and the natural-landscape diversity (the settlement's degree of highland, as well as forest, steppe, or desert zonality of its location). The field study was conducted in October 2014, November 2018, and April 2022.

The provided cartographic overlay allows summarizing important mental-geographical aspects and considering "places of specific mentality spread," rather than the actual spatial "pattern" of mentality. This outlines the overall spatial contour of mentality, allowing for a certain type of reconnaissance. Further research introduces additional parameters, enabling structuring mentality at various spatial-hierarchical levels.

Socio-geographical methods are also used to reveal gender relations in socio-geographical processes, the socio-territorial hierarchy of society, and spatial mythologemes. It's noteworthy that the use of the sociological survey method (mass questioning and targeted expert interviews) is importantly complemented by the field method of participant observation, which allows both establishing contact with respondents and verifying the consistency of the obtained information with the studied observable phenomena of behavioral complexes.

The peculiarity of socio-geographical research in ethological geography emphasizes an expert approach. Specifically, focused interviews with experts, i.e., respondents who actively engage with local issues, local historians, journalists, teachers, cultural workers, suggest moving towards spatial reflection of identity, cultural regionalism, and other socio-geographical peculiarities of interest in the context of the problem under development.

Thus, this brief overview of the methods used in our geoethological research highlights the geographical nature of the problem field, both in theoretical and methodological perspectives.

For identifying a specific behavioral complex, revealing key components of geoethos, and providing a comprehensive geoethological characterization of the territory, we employ the method of sociological survey (questionnaires and focused interviews with respondents) and the field method of participant observation.

**Keywords:** geography of mentality, ethological geography, ethos, geoethos.

#### References

1. Lyubichankovskij A.V. Geografiya mental'nosti kak etologicheskaya geografiya: predmetno-ob"ektnyj analiz // Regional'nye issledovaniya. 2023. № 3 (81). P. 27–36. (in Russian).

МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ ЭТОСА В ГЕОГРАФИЧЕСКОМ  
ПРОСТРАНСТВЕ (НА ПРИМЕРЕ АРМЕНИИ)

---

2. Lyubichankovskij A.V. Bazovye konceptual'nye podhody geograficheskogo analiza mental'nosti naseleniya // Geograficheskij vestnik. 2023. Vyp. 2 (65). P. 26–35. (in Russian).
3. Lyubichankovskij A.V. Geograficheskie issledovaniya mental'nosti: teoriya, metodologiya, metody, praktika: monografiya. Orenburg: OGU, 2023. 223 pp. (in Russian).
4. Ishmuratov B.M., Bezrukov L.A., Garashchenko A.V. i dr. Regional'noe prirodopol'zovanie i geografiya budushchego // Geografiya i prirodnye resursy. 2004. № 2. P. 18–28. (in Russian).
5. Andrianov B.V. Neosedloe naselenie mira. M.: Nauka, 1985. 280 pp. (in Russian).
6. Andrianov B.V., CHEboksarov N.N. Hozyajstvenno-kul'turnye tipy i problemy ih kartografirovaniya // Sovetskaya etnografiya. 1972. № 2. P. 3–16. (in Russian).
7. Levin M.G., CHEboksarov N.N. Hozyajstvenno-kul'turnye tipy i istoriko-geograficheskie oblasti // Sovetskaya etnografiya. 1955. № 4. P. 3–17. (in Russian).
8. Kozlov V.I. Etnicheskaya ekologiya: Stanovlenie discipliny i istoriya problem. M.: In-tetnologii i antropologii, 1994. 230 pp. (in Russian).
9. Malinowski B. The sexual life of savages in north-western Melanesia: an ethnographic account of courtship, marriage and family life among the natives of the Trobriand Islands, British New Guinea. New York: Halcyon House, 1929.
10. Mead M. Coming of age in Samoa: a psychological study of primitive youth for Western civilisation. New York: William Morrow & Co, 1928. 297 pp.
11. Devyatko I.F. Metody sociologicheskogo issledovaniya. Ekaterinburg: Izd-vo Ural, un-ta, 1998. 208 pp. (in Russian).
12. Wang H., Ang B.W., Su B. A Multi-region Structural Decomposition Analysis of Global CO2 Emission Intensity // Ecological Economics. 2017. Vol. 142. December. pp. 163–176.

*Поступила в редакцию 14.02.2024 г.*

УДК 338.482.22

## ПРОЕКТИРОВАНИИ ТУРИСТСКОГО КЛАСТЕРА НА ОСНОВЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКТОРА

*Кучумов А. В.<sup>1</sup>, Еремичева П. Ю.<sup>2</sup>*

*<sup>1,2</sup>Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург,  
Российская Федерация  
E-mail: <sup>1</sup>arturspb1@yandex.ru, <sup>2</sup>eremicheva2000@outlook.com*

В данной статье описывается принципиальная роль географического фактора в определении и проектировании туристского кластера. Исследование раскрывает особенности процесса кластеризации и рассредоточения объектов на карте, аргументирует зависимость дальнейшего определения финансовых и инфраструктурных изменений от близости расположения элементов будущего кластера относительно друг друга. Кроме того, в работе отражается важность развития кластерных проектов, образованных на естественных началах и краткий алгоритм структурного распознавания потенциальных элементов на карте с учетом вычисления местоположения дополнительных объектов инфраструктуры.

**Ключевые слова:** география, туризм, кластеризация, туристский кластер, проектирование, сфера услуг, отраслевая экономика.

### ВВЕДЕНИЕ

Сфера услуг, по опыту мировой практики, является показательным сектором с точки зрения изучения вопросов развития отраслевой экономики. На сегодняшний день существует достаточно широкий спектр подходов, методов и процедур, раскрывающих ее через призму положительного экономического, социального и культурного аспектов, среди которых встречается понятие «кластеризация». Кластеризация — планомерный процесс, построенный преимущественно на статистическом анализе, предполагающий деление крупных групп объектов на подмножества. Следовательно, кластеры — небольшие комбинации различных категорий объектов из целого числа, объединенные по ряду общих критериев.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

При проведении исследования применялись такие методы обработки информационных массивов, как:

- анализ статистических данных;
- анализ интернет-ресурсов;
- систематизация;
- контент-анализ;
- сравнение.

В числе материалов, которые были привлечены к исследованию, были рассмотрены преимущественно учебные пособия, интерактивные базы данных, зарубежные литературные источники и статьи. Среди использованных ресурсов числятся такие, как карта кластеров России на официальном ресурсе ВШЭ, литературный труд Портера М.Е. — «Конкурентные преимущества стран», статья

## ПРОЕКТИРОВАНИИ ТУРИСТСКОГО КЛАСТЕРА НА ОСНОВЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКТОРА

на официальном информационном ресурсе французского туристского агентства — «Atout France» и т.д.

### ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Безусловно, кластеры как субъекты экономики обрели свое традиционное значение во многом благодаря интерпретации М. Портера. Исследователь воспринимал явление в качестве самостоятельной интегрированной системы хозяйственных связей отдельных элементов в условиях конкретной области [8]. Существуют аналогичные варианты восприятия подобных систем, которые имеют набор черт, наиболее приближенный к конкретике понимания данного явления в туристском пространстве. В числе таких дефиниция экономиста А. Маршалла, который стал основоположником кластерного подхода. Стремление ученого к проработке кластерного феномена в контексте неоклассической экономики послужило возникновению обозначения понятия как сосредоточения географически близких предприятий, являющихся звеньями единой системы, специализирующейся на предоставлении услуг и товаров ограниченных категорий [7]. Соответственно, в контексте современного взгляда на особенности изучаемой проблематики, можно подчеркнуть, что в теоретическом ключе кластерная система до сих пор воспринимается как комплекс предприятий, объединенных общим признаком, который зачастую предполагает единую географию рассматриваемых объектов. Однако, общемировой туристский рынок предложений на актуальном уровне развития располагает рядом примеров комбинированных кластерных проектов, которые носят полярный статус относительно традиционной интерпретации. Среди типов кластерных объединений в современном понимании все чаще встречаются трансграничный и межрегиональный. Подобный опыт прослеживается в практической туристской деятельности по продвижению кластерных проектов на примере европейских государств. Так, во Франции функционирует кластер «L'oenotourism cluster», специализирующийся на винном туризме, объединяющий в себе 17 винных хозяйств и порядка 14 регионов, где базируется производство разных видов напитка [9]. Данный проект является межрегиональным и имеет производственную базу в качестве обобщающего фактора, ориентированную на реализацию винного продукта и сопутствующих туристских услуг. Тем не менее, опыт Франции, несмотря на широкий разброс элементов системы, так или иначе отражает принцип географической ограниченности. Обращаясь к традиционному пониманию термина, важно подчеркнуть, что действующая версия классификации кластеров по географическому охвату и масштабу подчеркивает базовый признак систем в традиционном истолковании определения. Однако, наблюдая за ростом числа и качественной составляющей, структура кластерных объединений в условиях современных городских пространств часто не предполагает единую сервисную политику или строго ограниченный перечень категорий предоставляемых услуг и направлений деятельности, хотя и подчеркивает объединение аттракций по географическому признаку.

Огромную важность играет тема эволюции структурных возможностей кластерных проектов и приобретает значимость в разрезе исследования специфики методологической основы выявления потенциала формирования будущего кластера с опором на географический фактор близости объектов. Несомненно, к числу достоинств следует отнести и гибкость вектора определения задач в границах определения концепции и скрытого потенциала формирующихся проектов. Понимание всего комплекса возможных черт данного экономического явления позволяет целесообразно выстраивать стратегию становления и развития кластерных проектов. Так, в таблице 1 отражены основные направления проведения оценки на предмет выявления потенциала будущей кластерной системы.

При рассмотрении оценки потенциала территории, отраженных в таблице 1, следует отметить, что большая часть из них крепится на экономических показателях, которые во многих аспектах друг друга предопределяют. Например, транспортная доступность объектов внутри конкретной кластерной системы может стать определяющей с точки зрения анализа уровня первичной обеспеченности инфраструктуры на территории региона в целом.

Таблица 1.

Оценка территории на предмет проектирования туристского кластера

Показатель/потенциал	Оценка потенциала территории
Туристский потенциал	<ul style="list-style-type: none"> <li>- историческое наследие;</li> <li>- культурная база;</li> <li>- природно-климатические условия;</li> <li>- досуговая инфраструктура;</li> <li>- специальные аттракции (единственные в своем роде объекты туристского интереса).</li> </ul>
Промышленный потенциал	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные направления развития производства на территории региона;</li> <li>- степень перспективности использования природно-климатических условий;</li> <li>- состояние рынка добывающей и обрабатывающей отраслей;</li> <li>- область производства и распределения;</li> <li>- кадровое обеспечение дестинации и т.д.</li> </ul>
Экономические показатели развития туризма в регионе	<ul style="list-style-type: none"> <li>- экономическая эффективность дестинации;</li> <li>- въездной и выездной туризм (турпоток);</li> <li>- уровень доходов населения;</li> <li>- покупательская способность;</li> <li>- прямой и косвенный доход от туризма.</li> </ul>



**ПРОЕКТИРОВАНИИ ТУРИСТСКОГО КЛАСТЕРА НА ОСНОВЕ  
ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКТОРА**

Продолжение таблицы 1.

Первичное инфраструктурное обеспечение	<ul style="list-style-type: none"> <li>- условия и факторы территории, которые способствуют развитию;</li> <li>- условия и факторы территории, которые тормозят развитие;</li> <li>- эффективность сформированного потока товаров (логистика) или услуг;</li> <li>- оценка социального обеспечения и т.д.</li> </ul>
Географическая обоснованность территории проекта	<ul style="list-style-type: none"> <li>- анализ расположения объектов;</li> <li>- анализ структуры и особенностей пространственного размещения объектов;</li> <li>- доступность к рынкам и ресурсам;</li> <li>- показатели производственной и предпринимательской эффективности объектов;</li> <li>- транспортная доступность объектов внутри региона.</li> </ul>
Потенциал формирования конкурентноспособной среды	<ul style="list-style-type: none"> <li>- уникальность предлагаемого на рынке товара или услуги;</li> <li>- низкий уровень производственных издержек;</li> <li>- высокая фондоотдача;</li> <li>- финансовая стабильность производств;</li> <li>- высокая прибыль.</li> </ul>
Анализ скрытого потенциала выделенной зоны	<ul style="list-style-type: none"> <li>- специализация производств на территории;</li> <li>- уровень сервиса туристских предприятий;</li> <li>- наличие аттракций;</li> <li>- наличие сформировавшейся культуры отдельной направленности и т.д.</li> </ul>

Составлено авторами.

Первичный географический фактор является отправной точкой и показателем, способствующим определению наличия финансовой выгоды проектирования кластера на первичном уровне, так как снижаются расходы на инфраструктуру в границах системы в прогностическом ключе, сокращается необходимость учитывать процент затрат, прослеживается экономия средств, которые могли бы потребоваться на строительство дополнительных гостиниц, туристско-информационных бюро и торговых точек. Включая неоспоримый уровень важности других характеристик территории, степень близости элементов кластерной системы заведомо отождествляется с уровнем инвестиционной привлекательности, т.к. идет параллельно с фактором эргономичности территории для туристских потоков.

Кроме того, относительно близкое расположение объектов кластера позволяет рассредоточить туристские группы и освоить принцип цикличности процессов между предприятиями, в частности, когда речь идет о сосредоточении в одной дестинации нескольких объектов показа, образовательных центров и т.д. Таким образом, на примере потенциального несуществующего винного кластера в Краснодарском крае, можно наглядно подчеркнуть значимость географического фактора. Ниже, в таблице 2 путем случайного выбора в границах обозначенного региона определены точки и географические координаты территорий, относящихся к области винного производства.

Таблица 2.

Географические координаты элементов потенциального винного кластера Краснодарского края

№	Элемент	Координаты на карте	X, км	Y, км	Q, тонн
1	Геленджик	44.561012,38.077115	35	47	1,6
2	Станица Нижнебаканская	44.86655,37.866648	22	13	1,6
3	Станица Раевская	44.83628,37.549696	16	14	1,6
4	Тамань	45.215612,36.718413	27	13	1,6
5	Голубицкая станица	45.320715,37.276509	17	31	1,6
6	Село Витязево	44.988387,37.256953	36	27	1,6
7	Поселок Виноградный	45.05669,37.320634	36	32	1,6

Составлено авторами.

Анализируя значения, следует пояснить составляющие расчетной части исследования, где X — определение долготы относительно каждого объекта в километрах, а Y — определение широты, соответственно. В то же время в таблице выделено значению Q, которое предполагает относительный вес группы туристов в их стандартном количестве — 15 человек. Последний показатель помогает оценить целесообразность распределения объектов друг относительно друга и способствует более качественному расчету местоположения гостиничного предприятия или туристско-информационного бюро при необходимости. Более того, рассматривая станицы Нижнебаканскую и Раевскую и их расположении относительно региональных центров — в 24 и 30 км от г. Новороссийска, а также в 106 и 138 км от г. Краснодара приблизительно, что на практическом примере подчеркивает географическую близость элементов будущего кластера относительно друг друга. В дополнении, необходимо отметить, что подобная тенденция близкого расположения объектов способствует их более качественному горизонтальному взаимодействию для повышения эффективности функционирования производственной составляющей системы в перспективе.

Говоря о минимальном развитии инфраструктуры относительно выделенных доминант на карте, важно заметить, что распределение турпотока здесь оказывает

**ПРОЕКТИРОВАНИИ ТУРИСТСКОГО КЛАСТЕРА НА ОСНОВЕ  
ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКТОРА**

решающее влияние. При расчете точки местоположения предполагаемой гостиницы или туристско-информационного бюро, прежде всего важно определить местоположение нового объекта относительно каждого из основных объектов. Затем следует использовать формулу 1 и формулу 2, которые помогут рассчитать приблизительные координаты расположения дополнительного объекта по осям X и Y на основании имеющихся данных по ключевым элементам:

$$X_{\text{гостиница}} = (x1*Q)+(x2*Q)...(x7*Q)/\Sigma_{\text{гостиница}}Q, \quad (1)$$

Где  $X_{\text{гостиница}}$  — предполагаемое определение долготы будущей гостиницы;

$x1, x2...x7$  — значения долготы базовых объектов винного хозяйства;

$\Sigma_{\text{гостиница}}Q$  — сумма значений долготы базовых объектов с учетом веса тургруппы (15 чел-к).

Рассчитываем формулу 2 по тому же принципу относительно оси Y (определения широты):

$$Y_{\text{гостиница}} = (y1*Q)+(y2*Q)...(y7*Q)/\Sigma_{\text{гостиница}}Q, \quad (2)$$

Где  $Y_{\text{гостиница}}$  — предполагаемое определение широты будущей гостиницы;

$y1, y2...y7$  — значения долготы базовых объектов винного хозяйства;

$\Sigma_{\text{гостиница}}Q$  — сумма значений долготы базовых объектов с учетом веса тургруппы (15 чел-к).

На основании расчетов удалось выстроить таблицу, где отражены результаты сообразно каждому объекту, включая дополнительный пункт рассредоточения туристских потоков.

Таблица 3.

Координаты расположения будущей гостиницы относительно  
базовых объектов кластера

№ объекта	X, км	Y, км	Q, тонн	Центр		Координаты	
				X, центр	Y, центр	X, км	Y, км
1	35	47	1,6	56	75,2	56	75,2
2	22	13	1,6	35,2	20,8	35,2	20,8
3	16	14	1,6	25,6	22,4	25,6	22,4
4	27	13	1,6	43,2	20,8	43,2	20,8
5	17	31	1,6	27,2	49,6	27,2	49,6
6	36	27	1,6	57,6	43,2	57,6	43,2
7	36	32	1,6	57,6	51,2	57,6	51,2
			11,2	302,4	283,2	302,4	283,2
<b>Центр</b>	<b>27,00</b>	<b>25,29</b>				<b>27,00</b>	<b>25,29</b>

Составлено авторами.

Рассматривая полученные при расчетах данные, можно отметить, что полученные географические данные предполагаемой гостиницы относительно перечня ведущих винных районов Краснодарского края составили 27 км по оси X и 25,29 по оси Y, что позволяет определить наглядно его расположение путем кластеризации общего числа элементов системы на карте. Для визуального анализа информации, полученной в процессе исследования, удалось составить диаграмму с учетом двух компонентов каждой доминанты (рис. 1).

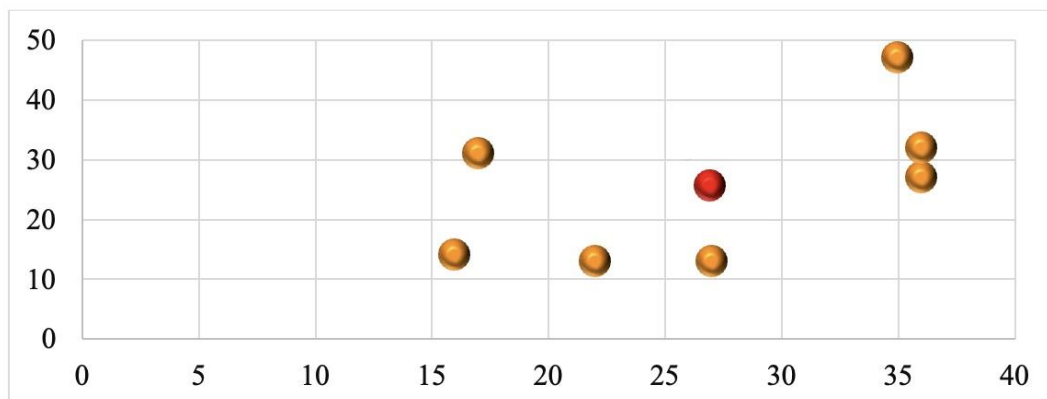


Рис. 1. Расположение потенциальной гостиницы относительно винных районов (элементов) потенциального кластера на карте.

Составлено авторами.

Представленная методика расчета местоположения потенциальной гостиницы относительно элементов потенциального кластера позволили смоделировать ситуацию заранее и оценить перспективы проектирования кластера на первичном этапе. Рассуждая о базовой роли географического фактора при определении потенциала кластерной системы, полезно упомянуть, что влияние уходит далеко за пределы показателя, так как география расположения объектов способствует прорисовке границ будущей системы, определению удобного основного состава и плотности структуры. Так, например, опираясь на данные, которые были определены специалистами образовательного пространства для развития идей в сфере геотехнологий — «Картетика», получилось составить таблицу 4, где были отмечены положительные стороны осуществления процессов кластеризации при помощи карт [5].

Соответственно, опираясь на данные в таблице, можно определить, что географический фактор – широкий показатель оценки, который крепится на анализе территории с точки зрения финансовой выгоды проектирования кластера лишь в первостепенном ключе, тогда как при более глубинном изучении является более гибким и представляет возможности для выделения более конкретных основных характеристик будущего проекта. Так, преимущества, заключающиеся в определении скопления объектов различной плотности и учет выбывающих из общего числа объектов, способствуют более ясному пониманию границ будущего

**ПРОЕКТИРОВАНИИ ТУРИСТСКОГО КЛАСТЕРА НА ОСНОВЕ  
ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКТОРА**

центра инвестиций и возможных резервных точек за ними, а также помогает в определении потенциально приемлемых точек продаж и территории проведения рекламных кампаний для привлечения туристов.

Таблица 4.

Преимущества кластеризации пространственных данных

<b>№</b>	<b>Особенность</b>	<b>Характеристика</b>
1	Обнаружение кластерных систем неправильной формы	Процесс позволяет определять возможную комбинацию трех и более объектов даже в том случае, когда они формируют неправильную форму или несимметрично расположены относительно друг друга
2	Расположение данных определяет возможное количество кластеров в одной пространственной среде	Анализ пространственных данных позволяет выявить все возможности региона относительно выбранного направления, а значит предполагает выявление более чем одной потенциальной структуры (с учетом большого количества элементов)
3	Учет выбивающихся объектов из общего числа	Анализ пространственных данных часто предполагает обнаружение объектов, которые находятся на значительном расстоянии от общего числа. Такие объекты можно оставлять в резерве, как прилегающие к системе или дополнительные производственные возможности
4	Учет расстояния между объектами	Пространственные данные с точки зрения четкости позволяют выявить предельные расстояния объектов в границах потенциального кластера
5	Определение скопления объектов различной плотности	Данные возможности повествуют о том, что тип анализа позволяет определить подсистемы внутри одной системы и более конкретно определить ареал действия основной системы

Составлено авторами.

Следует также подчеркнуть, что основы выявления потенциала с точки зрения создания кластера на обозначенной территории в первоочередном порядке зарождаются на этапе изучения ресурсной базы. Естественно, что прежде определения географических границ будущего кластерного проекта следует формирование самих его элементов, которое зависит от целого ряда факторов, среди которых:

- благоприятная природно-климатическая среда на регулярном уровне;
- плодородная почва;
- отсутствие подземных течений;
- рельеф обозначенной под реализацию предприятий местности;

– гармоничность и функциональность расположения пространства в конкретной местности и т.д.

Необходимо взять во внимание тот факт, что концентрация кластерных проектов на естественных началах несоизмеримо ниже тех, которые были созданы исключительно по инициативе человека без учета уникальных вспомогательных внешних факторов. Процесс продвижения кластерной политики в условиях российского туристского комплекса под исключительным воздействием человеческого фактора ярко продемонстрирован в карте кластеров России, разработанной специалистами Высшей Школы Экономики (ВШЭ) [4]. Ниже представлена диаграмма, где отражено общее число кластеров по направлениям и примерное количество участников этих проектов (рис. 2).

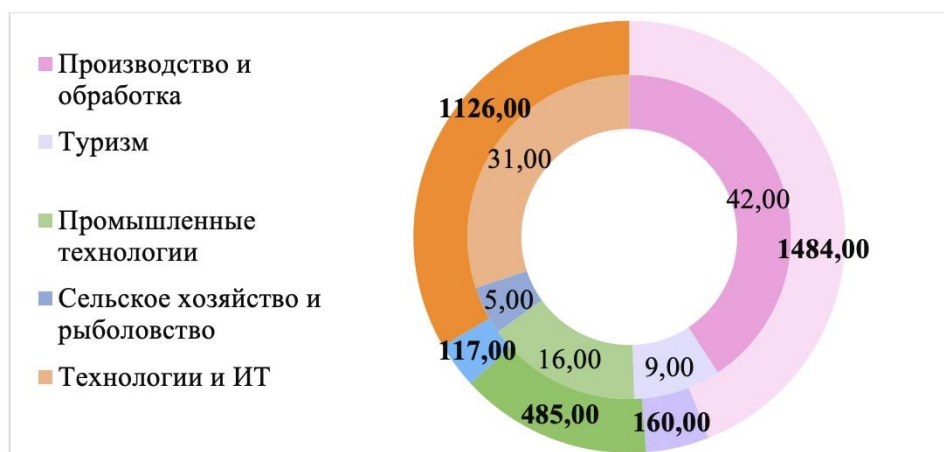


Рис. 2. Количество кластеров и их элементов по специализациям.

Составлено авторами по [4].

На предложенной диаграмме отражено количество кластерных проектов и их участников по России. Следует подчеркнуть, что внутреннее кольцо диаграммы отражает общее приблизительное число кластеров с обозначенным в легенде основным направлением функционирования, тогда как внешний круг сосредоточен на количестве непосредственных элементов, соотносимых с ними. Можно обратить внимание на то, что крупную долю кластерных проектов занимают системы, нацеленные на производство и промышленность, тогда как наименьшее число среди общей суммы отведено на туристско-рекреационные проекты. Подобная тенденция подтверждает необходимость развития смешанных концепций и поиска возможных вариаций планируемых проектов, которые могут принести экономическую выгоду региону и при этом имеют характерную поддержку в природно-климатических и географических особенностях территорий. При правильной аналитической работе данные будущие проекты способны раскрыть потенциал дестинации с новой стороны, обеспечить дополнительное финансирование производственным объектам и повлиять на образование новых микросистем, которые станут важной составляющей в экономическом и социально-культурном аспекте.

## ПРОЕКТИРОВАНИИ ТУРИСТСКОГО КЛАСТЕРА НА ОСНОВЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКТОРА

---

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении важно заметить, что комплекс факторов, характеризующих высокий потенциал территории для формирования кластерной системы, организует элементы кластера и является причиной обоснования особой экономической зоны в границах поля действия будущего кластерного проекта. Первичный географический фактор способствует качественному определению границ местности и самого проекта для более оптимального распределения финансовых, туристических потоков, а также подчеркивает значимые аспекты, которые касаются выделения перечня характеристик, влияющих на естественное формирование выгодной экономической среды и производственных сил, что особенно важно в частных случаях, когда речь идет о комбинированных типах кластерных систем, сочетающих в себе производственную и туристско-рекреационную основы.

### Список литературы:

1. Гомилевская Г.А. Экономика и предпринимательство в сервисе и туризме. В.: ВГУЭС, 2015. 144 с.
2. Карпова Г.А., Морозов М.А., Морозова Н.С., Хорева Л.В. Экономика туризма. М.: Чеховский Печатный Двор, 2016. 364 с.
3. Ломидзе М. В АТОР подвели туристические итоги 2021 года. Ассоциация туроператоров. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.atorus.ru/news/press-centre/new/58171.html> (дата обращения: 25.10.2023).
4. Карта кластеров России на официальном ресурсе «ВШЭ». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://map.cluster.hse.ru/list> (дата обращения: 25.10.2023).
5. Статья «Особенности кластеризации пространственных данных» на образовательном ресурсе «Картетика». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cartetika.ru/tpost/xbr62mg41-osobennosti-klasterizatsii-prostranstven?ysclid=lo5m4mods766454067> (дата обращения: 24.10.2023).
6. Andersson T., Serger S.S., Sorvik J., Hansson E.W. THE CLUSTER POLICIES WHITEBOOK, IKED, 2004. [Online], Informational research archive «Researchgate». Available at: [https://www.researchgate.net/publication/284163165\\_The\\_Cluster\\_Policies\\_Whitebook](https://www.researchgate.net/publication/284163165_The_Cluster_Policies_Whitebook) (дата обращения: 25.10.2023).
7. Marshall A. Principles of economics. Amherst, NY: Prometheus Books, 1997. Available at: <https://archive.org/details/principlesofecon00mars> (дата обращения: 25.10.2023).
8. Porter M.E. The Competitive advantage of nations. New York: Free Press, 1990. Available at: <https://archive.org/details/competitiveadvan0010port> (дата обращения: 25.10.2023).
9. Official foreign information source of French tourism agency «Atout France». Article «Oenotourisme», 2022. Available at: <https://www.atout-france.fr/content/oenotourisme> (дата обращения: 24.10.2023).

## DESIGNING A TOURIST CLUSTER BASED ON GEOGRAPHICAL FACTOR

*Kuchumov A. V.<sup>1</sup>, Eremicheva P. Y.<sup>2</sup>*

*<sup>1,2</sup>St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg, Russian Federation  
E-mail: <sup>1</sup>arturspb1@yandex.ru, <sup>2</sup>eremicheva2000@outlook.com*

This article describes the importance and role of clustering processes as one of the leading parts of organizing objects in order to improve the state of the tourist complex. The work reflects opinions of different researchers in terms of perception of the essence of cluster systems. There were considered characteristic features of cluster systems through the prism of modern understanding of this phenomenon. The article provides brief results of the analysis of the global experience in the implementation of this category of projects and provides an example of the organization of a cluster in France. Using this example, the authors managed to reflect the importance of the geographical factor in the formation of a cluster and create a basis for proposing methodological foundations for assessing the primary structural features of cluster associations. The authors examined the basic aspects of the assessment of territories for the design of a tourist cluster. The evaluation criteria and their significance in determining the benefits of building a future cluster were briefly analyzed. In the process of conducting of the study, the advantages of a high degree of proximity of future cluster elements were evaluated. During of the study, a concrete example of a non-existent potential cluster system was given, which served as the basis for future calculations. In the process of implementing the computational part of the work, the authors provide geographical characteristics of some territories that are potentially attractive as future elements of the cluster, calculate the position of zones on the coordinate line using formulas. As a result of the study, calculations of the location of a potential hotel as an element of the cluster relative to the zones included in the potential system were carried out. A table with the final data was displayed, on the basis of which it was possible to simulate the graphic format. In the article, the authors provide a list and characteristics of the advantages of clustering spatial data as confirmation of the reliability of the modeling method used as acceptable in determining the benefits of the location of elements of a potential cluster. The number of clusters by category was analyzed manually using the cluster map of Russia. Based on the results of the analysis, it was concluded that it is necessary to introduce more multi-format systems.

All in all, research reflects the the principal role of the geographical factor in determining and designing a potential tourist cluster. Authors find the geographical factor as the primary criterion for assessing the potential benefits of building a cluster in a certain area. The geographical validity of the territorial boundaries of a potential cluster object in the framework of the study is considered from the point of view of analyzing the range of objects, analyzing the structure and features of the spatial placement of cluster elements and comparing them with the qualitative content of future objects. The study reveals the peculiarities of the clustering process and the dispersion of objects on the map, explains the dependence of further determination of financial and infrastructural changes on the proximity of the location of the elements of the future cluster relative to each other. In addition, the paper reflects the importance of the development of cluster projects formed on a natural basis and a short algorithm for structural recognition of potential elements on the map, taking into account the calculation of the location of additional infrastructure objects.

**Keywords:** geography, tourism, clustering, tourist cluster, design, service sector, industry economy.



ПРОЕКТИРОВАНИИ ТУРИСТСКОГО КЛАСТЕРА НА ОСНОВЕ  
ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКТОРА

---

**References**

1. Gomilevskaja G.A. Jekonomika i predprinimatel'stvo v servise i turizme. V.: VGUJeS, 2015. 144 pp. (in Russian).
2. Karpova G.A., Morozov M.A., Morozova N.S., Horeva L.V. Jekonomika turizma. – M.: «Chehovskij Pechatnyj Dvor», 2016. 364 pp. (in Russian).
3. Lomidze M. V ATOR podveli turisticheskie itogi 2021 goda. Asociacija turope-ratorov. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.atorus.ru/news/press-centre/new/58171.html> (application: 25.10.2023). (in Russian).
4. Karta klasterov Rossii na oficial'nom resurse «VShJe». [Elektronnyj resurs]. URL: <https://map.cluster.hse.ru/list> (application: 25.10.2023). (in Russian).
5. Stat'ja «Osobennosti klasterizacii prostranstvennyh dannyh» na obrazovatel'-nom resurse «Kartetika». [Elektronnyj resurs]. URL: <https://cartetika.ru/tpost/xbr62rng41-osobennosti-klasterizatsii-prostranstven?ysclid=lo5m4mods766454067> (application: 24.10.2023). (in Russian).
6. Andersson T., Serger S.S., Sorvik J., Hansson E.W. THE CLUSTER POLICIES WHITEBOOK, IKED, 2004. [Online], Informational research archive «Researchgate». [Elektronnyj resurs]. URL: [https://www.researchgate.net/publication/284163165\\_The\\_Cluster\\_Policies\\_Whitebook](https://www.researchgate.net/publication/284163165_The_Cluster_Policies_Whitebook) (application: 25.10.2023).
7. Marshall A. Principles of economics. Amherst, NY: Prometheus Books, 1997. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://archive.org/details/principlesofecon00mars> (application: 25.10.2023).
8. Porter M.E. The Competitive advantage of nations. New York: Free Press, 1990. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://archive.org/details/competitiveadvan0010port> (application: 25.10.2023).
9. Official foreign information source of French tourism agency «Atout France». Article «Oenotourisme», 2022. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.atout-france.fr/content/oenotourisme> (application: 24.10.2023).

*Поступила в редакцию 01.03.2024 г.*

**РАЗДЕЛ 2.**  
**ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ**  
**И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ**

*УДК 631.48*

**ПЕРВИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ПОСТТЕХНОГЕННЫХ**  
**ГЕОСИСТЕМАХ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

*Голеусов П. В.*

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород,  
Российская Федерация  
E-mail: goleusov@bsu.edu.ru*

В статье на основе анализа морфологического строения и свойств 25 новообразованных почв посттехногенных геосистем Керченского полуострова проведено обоснование режимов первичного почвообразования, различающихся по его условиям и результатам. Исследованы почвы, образовавшиеся за 20–30 лет на техногенно перемещённых субстратах, бетонных покрытиях и конструкциях, экспонированных плотных горных породах, техногенно загрязнённых мелкозёмистых субстратах. Соответственно, выделены следующие режимы первичного посттехногенного почвообразования: квазиприродный эллювиально-автоморфный, золово-аккумулятивный на плотных техногенных субстратах, ренатурационно-детоксикационный на техногенно загрязнённых субстратах. Несмотря на различия в свойствах, ведущим почвообразовательным процессом является формирование гумусового горизонта, которое происходит со средней за 20–30 лет скоростью 2–3 мм/год и накоплением углерода в этом горизонте на уровне 40–50 г С/м<sup>2</sup> в год.

**Ключевые слова:** первичное почвообразование, новообразованные почвы, посттехногенные геосистемы, гумусовый горизонт, химические свойства почв, ренатурация геосистем.

**ВВЕДЕНИЕ**

Исследования первичного почвообразования в заброшенных геотехнических системах (посттехногенных геосистемах), как важного процесса их природной самоорганизации (ренатурации), следует считать актуальной фундаментальной задачей геоэкологии. Её решение имеет также очевидную прикладную составляющую, связанную с оценкой темпов самоконсервации и реабилитации заброшенных техногенных объектов, самоочищения их от поллютантов, формирования природных сообществ как перспективных элементов экологических сетей. В ряде случаев сценарий возвращения этих геосистем в природный каркас территории (ренатурирование) более целесообразен, чем рекультивация и повторное хозяйственное использование. Территория Керченского полуострова (Республика Крым) изобилует такими объектами и может служить удобным полигоном для исследования ренатурационных процессов, в том числе и первичного почвообразования. К настоящему времени сформированы фундаментальные представления о развитии во времени (онтогенезе) почв данной территории [1, 2, 3], причём перечень объектов с датированным началом почвообразовательного процесса довольно широк: от посттехногенных и

## ПЕРВИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМАХ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

беллигеративных геосистем до археологических памятников разных эпох. Вместе с тем, именно начальный этап педогенеза отличается наибольшим разнообразием антропогенных условий почвообразования, что предполагает их систематизацию для геоэкологической оценки результатов воспроизводства почвенного блока посттехногенных геосистем и их экологической реабилитации. Именно такую задачу мы решали в ходе исследований, проведённых на наиболее известных заброшенных техногенных объектах Керченского полуострова.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Керченский полуостров характеризуется степными климатическими условиями почвообразования, геоморфологически и литологически модифицируемыми в широкое многообразие почвенных типов, среди которых наиболее распространены (зональные) чернозёмы южные и тёмно-каштановые почвы, а также чернозёмы остаточного-карбонатные и дерновые карбонатные почвы, образовавшиеся на продуктах выветривания известняков [4, 5]. Современные климатические изменения связаны с аридизацией: по отношению к периоду климатической нормы (1961–1990 гг.) среднегодовая температура выросла с +11 °С до +13 °С, а годовая сумма осадков, наоборот, сократилась с 480 до 400 мм, при том, что в целом в Крыму преобладает тренд на повышение увлажнения [6]. Керченский полуостров характеризуется наименьшими энергетическими затратами на почвообразование в Крыму, на исследуемой территории — 800–900 МДж/м<sup>2</sup>·год [2].

Нами были исследованы новообразованные почвы известных посттехногенных геосистем Керченского полуострова: Крымской АЭС (строительство остановлено в 1987 году), Крымской СЭС (прекратила работу в 1993 году), заброшенного аэродрома в пос. Багерovo (эксплуатация прекратилась в 1998 году), известняковых карьеров и отвалов Краснопартизанского месторождения близ г. Керчь, п. Аршинцево (заброшены в 1990-х гг.) и территории Камыш-Бурунского железорудного комбината (прекратил работу в 1993 г.) (рис. 1). Всего исследовано 25 профилей новообразованных почв в отношении их морфологического строения, выборочно произведён анализ химических свойств по стандартным методикам и валовый химический анализ рентгенофлуоресцентным методом. Возраст исследованных почв на момент исследования сходный, составлял 20–30 лет. Такой продолжительности почвообразования достаточно [7], чтобы в строении и свойствах в полной мере проявились специфические признаки этих почв, и можно было диагностировать их дальнейшее развитие.

Поверхности, на которых формируются исследованные молодые почвы, представлены разнообразными насыпными техногенными грунтами, а в некоторых случаях — искусственными материалами (бетонными конструкциями). Растительность представлена преимущественно зональными травянистыми растительными сообществами, которые уже перешли в стадию сложной группировки, в некоторых случаях — древесными насаждениями.

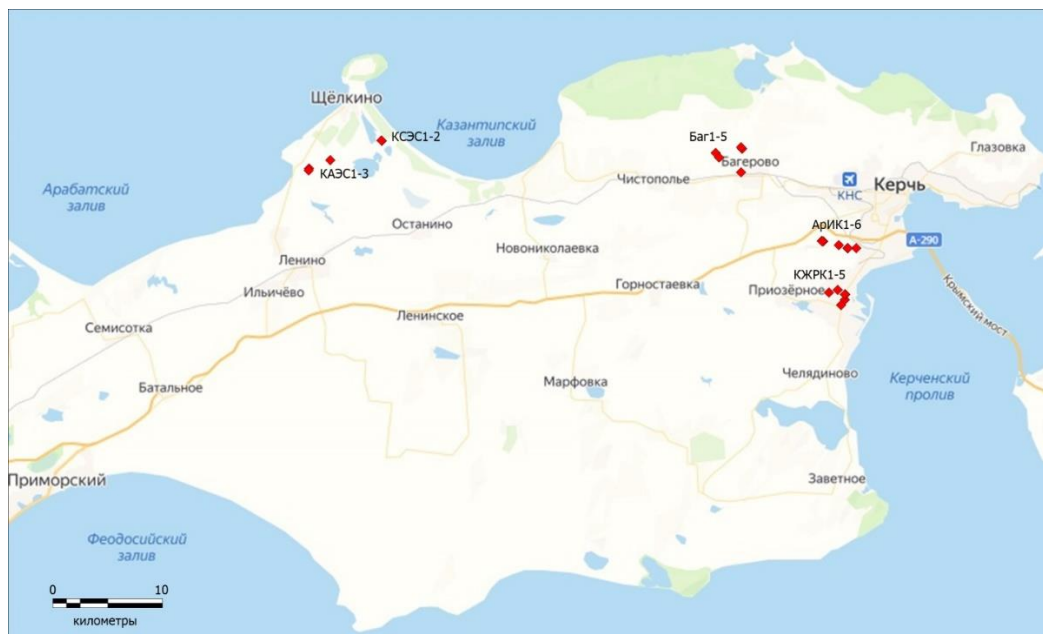


Рис. 1. Расположение объектов исследования.

Составлено автором.

В классификационном отношении согласно [8] исследованные почвы на рыхлых отложениях относятся к стволу постлитогенных почв, отделу слаборазвитых почв, типам пелозёмов, псаммозёмов и петрозёмов гумусовых; почвы на бетонных конструкциях и покрытиях можно отнести к стволу синлитогенных почв, отделу слаборазвитых. Почвы на бывшей производственной площадке Камыш-Бурунского железорудного комбината можно отнести к отделу химически-преобразованных. В соответствии с представлениями, разрабатываемыми сотрудниками Института почвоведения и агрохимии СО РАН [9, 10], исследованные почвы можно отнести к эмбриозёмам гумусово-аккумулятивным.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### 1. Новообразованные почвы заброшенных Крымской атомной электростанции (КАЭС) и Крымской солнечной электростанции (КСЭС).

Крымская АЭС, строительство которой было остановлено в 1987 году, занимает площадь почти 200 га. На её территории происходит ренатурация разнообразных поверхностей, сформированных как грунтовыми насыпями (дамбы технологических водоёмов), так и бетонными сооружениями. В связи с продолжающимся демонтажем сооружений эти поверхности постоянно обновляются. Поэтому нами были исследованы объекты, не имеющие признаков новых нарушений с момента забрасывания. В качестве примера ниже представлена почва, образовавшаяся на дамбе водоёма-охладителя.



Рис. 2 Дамба обвалования технологического водоёма Крымской АЭС и образовавшаяся на ней почва.

Составлено автором.

Объект КАЭС3. Платообразная вершина дамбы обвалования имеет ширину 10 м. Растительность злаково-полынная. Общее проективное покрытие 55%. Средняя высота травостоя 30 см. Подстилка отсутствует.

А (0–4 см) серовато-бурый, структура крупнокомковато-порошистая, уплотнённый, густо пронизан корнями, граница волнистая, переход постепенный. Содержание органического вещества 3,10%, содержание  $\text{CO}_2$  карбонатов 3,08%, рНвод. 8,17. Плотность сложения 1,19 г/см<sup>3</sup>.

АС (4–7 см) неоднородный, более уплотнённый по сравнению с вышележащим, структура более крупная, граница волнистая, под куртиной злаков мощность гумусового горизонта несколько выше, переход заметный по окраске. Содержание органического вещества 1,53%, содержание  $\text{CO}_2$  карбонатов 4,29%, рНвод. 8,40.

С (ниже 7 см) бурая глина с включениями щебня. Содержание органического вещества 0,44%, содержание  $\text{CO}_2$  карбонатов 3,85%, рНвод. 8,34.

В геохимическом отношении данная новообразованная почва функционирует по нормальному автоморфному элювиальному типу: её гор. А характеризуется выщелачиванием элементов. Например, по элементам Са и Na коэффициент радиальной дифференциации (КРД, отношение содержания элемента в гор. А к его содержанию в гор. С) равен 0,8, по Fe и Mg 0,9. По калию и фосфору наблюдается накопление в гор. А: КРД равен 1,1 и 1,3, соответственно. Почва не загрязнена тяжёлыми металлами, по ним также наблюдается вынос из гор. А в нижележащие горизонты. В целом, эта почва соответствует зональному тренду воспроизводства и

практически не имеет никакой техногенной специфики, кроме первоначального уплотнения поверхности тяжёлой техникой и редких включений щебня. Аналогичные «нормальные» почвы формируются и на других поверхностях КАЭС и КСЭС, сформированных нетоксичными техногенно перемещёнными грунтами (объекты КАЭС2 и КСЭС1).

На бетонных поверхностях КАЭС и КСЭС, в ловушках эолового мелкозёма, сформированных сначала моховым покровом, а затем травянистыми растениями, образовались почвы с резко дифференцированным профилем. Их гумусовые горизонты обогащены техногенными элементами, которые, вероятно, в большей степени поступают аэральным путём, а в меньшей степени – путём выщелачивания из бетона. Примером может служить почва, образовавшаяся в бетонном коробе для прокладки кабелей на территории заброшенной Крымской солнечной электростанции (КСЭС2, рис. 3). Ренатурация на этом объекте происходит с 1986 года, наиболее интенсивно — с момента прекращения функционирования (с 1993 года).



Рис. 3. Почвообразование в бетонных конструкциях на территории заброшенной Крымской солнечной электростанции.

Составлено автором.

Почва данного объекта представляет собой совокупность довольно развитого органогенного горизонта — разложившегося в разной степени древесного опада (лох серебристый), мощностью 1,5 см и органо-минерального горизонта такой же мощности. В нижнем, гумусово-аккумулятивном горизонте отмечены следы активной деятельности дождевых червей, структура копрогенная, к нижней части горизонт несколько осветлён. «Вскипание» от 10%-ного раствора HCl отсутствует. В варианте под травянистой растительностью структура горизонта А пылеватая, но мощность меньше. Поверхность бетона в обоих вариантах имеет тёмную окраску, она шероховатая, выступают песчаные зёрна и ракушки, что свидетельствует о возможном почвенном разрушении связующей массы бетона. Содержание



## ПЕРВИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМАХ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

органического вещества в гумусово-аккумулятивном горизонте 4,63% под древесной растительностью и 13,85% — под травянистой, рНвод. 6,72 и 7,02, карбонаты отсутствуют. Отмечено значительное содержание Zn 126–182 мг/кг в гор. А объектов КАЭС1 и КСЭС2, а в объекте КАЭС1 (почвообразование на дорожной плите) также и Pb 158 мг/кг. Эти значения превышают фоновые в 2–8 раз. Такое накопление связано с аккумулятивным типом почвообразования, связанным с накоплением техногенных аэрозолей.

### 2. Новообразованные почвы заброшенного аэродрома в пос. Багерovo.

В ходе исследования посттехногенных геосистем заброшенного военного аэродрома в пос. Багерovo, эксплуатация которого прекратилась в 1998 году, были описаны варианты воспроизводства почв на бетонных конструкциях дорог и разобранных сооружений (объекты Баг1, Баг4, Баг5). Ренатурация на этих объектах связана с формированием растительного сообщества в трещинах или стыках бетонных покрытий. Поселившиеся растения (первоначально — мох) способствуют накоплению мелкозёма и органических остатков, которые заполняют трещины или стыки, формируя детритный горизонт АО. Гумусовые продукты почвообразования проникают в подстилающий бетонное покрытие слой песчаной породы и приводят к формированию горизонта АС, мощность которого пропорциональна времени почвообразования. Так, в объекте Баг1 этот горизонт имеет мощность 2 см, а в объекте Баг4 — 9 см. Интересен тот факт, что эта мощность в 9 см соответствует времени почвообразования не менее 40 лет, а это свидетельствует о длительном функционировании почвенных систем (в том числе, когда этот аэродром ещё функционировал) в стыках между плитами. Таким образом, наличие узких каналов (в частности, трещин, стыков плит) не препятствует формированию гумусового горизонта в мелкозёмной почвенной матрице, экранированной бетоном. Пространственные размеры таких квазипогребённых почвенных тел соответствуют области распространения корневых систем высших растений.

Приведём пример почвы, образовавшейся в стыке плит рулёжной дороги, соединяющей ангары аэродрома с взлётно-посадочной полосой (объект Баг4). Растительность преимущественно злаковая (свиной пальчатый), корневища и стебли которой, усиленные механическими тканями, проходят в трещине. Детрит заполняет пространство щели, а под бетонным покрытием формируется горизонт АС. Субстрат — песок с ракушечником, засыпанный под основание плит. Отобраны пробы почвенного материала из щели, АС и С. Под плитой происходит накопление влаги, что стимулирует рост растений.

АО (0–16 см) детритное заполнение трещины, пронизанное стеблями и корневищами свиной. «Вскипание» от 10%-ного р-ра HCl умеренное. Содержание органического вещества 3,24%, содержание CO<sub>2</sub> карбонатов 15,07%, рНвод. 7,85.

АС (16–25 см) гумусированный горизонт новообразованной, частично экранированной плитой почвы, серый, с палево-жёлтыми пятнами, структура пылеватая, уплотнённый, граница линзовидная, переход заметный. «Вскипание» бурное. Содержание органического вещества 0,71%, содержание CO<sub>2</sub> карбонатов 46,20%, рНвод. 8,43.

С (ниже 25 см) песок с ракушечной крошкой палево-жёлтый. «Вскипание» бурное. Содержание органического вещества 0,62 %, содержание  $\text{CO}_2$  карбонатов 45,21%, рНвод. 8,64.

Особенностью этой почвы, как и в случае почвообразования на бетонных конструкциях и покрытиях КАЭС и КСЭС, является накопление Zn — до 133 мг/кг.



Рис. 4. Почва в стыке бетонных плит аэродрома Багерovo.

Составлено автором.

Также были исследованы объекты на обваловке бывших позиций ПВО аэродрома, отсыпанных фоновым грунтом и обложенных дёрном. Этот вариант не является первичным почвообразованием, скорее, по предложенной нами классификации [11], это квазипервичное или рецентное почвообразование. Мощность новообразованного гумусового горизонта (A+AC) в данном случае составляет 11-12 см, содержание органического вещества 2–5 %, содержание макро- и микроэлементов соответствует фоновому, дифференциация их по профилю не выражена.

### 3. Почвы известняковых карьеров и отвалов п. Краснопартизанского месторождения близ г. Керчь, п. Аршинцево.

На Керченском полуострове площадь земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых (преимущественно известняка), составляет более 928 га [12]. Месторождения известняка характерны для всего Керченского полуострова, здесь это самый распространённый и доступный природный строительный материал. Рекультивационные работы в последние 20 лет практически не производились и карьеры находятся в заброшенном состоянии, часто используются для депонирования бытовых отходов [13].

В районе г. Керчи нами исследованы 2 карьерно-отвальных комплекса, частично рекультивированных и в настоящее время не эксплуатируемых. Они относятся к Краснопартизанскому месторождению известняка. На момент исследования карьеры представляют собой довольно живописные арены ренатурации (рис. 5).

Профили новообразованных почв этих карьерно-отвальных комплексов характеризуются простым строением: A0-A-AC-C-D. Имеется тенденция к



## ПЕРВИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМАХ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

образованию горизонта Ch — прокрашенной гумусом части породы без явных признаков биогенного оструктурирования.

Почвообразующей породой в исследованных карьерно-отвальных комплексах являются плотные известняки, их элювий (чаще — техногенный), суглинистые и глинистые породы. Содержание  $\text{CO}_2$  карбонатов в этих породах варьирует от 3 до 53,46 %. Реакция среды преимущественно — сильнощелочная ( $\text{pH}_{\text{вод.}} 8,60 \pm 0,20$ ). В процессе почвообразования избыточная щёлочность нейтрализуется, реакция среды гумусовых горизонтов новообразованных почв становится среднещелочной ( $\text{pH}_{\text{вод.}} 8,28 \pm 0,08$ ).



А



Б

Рис. 5. Панорамы заброшенных известняковых карьеров Краснопартизанского месторождения (г. Керчь).

Составлено автором.

Содержание гумуса в почвах карьерно-отвальных комплексах г. Керчь в среднем  $2,40 \pm 0,44\%$ . При этом под травянистой растительностью наблюдается более высокое содержание гумуса в горизонтах А, чем под кронами деревьев. Однако под деревьями распределение органического вещества по профилю почв более равномерно убывающее, чем почвах под травянистой растительностью, где уже в горизонте АС содержание гумуса часто уменьшается почти вдвое, по сравнению с горизонтом А. Средний запас гумуса составляет  $2246,4 \text{ г/м}^2$ . При среднем возрасте около 30 лет интенсивность аккумуляции углерода составляет  $43,4 \text{ г/м}^2$  в год.

В качестве примера приведём описание объекта АрИК5 — специфичной почвы известнякового карьера по добыче пильного камня вблизи р-на Аршинцево г. Керчь, южный борт с нарезкой известняковых террас и блоков (рис. 5, А). Северная

экспозиция. Ширина террас 60 см, высота 30 см. Блоки выпиливались размером 40x20x20 см, ширина пропила около 17 мм. Ренатурация рабочего борта карьера происходит сверху вниз — от верхних террас к нижним. (Нижние террасы более молодые, кроме того, на верхние террасы сильнее влияет ренатурационный потенциал фоновых сообществ.) На террасах селится мох, что способствует накоплению мелкозёма. На каждой террасе возникает поле ренатурации: на плотной породе – мох, затем селится мятлик живородящий, под деревьями лоха формируется разнотравная ассоциация. Накоплению мелкозёма способствуют также щели-пропилы террас.

Разрез выполнен под кроной лоха возрастом 15–20 лет, у ствола. ОПП 15 %, высота травостоя 20 см. Мятликовая группировка (мятлик живородящий).

A0 (0–1 см) опад листьев лоха, его веточек с примесью злакового опада.

A (0–2 см) серый, сухой, супесь тяжёлая, пылеватый, рыхлый, корни трав и лоха, граница ровная, переход заметный по окраске.

AC (2–6 см) неоднородный, преимущественно светло-серый, пылеватый, рыхлый, граница волнистая, понижается под куртинами мятлика, переход заметный по окраске.

Содержание органического вещества в смешанном образце (A+AC) 2,13 %, содержание CO<sub>2</sub> карбонатов 47,52%, рНвод. 8,32.

C (6–12 см) известняковая крошка и пыль. Преимущественно крупной фракции, пылеватый, рыхлый. Содержание органического вещества 0,93 %, содержание CO<sub>2</sub> карбонатов 49,72 %, рНвод. 8,34.

D (ниже 120 мм) известняковая плита.

«Вскипание» от 10%-ного р-ра HCl бурное по всему профилю.

В варианте под травянистой растительностью суммарная мощность гор. A+AC больше на 1 см, содержание органического вещества незначительно выше. Химический состав этих почв определяется литогенным фактором и закономерно меняется в процессе выветривания и накопления мелкозёма: происходит накопление Si, Al, Fe, K, P, Ti в аккумулятивном горизонте, по сравнению с материнской породой. Но этот процесс довольно медленный.

В целом, в почвах известняковых карьерно-отвалных комплексов Керчи нами отмечены варианты первичного почвообразования, имеющие аналоги в природе. Поэтому они вполне могут быть использованы как пространственно-временные модели для исследования природного воспроизводства почв, с учётом специфики субстратов.

#### 4. Новообразованные почвы территории Камыш-Бурунского железорудного комбината.

Предприятие «Камыш-Бурунский железорудный комбинат» к настоящему времени прекратил существование. Остановка производства началась с 1991 года и к 1993 году почти полностью завершилась. Нами были исследованы промплощадка предприятия, высохший гидроотвал отходов обогащения железной руды, отвалы карьера по добыче руды. В качестве примера приведём разрез почвы, образовавшейся на территории предприятия (рис. б).



Рис. 6. Общий вид промплощадки бывшего Камыш-Бурунского железорудного комбината и образовавшаяся на его территории почва.

Составлено автором.

Объект КЖРК1. Участок самозарастания на техногенном наносе. Элемент ландшафта — заболоченное понижение с глубиной залегания солёных грунтовых вод 1,5 м. Техногенный нанос вскрыт канавой глубиной 1,7 м. Растительность — тростниковая ассоциация, серийные сообщества различного возраста. В месте разреза — злаковая ассоциация. Общее проективное покрытие — 75%. На участках с большим включением каменного угля — менее 15%. Высота травостоя 30 см. Почвообразовательный субстрат — техногенная смесь каменного угля и его золы, пыли железорудного производства, крупнозернистого с галькой морского песка. Подстилающая порода — морской аллювий с характерной для заболоченных низменностей слоистостью, песчано-ракушечниковый, с торфянисто-иловатыми прослоями.

A0 Подстилка отсутствует или слабо выражена — груборазложившийся опад злаков.

A (0–8 см) Новообразованный гумусовый горизонт. Тёмно-серый с буроватым оттенком, неоднородный, структура пылеватая, много техногенных включений щебня, гальки, каменного угля и его золы, отходов обогащения руды. Густо пронизан корнями, граница неровная карманная, выцветы солей. Переход заметный. Плотность сложения 1,29 г/см<sup>2</sup>.

АС (8–20 см) Техногенный нанос с признаками нового первичного почвообразования. Очень неоднородный, с включениями техногенных материалов и щебня. Граница ровная, переход резкий.

Содержание органического вещества в смешанном образце (А+АС) 4,06%. Содержание CO<sub>2</sub> карбонатов 8,25%. рНвод. 8,20.

D1[A] (20–26 см) торфяно-илистый слой – погребённая почва заболоченного понижения. Содержание органического вещества 6,25%. Содержание CO<sub>2</sub> карбонатов 23,32%. рНвод. 7,96.

D2 (ниже 26 см) аллювиальный песчано-ракушечниковый нанос. Содержание органического вещества 0,07%. Содержание CO<sub>2</sub> карбонатов 44,22%. рНвод. 8,65.

«Вскипание» от 10%-ного р-ра HCl бурное по всему профилю.

Данная почва характеризуется значительным содержанием техногенных элементов в гор. А: Ва 1332 мг/кг, Рb 318 мг/кг, V 235 мг/кг, Zn 181 мг/кг, Cr 173 мг/кг, Со 106 мг/кг, As 89 мг/кг, Ni 70 мг/кг. Содержание компонентов руды также высокое: железа в пересчёте на Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 37,63%, марганца в пересчёте на MnO 5125 мг/кг. Однако визуальных признаков угнетения травостоя не отмечено.

Довольно специфическими химическими свойствами обладает маломощная почва, образовавшаяся на гидроотвале отходов обогащения руды (объект КЖРК2) после его высыхания. В гумусовом горизонте мощностью 2 см и плотностью сложения 1,43 г/см<sup>3</sup> содержание органического вещества 1,81%, содержание CO<sub>2</sub> карбонатов 5,72 %, рНвод. 8,20. Содержание железа в пересчёте на Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 36,15%, марганца в пересчёте на MnO 8161 мг/кг. Тяжёлых металлов также довольно много: Ва 1547 мг/кг, V 400 мг/кг, Cr 185 мг/кг, Zn 174 мг/кг, As 133 мг/кг Со 115 мг/кг, Рb 95 мг/кг, Ni 88 мг/кг. Растительность этого гидроотвала угнетена, проективное покрытие не превышает 30%. На поверхности почвы много раковин моллюсков, которые обитали в водоёме до его высыхания.

Таким образом, характерной особенностью почв, сформировавшихся в посттехногенных геосистемах Камыш-Бурунского железорудного комбината, является высокое содержание тяжёлых металлов в гумусово-аккумулятивном горизонте. Так, содержание Рb превышает фоновый уровень в 7–23 раза, Mn — в 6–9 раз, As и Со — в 4–6 раз, Ва — в 3 раза, Ni и Zn — в 2 раза. При этом в почвах, образовавшихся на техногенных поверхностях, сформированных техногенными субстратами (техногенный нанос промплощадки (КЖРК1), отходы обогащения (КЖРК2), элювий разрушающихся бетонных поверхностей (КЖРК3) в верхних горизонтах содержание микроэлементов часто превышает их содержание в субстрате. Это означает, что накопление микроэлементов происходит параллельно с почвообразованием. В то же время в почвах, образовавшихся на вскрышных породах железорудного карьера (КЖРК4–5) свойства более благоприятные, происходит вынос микроэлементов в нижние горизонты.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В посттехногенных геосистемах Керченского полуострова за 20–30 лет формируются устойчивые почвенные системы, выполняющие все биосферные и экосистемные функции почв. Скорость формирования гумусовых горизонтов составляет 2-3 мм/год, интенсивность фиксации углерода находится в диапазоне 40–50 г С/м<sup>2</sup> в год.

## ПЕРВИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМАХ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

---

На техногенно перемещённых природных субстратах (отвалы вскрышных пород, насыпи, дамбы, обваловки) реализуются зональные режимы первичного почвообразования, связанные с ведущим почвообразовательным процессом — гумусонакоплением. Морфологически обособляются гумусово-аккумулятивные горизонты мощностью 4–7 см. Средняя скорость формирования гумусовых горизонтов составляет 2–3 мм/год, линейно усреднённая скорость фиксации углерода находится в диапазоне 40–50 г С/м<sup>2</sup> в год. Профили незначительно дифференцируются по содержанию макроэлементов, содержание микроэлементов соответствует фоновому уровню. Эти объекты являются классическим вариантом ренатурации посттехногенных геосистем и, учитывая их значительные площади, могут быть использованы как ренатурационные элементы экологического каркаса. Так происходит с геосистемой бывшего аэродрома Багерова и прилегающего к нему полигона в составе ООПТ регионального уровня «Природный парк «Караларский». Аналогичными элементами природного каркаса фактически являются живописные ренатурационные геосистемы карьерно-отвалных комплексов неэксплуатируемых месторождений известняков и железных руд Керченского полуострова. Их новообразованные почвы являются важными компонентами геосистем, способствующими повышению их биоразнообразия и устойчивости.

Иная ситуация связана с первичным почвообразованием на техногенных субстратах постпромышленных объектов. На плотных субстратах (бетонные конструкции и покрытия, фундаменты разобранных сооружений) происходит накопление мелкодёма в виде золы и наночастиц, задерживаемых растительностью, с незначительным (за период 20–30 лет) выветриванием самих оснований. Этому процессу способствуют механические повреждения (трещины) и технологические щели (стыки плит, щели при выпиливании камней). Такие почвы содержат повышенные концентрации тяжёлых металлов, существенно превышающие фоновые уровни. Почвы производственной площадки бывшего Камыш-Бурунского железорудного комбината представляют эколого-геохимическую опасность и должны быть рекультивированы отсыпкой нетоксичных грунтов. Бетонные покрытия и сооружения целесообразно демонтировать и переработать, как это делается на бывшем аэродроме Багерова и КАЭС. Но принципиальных ограничений для процесса ренатурации эти объекты не формируют: на них также происходит первичное почвообразование, селится растительность и почвенная фауна.

Таким образом, на примере исследованных объектов можно выделить следующие режимы первичного посттехногенного почвообразования: квазиприродный эллювиально-автоморфный, золово-аккумулятивный на плотных техногенных субстратах, ренатурационно-детоксикационный режим на техногенно загрязнённых субстратах.

### **БЛАГОДАРНОСТИ**

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Президента РФ МД-6807.2015.5.

Список литературы

1. Ергина Е.И. Особенности рецентного почвообразования в Крыму // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. Том 22 (61). 2009. № 2. С. 27–32.
2. Лисецкий Ф.Н., Ергина Е.И. Развитие почв Крымского полуострова в позднем голоцене // Почвоведение. 2010. № 6. С. 643–657.
3. Ергина Е.И. Пространственно-временные закономерности процессов современного почвообразования на Крымском полуострове. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2017. 224 с.
4. Драган Н.А. Почвенные ресурсы Крыма. Симферополь: ДОЛЯ, 2004. 208 с.
5. Драган Н.А. Почвы окрестностей Казантипского природного заповедника // Труды Никитского ботанического сада – Национального научного центра. 2006. Том 126. С. 149–163.
6. Жук В.О. Методика оценки потенциальной гидрометеорологической опасности территории Крымского полуострова: Дисс. ... канд. геогр. наук. Специальность 25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология. Воронеж, 2021. 188 с.
7. Голеусов П.В., Лисецкий Ф.Н. Воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах лесостепи. М.: ГЕОС, 2009. 210 с.
8. Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
9. Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 205 с.
10. Соколов Д.А., Андроханов В.А. Эволюция представлений о почвах техногенных ландшафтов в работах сотрудников лаборатории рекультивации почв ИПА СО РАН // Почвы и окружающая среда: Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 55-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН (2–6 октября 2023 г., г. Новосибирск). Новосибирск: ИПА СО РАН, 2023. С. 18–26.
11. Голеусов П.В. Первичное, рецентное и вторичное почвообразование как варианты самоорганизации почв в антропогенно нарушенных геосистемах // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции (Белгород, 15–22 августа 2016 г.). Часть I / Отв. ред.: С.А. Шоба, И.Ю. Савин. Москва-Белгород: Издательский дом «Белгород», 2016. С. 166–167.
12. Кудрик, И.Д. Современные проблемы охраны и использования недр в АР Крым / И.Д. Кудрик, А.В. Ошкадер, Г.Н. Пыцкий // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2010. №4. С. 85–89.
13. Ковалевская Ю.О. Современное экологическое состояние ландшафтов Орджоникидзевого района г. Керчь // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. Том 23 (62). 2010. № 1. С.44–47.

PRIMARY SOIL FORMATION IN POST-TECHNOGENIC  
GEOSYSTEMS OF THE KERCH PENINSULA

*Goleusov P. V.*

*Belgorod National Research University, Belgorod, Russia*  
*E-mail: goleusov@bsu.edu.ru*

The Kerch Peninsula is characterized by a significant distribution of post-technogenic geosystems of various types in which primary soil formation occurs. In the article, based on an analysis of the morphological structure and properties of 25 newly formed soils, a substantiation of the regimes of primary soil formation, differing in its conditions and results, was carried out. Soils formed over 20–30 years on technogenically displaced



## ПЕРВИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМАХ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

substrates, concrete pavements and structures, exposed dense rocks, and technogenically contaminated fine-earth substrates were studied. We examined newly formed soils of well-known post-technogenic geosystems of the Kerch Peninsula: the Crimean Nuclear Power Plant (construction stopped in 1987), the Crimean SES (stopped operating in 1993), an abandoned airfield in the village. Bagerovo (operation ceased in 1998), limestone quarries and dumps of the Krasnopartizanskoe deposit near the city of Kerch, Arshintsevo (abandoned in the 1990s) and the territory of the Kamysh-Burun iron ore plant (ceased operation in 1993). A total of 25 profiles of newly formed soils were studied in relation to their morphological structure, a selective analysis of chemical properties was carried out using standard methods and a bulk chemical analysis was carried out using the X-ray fluorescence method. The age of the studied soils at the time of the study was similar, amounting to 20–30 years. This duration of soil formation is sufficient for the specific features of these soils to be fully revealed in their structure and properties, and their further development can be diagnosed. The surfaces on which the studied young soils are formed are represented by a variety of bulk technogenic soils, and in some cases by artificial materials (concrete structures). The vegetation is represented mainly by zonal herbaceous plant communities, which have already entered the stage of complex grouping, in some cases by tree plantations. Accordingly, the following regimes of primary post-technogenic soil formation have been identified: quasi-natural eluvial-automorphic, aeolian-accumulative on dense technogenic substrates, renaturation-detoxification on technogenically polluted substrates. Despite the differences in properties, the leading soil-forming process is the formation of a humus horizon, which occurs at an average rate of 2–3 mm/year over 20–30 years and the accumulation of carbon in this horizon at a level of 40–50 g C/m<sup>2</sup> per year. Primary soils on technogenically displaced soils are most common, and the corresponding geotopes are renaturation elements of the ecological network of the territory. It is advisable to reclaim primary soils on technogenically contaminated substrates due to their ecological and geochemical danger to the population, but they do not form any fundamental obstacles to the renaturation process.

**Keywords:** primary soil formation, newly formed soils, post-technogenic geosystems, humus horizon, chemical properties of soils, renaturation of geosystems.

### References

1. Ergina E.I. Osobnosti recentnogo pochvoobrazovaniya v Krymu // Ucheny`e zapiski Tavricheskogo nacional`nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Seriya: Geografiya. Vol. 22 (61). 2009. no. 2. pp. 27–32. (in Russian).
2. Liseczkij F.N., Ergina E.I. Razvitie pochv Krymskogo poluostrova v pozdnem golocene // Pochvovedenie. 2010. no. 6. pp. 643–657. (in Russian).
3. Ergina E.I. Prostranstvenno-vremenny`e zakonomernosti processov sovremennogo pochvoobrazovaniya na Krymskom poluostrove. Simferopol: IT «ARIAL», 2017. 224 p. (in Russian).
4. Dragan N.A. Pochvenny`e resursy Kryma. Simferopol: DOLYa, 2004. 208 p. (in Russian).
5. Dragan N.A. Pochvy okrestnostej Kazantipskogo prirodnogo zapovednika // Trudy` Nikitskogo botanicheskogo sada – Nacional`nogo nauchnogo centra. 2006. Vol. 126. pp. 149–163. (in Russian).
6. Zhuk V.O. Metodika ocenki potencial`noj gidrometeorologicheskoy opasnosti territorii Krymskogo poluostrova: Diss. ... kand. geogr. nauk. Special`nost 25.00.30 – meteorologiya, klimatologiya, agrometeorologiya. Voronezh, 2021. 188 p. (in Russian).

7. Goleusov P.V., Liseczkiy F.N. Vosproizvodstvo pochv v antropogenno narushennyh landshaftah lesostepi. M.: GEOS, 2009. 210 p. (in Russian).
8. Klassifikaciya i diagnostika pochv Rossii / Avtory i sostaviteli: L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimova. Smolensk: Ojkumena, 2004. 342 p. (in Russian).
9. Androxanov V.A., Kulyapina E.D., Kurachev V.M. Pochvy texnogennyh landshaftov: genezis i evolyuciya. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2004. 205 p. (in Russian).
10. Sokolov D.A., Androxanov V.A. Evolyuciya predstavlenij o pochvax texnogennyh landshaftov v rabotah sotrudnikov laboratorii rekul'tivacii pochv IPA SO RAN // Pochvy i okruzhayushhaya sreda: Sbornik nauchnyh trudov Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashhennoj 55-letiyu Instituta pochvovedeniya i agrohimii SO RAN (2–6 oktyabrya 2023 g., g. Novosibirsk). Novosibirsk: IPA SO RAN, 2023. pp. 18–26. (in Russian).
11. Goleusov P.V. Pervichnoe, recentnoe i vtorichnoe pochvoobrazovanie kak varianty samoorganizacii pochv v antropogenno narushennyh geosistemah // Pochvovedenie – prodovol'stvennoj i ekologicheskoj bezopasnosti strany: tezisy dokladov VII s'ezda Obshhestva pochvovedov im. V.V. Dokuchaeva i Vserossijskoj s mezhdunarodnym uchastiem nauchnoj konferencii (Belgorod, 15–22 avgusta 2016 g.). Chast I / Otv. red.: S.A. Shoba, I.Yu. Savin. Moskva-Belgorod: Izdatelskij dom «Belgorod», 2016. pp. 166–167. (in Russian).
12. Kudrik, I.D. Sovremennye problemy ohrany i ispol'zovaniya neдр v AR Krym / I.D. Kudrik, A.V. Oshkader, G.N. Pyczkij // Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana. 2010. no. 4. pp. 85–89. (in Russian).
13. Kovalevskaya Yu.O. Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie landshaftov Ordzhonikidzevskogo rajona g. Kerch // Uchenye zapiski Tavricheskogo nacionalnogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Seriya: Geografiya. Vol. 23 (62). 2010. no. 1. pp. 44–47. (in Russian).

*Поступила в редакцию 11.01.2024 г*



УДК 910.1

**МОДЕЛЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ  
ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ ОБЪЕКТА (ОРИЕНТИРА)  
У ЗЕМЛИ ПО ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ ВИДИМОСТИ  
С БЕСПИЛОТНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА**

*Дорофеев В. В.<sup>1</sup>, Степанов А. В.<sup>2</sup>, Насонов А. А.<sup>3</sup>*

*<sup>1,2,3</sup>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия  
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
E-mail: <sup>3</sup>alexeynasonov@list.ru*

В статье предлагается модель восстановления метеорологических оптической дальности видимости объектов на земной поверхности по данным с камеры беспилотного воздушного судна (квадрокоптерного типа).

**Ключевые слова:** метеорологическая оптическая дальность видимости, беспилотное воздушное судно, оптико-электронная система, тип распределения горизонтальной видимости с высотой.

**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время беспилотные воздушные суда (БВС) являются средством воздушной разведки по обнаружению на земной поверхности объектов (ориентиров) [1]. Используемая оптико-электронная система (ОЭС) (цифровая камера) БВС позволяет обнаруживать и опознавать объекты (ориентиры), находящиеся на земле. Однако по цифровому изображению с использованием различных объективов невозможно оценить метеорологическую оптическую дальность (МОД<sub>0</sub>) видимости объекта (ориентира) в горизонтальном направлении у земли [1, 3, 4, 5, 6].

Поскольку МОД<sub>0</sub> не связана с визуальным наблюдением каких-либо объектов, а зависит только от прозрачности атмосферы (показателя ослабления), то она применима в любое время суток для оценки прозрачности атмосферы и расчетов дальности видимости реальных объектов в горизонтальном направлении [1, 3, 4, 5, 6].

Применение БВС для оценки МОД<sub>0</sub> в настоящее время невозможно из-за противоречия между видимостью объекта (ориентира) на земле и оптико-электронной дальностью видимости (ОЭДВ) объекта (ориентира).

Противоречие требует решения научной задачи о выявлении взаимосвязи между МОД<sub>0</sub> объекта (ориентира) на земле и ОЭДВ БВС.

Поэтому целью статьи является построение математической модели расчета МОД<sub>0</sub> объекта (ориентира) у земли с использованием информации ОЭС, получаемой с БВС для различных типов распределения горизонтальной видимости с высотой (ТРГВ) при для нулевой путевой скорости полета БВС квадрокоптерного типа при зависании его в воздухе.

ТРГВ зависит от высоты, формы и структуры нижней границы облаков, наличия и характера атмосферного помутнения в подоблачном слое, явлений погоды и видимости в них. В статье рассматриваются три основные ТРГВ, которые

классифицируются сочетаниями ВНГО (высота нижней границы облачности) и МДВ (метеорологическая дальность видимости) при различных явлениях погоды (дымка, снег, дождь, морось): для **I ТРГВ** – ВНГО  $\leq 150$  м,  $1 < \text{МДВ} \leq 3$  км; для **II ТРГВ** –  $150 < \text{ВНГО} \leq 200$  м,  $1 < \text{МДВ} \leq 4$  км; для **III ТРГВ** – ВНГО  $> 200$  м,  $4 < \text{МДВ} \leq 10$  км [5].

**МОДЕЛЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ ОБЪЕКТА (ОРИЕНТИРА) У ЗЕМЛИ**

Математическая модель построена на зависимостях фокусного расстояния ОЭДВ и фокусного расстояния глаза оператора БВС.

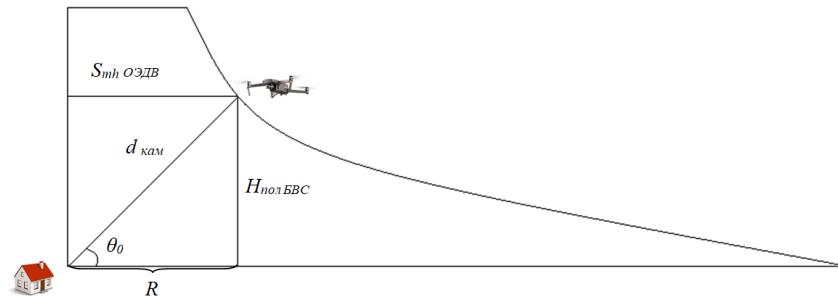


Рис. 1. Определение дальности обнаружения ( $R$ ) объекта (ориентира) с помощью ОЭС БВС (цифровой камеры).

Составлено авторами.

Как видно из рисунка 1, горизонтальная ОЭДВ ( $S_{mh \text{ ОЭДВ}}$ ) на высоте полета равна:

$$S_{mh \text{ ОЭДВ}} = \frac{H_{\text{полБВС}}}{\text{tg} \theta} , \quad (1)$$

где  $H_{\text{полБВС}}$  — высота полёта беспилотного воздушного судна.

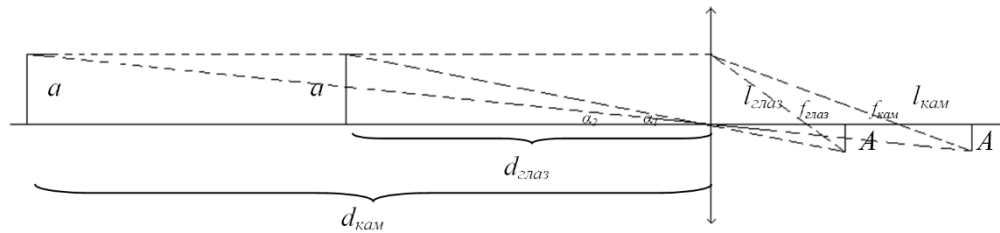


Рис. 2. Определение соотношения расстояний до объекта и фокусов цифровой камеры и человеческого глаза.

Составлено авторами.

**МОДЕЛЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ  
ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ ОБЪЕКТА (ОРИЕНТИРА) У ЗЕМЛИ ПО ОПТИКО-  
ЭЛЕКТРОННОЙ ВИДИМОСТИ С БЕСПИЛОТНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА**

---

Из формулы тонкой линзы (2) [1,3,4] и рис. 2 (используется для объяснения правил построения изображений) следует, что:

$$\frac{1}{f_{\text{глаз}}} = \frac{1}{d_{\text{глаз}}} + \frac{1}{l_{\text{глаз}}}, \quad (2)$$

где  $f_{\text{глаз}}$  — фокусное расстояние глаза (м),  $d_{\text{глаз}}$  — расстояние от предмета до глаза (м),  $l_{\text{глаз}}$  — расстояние от изображения до глаза (м).

$$a = d_{\text{глаз}} \cdot \text{tg}\alpha_1 \quad (3)$$

$$d_{\text{глаз}} = \frac{a}{\text{tg}\alpha_1} \quad (4)$$

$$A = l_{\text{глаз}} \cdot \text{tg}\alpha_1 \quad (5)$$

$$l_{\text{глаз}} = \frac{A}{\text{tg}\alpha_1} \quad (6)$$

$$\frac{1}{f_{\text{кам}}} = \frac{1}{d_{\text{кам}}} + \frac{1}{l_{\text{кам}}}, \quad (7)$$

где  $f_{\text{кам}}$  — фокусное расстояние камеры (м),  $d_{\text{кам}}$  — расстояние от предмета до камеры (м),  $l_{\text{кам}}$  — расстояние от изображения до камеры (м).

$$a = d_{\text{кам}} \cdot \text{tg}\alpha_2 \quad (8)$$

$$d_{\text{кам}} = \frac{a}{\text{tg}\alpha_2} \quad (9)$$

$$A = l_{\text{кам}} \cdot \text{tg}\alpha_2 \quad (10)$$

$$l_{\text{кам}} = \frac{A}{\text{tg}\alpha_2} \quad (11)$$

$$\frac{1}{f_{\text{глаз}}} = \frac{1}{d_{\text{глаз}}} + \frac{\text{tg}\alpha_1}{A} = \frac{A + d_{\text{глаз}} \cdot \text{tg}\alpha_1}{d_{\text{глаз}} \cdot A} = \frac{A + \frac{a}{\text{tg}\alpha_1} \cdot \text{tg}\alpha_1}{d_{\text{глаз}} \cdot A} = \frac{A + a}{d_{\text{глаз}} \cdot A} \quad (12)$$

$$\frac{1}{f_{\text{кам}}} = \frac{1}{d_{\text{кам}}} + \frac{\text{tg}\alpha_2}{A} = \frac{A + d_{\text{кам}} \cdot \text{tg}\alpha_2}{d_{\text{кам}} \cdot A} = \frac{A + \frac{a}{d_{\text{кам}}} \cdot \text{tg}\alpha_2}{d_{\text{кам}} \cdot A} = \frac{A + a}{d_{\text{кам}} \cdot A} \quad (13)$$

Для человеческого глаза:

$$d_{\text{глаз}} = f_{\text{глаз}} \frac{A + a}{A} \quad (14)$$

Для камеры:

$$d_{\text{кам}} = f_{\text{кам}} \frac{A + a}{A} \quad (15)$$

Построение модели восстановления МОД<sub>0</sub> у земли основано на коэффициенте перехода от ОЭДВ к видимости человеческим глазом в зависимости от фокусного расстояния, который вычисляется по формуле:

$$C = \frac{d_{\text{глаз}}}{d_{\text{кам}}} = \frac{f_{\text{глаз}}}{f_{\text{кам}}}, \quad (16)$$

где  $f_{\text{кам}}$  — фокусное расстояние камеры БВС, м;  $f_{\text{глаз}}$  — фокусное расстояние человеческого глаза, м ( $f_{\text{глаз}} = 0,024$  м) [6].

Следовательно, горизонтальная видимость  $S_{mh0}$  на высоте полета будет иметь вид:

$$S_{mh_0} = C \cdot S_{mh\text{ОЭДВ}} \quad (17)$$

где  $S_{mh\text{ОЭДВ}}$  — оптико-электронная дальность видимости на высоте полёта беспилотного воздушного судна.

МОД<sub>0</sub> у земли в зависимости от ТРГВ под облаками рассчитывается по формулам 4–6 [3, 5]:

для I ТРГВ:

$$\text{МОД}_0 = \frac{S_{mh} \text{ВНГО}^2 - 1,5 \cdot S_{mh} \cdot H_{\text{полБВС}}^2 + 0,5 \cdot S_{mh} \cdot \text{ВНГО} \cdot H_{\text{полБВС}}}{\text{ВНГО}^2 + 0,24 \cdot H_{\text{полБВС}}^2 - 1,24 \cdot \text{ВНГО} \cdot H_{\text{полБВС}}} \quad (18)$$

для II ТРГВ:

МОДЕЛЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ  
ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ ОБЪЕКТА (ОРИЕНТИРА) У ЗЕМЛИ ПО ОПТИКО-  
ЭЛЕКТРОННОЙ ВИДИМОСТИ С БЕСПИЛОТНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА

$$МОД_0 = \frac{S_{mh} \cdot ВНГО^2 - 4 \cdot S_{mh} \cdot H_{пол\ БВС}^2 + 3 \cdot S_{mh} \cdot ВНГО \cdot H_{пол\ БВС}}{ВНГО^2 - 0,84 \cdot H_{пол\ БВС}^2 - 0,16 \cdot ВНГО \cdot H_{пол\ БВС}} \quad (19)$$

для III ТРГВ:

$$МОД_0 = S_{mh_0} \cdot \quad (20)$$

Результаты расчетов  $МОД_0$  в зависимости от ОЭДВ на высоте полета БВС по математической модели в качестве примера представлены на рис. 3–5.

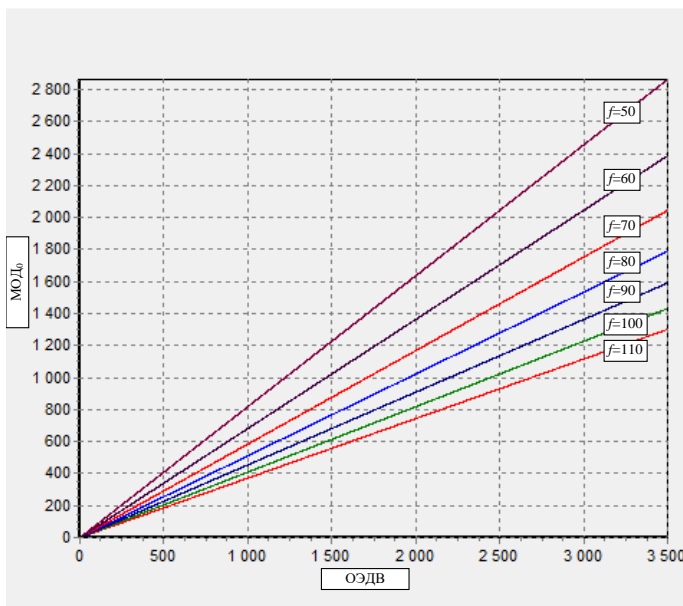


Рис. 3. Зависимость  $МОД_0$  у земли от ОЭДВ камер с различными фокусными расстояниями  $f$ , установленными на БВС квадрокоптерного типа в I ТРГВ ( $R = 1000$  м,  $H_{пол\ БВС} = 50$  м).

Составлено авторами.

Анализ рисунков 3–5 показывает, что наибольшие значения  $МОД_0$  наблюдаются при наименьшем фокусном расстоянии камеры БВС ( $f = 50$  мм). А наименьшие значения при  $f = 110$  мм при одинаковых расстояниях ( $R = 1000$  м) до объекта и высоте полета ( $H_{пол\ БВС} = 50$  м) для всех типов ТРГВ.

В различных ТРДВ при одинаковых фокусных расстояниях  $f$  камеры БВС  $МОД_0$  различны. Наименьшие значения наблюдаются в I ТРГВ, а наибольшие — в III ТРГВ, что не противоречит и согласуется с исследованиями [3, 4, 5, 6].

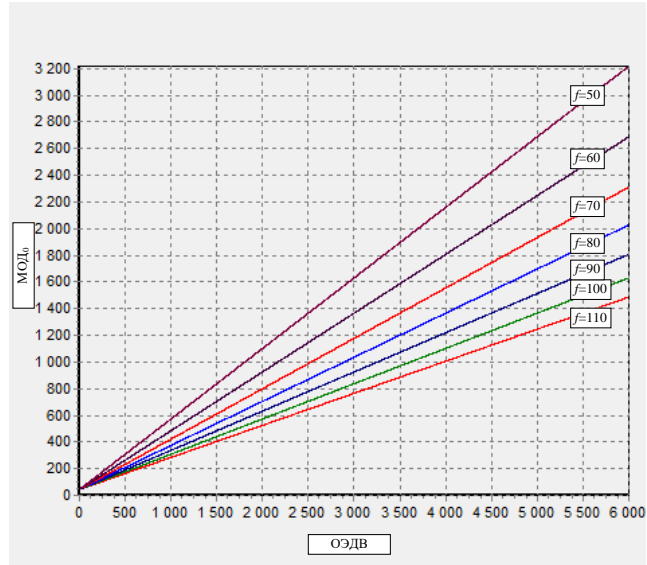


Рис. 4. Зависимость  $МОД_0$  у земли от ОЭДВ камер с различными фокусными расстояниями  $f$ , установленными на БВС квадрокоптерного типа во II ТРГВ ( $R = 1000$  м,  $H_{пол\ БВС} = 50$  м).

Составлено авторами.

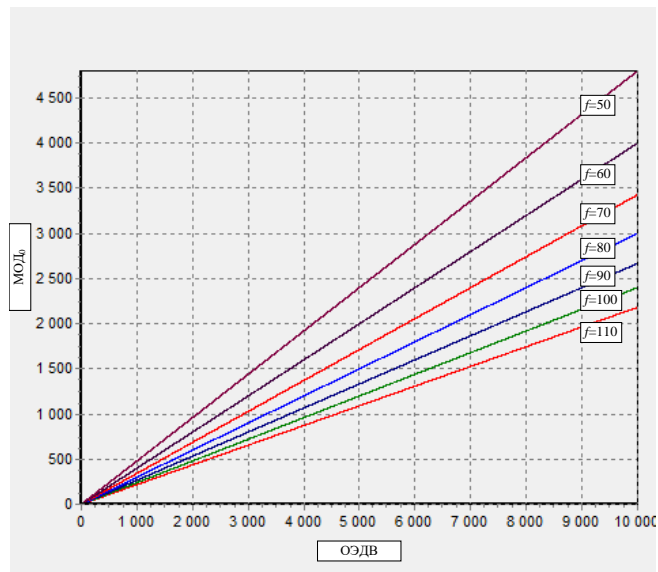


Рис. 5. Зависимость  $МОД_0$  у земли от ОЭДВ камер с различными фокусными расстояниями  $f$ , установленными на БВС квадрокоптерного типа в III ТРГВ ( $R = 1000$  м,  $H_{пол\ БВС} = 50$  м).

Составлено авторами.

## МОДЕЛЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ ОБЪЕКТА (ОРИЕНТИРА) У ЗЕМЛИ ПО ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ ВИДИМОСТИ С БЕСПИЛОТНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА

Оценка достоверности модели восстановления значений  $МОД_0$  проведена по полетному эксперименту, который проводился на базе ВУНЦ ВВС «ВВА» в ноябре 2022 года. Тип БВС: квадрокоптер DJI Mavic 2 pro, фокусное расстояние камеры составляет 28 мм ( $C = 0,86$ ).

Эксперимент проходил по следующему алгоритму:

1. Определение  $ВНГО_{ОЭДВ}$  (взлет БВС над точкой, камера направлена под углом  $90^\circ$ , осуществляли подъем до высоты, когда изображение объекта под БВС будет «туманиться» рис. 6).



Рис. 6. Определение  $ВНГО_{ОЭДВ}$

2. Пересчет значений  $ВНГО_{ОЭДВ}$  для видимости человеческим глазом:

$$ВНГО = C \cdot ВНГО_{ОЭДВ} \quad (21)$$

где  $C$  – фокусное расстояние глаза.

3. Снижение на высоту поиска объекта (ориентира).

4. Проведение поиска и опознания выбранного для оценки  $МОД_0$  объекта (ориентира).

5. Полет назад на текущей высоте до тех пор, пока объект (ориентир) не начнет «туманиться», определение угла визирования камеры.

6. Расчет  $МОД_0$  у земли по построенной модели и сравнение полученных значений с видимостью у земли.

В представленном эксперименте результат прямого измерения  $ВНГО$  составил:  $ВНГО = 124 \pm 2$  м;  $H_{пол\ БВС} = 54 \pm 1$  м; угла визирования камеры  $\theta_0 = 4,4 \pm 0,9^\circ$  при  $\alpha = 0,95$ . Число измерений параметров — 5. Коэффициент Стьюдента составил 2,8. Число степеней свободы — 4.



Рис. 7. ОЭДВ объекта (ориентира) на высоте поиска

Результат косвенного измерения  $S_{mh \text{ ОЭДВ}} = 771 \pm 14$  м при  $\varepsilon = 10\%$ .

Для оценки успешности методики расчета используются следующие критерии [3]:

1. Коэффициент корреляции между рассчитанными и фактическими значениями  $МОД_0$  (при  $r = 1$  наблюдается функциональная зависимость, при  $r = 0$  — связи нет,  $r > 0,5$  — значимый коэффициент):

$$r = \frac{(\overline{\vartheta_p - \vartheta_p})(\overline{\vartheta_\phi - \vartheta_\phi})}{\sqrt{(\overline{\vartheta_p - \vartheta_p})^2} \sqrt{(\overline{\vartheta_\phi - \vartheta_\phi})^2}}, \quad (22)$$

где  $\vartheta_p$  и  $\vartheta_\phi$  — расчетное и фактическое значения элемента  $\vartheta$ ,  $\overline{\vartheta_p}$  и  $\overline{\vartheta_\phi}$  — соответствующие средние значения.

2. Средняя абсолютная  $\eta$  или средняя квадратическая  $\sigma$  ошибки расчета. Эти ошибки рассчитываются по формулам:

$$\eta = |\overline{\vartheta_p - \vartheta_\phi}|, \quad (23)$$

$$\sigma = \sqrt{(\overline{\vartheta_p - \vartheta_\phi})^2}. \quad (24)$$

Длина выборки фактических и рассчитанных значений  $МОД_0$  составила 120 случаев, а контрольной — 60 случаев при  $\alpha = 0,95$  для I–III ТРВД.

Значения критериев успешности модели восстановления  $МОД_0$  у земли по данным летного эксперимента для I–III ТРВД представлены в таблице 1.



# МОДЕЛЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ ОБЪЕКТА (ОРИЕНТИРА) У ЗЕМЛИ ПО ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ ВИДИМОСТИ С БЕСПИЛОТНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА

Таблица 1.

Значения критериев успешности ( $r$  — коэффициент корреляции между измеренным и расчетным значением,  $\sigma$  — средняя квадратическая ошибка,  $\eta$  — средняя абсолютная ошибка) модели восстановления МОД<sub>0</sub> у земли (по данным летного эксперимента)

Модель восстановления МОД <sub>0</sub> у земли	Критерии успешности								
	I ТРВД			II ТРВД			III ТРВД		
	$r$	$\sigma$	$\eta$	$r$	$\sigma$	$\eta$	$r$	$\sigma$	$\eta$
	0,96	98,3	77,2	0,94	108,4	86,7	0,90	288,6	229,8

Составлено авторами.

Значения критериев успешности показывают на возможность использования построенной модели для восстановления МОД<sub>0</sub> у земли [3].

## ВЫВОДЫ

Таким образом, модель восстановления МОД<sub>0</sub> у земли, базирующаяся на теории негоризонтальной видимости, отличается от существующих использованием преобразованных данных ОЭС БВС и позволяет определить тип вертикального распределения видимости, ВНГО и МОД<sub>0</sub> у земли.

Перспективным направлением применения модели восстановления МОД<sub>0</sub> у земли является построение модели видимости объектов наземной поверхности с учетом высоты и скорости полета ВС, линейных размеров, яркостного контраста объекта (ориентира).

## Список литературы

1. Базлова Т.А., Бочарников Н.В., Никишков П.Я., Солонин А.С. Видимость для аэронавигации. СПб.:РГГМУ, 2012. 332 с.
2. Временные правила производства полетов беспилотных летательных аппаратов Министерства обороны Российской Федерации. М.: Министерство обороны, 2013. 50 с.
3. Дорофеев В.В., Нахмансон Г.С., Жильчук И.А., Ковалёв В.И. Видимость в атмосфере для авиационных целей. Монография. Воронеж, ВАИУ, 2010, 250 с.
4. Ковалев В.А. Видимость в атмосфере и ее определение. Л.: Гидрометеиздат, 1988, 216 с
5. Рацимор М.Я. Наклонная видимость. Метод. Пособие для специалистов ГАМЦ, ЗАМЦ, АМЦ и АМСГ. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. 136 с.
6. Horvath H. Atmospheric Visibility. Atmosph. Environ., 1981, v. 15, pp. 11–5.

**MODEL OF RECOVERY OF METEOROLOGICAL OPTICAL VISIBILITY  
RANGE OF OBJECT (REFERENCE) NEAR THE GROUND FROM OPTO-  
ELECTRONIC VISIBILITY FROM UNMANNED AIRCRAFT**

*Dorofeev V. V.<sup>1</sup>, Nasonov A. A.<sup>2</sup>, Stepanov A. V.<sup>3</sup>*

*<sup>1,2,3</sup>Military Training and Research Center of the Air Force " Air Force Academy named after  
Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin»  
E-mail: <sup>3</sup>alexeynasonov@list.ru*

Currently, unmanned aerial vehicles (UAVs) are aerial reconnaissance means for detecting objects (landmarks) on the earth's surface. Used optoelectronic system (OES) (digital camera) BVS allows you to detect and identify objects (landmarks) located on the ground. However, it is impossible to estimate the meteorological optical range (MOD0) of visibility of an object (landmark) in the horizontal direction near the ground from a digital image using various lenses.

Since MOD0 is not related to the visual observation of any objects, but depends only on the transparency of the atmosphere (attenuation index), it is applicable at any time of the day to assess the transparency of the atmosphere and calculate the visibility range of real objects in the horizontal direction.

The use of UA to estimate MOD0 is currently not possible due to the contradiction between the visibility of the object (landmark) on the ground and the optical-electronic range of visibility (OERD) of the object (landmark).

The contradiction requires solving the scientific problem of identifying the relationship between the MOD0 of an object (landmark) on the ground and the UAE GEEF.

Therefore, the purpose of the article is to build a mathematical model for calculating the MOD0 of an object (landmark) near the ground using the information of the OES obtained from the UA for various types of horizontal visibility distribution with height (TRGV) at  $W=0$  (zero ground speed of the quadcopter type UA during hovering in the air).

The mathematical model is built on the dependences of the focal length of the OEDE and the focal length of the eye of the UA operator.

The construction of the MOD0 reconstruction model at the ground is based on the conversion factor (C) from EDV to visibility with the human eye, depending on the focal length.

In different turbojet engines with the same focal lengths  $f$ , the cameras of the BVS MOD0 are different. The smallest values are observed in TRGV I, and the largest values are observed in TRGV III, which does not contradict and is consistent with studies.

The assessment of the reliability of the model for restoring the values of MOD0 was carried out on the basis of a flight experiment, which was carried out on the basis of the VUNC Air Force "VVA" in November 2022.

The MOD0 recovery model near the ground, based on the theory of non-horizontal visibility, differs from the existing ones by using the converted data of the UES OES and allows you to determine the type of vertical visibility distribution, VNGO and MOD0 near the ground.

МОДЕЛЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ  
ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ ОБЪЕКТА (ОРИЕНТИРА) У ЗЕМЛИ ПО ОПТИКО-  
ЭЛЕКТРОННОЙ ВИДИМОСТИ С БЕСПИЛОТНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА

---

**Keywords:** meteorological optical range of visibility, unmanned aerial vehicle, optical-electronic system, type of horizontal visibility distribution with height.

**References**

1. Bazlova T.A., Bocharnikov N.V., Nikishkov P.YA., Solonin A.S. Vidimost' dlya aeronavigacii. SPb.: RGGMU, 2012. 332 p.
2. Vremennye pravila proizvodstva poletov bespilotnyh letatel'nyh apparatov Ministerstva oborony Rossijskoj Federacii. M.: Ministerstvo oborony, 2013. 50 p.
3. Dorofeev V.V., Nahmanson G.S., ZHil'chuk I.A., Kovalyov V.I. Vidimost' v atmosfere dlya aviacionnyh celej. Monografiya. Voronezh, VAIU, 2010, 250 p.
4. Kovalev V.A. Vidimost' v atmosfere i ee opredelenie. L.: Gidrometeoizdat, 1988, 216 p.
5. Racimor M.YA. Naklonnaya vidimost'. Metod. Posobie dlya specialistov GAMC, ZAMC, AMC i AMSG. – L.: Gidrometeoizdat, 1987. 136 p.
6. Horvath H. Atmospheric Visibility. Atmosph. Environ., 1981, v. 15, pp. 11–5.

*Поступила в редакцию 25.05.2023 г.*

УДК 631.47

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ И ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ КРЫМА (ИСТОРИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

*Ергина Е. И.<sup>1</sup>, Артемова Е. А.<sup>2</sup>*

*<sup>1,2</sup>Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация  
E-mail: <sup>1</sup>ergina65@mail.ru, <sup>2</sup>artemova199829@mail.ru*

Проведен анализ этапов исследования процессов деградации почв и земель на территории Крымского полуострова, начиная с периода перехода полуострова во владения Российской империи. Особое внимание уделяется ключевым открытиям и достижениям ученых, которые внесли значительный вклад в развитие почвенной науки в Крыму. Значительное внимание уделено описанию вклада в развитие науки о почвах Крыма и процессов их трансформации таких видных ученых, как В.В. Докучаев, Н.Н. Клепинин, Н.Н. Дзенс-Литовская, В.Н. Иванов. В работе выделено 3 хронологических периода исследований процессов деградации почв и представлена сводная таблица с описанием вклада ученых в исследование процесса деградации почв. В статье акцентируется внимание, что исследование хронологических периодов развития почвенной науки в целом, позволяет проследить развитие научного подхода к изучению деградации почв и способы их использования в современном мире.

**Ключевые слова:** деградация, почвенный покров, исторические этапы, природопользование.

### ВВЕДЕНИЕ

Для Крымского полуострова, который на сегодняшний день является регионом активного освоения, наиболее масштабными факторами, влияющими на состояние почв, несомненно, становятся: распашка земель, в том числе и на склоновых участках, и как следствие, развитие эрозии; дегумификация; засоление; снижение содержания питательных элементов; изменение физических и физико — химических свойств. Активная антропогенная деятельность привела к образованию преобразованных ландшафтов, с полностью или частично отсутствующим почвенным покровом. Значительные площади полуострова занимают отвалы, выемки пород, образовавшиеся при добыче полезных ископаемых, при мелиоративном строительстве, промышленном и жилищном строительстве, и т. п.

Процесс сельскохозяйственного использования почв крымского региона имеет четкую историческую обусловленность. Переход черноморского и азовского степного побережья во владения Российской Империи с середины XVIII века, повлек за собой быстрое заселение этой территории, и именно тогда значительные площади Таврической губернии были распаханы. Началось формирование современных агроландшафтов и как следствие активное воздействие на почвы и почвенный покров, что приводило к развитию процессов деградации [1].

При проведении исследований процессов деградации почв в современных, меняющихся условиях важно наряду с анализом исторической обусловленности природопользования [1, 2] оценить вклад предшествующих работ видных российских ученых, направленных на изучение специфики почвообразования и использования почв Крымского полуострова, что и обусловило **цель работы** —

провести историко-географический анализ разновременных исследований процессов деградации почв на полуострове.

### ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Предмет исследования исторической географии включает в себя широкий спектр направлений, среди которых значительное внимание уделяется проведению историко-географической периодизации развития конкретных научных взглядов на состояние окружающей среды. Таким интегральным исследованиям особенностей историко-географического анализа природы Крымского полуострова посвящены многие работы [1, 2, 3, 4, 5] в которых констатируется вклад отдельных ученых в изучение почвенного покрова, но анализ их вклада в изучение процессов деградации почв и земель в этих работах чаще всего носит обзорный характер, либо территориальный обхват довольно широкий. Среди таких комплексных работ посвященной истории изучения почвоведческих исследований можно выделить работу [3] в которой выделены хронологические периоды исследований почв на значительной территории, в состав которой входят южные регионы страны. Мы адаптировали этот подход для Крыма и предлагаем выделять следующие периоды.

*Период сбора информации о почвах Крыма: середина XVIII – третья четверть XIX века (табл. 1).*

Самый решительный перелом в истории народов степной зоны Крыма и трансформации почв и ландшафтов произошел в период с XVIII по XX века. Шло быстрое заселение территории Крыма украинцами и русскими. Уменьшилась численность кочевых и полукочевых народов. Вследствие изменений в численности населения трансформируется и природа Крыма. После присоединения Крыма к Российской империи увеличилась площадь распаханых земель. В Таврической губернии с 1881 по 1888 гг. посевная площадь возросла на 16,2%, а с 1888 года по 1899 увеличилась на 35%. Основное увеличение пахотных земель приходилось на Днепровский, Перекопский, Евпаторийский, Феодосийский и Симферопольский уезды [1]. Столь быстрая трансформация природных ландшафтов привела к процессам разрушения почв, развитию интенсивных эрозионных процессов. Для разработки мероприятий по борьбе с процессами разрушений почв и почвенного покрова необходимо было систематизировать сведения о состоянии природы полуострова, климата, естественной растительности, гидрологическим ресурсам. Поэтому уже в первые годы после вхождения территорий северного побережья Черного моря в состав России, Петербургская Академия наук начала исследования Крыма. Итогом этих работ служили обзоры природы и крупномасштабные карты отдельных частей полуострова. Они выполнены под руководством К. И. Габлица в 1786 г. и после опубликованы митрополитом Евгением Болховитиновым [6]. Значительный вклад в изучение почв Крыма внесли П. С. Паллас и Ф. Дюбуа де Монпере, которые изучали особенности сельскохозяйственной организации территории (хоры) Херсонеса Таврического.

Начало комплексному научному исследованию природы в целом, Крымского полуострова, и почв, в том числе, положили работы офицеров Генерального Штаба

составивших на протяжении 1837-1854 гг. Результаты их исследований были обобщены в труде «Военно-статистическое обозрение Российской Империи». Одиннадцатый том сборника посвящен территории Херсонской и Таврической губерний (в границах которой находился Крымский полуостров). В нем, кроме характеристики природных условий, описаны почвы изучаемых территорий, обоснованы причины их разного плодородия: «на юге и юго-западе лето большей частью сухое и знойное, только осень благоприятная, зима подвержена двум крайностям или бесснежью с жестоким восточным, северо-восточным и северным ветрам, или суровой снеговой вьюге. Такое состояние климата очень неблагоприятно для хлебопашества» [7, с. 56]. В работе уделялось значительное внимание почвенным ресурсам региона по причине того, что почвенные ресурсы играют ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности региона.

*Период фундаментальных научных исследований третьей четверти XIX – начала XX века* (табл. 1). Начало научным исследованиям крымских почв на основе сравнительно-географического метода было положено в 1878 г. экспедицией В.В. Докучаева, который в 1878 году приехал на территорию Крымского полуострова в поисках черноземных почв. Результаты почвенно-географических изысканий ученый отразил в значительном количестве работ, в том числе и во всемирно известном труде «Русский чернозем», седьмой раздел которого посвящен почвенному покрову Крымского полуострова. Василий Васильевич первый описал и доказал широкое распространение черноземов на территории Равнинного Крыма. Установил сходство черноземов, распространенных на полуострове, с почвами этого же типа на северных побережьях Черного и Азовского морей, отметил уменьшение их мощности и постепенный переход к солонцам в направлении с юга на север, в отличие от их северных аналогов. Дал краткую характеристику почв горного Крыма, а также солонцов Присивашья, объяснив причины образования последних. Итогом работы стало создание первой почвенной карты (1881) Крымского полуострова, на которой были изображены участки с примерно одинаковым содержанием гумуса, неоднородность распространения которых ученый объяснял влиянием рельефа, климата и растительности [8]. Примечательно, что наиболее высокое содержание гумуса (4–7%) в почвах определено в границах предгорного Крыма, который отличался меньшей степенью распашки. В центральной части полуострова содержание гумуса уже тогда не превышало 2 %, что также связано с высокой интенсивностью землепользования на этих территориях. На большей части территории Керченского полуострова, юго-западной части горного и предгорного Крыма западной части Тарханкутского полуострова и территории северного Крыма Докучаев отмечал довольно высокое содержание гумуса в почвах, в сравнении с современным состоянием. Это объясняется, скорее всего, тем, что ученый в своих путешествиях посещал имения с высокой культурой сельскохозяйственного производства расположенные в благоприятных почвенно-геоморфологических условиях (долины рек, побережья и т.д).

В.В. Докучаев разработал рекомендации, направленные на повышение научно обоснованной системы обработки почвы. В своем труде «Учение о зонах природы»

писал: «Системы, ведение сельского хозяйства и севообороты, изобретенные французами, немцами и англичанами, вполне подходящие для свойственных им странам каменистых и песчаных почв, бедных питательными веществами, но обильно орошаемых, неприемлемы для нашей черноземной области, известной своей сухостью. Наша задача <...> разрешить две основные проблемы: 1) восстановить физическую структуру почв, измененную небрежной или неграмотной обработкой; 2) максимально использовать недостаточную и нерегулярно выпадающую влагу» [8, с. 420].

Под руководством Докучаева В.В. начинает свою научную деятельность почвовед Высоцкий Г.Н. (с его именем связано становление Таврического университета). Он известен как исследователь с исключительно разносторонними интересами. Его имя вошло в историю степного лесоразведения и лесомелиорации, физической географии, почвоведения, геоботаники, гидрологии и климатологии. Им было установлено понятие о местности, которое отвечает современному представлению о географическом ландшафте как природном районе [9].

Исследования почвоведов Костычева П. А. [10] и Богословского М. А. внесли значительный вклад в изучение почв Крыма. Костычев П.А., исследовавший почвы южного берега Крыма, был первым, кто заметил их уникальные характеристики, обусловленные выветриванием глинистого сланца – «шифера». Эти почвы, получившие название «шиферные», обладают высоким содержанием гумуса и способствуют успешному выращиванию винограда. Почвообразовательный процесс в Крыму значительно повлиял на разнообразие и плодородие его почв. Горные районы отличаются наличием горно-луговых и горно-лесных почв, характеризующихся высоким содержанием гумуса и хорошим естественным дренажем. В долинах рек встречаются луговые и аллювиальные почвы с высоким содержанием гумуса и питательных веществ [3]. Однако, как отмечал Г.Н. Костычев, не все почвы Крыма пригодны для сельскохозяйственного использования. Уже в этот период отмечается что, некоторые из них характеризуются повышенной эрозией антропогенного происхождения и требуют проведения мероприятий по их сохранению и восстановлению. Тем не менее, он отмечал, что при правильном использовании и грамотном управлении природными ресурсами, почвы Крыма способны обеспечить стабильный урожай сельскохозяйственных культур и поддерживать экологическое равновесие региона. Не менее важными были исследования Н.А. Богословского, сосредоточившегося на изучении почв Крымских яйл. Он впервые выделил и описал почвы, которые назвал «горно-луговыми черноземовидными». Это подчеркивает влияние луговой растительности и рельефа на формирование этих почв, богатых гумусом [4].

*Научные почвенные исследования начала XX – середина XX века* (табл. 1). Заметный вклад в фонд знаний о почвах Крыма этого периода внесли Дзенс-Литовская Н.Н., Клепинин Н.Н., В.Н. Иванов и другие.

Николай Николаевич Клепинин, считая почвоведение научной базой устойчивого земледелия, исследовал материнские породы, которые давали представления о ценности сформировавшихся на них почв, об их пригодности в сельскохозяйственном отношении. Составил подробную почвенную карту

Симферопольского и Евпаторийского уездов, а затем и карту почв всего Крымского полуострова [11, 12, 13, 14].

Н.Н. Клепинин начал разрабатывать методы для решения важной, волнующей крымское сельское хозяйство проблемы: борьбы с эрозионными процессами. Он рассматривал процессы выщелачивания почв, их вторичное засоление. Характеристика почв сопровождалась лично выполненными фотографиями, результатами химических анализов почв. Полученные сведения были необходимы для полеводческого дела, поскольку показывали пригодность земель для сельскохозяйственного использования, позволяли определить приемы мелиорации солонцовых почв.

В июне 1924 года Н.Н. Клепинин, осуществлял выбор земельного участка для организации исследовательской станции, а также для получения рабочего скота и хозяйственного оборудования. В итоге проведенных работ и выступления с докладом «Опытное дело в Крыму» принята резолюция о признании необходимым организацию Крымской опытной станции областного типа с отделами полеводства, животноводства, экономики и отдельных культур, что позволило вывести сельское хозяйство на интенсивный уровень. Основной задачей, которой стояла разработка технических приемов обработки полей и обеспечение хозяйств чистосортным посевным материалом. Сотрудники активно занимались разработкой приёмов борьбы с засухой, изучением вопросов обработки почвы, внедрения севооборотов и эффективного применения удобрений

В 1935 году выходит фундаментальный труд Клепинина, результат его тридцатилетних исследований — «Почвы Крыма». В котором рассматриваются физико-географические условия формирования крымских почв, выделяются почвенные районы, приводятся наиболее типичные почвенные профили, даны описания наиболее типичных почв и их важнейших свойств, выделяются ведущие факторы почвообразования для каждого из выделенных 137 районов, приводятся таблицы с данными анализов по содержанию важнейших питательных веществ, рассмотрены проблемы использования удобрения [14]. Н.Н. Клепинин предлагает выделять следующие почвенные районы, которые стали основой дальнейших работ по агропочвенному районированию полуострова [14]:

1. Район Южного склона гор
2. Район яйлы
3. Предгорный район
4. Центральный степной район
6. Севастополь-Евпаторийский район
7. Тарханкутский район
8. Керченский район

В этом же 1935 году, ученым организована экспедиция по Крымскому полуострову для фотографирования местностей, поврежденных эрозией. Его работы имеют большое значение для почвоведения Крыма, так как он провел множество исследований по почвам этого региона, исследовал их состав, структуру, свойства, а также влияние природных и антропогенных факторов на почвенные процессы.



## ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ И ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ КРЫМА (ИСТОРИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

Работы Н.Н. Клепинина, помогли улучшить понимание особенностей и специфики почвообразовательного процесса, и что не маловажно, процессов деградации почв, в том числе под воздействием антропогенных факторов. Н.Н. Клепинин, как организатор Крымской опытной станции по праву считается основоположником научного почвоведения в Крыму. Им заложены опытные участки для изучения состояния почв. Село, в котором располагалась Крымская опытная станция сейчас носит название Клепинино, в нем до сих пор расположено одно из отделений Института сельского хозяйства Крыма. На его территории находится созданный Николаем Николаевичем уникальный участок целинной степи, так называемая «Клепининская степь» — участок эталонных почв Крыма [11]. Сейчас уже доказано, что современное состояние почвенного покрова Крыма – результат тысячелетнего природопользования и не всегда правильных подходов к использованию почв на протяжении последних десятилетий. В естественных же условиях педосистема без вмешательства в процесс почвообразования функционирует по-иному, используя в полной мере факторы почвообразования, согласно зональным особенностям. Наглядным примером служат участки нетронутой заповедной степи в некоторых регионах Крыма. Так, в работе крымских ученых отмечается, что на участке площадью 4 га, оставленном Н.Н. Клепининым в 1924 году для исследований и с тех пор не подвергавшийся обработкам и выпасу скота, произошли изменения, констатирующие увеличение содержание органического вещества в почве со временем показанные на рис. 1., в противоположность современным сельскохозяйственным угодьям, на которых практически на всем полуострове отмечается снижение содержания гумуса в почвах (рис. 2).

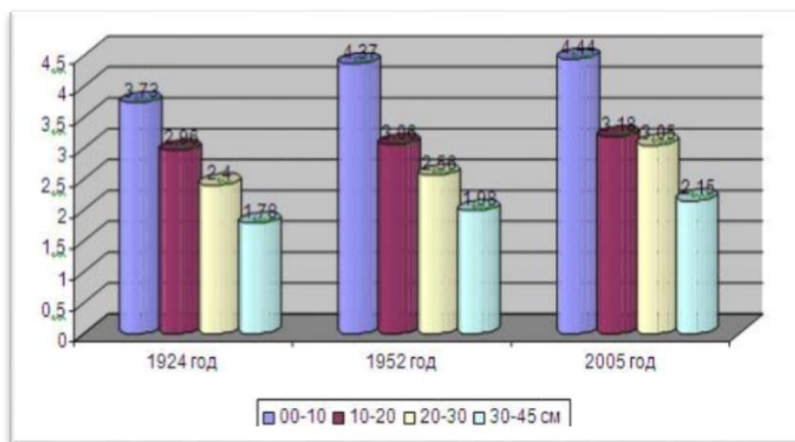


Рис. 1. Содержание гумуса на участке целинной степи с 1924 по 2005 год, % [15].

Внесла значительный вклад в изучение генезиса почв полуострова и процессов деградации почвенного покрова равнинного Крыма Н.Н. Дзенс-Литовская, которая была известным советским ученым-агрохимиком и почвоведом.

Она внесла значительный вклад в изучение и классификацию почв Крыма, а также разработала методы оптимального использования почв для сельского хозяйства и различных видов растений.

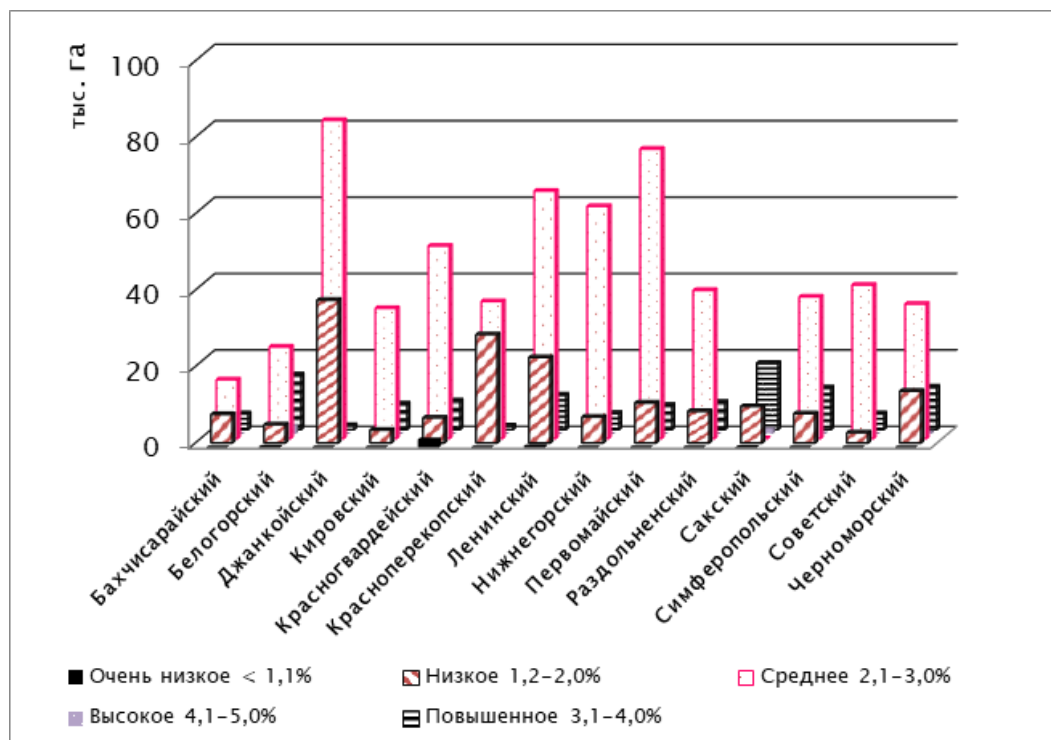


Рис 2. Содержание гумуса в почвах Крыма [16].

Ее исследования помогли оптимизировать сельскохозяйственное производство в регионе, что оказало важное влияние на развитие сельского хозяйства в Крыму. Особенно длительным и плодотворным у нее был период по изучению природных условий Крымского полуострова. Ее работы дали ряд ценных теоретических и практических рекомендаций в области почвоведения и геоботаники. Она занималась не только камеральной обработкой образцов почв геоботанических сборов своих полевых исследований, но и лабораторными исследованиями, анализировала почвенные образцы; определяла состав растений и устанавливала их взаимосвязи. Н.Н. Дзенс-Литовская проводила валовые анализы, на основании которых впоследствии проводилась агрохимическая характеристика почв [17]. В работе «Почвы и растительность степного Крыма» Нина Николаевна писала о важности разработки мероприятий по рациональному использованию почв:

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ И ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ КРЫМА (ИСТОРИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

---

«Почвенный и растительный покров в степном Крыму неоднородны, поэтому применение мероприятий по повышению плодородия почв и улучшению их должно быть дифференцированным с учетом особенностей геоморфологических, гидрогеологических, почвенных, климатических и других природных условий каждого региона» [17, с. 6].

В 1966 вышла книга Василия Николаевича Иванова «Почвы Крыма и повышение их плодородия», который длительное время заведовал кафедрой почвоведения Крымского Сельскохозяйственного института. В книге подробно охарактеризованы почвы полуострова, особое внимание уделяется факторам зонального размещения почв, классификации основных типов и разновидностей почв. Разработана схема агропочвенного районирования полуострова. Отдельная глава в работе посвящена рассмотрению вопросов повышения плодородия почв и охраны почв от агрохимического истощения, мелиорации солонцов, орошения засоленных земель, вопросам эволюции свойств почв под рисом, эрозии. Автор констатирует тот факт, что в Крыму 55% земель подвержены эрозии, из них в горном Крыму – 20%; в предгорье и степной части — 35 %. Отмечено, что степные и предгорные районы, где сосредоточена большая часть зерновых культур, подвержены ветрам, что приводит к дефляции почв. Автор пишет: «В крымской степи, подверженной эрозии, даже при незначительном сносе почвы в 1–2 см потери гумуса среднем составляют 4,7–9,4 т, азота — 0,28–0,56 т, фосфора — 0,12–0,24 т, калия 1,94–3,88 т с каждого гектара. А потери питательных веществ с сотен тысяч гектар возрастают до внушительных размеров — азота 28–56 тыс. т, фосфора 12–24 тыс. т, калия 194–388 тыс. т.

Потеря плодородной части почвы, а вместе с нею и питательных веществ — азота, фосфора и калия, снижает урожай хлебов на 20–30 %, а местами и больше. В общем итоге это составляет потерю миллиона пудов зерна» [18, с.137]. Для борьбы с дефляцией и эрозией почв автор предлагает ряд мероприятий, которые необходимы к внедрению на полях полуострова: посадка системы лесозащитных насаждений, «почвозащитные, полевые и лугово-пастбищные севообороты, с расширением площадей бобовых и бобово-злаковых культур, заменой чистых паров занятыми» [18, с. 139]. В предгорных районах — запрет вспашки вдоль склонов, террасирование, на склонах крутизной 9–10 градусов и больше [18].

Обзор научных достижений ученых, занимавшихся изучением процессов деградации почв и почвенного покрова — географов, почвоведов, начиная со второй половины прошлого века по настоящее время, представляет отдельный научный интерес и заслуживает подробного рассмотрения в отдельных публикациях (табл. 1).

Периоды исследований процессов деградации почв и почвенного покрова Крыма

Период	Ученые	Основные тезисы
1	2	3
Период сбора информации о почвах и их использовании середина XVIII – третья четверть XIX века.	К. И. Габлиц	– Составлены подробные карты участков сельскохозяйственных земель
	П. С. Паллас и Ф. Дюбуа де Монпере	– изучали особенности сельскохозяйственной организации территории (хоры) Херсонеса Таврического
	«Военно-статистическое обозрение Российской Империи»,	– описаны почвы изучаемых территорий, обоснованы причины их разного плодородия
Период фундаментальных научных исследований третья четверть XIX – начало XX века.	В.В. Докучаев	– описал и доказал широкое распространение черноземов в Равнинном Крыму; – создал первую почвенную карту Крымского полуострова; – доказал антропогенную природу изменений в почвах и наметил мероприятия по их устранению.
	Г.Н. Высоцкий	– занимался исследованиями почвенных процессов, методами анализа почвы, воздействием человеческой деятельности на почву и другими темами; – участвовал в разработке советов по обработке и использованию почвы в сельском хозяйстве
	П.А. Костычев	– заметил уникальные характеристики почв, обусловленные выветриванием глинистого сланца – «шифера». – исследовал эрозию почв
	Н.А. Богословский	– впервые выделил и описал почвы, которые назвал «горно-луговыми черноземовидными».

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ И ДЕГРАДАЦИИ  
ПОЧВ КРЫМА (ИСТОРИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОБЗОР)**

Продолжение таблицы 1.

1	2	3
<p align="center">Научные почвенные исследования начала XX – середина XX века</p>	Н.Н. Клепинин	<ul style="list-style-type: none"> <li>– составил подробную почвенную карту Симферопольского и Евпаторийского уездов и Крымского полуострова;</li> <li>– исследовал процессы эрозии, дефляции другие виды деградации;</li> <li>– организовал Крымскую опытную станцию</li> <li>– заложил участок целинной степи для исследований состояния почвы</li> </ul>
	Н.Н. Дзенс-Литовская	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализировала почвенные образцы; определяла состав растений и устанавливала их взаимосвязи;</li> <li>– проводила аналитические исследования.</li> <li>– описывала процессы деградации в степном Крыму</li> </ul>
	В.Н. Иванов	<ul style="list-style-type: none"> <li>– разработал схему агропочвенного районирования полуострова;</li> <li>– уточнил классификацию почв;</li> <li>– рассмотрел факторы развития деградационных процессов;</li> <li>– предложил мероприятия по борьбе с агрохимическим истощением, разработал схему мелиорации солонцов, орошения засоленных земель, изучал эволюцию свойств почв под рисом;</li> <li>– изучал эрозию и дефляцию почв, разработал и мероприятия по борьбе с эрозионными процессами.</li> </ul>

Составлено авторами.

**ВЫВОДЫ**

Антропогенная деятельность, особенно связанная с интенсивным земледелием и расширением селитебных территорий, привела к деградации почв в различных районах полуострова. Распространенные проблемы деградации почв возникли параллельно с развитием освоенности полуострова. Наиболее распространенные проблемы деградации почв в прошлом – эрозионные нарушения, засоление, и снижение плодородия. В изучение природы этих процессов внесли свой вклад В.В. Докучаев, Г.Н. Высоцкий, П.А. Костычев, Н.Н. Клепинин, В.Н. Иванов и другие.

Более подробное изучение развития деградационных процессов в прошлом позволяет более обоснованно подходить в проблеме прогнозирования

функционирования и эволюции почв в современных условиях, под воздействием комплекса естественных и антропогенных факторов почвообразования.

### Список литературы

1. Ергина Е.И. Периодизация антропогенной трансформации ландшафтов Крыма // Культура народов Причерноморья. 2004. №50. С.7–13.
2. Ергина Е.И., Горбунов Р.В., Тронза Г.Е., Лебедев Я.О., Хижняк Ю.С. Изучение и идентификация почвенных эталонов и редких почв с целью мониторинга и охраны почвенных ресурсов в Равнинном Крыму – Симферополь, ООО «Издательство Типография «Ариал». 2017. 136 с.
3. Тригуб В. І, Попельницька Н. О. Ґрунтово-географічні дослідження півдня України в другій половині XIX – першій половині XX століття // Геополітика і екогеодинаміка регіонів. 2014. Том 10. Вип. 1. С. 914–922.
4. Ена В.Г., Ена Ал.В., Ена Ан.В. Открыватели земли Крымской. Симферополь: Бизнес-Информ, 2007. 570 с.
5. Корчинская Н.В. О почвах Крыма – опыт Н.Н.Клепинина // Крымский гуманитарный вестник: Сборник научных статей / Отв. ред. А. Н. Рудяков; ГБОУ ДПО РК «Крымский республиканский институт постдипломного педагогического образования». Симферополь: ИП Минакир И. Л., 2019. 368 с.
6. Евгений (митрополит) О следах древнего греческого города Херсона, донныне видимых в Крыму // Отечественные записки. 1822.- Ч. 9. Кн. 22. С. 145–163.
7. Военно-статистическое обозрение Российской Империи (1837–1854 гг.): в 17 томах. Санкт-Петербург: Типография Департамента Генерального Штаба, 1849–1850 гг. Т. 11. Книга 2. Таврическая губерния. 306 с.
8. Докучаев В. В. Учение о зонах природы и классификация почв //Собр. соч.–М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1951. Т. 6. С. 375–535.
9. Исаченко А.Г. Георгий Николаевич Высоцкий // Отечественные физико-географы и путешественники. Москва : Государственное учебно-педагогическое изд-во мин-ва просвещения РСФСР, 1959. С. 531–536.
10. Костычев П.А. Почвы черноземной области России: Их происхождение, состав и свойства Электронный ресурс: Режим доступа: [https://www.koob.ru/kostychev/pochvy\\_chernoz\\_oblasti\\_rossii](https://www.koob.ru/kostychev/pochvy_chernoz_oblasti_rossii)
11. Клепинин Н. Н. Основание организации Крымской опытной станции– Симферополь, 1928. 62 с.
12. Клепинин Н.Н. К изучению Крымских почв. Сифмерополь, 1914.
13. Клепинин Н.Н. Отчего в Крыму часто бывают неурожаи и как с ними бороться. Симферополь: Крымиздат, 1926. 34 с.
14. Клепинин Н.Н. Почвы Крыма. Симферополь: гос. изд Крым АССР. 1935. 118 с.
15. Адамень Ф.Ф., Плутатарь Ю.В., Сташкина А.Ф. Наука и опытное дело как основа развития аграрного производства Крыма. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. 252 с.
16. Ергина Е.И., Тронза Г.Е Современное почвенно-экологическое состояние Крымского полуострова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2016. Т. 2 (68). № 3. С. 195–202.
17. Дзенс-Литовская Н.Н. Почвы и растительность Степного Крыма. Л.: Наука. 1970. 156 с.
18. Иванов В.Н. Почвы Крыма и повышение их плодородия. Симферополь: Крым. 1966. 176 с.

## RESEARCH OF THE PROCESSES OF SOIL FORMATION AND SOIL DEGRADATION IN THE CRIMEA (HISTORICAL AND GEOGRAPHICAL REVIEW)

*Ergina E.I.<sup>1</sup>, Artemova E.A.<sup>2</sup>*

<sup>1,2</sup>V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation  
E-mail: <sup>1</sup>ergina65@mail.ru, <sup>2</sup>artemova199829@mail.ru

An analysis of the stages of research into the processes of soil and land degradation on the territory of the Crimean Peninsula, starting from the period of the peninsula's transition to the possession of the Russian Empire, was carried out. Particular attention is paid to the key discoveries and achievements of scientists who made a significant contribution to the development of soil science in Crimea.

The work identifies 3 chronological periods of soil research and presents a summary table with the main theses of scientists for a specific period of research. The first period includes the collection of information about the soils of Crimea (mid-18th – third quarter of the 19th century). A significant contribution to the study of the soils of Crimea during this period was made by P. S. Pallasi F. Dubois de Montpere, who studied the features of the agricultural organization of the territory (chora) of Tauride Chersonese.

The second period is the period of fundamental scientific research (third quarter of the 19th century - beginning of the 20th century). In this period, it is important to note the research of V.V. Dokuchaeva. The result of his work was the creation of the first soil map of the Crimean Peninsula, which depicted areas with approximately the same humus content, the heterogeneity of whose distribution he explained by the influence of relief, climate and vegetation.

The final period - Scientific soil research (early 20th – mid 20th century). A notable contribution to the fund of knowledge about the soils of Crimea of this period was made by Dzents-Litovskaya N.N., Klepinin N.N., V.N. Ivanov, and others. N.N. Klepinin, as the organizer of the Crimean experimental station, is rightfully considered the founder of scientific soil science in Crimea. N.N. Dzents-Litovskaya carried out bulk analyses, on the basis of which the agrochemical characteristics of the soils were subsequently carried out. A more detailed study of the development of degradation processes in the past allows a more reasonable approach to the problem of predicting the functioning and evolution of soils in modern conditions, under the influence of a complex of natural and anthropogenic soil formation factors.

**Keywords:** degradation, soil cover, historical stages, nature management.

#### References

1. Ergina E.I. Periodizatsiya antropogennoj transformatsii landshaftov Kryma // Kul'tura narodov Prichernomor'ya. 2004. №50. P.7–13. (in Russian).
2. Ergina E.I., Gorbunov R.V., Tronza G.E., Lebedev YA.O., Hizhnyak YU.S. Izuchenie i identifikatsiya pochvennyh etalonov i redkih pochv s cel'yu monitoringa i ohrany pochvennyh resursov v Ravninnom Krymu – Simferopol', OOO «Izdatel'stvo Tipografiya «Arial». 2017. 136 p. (in Russian).
3. Trigub V. I, Popel'nic'ka N. O. Iruntovo-geografichni doslidzhennya pivdnya Ukraïni v drugij polovini HIIH – pershiypolovini HKH stolittya // Geopolitika i ekogeodinamika regionov. 2014. Tom 10. Vyp. 1. pp. 914–922. (in Russian).
4. Ena V.G., Ena Al.V., Ena An.V. Otkryvateli zemli Krymskoj. Simferopol': Biznes-Inform, 2007. 570 p. (in Russian).
5. Korchinskaya N.V. O pochvah Kryma – opyt N.N.Klepinina // Krymskij gumanitarnyj vestnik: Sbornik nauchnyh statej / Otv. red. A. N. Rudyakov; GBOU DPO RK «Krymskij respublikanskij institut postdiplomnogo pedagogicheskogo obrazovaniya». Simferopol': IP Minakir I. L., 2019. 368 p. (in Russian).
6. Evgenij (mitropolit) O sledah drevnego grecheskogo goroda Hersona, donyne vidimyh v Krymu // Otechestvennye zapiski. 1822.- CH. 9. Kn. 22. P. 145–163. (in Russian).

7. Voенно-statisticheskoe obozrenie Rossijskoj Imperii (1837–1854 gg.): v 17 tomah. Sankt-Peterburg: Tipografiya Departamenta General'nogo SHTaba, 1849–1850 gg. T. 11. Kniga 2. Tavricheskaya guberniya. 306 p. (in Russian).
8. Dokuchaev V. V. Uchenie o zonah prirody i klassifikaciya pochv //Sobr. soch.–M.-L.: Izd-vo AN SSSR. 1951. T. 6. P. 375–535. (in Russian).
9. Isachenko A.G. Georgij Nikolaevich Vysockij // Otechestvennye fiziko-geografy i puteshestvenniki. Moskva : Gosudarstvennoe uchebno-pedagogicheskoe izd-vo min-va prosveshcheniya RSFSR, 1959. P. 531–536. (in Russian).
10. Kostychev P.A. Pochvy chernozemnoj oblasti Rossii: Ih proiskhozhdenie, sostav i svojstva Elektronnyj resurs: Rezhim dostupa: [https://www.koob.ru/kostychev/pochvy\\_chernoz\\_oblasti\\_rossii](https://www.koob.ru/kostychev/pochvy_chernoz_oblasti_rossii) (in Russian).
11. Klepinin N. N. Osnovanie organizacii Krymskoj opytnoj stancii– Simferopol', 1928. 62 p. (in Russian).
12. Klepinin N.N. K izucheniyu Krymskih pochv. Simferopol', 1914. (in Russian).
13. Klepinin N.N. Otchego v Krymu chasto byvayut neurozhai i kak s nimi borot'sya. Simferopol': Krymizdat, 1926. 34 p. (in Russian).
14. Klepinin N.N. Pochvy Kryma. Simferopol': gos. izd Krym ASSR. 1935. 118 p. (in Russian).
15. Adamen' F.F., Plugatar' YU.V., Stashkina A.F. Nauka i opytное delo kak osnova razvitiya agrarnogo proizvodstva Kryma. Simferopol': IT «ARIAL», 2015. 252 p. (in Russian).
16. Ergina E.I., Tronza G.E. Sovremennoe pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie Krymskogo poluostrova // Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. 2016. T. 2 (68). № 3. S. 195–202. (in Russian).
17. Dzents-Litovskaya N.N. Pochvy i rastitel'nost' Stepnogo Kryma. L.: Nauka. 1970. 156 s.
18. Ivanov V.N. Pochvy Kryma i povyshenie ih plodorodiya. Simferopol': Krym. 1966. 176 s. (in Russian).

*Поступила в редакцию 20.02.2024 г.*



**РАЗДЕЛ 3.  
ГЕОЭКОЛОГИЯ**

*УДК 504.064.2.001.18*

**СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ  
НА ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТАХ НА ПРИМЕРЕ  
МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА В ГОРОДЕ СУРГУТЕ**

*Багровская Е. Н.<sup>1</sup>, Гимгин Е. Н.<sup>2</sup>, Петров Ю. В.<sup>3</sup>*

*<sup>1,2,3</sup>Тюменский государственный университет, Тюмень, Российская Федерация  
E-mail: <sup>1</sup>89129240127@bk.ru, <sup>2</sup>egimgin@inbox.ru, <sup>3</sup>petrov@rusoft.tech*

Цель исследования: систематизировать геоэкологические риски при возведении транспортных объектов в сложных природно-климатических и социально-экологических условиях Западной Сибири для последующей организации геоэкологического мониторинга. Объект исследования – мостовой переход в районе г. Сургута. Для достижения цели были оценены геоэкологические условия местности, проведена сравнительная характеристика нормативного правового поля, регламентирующего организацию экологического мониторинга на транспортных объектах в различных юрисдикциях, а также исследованы современные направления привлечения информации, обеспечивающей своевременное получение интегральной геоэкологической информации: легитимные источники на общедоступных ресурсах, вторичная и третичная информация о территории, учёт практики природопользования, сложившейся в территориальных общественных системах, в том числе в контексте традиционного природопользования. Авторами предложены механизмы организации соответствующего информационного отражения сведений о геоэкологических рисках.

**Ключевые слова:** геоэкологические риски, геоэкологическое страхование, территориальная общественная система, территориальная общность людей, инфологическая модель геоэкологического мониторинга, геопортал, государственная информационная система, общественный экологический контроль, традиционное природопользование, экологический менеджмент.

**ВВЕДЕНИЕ**

Транспорт является основным источником загрязнения окружающей природной среды современных городов, соответственно, инфраструктурная упорядоченная структура является залогом устойчивого развития селитебных территорий. Для этого требуется возведение транспортных объектов (мосты, переходы, хайвэй и пр.), которые выступают не только, и не столько, отдельными источниками антропогенного воздействия, сколько элементами единой инфраструктурной сети: со своими сложными синергетическими соотношениями, экономическим, экологическим, социальным, военно-политическим значением [1, 2].

Выявление геоэкологических рисков и их всестороннее страхование — приоритетная повестка в научных сообществах крупнейших городских агломераций [3, 4, 5]. Вместе с тем, выделяются уникальные в мировом разрезе городские агломерации, к которым мы относим и Сургутскую территориальную общественную систему, где в границах одной взаимодействующей социальной системы находятся крупнейшие в мире Сургутское и Ваховское полесья, система

многолетнемерзлых пород, территории традиционного природопользования с многовековым хозяйственным укладом [6-13]. В этом случае, выявление геоэкологических рисков и их соответствующее страхование при возведении транспортных объектов становится фактором сбалансированного развития огромной уникальной территории. Современные технологические возможности позволяют привлекать ресурсы общественного экологического надзора, в котором отражаются социальные приоритеты территориальной общности людей [14, 15, 16, 17].

**Цель исследования** — систематизировать геоэкологические риски при возведении мостового перехода через р. Обь в Сургутской территориальной общественной системе. Объект исследования (рис. 1) в настоящее время находится в стадии возведения, что позволяет проводить корректирующие мероприятия в ходе организации локального экологического мониторинга.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методология исследования включает 3 этапа: 1) сбор информации по организации экологического менеджмента в корпорации, в государственных и муниципальных органах экологического надзора, в среде общественного экологического надзора; 2) сравнительный анализ организации страхования экологических рисков на транспортных объектах; 3) оценка состояния окружающей природной среды на территории исследования с последующей полевой заверкой. Для оценки состояния окружающей среды использовалась ландшафтно-экологическая методика определения экологических рисков для определённых урочищ. Для учёта синергетических эффектов использовалась совокупная характеристика геоэкологических рисков от всех сред природно-территориального комплекса: литогенная основа, животный и растительный мир, воздушные массы, поверхностные воды, почвы. В контексте социальных ограничений оценивалась последовательность хозяйственных процессов в традиционной экономике, а также в натуральном хозяйстве территориальной общности людей Сургутской территориальной общественной системы [18, 19, 20, 21].

Материалами исследования послужили несколько источников. 1) отчётность компании ООО «Мостострой-11» [22, 23, 24, 25]; 2) общедоступная легитимная отчётность надзорных органов в области охраны окружающей среды; 3) общедоступные результаты общественного экологического надзора в Сургутской территориальной общественной системе; 4) справочные и методологические материалы научных исследований по транспортным объектам; 5) общедоступные легитимные геоинформационные источники данных. Все данные в составе информационных ресурсов подлежали перекрёстной верификации, что позволило исключить субъективность в подходах любой из надзорных сторон.

## СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТАХ НА ПРИМЕРЕ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА В ГОРОДЕ СУРГУТЕ



Рис. 1. Район размещения объекта работ [25].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Природно-территориальные комплексы в районе возведения транспортных объектов представлены таёжными массивами болотных урочищ, характеризующихся высокими рисками сведения растительного покрова и последующей череды взаимоувязанных прямых и обратных связей. Классический перечень геоэкологических рисков для данной территории дополняется уникальными антропогенно-обусловленными последствиями (табл. 1)

Нормативное правовое поле в части страхования геоэкологических рисков в разных юрисдикциях представлено дифференцировано, но, вместе с тем, везде выделяется определённая специфика, которая не позволяет механически перенести опыт одной страны для условий Югры. От прецедентного права, распространённого в англосаксонском мире, до всеобъемлющего европейского регулирования параметров негативного экологического воздействия на окружающую среду — всё это не позволяет гарантированно переносить на отечественную почву данные обстоятельства. Вместе с тем, сложившаяся ситуация вокруг 2 наиболее востребованных транспортных магистралей мира отражает общий кризис в организации геоэкологического мониторинга, менеджмента вокруг управления созданием и эксплуатацией транспортных объектов. Обмеление Панамского и Суэцкого каналов — есть следствие не только глобальной трансформации климата, но и неэффективного природопользования, ориентированного на высокую интенсификацию перевозок. Если на это наложить искусственные проблемы с организацией традиционной экономики для автохтонного населения, проживающего в районах функционирования этих 2 крупнейших транспортных магистралей мира, то проявится картина комплексного кризиса в организации строительства и функционирования транспортных объектов. В этих условиях, с

одной стороны, можно привлечь, с другой стороны, адаптировать на российской платформе, опыт ФРГ в части ландшафтного планирования, определяющего возможности/потенциал определённой ландшафтной единицы, как и наличие совокупности прямых и обратных связей, в том числе, геоэкологических рисков [26-29].

С учётом сопоставления урочищ Сургутской территориальной общественной системы, соотнесённой с границами городского округа город Сургут, выявлены нарушения в сбалансированном функционировании всех основных групп. Экологическая ситуация в районе непосредственного возведения мостового перехода через р. Обь оценивается как критическая вследствие наличия превышений в определённых природных средах параметров сбалансированного функционирования природных объектов. Данный факт, к сожалению, не учитывается в составе отчётной документации проектировщиков, застройщика, надзорных органов, так как исключён из нормативного правового поля в РФ. И здесь необходимо подчеркнуть, что, руководствуясь презумпцией экологической вины, возможны ситуации наложения негативного воздействия от Сургутской территориальной общественной системы, как самодостаточной системы, с одной стороны, трансграничного и трансмуниципального загрязнения в Ханты-Мансийском автономном округе — Югре, с другой стороны. И в этом случае, даже незначительное антропогенное воздействие может привести к переходу системы к следующей стадии — экологического кризиса [18, 19, 20].

Таблица 1.

Дополнения перечня геоэкологических рисков для транспортных объектов в Сургутской территориальной общественной системе

Природная среда	Выявленные геоэкологические риски застройщиком	Геосоциальные последствия	Дополненные виды геоэкологических рисков
Природные воды	Повышение мутности. Механическое и химическое загрязнение стока.	Снижение рыбопромыслового потенциала водных угодий	Аккумуляция поллютантов в толще воды и на дне водоёмов
Животный мир	Беспокойство. Уничтожение местообитаний животных. Уничтожение кормовых угодий. Гибель животных в результате ДТП.	Снижение потенциала охотугодий для традиционного природопользования и для нужд селитебной организации	Интродукция космополитов
Воздушные массы	Выбросы пыли и продуктов износа асфальтобетона, шин и тормозных колодок. Выбросы автомобильных двигателей.	Ухудшение состояния здоровья, увеличение смертности среди территориальной общности людей	Изменение климатических характеристик

**СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ТРАНСПОРТНЫХ  
ОБЪЕКТАХ НА ПРИМЕРЕ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА В ГОРОДЕ СУРГУТЕ**

Продолжение таблицы 1.

Растительный мир	Полное уничтожение растительных сообществ в полосе землеотвода. Сокращение ресурсов полезных видов растений. Механическое повреждение растительности. Угнетение растений выбросами в атмосферу строительной пыли и вредных загрязняющих веществ.	Снижение потенциала охотугодий и лесных пастбищ, ресурсной базы для сбора дикоросов	Интродукция космополитов
Почвы	Загрязнение почв от оседания частиц выхлопных газов транспорта и дорожно-строительной техники. Изменение рельефа и техногенное нарушение грунтов при выполнении планировочных (земляных) работ. Загрязнение грунтов горюче-смазочными материалами при работе и заправке строительных машин и механизмов. Загрязнение почвы бытовым мусором, отходами производства и потребления, фекальными стоками.	Снижение продуктивности таёжных природно-территориальных комплексов. Утрата охотничьих и пастбищных угодий вследствие снижения устойчивости деградированных почв. Ускоренное заболачивание	Трансформация почвенного мира. Утрата устойчивости почв.
Литогенная основа	-	Снижение устойчивости угодий	Разрушение связности многолетнемёрзлых грунтов

Составлено авторами по [21, 22, 23, 24, 25].

Анализ корпоративной, государственной, муниципальной и общественной экологической отчётности отразил игнорирование на официальном уровне текущего состояния окружающей природной среды, которая находится под высоким промышленным и селитебным антропогенным прессом на протяжении десятилетий, при этом как сами природно-климатические, так и производственные, селитебные показатели для данных широт не имеют аналогов в мире. Таким образом, для проведения проектирования в таких сложных, сформировавшихся вне зависимости от проектируемого объекта, условиях, необходим нулевой оценочный вариант.

И данный подход востребован всеми акторами экологического менеджмента: корпорацией, органами государственной власти и органами местного самоуправления, территориальной общностью людей. Предпринимательское сообщество получает отражение реальной ситуации, а не некоторой идеальной девственной картины мира, исключающей антропогенное воздействие на данной территории до их прихода. В этом случае, при соответствующей проработке, предпринимателей по умолчанию не будут назначать виновными в ухудшении состояния окружающей природной и социальной среды, а позиционировать в качестве одного из соучастников. При грамотном подходе, предпринимательское сообщество в комплексе может снижать экологическое неблагополучие в территориальной общественной системе за счёт понимания возможностей экономически и организационно целесообразных решений для сохранения/увеличения ассимиляционного потенциала окружающей среды.

Выделенные нами дополнительно риски на транспортных объектах могут быть застрахованы при соответствующем развитии института общественного экологического надзора. В части транспортных объектов, наиболее востребованным крылом выступает организация геоэкологического общественного мониторинга, учитывающего современные технологические возможности портативных устройств, с одной стороны, расширение экологического просвещения, с другой стороны.

Для эффективной работы в качестве страхователя от определённых геоэкологических рисков общественный экологический надзор должен обладать соответствующими инструментами как позиционирования своих результатов, так и встраивания в единую систему территориального наблюдения на общеприемлемых правилах. В этом случае, на наш взгляд, эффективным видится подход представления выверенной инфологической модели данных для подключения экоактивистов со своими приёмниками и результатами наблюдений. Инструменты для этого созданы – геопорталы, которые на уровне отдельных регионов ограничиваются форматом витрины общедоступной государственной информации, а не интерактивным экраном взаимодействия территориальной общности людей. На территории Югры создана Территориальная информационная система, участниками которой выступают все органы государственной исполнительной власти и все органы местного самоуправления, а также отдельные корпорации. Подключение к данному сообществу многочисленных экоактивистов, готовых передавать в регламентированном формате данные своих частных наблюдений, могло бы способствовать формированию дополнительного надзора над столь уязвимыми объектами, какими выступают транспортные объекты (тут, безусловно, следует подчеркнуть и необходимость соответствующей государственной защиты в условиях проводимой специальной военной операции).

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, современная организация страхования геоэкологических рисков при возведении и эксплуатации транспортных объектов в сложных природно-климатических и (или) социально-экологических условиях не соответствует существующему спросу со стороны определённой территориальной

## СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТАХ НА ПРИМЕРЕ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА В ГОРОДЕ СУРГУТЕ

общественной системы. Не учитываются вторичные и третичные производные от воздействия объектов, что существенно снижает эффективность производимых затрат на достижение результатов. Организация экологического менеджмента, прежде всего, приуроченного к территории геоэкологического мониторинга на транспортных объектах — становится основным элементом сбалансированного функционирования объекта внутри сложившейся системы экологических, экономических, социальных взаимоотношений.

Одним из направлений эффективной организации геоэкологического мониторинга на транспортных объектах может выступать объединение информационных потоков из нескольких источников, но сопоставленных в контексте определённой инфологической модели данных, презентабельной и верифицированной для широкой экологической общественности. Отсутствие соответствующего нормативного правового поля может быть скорректировано в рамках определённого профильного направления в части информационного обеспечения, что позволяет даже в текущих регламентирующих, финансовых, организационных условиях получить комплексный результат.

### Список литературы

1. Зиновьева О.М., Колесникова Л.А., Меркулова А.М., Смирнова Н.А. Управление экологическими рисками на горнодобывающих предприятиях // Уголь. 2022. №3(1152). С. 76–80. DOI 10.18796/0041-5790-2022-3-76-80.
2. Филиппова О.Е., Щёголева Л.С., Шашкова Е.Ю., Добродеева Л.К. Иммунологическая реактивность у жителей мегаполиса // Экология человека. 2021. Т. 28. №1. С. 11–16. DOI: 10.33396/1728-0869-2021-1-11-16.
3. Бурматова О. П. Экологические вызовы в регионе: анализ, пути предотвращения рисков и снижения угроз // Экономика региона. 2021. Т. 17. №1. С. 249–261. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-1-19
4. Попова Е.В., Стрих Н.И. Практики экологического менеджмента в условиях становления циркулярной экономики в России и их влияние на финансовую результативность компаний // Управленец. 2021. Т. 12, №2. С. 17–34. DOI: 10.29141/2218-5003-2021-12-2-2.
5. Литвинова Н.А., Молотилова С.А. Влияние выбросов автотранспорта на заболеваемость и риск здоровью населения г. Тюмени // Экология человека. 2018. Т. 25. №8. С. 11–16. DOI: 10.33396/1728-0869-2018-8-11-16.
6. Эйрих А.Н., Серых Т.Г., Овчаренко Е.А., Подчуфарова Д.П., Котовщиков А.В. Сезонная динамика химического состава поверхностной воды р. Оби // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 3. С. 96–102. DOI 10.25750/1995-4301-2022-3-096-102.
7. Дубровская Е.А., Шадрин А.И., Дорофеева Л.А. Анализ подходов к определению понятий "качества" и "уровня жизни населения" (на примере коренных малочисленных народов Севера Сибири) // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2022. Т. 32. №1. С. 67–75. DOI 10.35634/2412-9518-2022-32-1-67-75.
8. Тусупбеков Ж.А., Ряполова Н.Л. Оценка экологической устойчивости поверхностных вод Западной Сибири // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2019. №3. С. 55–60.
9. Логинов В.Г., Игнатьева М.Н., Балашенко В.В. Развитие предпринимательской деятельности коренных этносов как фактора сохранения традиционной экономики в условиях промышленного освоения Севера // Экономика региона. 2019. Т. 15. №3. С. 763–779.
10. Морозова Г. Ю., Дебелая И. Д. Зеленая инфраструктура как фактор обеспечения устойчивого развития Хабаровска // Экономика региона. 2018. Т. 14. №2. С. 562–574.

11. Корчина Т.Я., Корчин В.И., Лапенко И.В., Ткачева С.В., Гребенюк В.Н. Климатогеографические особенности Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и их влияние на здоровье населения // Вестник угроведения. 2014. №3(18). С. 166–174.
12. Акимова Е.В., Гакова Е.И., Каюмов Р.Х., Загородных Е.Ю., Смазнова О.В., Каюмова М.М., Гафаров В.В., Кузнецов В.А. Избыточная масса тела в городской сибирской популяции – двенадцатилетние тренды // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2012. №11(3). С. 58–61. DOI: 10.15829/1728-8800-2012-3-58-61.
13. Петров Ю.В. Стратегическое комплексирование традиционного природопользования КМНС и технологичной экономики для устойчивого развития сургутской территориальной общественной системы // Электронный научно-практический журнал Культура и образование. 2014. №1(5). С. 49.
14. Зозуля А.В., Зозуля П.В., Титов С.А., Титова Н.В., Мезина Т.В. Эффективность использования цифровых технологий в производственных процессах угольной промышленности // Уголь. 2022. № 9. С. 47–52. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-47-52.
15. Крюков В.А., Шмат В.В. Азиатская Россия – условия и препятствия поступательной диверсификации экономики макрорегиона // Пространственная экономика. 2022. Т. 18. №1. С. 34–72. DOI: 10.14530/se.2022.1.034-072.
16. Столбов В.А., Шарыгин М.Д. Региональный потенциал и региональный капитал: "возможное" - "реальное" - "необходимое" // Экономика региона. 2016. Т. 12. №4. С. 1014–1027. DOI 10.17059/2016-4-4.
17. Петров Ю.В., Олейник Е.А. Направления проведения общественной экологической экспертизы на основе современных публичных государственных информационных систем при оценке результатов инженерно-экологических изысканий // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2021. №2(166). С. 90–95.
18. Марунич Н.А., Кочуров Б.И., Кизима В.В. Геоэнергетическая оценка и оптимизация эмерджентных эффектов природно-антропогенного ландшафта // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2022. № 3. С. 52–56. DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2022/3/52-56.
19. Кочуров Б.И., Кульнев В.В., Цветков И.В. Мультифрактальные модели воздействия на водную экосистему: отклик, риск, управление. Региональные геосистемы. 2022. №46(1). С. 71–80. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-1-71-80.
20. Петров Ю.В., Кочуров Б.И. Оценка геоэкологических показателей в муниципалитетах ресурсодобывающего субъекта Российской Федерации // Проблемы региональной экологии. 2023. №4. С. 89–93. DOI 10.24412/1728-323X-2023-4-89-93.
21. Кочуров Б.И., Мовчан М.А. Применение геоинформационного моделирования и фрактального анализа при геоэкологической оценке урбогеосистем // Теоретическая и прикладная экология. 2023. №2. С. 32–37. DOI: 10.25750/1995-4301-2023-2-032-037.
22. Мосякин Ю.М. Отчет по инвентаризации выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и их источников для филиала акционерного общества «Мостострой-11»: объект: «Мостовой переход через реку Обь в районе г. Сургут». Сургут: Мостострой-11, 2022. 365 с.
23. Макарова А.В. Технологический регламент по обращению с отходами производства и потребления на предприятии ОАО «Мостострой-11». Сургут: Мостострой-11, 2015. 117 с.
24. Витманас В.Г. Программа производственного экологического контроля в ОАО «Мостострой-11», Сургут: Мостострой-11, 2016. 123 с.
25. Витманас В.Г. Технический регламент для субподрядных организаций АО «Мостострой-11» о выполнении требований Подрядчика в области охраны окружающей среды на объекте строительства: «Мостовой переход через реку Обь в районе г. Сургут». Сургут: Мостострой-11, 2022. 107 с.
26. Семенов Ю.М. Ландшафтное планирование – прикладной раздел комплексной физической географии // География и природные ресурсы. 2017. №4. С. 13–18. DOI 10.21782/GIPR0206-1619-2017-4(13-18).
27. Усольцева А. Н. Ландшафтное планирование при рекреационном использовании территории на примере особо охраняемых природных территорий советского района ХМАО-Югры // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2020. Т. 6, №3. С. 210–218.



## СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТАХ НА ПРИМЕРЕ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА В ГОРОДЕ СУРГУТЕ

28. Дьяконов К.Н., Хорошев А.В. Ландшафтное планирование на пути к интеграции в региональную политику // Вестник Российской академии наук. 2022. Т. 92, №6. С. 522–531. DOI 10.31857/S0869587322060044.
29. Рулев А.С., Анопин В.Н., Рулев Г.А., Матвеева А.А. Ландшафтное планирование как инструмент управления придорожными комплексами // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. №2(54). С. 55–63. DOI 10.32786/2071-9485-2019-02-5.

### SYSTEMATIZATION OF GEOECOLOGICAL RISKS AT TRANSPORT FACILITIES ON THE EXAMPLE OF A BRIDGE CROSSING IN SURGUT

*Bagrovskaya E. N.<sup>1</sup>, Gimgin E. N.<sup>2</sup>, Petrov Yu. V.<sup>3</sup>*

*<sup>1,2,3</sup>University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation.*

*E-mail: <sup>1</sup>89129240127@bk.ru, <sup>2</sup>egimgin@inbox.ru, <sup>3</sup>petrov@rusoft.tech.*

The purpose of our study is to systematize geoecological risks during the construction of a bridge crossing over the river. Ob in the Surgut territorial public system. The object of the study is currently under construction, which allows for corrective measures during the organization of local environmental monitoring.

The research methodology includes 3 stages: 1) collection of information on the organization of environmental management in the corporation, in state and municipal environmental supervision bodies, in the environment of public environmental supervision; 2) comparative analysis of the organization of environmental risk insurance at transport facilities; 3) assessment of the state of the environment in the research area followed by field verification. To assess the state of the environment, a landscape-ecological methodology was used to determine environmental risks for certain tracts. To account for the synergistic effects, a combined characteristic of geoecological risks from all environments of the natural and territorial complex was used: lithogenic basis, fauna and flora, air masses, surface waters, soils. In the context of social constraints, the sequence of economic processes in the traditional economy, as well as in the subsistence economy of the territorial community of people of the Surgut territorial social system, was evaluated.

The research materials were provided by several sources. 1) reporting by Mostostroy-11 LLC; 2) publicly available legitimate reporting by supervisory authorities in the field of environmental protection; 3) publicly available results of public environmental supervision in the Surgut territorial public system; 4) reference and methodological materials of scientific research on transport facilities; 5) publicly available legitimate geoinformation data sources. All data in the information resources were subject to cross-verification, which made it possible to exclude subjectivity in the approaches of any of the supervisory parties.

Natural and territorial complexes in the area of construction of transport facilities are represented by taiga arrays of swamp tracts, characterized by high risks of vegetation reduction and a subsequent series of interconnected direct and feedback links. The classic list of geoecological risks for this territory is complemented by unique anthropogenic consequences.

The regulatory legal framework in terms of geoecological risk insurance is differentiated in different jurisdictions, but at the same time, certain specifics are highlighted everywhere, which does not allow mechanically transferring the experience of one country to the conditions of Yugra. From the case law common in the Anglo-Saxon world to the comprehensive European regulation of the parameters of negative environmental impact on the environment - all this does not allow these circumstances to be guaranteed to be transferred to the domestic soil. At the same time, the current situation around the 2 most popular transport highways in the world reflects the general crisis in the organization of geo-ecological monitoring, management around the management of the creation and operation of transport facilities. The shallowing of the Panama and Suez Canals is a consequence not only of global climate transformation, but also of inefficient environmental management focused on high traffic intensification. If artificial problems with the organization of the traditional economy are imposed on this for the indigenous population living in the areas of operation of these 2 largest transport highways in the world, then a picture of a complex crisis in the organization of construction and operation of transport facilities will appear. In these conditions, on the one hand, it is possible to attract, on the other hand, adapt on the Russian platform, the experience of Germany in terms of landscape planning, which determines the capabilities/potential of a certain landscape unit, as well as the presence of a set of direct and feedback links, including geo-ecological risks.

The analysis of corporate, state, municipal and public environmental reporting reflected the official disregard of the current state of the natural environment, which has been under high industrial and residential anthropogenic pressure for decades, while both natural and climatic and industrial, residential indicators for these latitudes have no analogues in the world. Thus, in order to carry out the design in such difficult conditions, formed regardless of the projected object, a zero evaluation option is necessary.

In order to work effectively as a policyholder against certain geo-ecological risks, public environmental supervision must have appropriate tools for both positioning its results and embedding them into a unified system of territorial monitoring based on generally acceptable rules. In this case, in our opinion, the approach of presenting a verified infological data model for connecting eco-activists with their receivers and observation results seems to be effective. The tools for this have been created – geoportals, which at the level of individual regions are limited to the format of a showcase of publicly available state information, rather than an interactive screen of interaction between a territorial community of people. A Territorial information system has been created on the territory of Yugra, the participants of which are all state executive authorities and all local self-government bodies, as well as individual corporations. The connection of numerous eco-activists to this community, who are ready to transmit their private observations in a regulated format, could contribute to the formation of additional supervision over such vulnerable objects as transport facilities (here, of course, it should be emphasized the need for appropriate state protection in the context of a special military operation).

**Keywords:** geoecological risks, geoecological insurance, territorial public system, territorial community of people, infological model of geoecological monitoring, geoportal, state

## СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТАХ НА ПРИМЕРЕ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА В ГОРОДЕ СУРГУТЕ

information system, public environmental control, traditional environmental management, environmental management.

### References

1. Zinovieva O.M., Kolesnikova L.A., Merkulova A.M., Smirnova N.A. Upravlenie jekologicheskimi riskami na gornodobyvajushhijh predpriyatijah (Environmental risk management at mining enterprises). *Ugol'*, 2022, no. 3, pp. 76–80. (in Russian). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-3-76-80.
2. Philippova O.E., Shchegoleva L.S., Shashkova E.Y., Dobrodeeva L.K. Immunologicheskaja reaktivnost' u zhitel'nic megalopolisa (Immunological reactivity in megalopolis residents). *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*, 2021, vol. 28, no. 1, pp. 11–16. (in Russian). DOI: 10.33396/1728-0869-2021-1-11-16.
3. Burmatova, O.P. Jekologicheskie vyzovy v regione: analiz, puti predotvrashhenija riskov i snizhenija ugroz (Environmental Challenges in Regions: Analysis and Measures to Reduce Potential Risks). *Ekonomika regiona [Economy of region]*, 2021, no. 17(1), pp. 249–261. (in Russian). DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-1-19.
4. Popova E.V., Strikh N.I. Praktiki jekologicheskogo menedzhmenta v uslovijah stanovlenija cirkuljarnoj jekonomiki v Rossii i ih vlijanie na finansovuju rezul'tativnost' kompanij (Environmental management practices for the circular economy development in Russia and their impact on the financial performance of companies). *Upravlenets – The Manager*, 2021, vol. 12, no. 2, pp. 17–34. (in Russian). DOI: 10.29141/2218-5003-2021-12-2-2.
5. Litvinova N.A., Molotilova S.A. Vlijanie vybrosov avtotransporta na zabolevaemost' i risk zdorov'ju naselenija g. Tjumeni (The impact of vehicle emissions on morbidity and health risk in Tyumen). *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*, 2018, vol. 25, no. 8, pp. 11–16. (in Russian). DOI: 10.33396/1728-0869-2018-8-11-16.
6. Eirikh A.N., Serykh T.G., Ovcharenko E.A., Podchufarova D.P., Kotovshchikov A.V. Sezonnaja dinamika himicheskogo sostava poverhnostnoj vody r. Obi (Seasonal dynamics of the chemical composition of surface water of the Ob River). *Theoretical and applied ecology*, 2022, no. 3, pp. 96–102. (in Russian). DOI 10.25750/1995-4301-2022-3-096-102.
7. Dubrovskaya E.A., Shadrin A.I., Dorofeeva L.A. Analiz podhodov k opredeleniju ponjatij "kachestva" i "urovnja zhizni naselenija" (na primere korennyh malochislennyh narodov Severa Sibiri) (Analysis of approaches to the definition of the concepts of "quality" and "standard of living of the population" (on the example of indigenous peoples of the North of Siberia)). *Bulletin of the Udmurt University. Biology series. Earth Sciences*, 2022, vol. 32, no. 1, pp. 67–75. (in Russian). DOI 10.35634/2412-9518-2022-32-1-67-75.
8. Tusupbekov Zh. A., Ryapolova N. L. Ocenka jekologicheskoy ustojchivosti poverhnostnyh vod Zapadnoj Sibiri (Assessment of environmental sustainability of surface waters of Western Siberia). *Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*, 2019, no. 3, pp. 55–60. (in Russian).
9. Loginov V.G., Ignatyeva M.N., Balashenko V.V. Razvitie predprinimatel'skoj dejatel'nosti korennyh jetnosov kak faktora sohraneniya tradicijnoj jekonomiki v uslovijah promyshlennogo osvoeniya Severa (Development of the Entrepreneurial Activities of the Indigenous Ethnic Groups as the Factor for Preserving the Traditional Economy in the Context of the North's Industrial Development). *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 2019, no. 15(3), pp. 763–779. (in Russian).
10. Morozova G. Yu., Debelaya I. D. Zelenaja infrastruktura kak faktor obespechenija ustojchivogo razvitija Habarovska (Green Infrastructure as a Factor for Sustainable Development of Khabarovsk). *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 2018, no. 14(2), pp. 562–574. (in Russian).
11. Korchina T. Ya., Korchin V. I., Lapenko I. V., Tkacheva S.V., Grebenyuk V.N. Klimatogeograficheskie osobennosti Hanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga – Jugry i ih vlijanie na zdorov'e naselenija (Climatogeographic features of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug - Yugra and their impact on public health) *Bulletin of Ugrovology*, 2014, no. 3(18), pp. 166–174. (in Russian).
12. Akimova E.V., Gakova E.I., Kayumov R.Kh., Zagorodnykh E.Yu., Smaznova O.V., Kayumova M.M., Gafarov V.V., Kuznetsov V.A. Izbytochnaja massa tela v gorodskoj sibirskoj populjácii – dvenadcatiletne trendy (Overweight in an urban Siberian population: 12-year trends). *Cardiovascular Therapy and Prevention*, 2012, no.11(3), pp. 58–61. (in Russian). DOI: 10.15829/1728-8800-2012-3-58-61.
13. Petrov Yu.V. Strategicheskoe kompleksirovanie tradicijnogo prirodopol'zovanija KMNS i tehnologichnoj jekonomiki dlja ustojchivogo razvitija surgutskoj territorial'noj obshhestvennoj sistemy (Strategic

- integration of traditional environmental management of the KMNS and technological economy for sustainable development of the Surgut territorial public system). *Electronic scientific and practical journal Culture and Education* 2014, no.1(5), p. 49. (in Russian).
14. Zozulya A.V., Zozulya P.V., Titov S.A., Titova N.V., Mezina T.V. *Jeftektivnost' ispol'zovanija cifrovyh tehnologij v proizvodstvennyh processah ugol'noj promyshlennosti* (The effectiveness of the use of digital technologies in the production processes of the coal industry). *Ugol'*, 2022, no. (9), pp. 47–52. (in Russian). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-47-52.
  15. Kryukov V.A., Shmat V.V. *Aziatskaja Rossija – uslovija i prepjatstvija postupatel'noj diversifikacii jekonomiki makroregiona* (Asian Russia – Conditions for and Obstacles to Progressive Diversification of Macrorregional Economy). *Prostranstvennaya Ekonomika = Spatial Economics*, 2022, vol. 18, no. 1, pp. 34–72. (in Russian) DOI: 10.14530/se.2022.1.034-072.
  16. Stolbov V. A., Sharygin M. D. *Regional'nyj potencial i regional'nyj kapital: "vozmozhnoe" - "real'noe" - "neobhodimoe"* (Regional Potential and Regional Capital: «Possibility» — «Reality» — «Necessity»). *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 2016, vol. 12, no. 4, pp. 1014–1027. (in Russian). DOI: 10.17059/2016-4-4.
  17. Petrov Yu.V., Oleinik E.A. *Napravlenija provedenija obshhestvennoj jekologicheskoj jekspertizy na osnove sovremennyh publicnyh gosudarstvennyh informacionnyh sistem pri ocenke rezul'tatov inzhenerno-jekologicheskijh izyskanij* (Directions of public environmental expertise based on modern public state information systems in evaluating the results of engineering and environmental surveys) *Use and protection of natural resources in Russia*, 2021, no. 2(166), pp. 90–95. (in Russian).
  18. Marunich N. A., Kochurov B. I., Kizima V. V. *Geojenergeticheskaja ocenka i optimizacija jemerdzhenykh jeftektov prirodno-antropogennogo landshafta* (Geo-Energetic Assessment and Optimization of Emergent Effects of the Natural-Anthropogenic Landscape). *Vestnik Voronezskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografi a. Geoekologia*, 2022, no. 3, pp. 52–56 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2022/3/52-56>.
  19. Kochurov B. I., Kulnev V. V., Tsvetkov I. V. *Mul'tifraktal'nye modeli vozdejstvija na vodnuju jekosistemu: otklik, risk, upravlenie* (Multifractal Models of Impact on the Aquatic Ecosystem: Response, Risk, Management). *Regional Geosystems*, 2022, no. 46(1), pp. 71–80. (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-1-71-80.
  20. Petrov Yu. V., Kochurov B. I. *Ocenka geojekologicheskijh pokazatelej v municipalitetah resursodobyvajushhego sub#ekta Rossijskoj Federacii* (Assessment of geoecological indicators in municipalities of a resource-producing subject of the Russian Federation). *Problems of regional ecology*, 2023, no. 4, pp. 89–93. (in Russian). DOI 10.24412/1728-323X-2023-4-89-93.
  21. Kochurov B.I., Movchan M.A. *Application of geoinformation modeling and fractal analysis in the geoecological assessment of urban geosystems. Theoretical and applied ecology*, 2023, no. 2, pp. 32–37. (in Russian). DOI: 10.25750/1995-4301-2023-2-032-037.
  22. Mosyakin Yu. M. *Report on the inventory of emissions of harmful (polluting) substances into the atmospheric air and their sources for the branch of the joint-stock company "Mostostroy-11": object: "Bridge crossing over the Ob River near Surgut"*. Surgut: Mostostroy-11, 2022. 365 p. (in Russian).
  23. Makarova A.V. *Technological regulations for the management of production and consumption waste at the Mostostroy-11 OJSC enterprise*. Surgut: Mostostroy-11, 2015. 117 p. (in Russian).
  24. Vitmanas V.G. *The program of industrial environmental control in JSC Mostostroy-11*, Surgut: Mostostroy-11, 2016. 123 p. (in Russian).
  25. Vitmanas V.G. *Technical regulations for subcontractors of JSC Mostostroy-11 on the fulfillment of the Contractor's requirements in the field of environmental protection at the construction site: "Bridge crossing over the Ob River in the area of Surgut."* Surgut: Mostostroy-11, 2022. 107 p. (in Russian).
  26. Semenov, Yu. M. *Landshaftnoe planirovanie - prikladnoj razdel kompleksnoj fizicheskoj geografii* (Landscape planning - an applied section of complex physical geography). *Geography and natural resources*, 2017, no. 4, pp. 13–18. (in Russian). DOI 10.21782/GIPR0206-1619-2017-4(13-18).
  27. Usoltseva A. N. *Landshaftnoe planirovanie pri rekreacionnom ispol'zovanii territorii na primere osobo ohranjaemykh prirodnykh territorij sovetskogo rajona HMAO-Jugry* (Landscape planning in the recreational use of the territory on the example of specially protected natural territories of the Soviet district of KhMAO-Yugra). *Scientific notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology*, 2020, vol. 6, no. 3, pp. 210–218. (in Russian).

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ТРАНСПОРТНЫХ  
ОБЪЕКТАХ НА ПРИМЕРЕ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА В ГОРОДЕ СУРГУТЕ

---

28. Dyakonov K. N., Khoroshev A.V. Landshaftnoe planirovanie na puti k integracii v regional'nuju politiku (Landscape planning on the way to integration into regional policy). Bulletin of the Russian Academy of Sciences, 2022, vol. 92, no. 6, pp. 522–531. (in Russian). DOI 10.31857/S0869587322060044. (in Russian).
29. Rulev A. S., Anopin V. N., Rulev G. A., Matveeva A. A. Landshaftnoe planirovanie kak instrument upravlenija pridorozhnymi kompleksami (Landscape planning as a tool for managing roadside complexes). Izvestiya Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: Science and higher professional education, 2019, no. 2(54), pp. 55–63. (in Russian). DOI 10.32786/2071-9485-2019-02-5.

*Поступила в редакцию 04.01.2024 г.*

УДК 911.2+504.54

**ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ  
НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ ЛЕТОМ 2022 ГОДА  
НА ОСНОВЕ СЪЕМКИ СПУТНИКА SENTINEL-5P TROPOMI**

*Гусев А. П.<sup>1</sup>, Флерко Т. Г.<sup>2</sup>*

*<sup>1,2</sup>Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Гомель, Республика Беларусь  
E-mail: <sup>1</sup>andi\_gusev@mail.ru, <sup>2</sup>tflerco@mail.ru*

Работа посвящена оценке загрязнения атмосферы на территории Беларуси на основе данных космической съемки спутника Sentinel-5P TROPOMI. Решаемые задачи: сравнение концентраций SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO в атмосфере на территории Беларуси и сопредельных стран; определение средних концентраций SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO в атмосфере над городами и особо охраняемыми природными территориями Беларуси; выяснение закономерностей пространственной неоднородности концентраций SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO. Выполнен сравнительный анализ средних значений концентрации указанных загрязнителей над территориями Беларуси и сопредельных стран (Литва, Латвия, Польша, Украина, Российская Федерация), также в пределах Беларуси — над городами и особо охраняемыми природными территориями. Установлено, что колебания содержания SO<sub>2</sub> над территорией Беларуси определяются трансграничным переносом, а пространственная дифференциация концентраций NO<sub>2</sub> зависит от местных источников выбросов.

**Ключевые слова:** загрязнение атмосферы, Sentinel-5P TROPOMI, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, Беларусь.

**ВВЕДЕНИЕ**

Загрязнение атмосферы — важный фактор формирования качества окружающей среды как на локальном, так и региональном уровнях [1]. Среди разнообразных техногенных загрязнителей наиболее существенное экологическое значение имеют выбросы диоксида серы (SO<sub>2</sub>), диоксида азота (NO<sub>2</sub>), угарного газа (CO). Экологическая опасность этих поллютантов обусловлена их массовостью, токсичностью и высокой продолжительностью нахождения в атмосфере.

Источниками выбросов NO<sub>2</sub> являются энергетика на углеводородном топливе, автотранспорт, химическая и нефтехимическая промышленность, металлургия, пожары. Источники выбросов SO<sub>2</sub> — тепловые электростанции на угле и мазуте, нефтеперерабатывающие и металлургические заводы, а также извержения вулканов. Дальность переноса SO<sub>2</sub> составляет 300–400 км. В атмосфере SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub> вступают в химические реакции с парами воды и превращаются соответственно в серную и азотную кислоты, что приводит к закислению осадков. Повышенные содержания SO<sub>2</sub> вызывают нарушения физиологических процессов, оказывают мутагенное влияние. Последствиями закисления являются поражение растительности за счет изменения метаболических процессов в почве и соответствующей трансформации питания растений, активизации миграции токсичных химических элементов [1, 2].

Источниками CO являются лесные и степные пожары, деятельность живых организмов, выбросы промышленных предприятий (прежде всего металлургии, нефтехимической промышленности), автомобильный транспорт (содержание CO в выхлопных газах может составлять до 12%; на долю автотранспорта приходится 56-

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ  
НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ ЛЕТОМ 2022 ГОДА  
НА ОСНОВЕ СЪЕМКИ СПУТНИКА SENTINEL-5P TROPOMI

---

62% его антропогенных выбросов). Главным процессом удаления СО из атмосферы является его разложение почвенными грибами. Среднее время пребывания в атмосфере составляет около 35 суток. Для человека угарный газ — это яд общетоксического действия, который угнетает тканевое дыхание в коре головного мозга [3].

С развитием дистанционного зондирования Земли появились и постоянно совершенствуются методы оценки загрязнения атмосферы с помощью многозональной космической съемки [4, 5, 6]. При этом спутниковый мониторинг загрязнения атмосферы имеет как недостатки, так и преимущества по сравнению с наземными инструментальными наблюдениями. Преимуществами спутникового мониторинга атмосферы являются: пространственная оценка загрязнения на региональном уровне; выявление реальных (в том числе несанкционированных) источников выбросов; возможность получения усредненных за любой временной период данных; возможность ежесуточной (т.е. в режиме реального времени) оценки загрязнения на региональном уровне; выяснение направлений трансграничного движения масс загрязненного воздуха и их временной изменчивости; охват труднодоступных территорий.

К недостаткам спутникового мониторинга загрязнения следует отнести: низкое пространственное разрешение, не позволяющее оценивать выбросы от локальных источников; зависимость качества данных от облачности; полученные концентрации поллютантов в столбе стратосферы не могут оцениваться с помощью имеющейся системы ПДК. Однако, дистанционно измеряемые концентрации поллютантов коррелируют с их концентрациями, определяемыми наземными методами. Например, в работе Ialongo et al. (2019) для NO<sub>2</sub> установлена связь величин, полученных дистанционными и наземными измерениями, с коэффициентом корреляции 0,66 [7]; в работе Cersosimo et al. (2020) коэффициент корреляции составил 0,5–0,9 [8].

Так, спутниковый мониторинг показал существенное снижение концентраций SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> и СО (до 20–30%) во время короновирусного (COVID-19) карантина, в ходе которого резко сократилось производство и транспортные потоки [6]. В работе приводится помесячный анализ изменений концентраций SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> и СО в 2019–2021 гг. над территорией Турции, который также выявил снижение содержаний указанных компонентов во время карантина. Установлены закономерности сезонных колебаний концентраций поллютантов [5].

Отмечается, что концентрации, определяемые по данным дистанционной съемки TROPOMI, не могут оцениваться с помощью санитарно-гигиенических нормативов (ПДК), поэтому предлагаются различные относительный индексы. Так, для оценки интегрального загрязнения воздуха используется универсальный нормализованный индекс загрязнения TAQI (TROPOMI Air Quality Index), который учитывает 5 компонентов (СО, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, НСНО, аэрозоли). При этом нормированные (в диапазоне от 0 до 1) содержания указанных компонентов умножаются на класс опасности и суммируются [4].

Применение спутниковых методов для изучения загрязнения атмосферы на территории Беларуси до настоящего времени не имело широкого использования. Имеются лишь единичные работы, касающиеся отдельных регионов страны [9].

Цель нашей работы – оценка загрязнения атмосферы на территории Беларуси на основе данных космической съемки спутника Sentinel-5P TROPOMI. Решаемые задачи: сравнение концентраций  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$  в атмосфере над территорией Беларуси и сопредельных стран; определение средних концентраций  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$  в атмосфере над городами и особо охраняемыми природными территориями Беларуси; выяснения закономерностей пространственной неоднородности концентраций  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ .

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на территории Восточной Европы: Беларусь и сопредельные страны (рис. 1).



Области Российской Федерации: 1 — Псковская; 2 — Смоленская; 3 — Брянская

Рис. 1. Район исследований.

Составлено авторами.

Использованы данные съемки спутника Sentinel-5P с сенсором TROPOMI (TROPOspheric Monitoring Instrument), который определяет атмосферные концентрации (общее содержание в вертикальном столбе тропосферы) озона, метана, формальдегида, угарного газа, диоксида серы, диоксида азота. Измерения ведутся ежедневно с октября 2017 г. Пространственное разрешение  $5,5 \times 3,5$  км ( $7 \times 5,5$  км — до августа 2019 г.). Содержание диоксида серы, монооксида углерода, диоксида азота измеряются и предоставляются в единицах моль/м<sup>2</sup>. Данные находятся в свободном доступе на сайте NASA (<https://search.earthdata.nasa.gov/>) и представлены в виде архива (xxx.nc). Архив преобразовывался нами с помощью модуля Sentinel-5P data explorer для QGIS в векторные слои точечного типа.



**ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ  
НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ ЛЕТОМ 2022 ГОДА  
НА ОСНОВЕ СЪЕМКИ СПУТНИКА SENTINEL-5P TROPOMI**

Поскольку атмосферные циркуляции на разных высотах рассеивают и перемешивают по горизонтали поток загрязняющих веществ, то использовался метод осреднения измерений в заданном временном отрезке, что позволяет сгладить случайные колебания и выделить регулярную составляющую потока того или иного поллютанта от земной поверхности.

Операционными территориальными единицами являлись страны (Беларусь, Литва, Латвия, Эстония, Польша, Украины, Смоленская, Брянская и Псковская области Российской Федерации), на территории Беларуси — города и особо охраняемые природные территории (ООПТ).

Для обработки данных Sentinel-5P TROPOMI, растровых операций, построения картосхем использовалась геоинформационная система QGIS.

Группировка суточных содержаний  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$  в пределах ареала соответствующих территориальных единиц выполнялась в программе MS Excel, статистическая обработка данных — в MS Excel и STATISTICA. Статистическая обработка включала определение среднего, медианного, минимального, максимального значений, стандартного отклонения, среднеквадратичной ошибки, дисперсии.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрим колебания концентраций  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$  в тропосфере над территорией Беларуси и сопредельных стран (табл. 1). Среднее содержания  $\text{NO}_2$  в тропосфере над территорией Беларуси с течение июля-августа 2022 г. изменялось от  $0,0141 \cdot 10^{-3}$  до  $0,0210 \cdot 10^{-3}$  моль/см<sup>2</sup>.

Таблица 1.

Средние содержания  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$  в тропосфере над территорией Беларуси и сопредельных стран (июль-август 2022 г.)

Регион	Компонент		
	$\text{NO}_2$ , $10^{-3}$ моль/см <sup>2</sup>	$\text{SO}_2$ , $10^{-3}$ моль/см <sup>2</sup>	$\text{CO}$ , моль/см <sup>2</sup>
Беларусь	0,0177±0,0008	0,299±0,032	0,0290±0,0001
Польша	0,0277±0,0029	0,435±0,110	0,0288±0,0001
Эстония	0,0175±0,0017	0,301±0,049	0,0280±0,0001
Латвия	0,0176±0,0010	0,383±0,064	0,0280±0,0001
Литва	0,0186±0,0015	0,484±0,105	0,0290±0,0001
Украина	0,0229±0,0010	0,378±0,053	0,0290±0,0001
Россия (Смоленская, Брянская, Псковская области)	0,0191±0,0023	0,391±0,089	0,0290±0,001

Составлено авторами.

В странах Прибалтики наблюдались близкие концентрации это поллютанта. Так, над территорией Эстонии среднее содержание  $\text{NO}_2$  составляло от  $0,0104 \cdot 10^{-3}$  до  $0,0274 \cdot 10^{-3}$ , над территорией Латвии — от  $0,0135 \cdot 10^{-3}$  до  $0,0222 \cdot 10^{-3}$ , над

территорией Литвы — от  $0,0133 \cdot 10^{-3}$  до  $0,0269 \cdot 10^{-3}$  моль/см<sup>2</sup>. Над территориями Польши и Украины концентрации NO<sub>2</sub> были несколько выше. Так, над Польшей содержание колебалось от 0,0146 до 0,0403 (среднее —  $0,0277 \cdot 10^{-3}$  моль/см<sup>2</sup>). Над территорией Украины — от 0,0202 до 0,0273 (среднее —  $0,0229 \cdot 10^{-3}$  моль/см<sup>2</sup>). Над российскими регионами концентрации изменялись от 0,0100 до 0,0322 (среднее —  $0,0191 \cdot 10^{-3}$  моль/см<sup>2</sup>).

Среднее содержание SO<sub>2</sub> над территорией Беларуси изменялось от  $0,145 \cdot 10^{-3}$  до  $0,520 \cdot 10^{-3}$  моль/см<sup>2</sup> (средняя величина за июль-август —  $0,299 \cdot 10^{-3}$ , медианная —  $0,286 \cdot 10^{-3}$  моль/см<sup>2</sup>). Близкую величину имеет содержание диоксида серы над территорией Эстонии (среднее —  $0,301 \cdot 10^{-3}$ , медианное —  $0,262 \cdot 10^{-3}$  моль/см<sup>2</sup>). В других соседних странах среднее содержание SO<sub>2</sub> выше, чем в Беларуси. Так, над территорией Польши содержание SO<sub>2</sub> колебалось от  $0,170 \cdot 10^{-3}$  до  $1,570 \cdot 10^{-3}$  моль/см<sup>2</sup> (средняя величина за июль-август —  $0,435 \cdot 10^{-3}$ , медианная —  $0,312 \cdot 10^{-3}$  моль/см<sup>2</sup>). Над территорией Литвы концентрация диоксида серы варьировала от  $0,05 \cdot 10^{-3}$  до  $1,17 \cdot 10^{-3}$  моль/см<sup>2</sup> (среднее —  $0,484 \cdot 10^{-3}$ , медианное —  $0,349 \cdot 10^{-3}$  моль/см<sup>2</sup>). Различия в средних и медианных величина содержания диоксида серы объясняется особенностями структуры теплоэнергетики рассматриваемых стран. Так, в Беларуси доминирует теплоэнергетика на природном газе, значительный вклад в производство электроэнергии вносит Белорусская АЭС. В структуре энергетики Польши, Литвы и других соседних с Беларусью стран, велика доля тепловой энергетики на угле и мазуте, которая является ведущим источником выбросов диоксида серы [1].

Исходя из полученных данных видно, что фон SO<sub>2</sub> на территории Беларуси в рассматриваемый временной период обусловлен преимущественно трансграничным переносом от окружающих государств (прежде всего Польши и Литвы).

Среднее содержание CO над территорией Беларуси в течение июля-августа 2022 г. колебалось от 0,025 до 0,032 моль/см<sup>2</sup>. Суточные минимальные значения составляли 0,014–0,022, суточные максимальные — 0,033–0,047 моль/см<sup>2</sup>. Средние концентрации CO в соседних странах также находились в пределах 0,028–0,029 моль/см<sup>2</sup>. Суточные максимальные концентрации над территорией Эстонии составляли 0,031–0,047, Латвии — 0,033–0,047, Литвы — 0,034–0,045, Польши — 0,035–0,047, Украины — 0,038–0,051, Псковской области — 0,032–0,048, Брянской области — 0,030–0,041, Смоленской области — 0,032–0,040 моль/см<sup>2</sup>. Таким образом, дифференциация содержания CO в тропосфере региона весьма слабая.

Для выяснения влияния локальных источников выбросов на содержание NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> и CO в тропосфере были выбраны следующие объекты: Минск (население — 1,975 млн. человек; крупный промышленный центр, производящий 18,8% промышленной продукции всей страны), областные центры (города с населением 300–500 тысяч человек), а также города, в которых расположены крупные промышленные предприятия (Новополоцк, Мозырь, Светлогорск, Солигорск). Для сравнения были выбраны особо охраняемые природные территории — Березинский биосферный заповедник, Полесский радиационно-экологический заповедник, национальные парки «Припятский» и «Беловежская Пуща», заказники — Выгонощанский, Ольманские болота, Ельня и другие.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ  
НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ ЛЕТОМ 2022 ГОДА  
НА ОСНОВЕ СЪЕМКИ СПУТНИКА SENTINEL-5P TROPOMI

Над каждым объектом были определены средние значения концентраций NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> и CO июле-августе 2022 г.

Среднее содержание NO<sub>2</sub> над городами составило 0,23·10<sup>-3</sup> моль/см<sup>2</sup>. Наибольшие величины наблюдались над Гродно и Минском (0,29·10<sup>-3</sup>). Наименьшие — над Солигорском (0,17·10<sup>-3</sup>), Новополоцком (0,19·10<sup>-3</sup>), Могилевом (0,19·10<sup>-3</sup>). Среднее содержание NO<sub>2</sub> над ООПТ составило 0,16·10<sup>-3</sup> моль/см<sup>2</sup>. Наибольшая величина отмечена над национальным парком «Беловежская пуца» (0,18·10<sup>-3</sup> моль/см<sup>2</sup>), наименьшая — над заказником «Ольманские болота» (0,14·10<sup>-3</sup> моль/см<sup>2</sup>). Различия между городами и ООПТ по содержанию NO<sub>2</sub> статистически достоверны (табл. 2). Это указывает на то, что пространственное распределение концентраций NO<sub>2</sub> определяется преимущественно местными источниками выбросов.

Таблица 2

Сравнительная характеристика содержания NO<sub>2</sub> и SO<sub>2</sub> над городами и ООПТ  
Беларуси (июль-август 2022 г.)

Статистика	Компонент					
	NO <sub>2</sub> , 10 <sup>-3</sup> моль/см <sup>2</sup>		SO <sub>2</sub> , 10 <sup>-3</sup> моль/см <sup>2</sup>		CO, моль/см <sup>2</sup>	
	Города	ООПТ	Города	ООПТ	Города	ООПТ
Среднее	0,023	0,016	0,32	0,31	0,030	0,030
Медианное	0,022	0,016	0,23	0,20	0,030	0,030
Минимальное	0,001	0,001	0,01	0,01	0,021	0,021
Максимальное	0,072	0,077	2,37	0,52	0,036	0,042
Стандартная ошибка	0,001	0,001	0,06	0,02	0,0006	0,0003

Среднее содержание SO<sub>2</sub> над городами составило 0,32·10<sup>-3</sup> моль/см<sup>2</sup>. Наибольшая величина отмечена над Светлогорском (0,43·10<sup>-3</sup>), Минском (0,36·10<sup>-3</sup>), Жлобыным (0,36·10<sup>-3</sup>). Наименьшая — над Солигорском (0,22·10<sup>-3</sup>), Мозырем (0,27·10<sup>-3</sup>). Над ООПТ среднее значение концентрации было 0,31·10<sup>-3</sup> моль/см<sup>2</sup>. Минимальные значения отмечены над заказниками «Ельня» (0,25·10<sup>-3</sup>) и «Ольманские болота» (0,28·10<sup>-3</sup>); наибольшие – над Березинским заповедником (0,40·10<sup>-3</sup>). Разница в концентрации SO<sub>2</sub> над различными объектами статистически недостоверна. Этот факт может быть объяснен тем, что колебания концентрации диоксида серы над территорией Беларуси обусловлены трансграничными переносом (поскольку наиболее мощные источники выбросов находятся за пределами страны).

Над городами среднее содержание CO изменялось от 0,029 (Витебск, Гродно, Могилев, Брест) до 0,031 (Гомель) моль/см<sup>2</sup>. Максимальное содержание отмечено над городами Гомель (0,035 моль/см<sup>2</sup>) и Жлобин (0,036 моль/см<sup>2</sup>). Над ООПТ среднее содержание CO аналогично колебалось от 0,29·10<sup>-1</sup> (Березинский заповедник, заказник «Ельня») до 0,031 (заказник «Ольманские болота», национальный парк «Припятский») моль/см<sup>2</sup>. Различия между городами и ООПТ по содержанию данного компонента отсутствуют (табл. 2). Возможно, что для

выявления значимой разницы в содержаниях тропосферного СО между городами и ООПТ требуется анализ более длительного временного интервала.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основе выполненных исследований установлено:

– в рассматриваемый период времени наибольшие концентрации диоксида азота наблюдались над Польшей и Украиной; содержания этого компонента над другими странами статистически достоверных отличий между собой не имели;

– по среднему содержанию СО статистически значимые различия между странами отсутствовали;

– по среднему содержанию SO<sub>2</sub> отмечена существенная дифференциация: концентрация диоксида серы над территорией Беларуси ниже, чем над территориями сопредельных государств, что объясняется особенностями структуры теплоэнергетики рассматриваемых стран;

– сравнительный анализ концентраций NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, СО над городами и ООПТ Беларуси показал, что статистически значимые отличия имеют место только для содержания диоксида азота, по другим компонентами различия отсутствуют.

### БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № Х23КИ-022).

### Список литературы

1. Акимова Т.А., Кузьмин А.П., Хаскин В.В. Экология. Природа-Человек-Техника: Учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 343 с.
2. Силаева П.Ю., Силаев А.В. Особенности рассеивания выбросов диоксида азота предприятиями энергокомплекса и их влияние на население мегаполисов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 1. С. 63–72.
3. Курсов С.В. Монооксид углерода: физиологическое значение и токсикология // Медицина неотложных состояний. 2015. №6. С. 9–16.
4. Морозова А.Э., Сизов О.С., Елагин П.О., Агзамов Н.А. Интегральная оценка качества атмосферного воздуха в крупнейших городах России на основе данных TROPOMI (Sentinel-5P) за 2019-2020 гг. // Современные проблемы дистанционных зондирований Земли из космоса. 2022. т. 19 (4). С. 23–39.
5. Makineci H.B., Arkan D., Alkan D., Karasaka, L. Spatio-temporal Analysis of Sentinel-5P Data of Konya City Between 2019-2021 // Harita Dergisi. 2021. V. 170. P. 23–40.
6. Filonchik M., Hurynovich V., Yan H., Gusev A., Shpilevskaya N. Impact Assessment of COVID-19 on Variations of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO and AOD over East China // Aerosol and Air Quality Research. 2020. Vol. 20. P. 1530–1540.
7. Ialongo I., Virta H., Eskes H., Hovila J., Douros J. Comparison of TROPOMI/Sentinel-5 Precursor NO<sub>2</sub> observation with ground-based measurements in Helsinki // Atmospheric Measurement Techniques. 2019. V. 13. P. 205–218.
8. Cersosimo A., Serio C., Masiello G. TROPOMI NO<sub>2</sub> Tropospheric Column Data: Regridding to 1 km Grid-Resolution and Assessment of their Consistency with In Situ Surface Observation // Remote Sensing. 2020. V.12 (14). P. 2212–2235.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ  
НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ ЛЕТОМ 2022 ГОДА  
НА ОСНОВЕ СЪЕМКИ СПУТНИКА SENTINEL-5P TROPOMI

---

9. Гусев А.П. Оценка риска деградации лесных геосистем под воздействием загрязнения атмосферы на основе съемки сенсора TROPOMI спутника Sentinel-5P (на примере восточной части Белорусского Полесья) // Российский журнал прикладной экологии. 2023. №1. С. 10–15.

**ASSESSMENT OF ATMOSPHERE POLLUTION IN THE TERRITORY OF  
BELARUS IN THE SUMMER OF 2022 BASED  
ON SENTINEL-5P TROPOMI SATELLITE IMAGING**

*Gusev A. P.<sup>1</sup>, Flerko T. G.<sup>2</sup>*

*Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus.  
E-mail: <sup>1</sup>andi\_gusev@mail.ru, <sup>2</sup>tflerco@mail.ru*

The purpose of the work is to assess air pollution on the territory of Belarus based on satellite imagery data from the Sentinel-5P TROPOMI satellite. Problems to be solved: comparison of concentrations of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO in the atmosphere on the territory of Belarus and neighboring countries; determination of average concentrations of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO in the atmosphere over cities and specially protected natural areas of Belarus; clarification of the patterns of spatial heterogeneity of concentrations of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO. A comparative analysis of the average concentration values of these pollutants over the territories of Belarus and neighboring countries (Lithuania, Latvia, Poland, Ukraine, the Russian Federation), also within Belarus – over cities and specially protected natural areas was carried out. The QGIS was used to process Sentinel-5P TROPOMI data, raster operations, and construct map diagrams. Statistical processing included determination of the mean, median, minimum, maximum values, standard deviation, root-mean-square error, and dispersion.

Based on a comparative analysis of countries, it was established: during the period under review, the highest concentrations of nitrogen dioxide were observed over Poland and Ukraine; the content of this component compared to other countries did not have statistically significant differences among themselves; there were no statistically significant differences between countries in the average CO content.

It has been established that over the territory of Belarus the content of sulfur dioxide is lower than over the territories of neighboring countries (maximum concentrations are typical for Poland, Lithuania, Ukraine). In terms of average content, a significant differentiation was noted: the concentration of SO<sub>2</sub> over the territory of Belarus is lower than over the territories of neighboring states, which is explained by the peculiarities of the structure of the thermal power industry of the countries under consideration.

The influence of local emission sources on the content of NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and CO in the troposphere was studied. Compared cities (Minsk, regional centers, cities where large industrial enterprises are located) and specially protected natural areas (Berezinsky Biosphere Reserve, Prip'yatsky and Belovezhskaya Pushcha national parks, reserves Vygonoshchansky, Olmansky swamps, Yelnya and others). The differences between cities and protected areas in NO<sub>2</sub> content are statistically significant. This indicates that the spatial distribution of NO<sub>2</sub> concentrations is determined primarily by local emission sources. The highest levels of nitrogen dioxide were observed over Grodno and Minsk. The difference in SO<sub>2</sub> concentration over different objects is statistically insignificant.

This fact may be explained by the fact that fluctuations in the concentration of sulfur dioxide over the territory of Belarus are caused by transboundary transport (since the most powerful sources of emissions are located outside the country). There are no differences between cities and protected areas in terms of the content of the CO component. It is possible that to identify a significant difference in the content of tropospheric CO between cities and protected areas, an analysis of a longer time interval is required.

Thus, it has been established that fluctuations in SO<sub>2</sub> content over the territory of Belarus are determined by transboundary transport, and spatial differentiation of NO<sub>2</sub> concentrations depends on local emission sources.

**Keywords:** air pollution, Sentinel-5P TROPOMI, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, Belarus.

### References

1. Akimova T.A., Kuzmin A.P., Khaskin V.V. *Ekologiya. Priroda-Chelovek-Tekhnika: Uchebnik dlya vuzov* (Ecology. Nature-Man-Technology: Textbook for Universities). Ed. Moscow: UNITY-DANA (Publ.), 2001. 343 p. (in Russian).
2. Silaeva P.Yu., Silaev A.V. *Osobennosti rassevaniya vybrosov dioksida azota predpriyatiyami energokompleksa i ikh vliyaniye na naseleniye megapolisov* (Features of the dispersion of nitrogen dioxide emissions by energy complex enterprises and their impact on the population of megacities). *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2018, t. 26, no 1, pp. 63–72 (in Russian).
3. Courses S.V. *Monooksid ugleroda: fiziologicheskoye znachenije i toksikologiya* (Carbon monoxide: physiological significance and toxicology). *Meditsina neotlozhnyy sostoyaniy*. 2015, no 6, pp. 9–16 (in Russian).
4. Morozova A.E., Sizov O.S., Elagin P.O., Agzamov N.A. *Integral'naya otsenka kachestva atmosfernogo vozdukh v krupneyshikh gorodakh Rossii na osnove dannykh TROPOMI (Sentinel-5P) za 2019-2020 gg.* (Integral assessment of atmospheric air quality in the largest cities of Russia based on TROPOMI (Sentinel-5P) data for 2019-2020.). *Sovremennyye problemy distantsionnykh zondirovaniy Zemli iz kosmosa*. 2022, t. 19 (4), pp. 23–39 (in Russian).
5. Makineci H.B., Arıkan D., Alkan D., Karasaka, L. *Spatio-temporal Analysis of Sentinel-5P Data of Konya City Between 2019-2021*. *Harita Dergisi*. 2021, V. 170. pp. 23–40.
6. Filonchik M., Hurynovich V., Yan H., Gusev A., Shpilevskaya N. *Impact Assessment of COVID-19 on Variations of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO and AOD over East China*. *Aerosol and Air Quality Research*. 2020, V. 20, pp. 1530–1540.
7. Ialongo I., Virta H., Eskes H., Hovila J., Douros J. *Comparison of TROPOMI/Sentinel-5 Precursor NO<sub>2</sub> observation with ground-based measurements in Helsinki*. *Atmospheric Measurement Techniques*. 2019, V. 13, pp. 205–218.
8. Cersosimo A., Serio C., Masiello G. *TROPOMI NO<sub>2</sub> Tropospheric Column Data: Regridding to 1 km Grid-Resolution and Assessment of their Consistency with In Situ Surface Observation*. *Remote Sensing*. 2020, V.12 (14), pp. 2212–2235.
9. Gusev A.P. *Otsenka riska degradatsii lesnykh geosistem pod vozdeystviyem zagryazneniya atmosfery na osnove s'yemki sensora TROPOMI sputnika Sentinel-5P (na primere vostochnoy chasti Belorusskogo Poles'ya)* (Assessment of the risk of degradation of forest geosystems under the influence of atmospheric pollution based on imaging from the TROPOMI sensor of the Sentinel-5P satellite (using the example of the eastern part of Belarusian Polesie)). *Rossiyskiy zhurnal prikladnoy ekologii*. 2023, no 1, pp. 10–15 (in Russian).

*Поступила в редакцию 04.03.2024 г.*

УДК 911.3

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ  
ТРАДИЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРАНАХ  
СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ МИРА И РОССИИ**

*Скрицкая М. К.<sup>1</sup>, Петров Ю. В.<sup>2</sup>*

*<sup>1,2</sup>Тюменский государственный университет, Тюмень, Российская Федерация  
E-mail: <sup>1</sup>mskritskaya@bk.ru, <sup>2</sup>y.v.petrov@utmn.ru*

В работе представлен обзор систем организации традиционного природопользования в странах северных регионов мира и России. Анализ проводится по нормативным актам о коренных народах и традиционном природопользовании, полномочиям регулирующих государственных органов и практикам сотрудничества коренного населения с властью в вопросах охраны окружающей среды. В результате сравнения выявлены практики организации традиционного природопользования, которые могут быть адаптированы для создания системы организации традиционного природопользования в Российской Федерации и устойчивого развития данной отрасли.

**Ключевые слова:** традиционное природопользование, коренное население, устойчивое развитие коренного населения, территории традиционного природопользования.

**ВВЕДЕНИЕ**

Согласно Декларации ООН о правах коренных народов [1], государства обязаны осуществлять программы помощи для коренных народов в целях сохранения окружающей среды и производительной способности их территорий и ресурсов. В то же время мировая тенденция увеличения темпов промышленного освоения труднодоступных территорий и, как следствие, воздействия на территории традиционного природопользования населения, исконно там проживающего, требуют поиска оптимальных решений совместного управления государственной власти и коренного населения. В России данная проблема особенно актуальна для северных регионов, где сочетаются территории масштабного промышленного ресурсного освоения и традиционного хозяйствования коренных малочисленных народов Севера.

**Целью исследования** является выявление оптимальных способов организации традиционного природопользования в Российской Федерации путем сравнительного анализа организации традиционного природопользования в северных государствах. Задачи:

- проведение сравнительного анализа систем организации традиционного природопользования северных государств;
- систематизация практик организации традиционного природопользования в северных государствах.

**Объект исследования:** система организации традиционного природопользования в северных государствах. **Предмет:** выявление релевантных для российских условий природоохранных практик в организации традиционного природопользования в северных государствах.

Под северными государствами в исследовании подразумеваются страны с суровыми климатическими условиями, расположенные в северных широтах со схожими сложившимися видами природопользования. К данным видам природопользования относятся добыча полезных ископаемых (нефть, газ, драгоценные металлы) и традиционная хозяйственная деятельность коренного населения (оленоводство, охота, рыбалка). Также среди особенностей данных территорий стоит отметить особую уязвимость их природной среды и длительность восстановительных процессов при нанесении ущерба. Странами, соответствующими данной характеристике, являются Россия, США (Аляска), Норвегия, Финляндия, Канада.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Информационной базой исследования послужили официальные материалы государственных статистических агентств, международные и государственные законодательные акты, государственные информационные порталы и геопорталы. В качестве методов исследования использованы сравнительный, SWOT- анализ. Сравнительный анализ выполнен для России, Норвегии, Канады, США и Финляндии.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

*Россия.* По данным на 1 января 2023 г. численность населения в местах традиционного проживания коренных малочисленных народов РФ составляет почти 3,5 млн человек [2]. Единый перечень коренных малочисленных народов Российской Федерации включает 47 народностей [3]. Помимо этого, в законодательстве закреплён перечень мест традиционного проживания и видов традиционной хозяйственной деятельности (сравнительная характеристика приведена в таблице 1) [4].

Для некоторых наиболее распространённых видов традиционной хозяйственной деятельности приняты регламентирующие законодательные акты. К примеру, статья 19 Федерального закона от 24.07.2009 №209-ФЗ [5] устанавливает порядок охоты в целях обеспечения ведения традиционного образа жизни, в котором указывается на беспрепятственное осуществление данного вида деятельности. Рыболовство регламентируется статьёй 25 Федерального закона 20.12.2004 №166-ФЗ [6] и регламентирует права коренных народов на добычу вылов водных биоресурсов. В Российской Федерации нет отдельных органов, регулирующих традиционное природопользование. Порядок осуществления определённых видов хозяйствования устанавливается отдельными федеральными органами. К примеру, порядок осуществления рыболовства установлен Приказом Минсельхоза России от 01.09.2020 №522 [7]. Порядок ведения охоты утверждает Министерство природных ресурсов и экологии РФ Приказом Минприроды России от 24.07.2020 №477 [8], а порядок ведения оленеводства устанавливается индивидуально в каждом субъекте РФ.



## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАДИЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРАНАХ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ МИРА И РОССИИ

---

Сотрудничество между властью и коренным населением в сфере рационального природопользования и охраны окружающей природной среды территорий традиционного природопользования оговорено Концепцией устойчивого развития КМНС Севера, Сибири и Дальнего Востока РФ в сфере мониторинга экологической ситуации, картирования и оценки природных ресурсов и рационального использования земель [9]. Данный документ определяет необходимость ведения мониторинга экологической ситуации и оценки природных ресурсов в местах традиционной хозяйственной деятельности.

*Норвегия.* Численность коренного населения, представленного саамами, в Норвегии составляет 54 801 человек на начало 2023 г. по данным государственного статистического бюро [10]. В законодательстве Норвегии социально-правовой статус саамов (*indigenous people and minority*) обозначается как «этническое меньшинство» и «коренной народ», на основании которого осуществляется и территориальная дифференциация, а этническая идентификация происходит по принципу использования саамского языка. За вопросы культуры, языка и хозяйства саамов отвечает специальный орган — Саамский парламент, *Sametinget*, основанный в 1989 г., председателем которого обычно избирается представитель саамов. Со стороны государства вопросы саамов курирует Министерство коммунальных дел, Министерство окружающей среды (вопросы охоты и рыболовства), Департамент оленеводства в составе Министерства сельского хозяйства. Последний занимается управлением и охраной оленьих пастбищ, контролем соблюдения закона «Об оленеводстве» и контролем природопользования. «Закон о представительстве саамов и других условиях их жизни» (1978 г.) является ведущим законодательным актом, определяющим правовое положение саамов, развитие языка и культуры, сферу социального обеспечения и другие вопросы.

К традиционным видам хозяйства саамов относятся охота, рыболовство и оленеводство. В отношении последнего в 1992 году была внедрена концепция экологической, экономической и культурной устойчивости [11]. Законом, регулирующим эту масштабную отрасль хозяйства, является закон «Об оленеводстве». Данный законодательный акт позволяет центральным органам власти регулировать традиционную деятельность посредством «инициирования принудительных процессов по сокращению численности оленей с целью сохранения биоразнообразия пастбищных территорий и их экологической устойчивости» [12]. Также для Норвегии характерна практика маркировки оленей, надбавки по раннему убою, поддержка посредством Фонда развития оленеводства. В Норвегии практикуется политика разделения управления охраной окружающей среды между саами и правительством. В качестве примера можно привести Саамскую экологическую программу [13], реализованную в 2009–2021 гг. Основой задачей данной программы ставилось устойчивое развитие и рациональное использование природных ресурсов за счет сочетания традиционных знаний коренного населения и влияния государственных структур. Новая повестка до 2030 также касается проблем развития коренных народов, экологической устойчивости и равенства.

Таблица 1.

Сравнительная характеристика организации традиционного природопользования в странах северных регионов мира

Страна	Регламентирующий документ	Регулирующий орган	Инструмент взаимодействия
Россия	Единый перечень коренных малочисленных народов РФ; Перечень мест традиционного проживания и видов традиционной хозяйственной деятельности	Минприроды; Минсельхоз	Концепция устойчивого развития КМНС
США (Аляска)	Общий закон о распределении, 1887 г.	Администрация по делам коренных американцев	Комиссия по оптимальному использованию ресурсов
Норвегия	«Закон о представительстве саамов и других условиях их жизни»; Закон «Об оленеводстве»	Саамский парламент, Sametinget; Министерство окружающей среды (вопросы охоты и рыболовства); Департамент оленеводства	Саамская экологическая программа
Финляндия	Закон «Об оленеводстве»	Саамский парламент; Оленеводческие объединения	Договоры Союза оленеводческих объединений
Канада	Конституционный акт 1982 г.; Федеративные договоры	Министерство по делам индейцев и развития Северных территорий	Объединенный комитет по действиям в области климата

Составлено авторами.

*Финляндия.* Численность саамов, коренного населения Финляндии, составляет около 6000 человек или около 0,1% населения страны [14]. Основным документом, содержащим положение о правах на язык и культуру коренного населения, является Конституция Финляндии (1999 год) [15]. Главным органом является Саамский парламент – высший и первый в мире политический орган самоуправления саамов, действующий с 1973 г.

Основными занятиями саамов являются рыболовство, охота и оленеводство. Последний вид хозяйствования регулируется Законом «Об оленеводстве» (1990 г.), определяющим право коренного населения на занятия оленеводством, территории

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ  
ТРАДИЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРАНАХ  
СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ МИРА И РОССИИ

---

его распространения и порядок ведения. Для упрощения организации оленеводства создаются специальные оленеводческие объединения, состоящие из владельцев оленей на определенной территории [16]. Такая форма организации позволяет упростить контроль поголовья оленей для недопущения перевыпаса, состояния пастбищ и осуществление ветеринарных мероприятий. Оленеводческие объединения, в свою очередь, состоят в Союзе оленеводческих объединений, подконтрольным Министерству сельского и лесного хозяйства. Разграничение оленеводческих территорий происходит строго посредством установки заграждений, что также позволяет предотвращать вытаптывание зимнего пастбища в летнее время и сохранять покров чувствительных лишайников. Наблюдение за состоянием оленьих пастбищ проводит Институт исследования охотничьего и рыбного хозяйства (RKTL). Для этого проводится аэротаксация пастбищ, подсчет отведения пастбищ под другие виды землепользования, а также создание базы данных в формате геоинформационных систем для оленеводства. Внедрение использования карт не только упрощает процесс регулирования оленеводства, но и предоставляет ценную информацию при оценке воздействия на окружающую среду. Охота саамов осуществляется на равных правах с гражданами Финляндии в соответствии с общими требованиями получения лицензии на охоту, сдачи экзамена на охоту на тот или иной вид животных и нормативов охоты в год. Рыболовство аналогично осуществляется на равных правах со всеми гражданами в соответствии с правилами сезонности ловли и использования соответствующего оборудования.

*Канада.* Согласно статистическим данным [17], по состоянию на 2021 г. численность коренного населения составила 1,8 млн чел. или 5 % от общей численности населения страны. К трем основным коренным этносам, согласно Конституционному акту 1982 года [18], относятся инуиты (эскимосы), индейцы и метисы, при этом каждая этническая группа наделена различными правами. Согласно разделу 35 Конституции Канады [19], коренные народы имеют право на охоту, рыбалку и собирательство на отведенных территориях традиционного природопользования. Территориальное распределение земель и прав на ведение охоты и рыболовства осуществляется на основании специальных Федеративных договоров, заключенных в период с 1871 по 1921 гг. Органом, регулирующим соблюдение законодательства в отношении коренного населения, является Министерство по делам индейцев и развития Северных территорий, созданное в 1966 году.

В целях регулирования рыболовства, одного из основных видов деятельности, осуществляемых аборигенным населением, в 1992 году разработана Стратегия рыболовства аборигенов (Aboriginal Fisheries Strategy) [20]. Целью данной стратегии является предоставление группам аборигенов возможности участия в соуправлении данной отраслью хозяйства, улучшению системы мониторинга рыболовства и сотрудничества в области правоприменения. Одной из причин создания подобных стратегий является тенденция принятия управленческих решений на основании синтеза передовых научных исследований и традиционных экологических знаний коренного населения (Indigenous Knowledge) [21]. Еще один пример совместной работы коренного населения и правительства — Объединенный комитет по

действиям в области климата (Joint Committee on Climate Action), который сфокусирован на совместной разработке решений коренного населения (First Nations) и правительства по борьбе с изменением климата [22].

*США (Аляска).* По видам реализуемого традиционного природопользования России наиболее схож штат Аляска. Согласно официальной переписи [23], на 2020 год население штата составляло 733 391 чел., в числе которых 109 тысяч (18%) составляют коренные малочисленные народы. Коренное население представлено алеутами и эскимосами, а также включает атапаски, эйя, цимшианов. Статус и характер взаимодействия правительства с коренным населением определяется Конституцией США. Первым законом, регламентирующим отношения коренного населения и правительства, стал Общий закон о распределении 1887 г. (The General Allotment Act of 1887) [24], посредством которого президент США обладал правом отводить земли индейцев из их собственности с предоставлением земель в других местах меньшей площади. Традиционные занятия алеутов представлены рыболовством, зверобойным промыслом и собирательством. Органом, специализирующимся на работе с коренным населением, является Администрация по делам коренных американцев.

Согласно «Акту об охране земель Аляски в национальных интересах» (1980 г.), при каждой охраняемой территории создается «Комиссия по оптимальному использованию ресурсов». При их помощи принципы традиционного природопользования становятся неотъемлемой частью плана управления. Комиссии составляют и рекомендуют Конгрессу страны оптимальную программу мероприятий для своей охраняемой природной территории.

*Анализ выявленных практик организации традиционного природопользования и охраны окружающей среды в странах северных регионов.* В результате сравнительного анализа систем организации традиционного природопользования государств северных регионов, представленного в таблице 1, выявлено, что российская система отличается отсутствием профильных органов, отвечающих за регулирование хозяйственной деятельности коренных народов, но при этом имеет четкий перечень видов деятельности, народностей и территорий ведения хозяйства. Наибольшее сходство российской системы как по структуре органов власти регулирования традиционного природопользования, так и по наиболее распространенным видам хозяйствования отмечается с системой Финляндии и Норвегии.

Для выявления наиболее подходящей практики среди изученных в ходе сравнительного анализа, был применен метод SWOT-анализа (таблица 2).

Одной из главных проблем традиционного природопользования в России в настоящий момент является деградация оленьих пастбищ вследствие чрезмерного перевыпаса, которая также характерна и для соседних Финляндии и Норвегии [25] с традиционно развитым оленеводством. В России данная проблема характерна для основных оленеводческих регионов – Ямало-Ненецкого, Ненецкого округов, Красноярского края. Природные зоны, характерные как для представленных европейских стран, так и для оленеводческих регионов России обладают сходными

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ  
ТРАДИЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРАНАХ  
СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ МИРА И РОССИИ**

характеристиками — суровые климатические условия, скудная и уязвимая кормовая база, неустойчивые по механическому составу почвы.

Таблица 2.

**SWOT-анализ выявленных практик организации традиционного  
природопользования в северных государствах для применения в России**

<b>Страна</b>	<b>Сильная сторона</b>	<b>Слабая сторона</b>	<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
Норвегия	Оленеводство регламентировано «Законом об оленеводстве»		Саамская экологическая программа по совместному управлению охраной окружающей среды	-
Финляндия	Оленеводство регламентировано «Законом об оленеводстве». Установка ограждений для регулирования летнего и зимнего выпаса Создание карт оленеводства и баз данных ГИС	-	Создание Союза оленеводческих объединений для упрощения контроля отрасли и предотвращения перевыпаса	Могут возникнуть сложности при внедрении системы ограждений пастбищ из-за разной площади территории России и Финляндии
Канада	Принятие управленческих решений на основании научных исследований и экологических знаний коренного населения. Объединенный комитет по действиям в области климата	-	Стратегия рыболовства аборигенов вовлекающая в соуправление данной отраслью хозяйства аборигенов	При принятии решений на основании передовых научных знаний и традиционных знаний коренного населения могут возникать противоречия
США (Аляска)	«Комиссия по оптимальному использованию ресурсов»	Учитывает только ООПТ	-	Различия законодательства по ООПТ

Составлено авторами.

Благодаря этому адаптивное освоение практик организации оленеводства, показавших положительные результаты в этих странах, вполне возможен. В-первых, опыт обеих стран показывает, что для успешного регулирования отрасли на правовом уровне необходимо принятие закона «Об оленеводстве» (в России

законопроект был разработан правительством, но не принят). Во-вторых, опыт Финляндии подтверждает необходимость создания картографической базы оленеводства, так как на сегодняшний день данные по оленеводческим пастбищам существуют, но не собраны и не опубликованы для удобного использования, к примеру, для проведения процедуры ОВОС.

Система ограждений для регулирования летнего и зимнего выпаса может быть внедрена, однако сложно реализуема в условиях большой по сравнению с другими государствами территории пастбищ. Формирование экологических программ и оленеводческих союзов может поспособствовать более эффективному внедрению представленных выше практик. Опыт синтеза передовых научных исследований и традиционных экологических знаний коренного населения Канады может быть внедрен в работу созданных союзов для совместной работы с органами власти по организации системы традиционного природопользования в регионах. Практика США сложна для внедрения в условиях российского законодательства, так как в России имеется опыт отнесения территорий традиционного природопользования к категории особо охраняемых природных территорий, однако на сегодняшний день он не актуален.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Анализ системы организации традиционного природопользования в странах северных регионов мира показал наличие широкого набора инструментов взаимодействия коренного населения и власти по вопросам организации традиционного природопользования и охраны окружающей среды. В результате SWOT-анализа выявленных практик сделан вывод о том, что ряд инструментов может быть внедрен в России за счет схожих природных и социальных условий. Таким образом, адаптирование текущих мировых практик организации традиционного природопользования позволит выстроить эффективную систему рационального природопользования и охраны окружающей среды в сфере хозяйства коренных народов в северных субъектах Российской Федерации, где в настоящий момент данные проблемы стоят наиболее остро.

## **Список литературы**

1. Декларация Организации Объединенных Наций о правах коренных народов [Электронный ресурс]. URL: [https://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/declarations/indigenous\\_rights.shtml](https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/indigenous_rights.shtml) (дата обращения: 14.11.2023).
2. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/chisl\\_KMNS\\_01-01-2023.xlsx](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/chisl_KMNS_01-01-2023.xlsx) (дата обращения: 14.11.2023).
3. Постановление Правительства РФ от 24.03.2000 №255 «О Едином перечне коренных малочисленных народов Российской Федерации».
4. Распоряжение Правительства РФ от 08.05.2009 №631-р «Об утверждении перечня мест традиционного проживания и традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Российской Федерации и перечня видов традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Российской Федерации».
5. Федеральный закон от 24.07.2009 №209-ФЗ «Об охоте и о сохранении охотничьих ресурсов, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ  
ТРАДИЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРАНАХ  
СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ МИРА И РОССИИ

---

6. Федеральный закон от 20.12.2004 №166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов».
7. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 01.09.2020 №522 «Об утверждении Порядка осуществления рыболовства в целях обеспечения традиционного образа жизни и осуществления традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации».
8. Приказ Минприроды России от 24.07.2020 №477 «Об утверждении Правил охоты».
9. Распоряжение Правительства РФ от 04.02.2009 №132-р «О Концепции устойчивого развития коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока РФ».
10. Statistisk sentralbyrå [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ssb.no/english/> (дата обращения: 14.11.2023).
11. Økologisk, kulturell og økonomisk bærekraft [Электронный ресурс]. URL: <https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/reindrift/okologisk-kulturell-og-okonomisk-barekraft/id2339776/> (дата обращения: 14.11.2023).
12. Соколова Ф. Х., Мироненко А. А. Саамы в государственной политике Норвегии // MODERN SCIENCE. 2020. № 6–4. С. 101–108.
13. Sami Environmental Program [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sametinget.se/living-environment> (дата обращения: 14.11.2023).
14. Norway. Official site in the UK [Электронный ресурс]. URL: <https://archive.ph/20120909115150/www.norway.org.uk/aboutnorway/society/people/population/sami/> (дата обращения: 14.11.2023).
15. Finlex [Электронный ресурс]. URL: <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990731> (дата обращения: 14.11.2023).
16. Руководство по рассмотрению вопросов оленеводства в проектах землепользования. Союз оленеводческих объединений (2013).
17. Statistics Canada [Электронный ресурс]. URL: <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/index-eng.cfm?MM=1> (дата обращения: 14.11.2023).
18. Government of Canada [Электронный ресурс]. URL: <https://www.justice.gc.ca/eng/csj-sjc/principles-principes.html> (дата обращения: 14.11.2023).
19. Government of Canada [Электронный ресурс]. URL: <https://www.justice.gc.ca/eng/csj-sjc/principles-principes.html> (дата обращения: 14.11.2023).
20. Government of Canada. Aboriginal Fisheries [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dfo-mpo.gc.ca/fisheries-peches/aboriginal-autochtones/afs-srapa-eng.html> (дата обращения: 14.11.2023).
21. Steven M. Alexander, Jennifer F. Etc. Bridging Indigenous and Western sciences in freshwater research, monitoring, and management in Canada. Ecological Solutions and Evidence/2021// Volume 2, Issue 3 e12085 DOI:10.1002/2688-8319.12085.
22. Joint Committee on Climate Action Annual Report to the National Chief and the Prime Minister – 2022 [Электронный ресурс]. URL: <https://afn.bynder.com/m/1d93db6892cd71a9/original/Joint-Commission-on-Climate-Action-Annual-Report-2023-English.pdf>.
23. An official website of the United States government [Электронный ресурс]. URL: <https://www.census.gov/data/tables/2020/dec/2020-apportionment-data.html> (дата обращения: 14.11.2023).
24. Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "Dawes General Allotment Act". Encyclopedia Britannica, 4 Dec. 2019 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.britannica.com/topic/Dawes-General-Allotment-Act>. Accessed 14 November 2023.
25. Evans R. (1996). Some Impacts of Overgrazing by Reindeer in Finnmark, Norway. Rangifer, 16(1), 3–19. <https://doi.org/10.7557/2.16.1.1177>.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ORGANIZATION OF TRADITIONAL  
NATURE MANAGEMENT IN THE COUNTRIES OF THE NORTHERN  
REGIONS OF THE WORLD AND RUSSIA**

*Skritskaya M. K.<sup>1</sup>, Petrov Yu. V.<sup>2</sup>*

*<sup>1,2</sup>Tyumen State University, Tyumen, Russian Federation.*

*E-mail: <sup>1</sup>mskritskaya@bk.ru, <sup>2</sup>y.v.petrov@utmn.ru*

The article considers the systems of organization of traditional nature management in the countries of the northern regions of the world and Russia. A SWOT analysis of the identified practices for their adaptation in Russia was carried out. The global trend of increasing the pace of industrial production in Russia and the world in the northern regions, where indigenous peoples are farming in parallel with traditional farming, requires the search for optimal solutions for the organization of this industry.

The purpose of the work is to find the most optimal ways of organizing traditional nature management in the Russian Federation based on the experience of foreign countries. The tasks include conducting a comparative analysis of the systems of organization of traditional nature management in a number of northern states - Norway, Finland, Canada and the USA and systematization of practices of organization of traditional nature management in the northern states. The object of the study is the system of organization of traditional nature management in the northern states. The subject of the study is the identification of relevant environmental practices of the organization of traditional nature management in the northern states.

Traditional nature management in the Nordic countries has been chosen as an object of research, since these states have similar types of nature management and natural conditions with Russia. The study was compiled on the basis of official static data, data from electronic state portals and regulatory documentation of states. The research methods were comparative information analysis, SWOT analysis and systematization of the information received.

As a result of the work, a comparative table of traditional environmental management systems in Russia and the countries of the northern regions, a table of SWOT analysis of the identified practices of traditional environmental management and environmental protection in these countries was compiled, and the possibilities of applying the identified practices in Russia were analyzed.

One of the main problems of traditional nature management in Russia at the moment is the degradation of reindeer pastures due to excessive overgrazing, which is also characteristic of neighboring Finland and Norway [25] with traditionally developed reindeer husbandry. In Russia, this problem is typical for the main reindeer herding regions – Yamalo-Nenets, Nenets districts, Krasnoyarsk Territory. The natural zones characteristic of both the European countries represented and the reindeer herding regions of Russia have similar characteristics – harsh climatic conditions, a meager and vulnerable forage base, unstable soils in terms of mechanical composition. Thanks to this, the adaptation of reindeer husbandry practices that have shown positive results in these countries is quite possible. Firstly, the experience of both countries shows that for the successful regulation of the



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ  
ТРАДИЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРАНАХ  
СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ МИРА И РОССИИ

---

industry at the legal level, it is necessary to adopt the law "On Reindeer husbandry" (in Russia, the bill was developed by the government, but not adopted). Secondly, the experience of Finland confirms the need to create a cartographic database of reindeer husbandry, since today data on reindeer pastures exist, but have not been collected and published for convenient use, for example, for conducting an EIA procedure.

The analysis of the system of organization of traditional nature management in the countries of the northern regions of the world has shown the existence of a wide range of tools for interaction between the indigenous population and the authorities on the organization of traditional nature management and environmental protection. As a result of the SWOT analysis of the identified practices, it is concluded that a number of tools can be implemented in Russia due to similar natural and social conditions. Thus, the adaptation of the current world practices of the organization of traditional nature management will make it possible to build an effective system of rational nature management and environmental protection in the field of indigenous peoples' economy in the northern regions of the Russian Federation, where these problems are most acute at the moment.

**Keywords:** traditional nature management, indigenous population, sustainable development of the indigenous population, territories of traditional nature management.

### References

1. Deklaraciya Organizacii Ob"edinennyh Nacij o pravah korennyh narodov [Elektronnyj resurs]. URL: [https://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/declarations/indigenous\\_rights.shtml](https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/indigenous_rights.shtml) (data obrashcheniya: 14.11.2023). (in Russian).
2. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Elektronnyj resurs]. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/chisl\\_KMNS\\_01-01-2023.xlsx](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/chisl_KMNS_01-01-2023.xlsx) (data obrashcheniya: 14.11.2023).
3. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 24.03.2000 №255 «O Edinom perechne korennyh malochislennyh narodov Rossijskoj Federacii». (in Russian).
4. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 08.05.2009 №631-r «Ob utverzhdenii perechnya mest tradicionnogo prozhivaniya i tradicionnoj hozyajstvennoj deyatel'nosti korennyh malochislennyh narodov Rossijskoj Federacii i perechnya vidov tradicionnoj hozyajstvennoj deyatel'nosti korennyh malochislennyh narodov Rossijskoj Federacii». (in Russian).
5. Federal'nyj zakon ot 24.07.2009 №209-FZ «Ob ohote i o sohranenii ohotnich'ih resursov, i o vnesenii izmenenij v ot del'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii». (in Russian).
6. Federal'nyj zakon ot 20.12.2004 №166-FZ «O rybolovstve i sohranenii vodnyh biologicheskikh resursov». (in Russian).
7. Prikaz Ministerstva sel'skogo hozyajstva RF ot 01.09.2020 №522 «Ob utverzhdenii Poryadka osushchestvleniya rybolovstva v celyah obespecheniya tradicionnogo obraza zhizni i osushchestvleniya tradicionnoj hozyajstvennoj deyatel'nosti korennyh malochislennyh narodov Severa, Sibiri i Dal'nego Vostoka Rossijskoj Federacii». (in Russian).
8. Prikaz Minprirody Rossii ot 24.07.2020 №477 «Ob utverzhdenii Pravil ohoty». (in Russian).
9. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 04.02.2009 №132-r «O Konceptcii ustojchivogo razvitiya korennyh malochislennyh narodov Severa, Sibiri i Dal'nego Vostoka RF». (in Russian).
10. Statistisk sentralbyrå [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.ssb.no/english/> (data obrashcheniya: 14.11.2023).
11. Økologisk, kulturell og økonomisk bærekraft [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/reindrif/okologisk-kulturell-og-okonomisk-barekraft/id2339776/> (data obrashcheniya: 14.11.2023).
12. Sokolova F. H., Mironenko A. A. Saamy v gosudarstvennoj politike Norvegii // MODERN SCIENCE.2020. № 6–4. S. 101–108.

13. Sami Environmental Program [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.sametinget.se/living-environment> (data obrashcheniya: 14.11.2023).
14. Norway. Official site in the UK [Elektronnyj resurs]. URL: <https://archive.ph/20120909115150/www.norway.org.uk/aboutnorway/society/people/population/sami/> (data obrashcheniya: 14.11.2023).
15. Finlex [Elektronnyj resurs]. URL: <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990731> (data obrashcheniya: 14.11.2023/).
16. Rukovodstvo po rassmotreniyu voprosov olenevodstva v proektah zemlepol'zovaniya. Soyuz olenevodcheskih ob"edinenij (2013). (in Russian).
17. Statistics Canada [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/index-eng.cfm?MM=1> (data obrashcheniya: 14.11.2023).
18. Government of Canada [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.justice.gc.ca/eng/csj-sjc/principles-principes.html> (data obrashcheniya: 14.11.2023).
19. Government of Canada [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.justice.gc.ca/eng/csj-sjc/principles-principes.html> (data obrashcheniya: 14.11.2023).
20. Government of Canada. Aboriginal Fisheries [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.dfo-mpo.gc.ca/fisheries-peches/aboriginal-autochtones/afs-srapa-eng.html> (data obrashcheniya: 14.11.2023).
21. Steven M. Alexander, Jennifer F. Etc. Bridging Indigenous and Western sciences in freshwater research, monitoring, and management in Canada. Ecological Solutions and Evidence/2021// Volume 2, Issue 3 e12085 DOI:10.1002/2688-8319.12085.
22. Joint Committee on Climate Action Annual Report to the National Chief and the Prime Minister – 2022 [Elektronnyj resurs]. URL: <https://afn.bynder.com/m/1d93db6892cd71a9/original/Joint-Commission-on-Climate-Action-Annual-Report-2023-English.pdf>.
23. An official website of the United States government [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.census.gov/data/tables/2020/dec/2020-apportionment-data.html> (data obrashcheniya: 14.11.2023).
24. Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "Dawes General Allotment Act". Encyclopedia Britannica, 4 Dec. 2019 [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.britannica.com/topic/Dawes-General-Allotment-Act>. Accessed 14 November 2023.
25. Evans R. (1996). Some Impacts of Overgrazing by Reindeer in Finnmark, Norway. Rangifer, 16(1), 3–19. <https://doi.org/10.7557/2.16.1.1177>.

*Поступила в редакцию 17.11.2023 г.*

## РАЗДЕЛ 4. ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ

УДК 551.435.1 (571.55)

### МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БАССЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК ГОРНО- КОТЛОВИННОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА РЕКИ ИРКУТ

*Безгодова О. В.*

*Институт Географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук,  
Иркутск, Российская Федерация  
E-mail: ola.bezgodova.23@yandex.ru*

Морфометрические показатели являются важной основой для анализа функционирования речной системы. Геоинформационные системы (SAGA GIS, ArcGIS) с использованием автоматизированных процедур позволили выполнить морфометрический анализ по гидрологически корректной цифровой модели рельефа ALOS DSM. Выявлено, что с увеличением площади малого речного бассейна происходит увеличение следующих морфометрических характеристик: амплитуды высот между верхним и нижним течением рек, увеличивается порядок реки, глубина эрозионного вреза, показатель топографического индекса влажности, а также доля склоновых процессов в структуре экзогенных процессов. Субширотная ориентация крупных орографических элементов и котловин влияет на распределение показателей LS-фактора (интенсивность эрозионных процессов) и асимметрии: для бассейнов с преобладанием склонов южной экспозиции LS-фактор и асимметричность выше, чем у склонов северной ориентировки.

**Ключевые слова:** асимметричность, Байкальская рифтовая зона, горизонтальное расчленение, малые речные бассейны, морфометрический анализ, Тункинская система котловин.

#### ВВЕДЕНИЕ

Речным бассейном называют часть суши, с которой поверхностные воды поступают в русло реки [1]. Любая эрозионная форма обладает своим бассейном стока поверхностных вод или водосбором. Водосборы различных рек (водотоков) ограничены друг от друга водоразделами. Рельеф является главной составляющей водосборных бассейнов разного порядка, определяя сток воды и наносов. Для характеристики рельефа бассейнов рек необходимо определение морфометрических показателей, которые до развития геоинформационных технологий получали вручную с помощью топографических карт и землемерной съемки. В настоящее время наиболее простым способом получения необходимых характеристик является анализ цифровых моделей рельефа (ЦМР) с помощью ГИС [2, 3, 4].

Исследования малых рек и их бассейнов вызывают большой интерес из-за их недостаточной изученности и высокой чувствительности к внешним изменениям. Современный вид рельефа малых речных бассейнов изучаемой территории сформировался под влиянием как эндогенных, так и экзогенных процессов, а сами бассейны относятся к сложным денудационным формам рельефа флювиального происхождения [1]. Малые реки горно-котловинной части бассейна р. Иркут расположены в пределах Байкальской рифтовой зоны в условиях активного

рифтогенеза. Малые реки быстро реагируют на изменения в динамике протекания природных факторов, а нарушение целостности компонентов малых речных бассейнов может привести к локальной деградации речной системы. Существует вероятность интенсивного преобразования бассейнов, долин и русел малых рек в горно-котловинной части бассейна р. Иркут из-за различных природных факторов (тектонические, геолого-геоморфологические и климатические). Исследования малых речных бассейнов Южной Сибири, особенно в пределах Тункинской системы котловин, редки [5, 6].

В рамках исследования поставлена цель провести морфометрический анализ территории бассейнов малых рек горно-котловинной части бассейна р. Иркут. Выполнены следующие этапы морфометрического анализа: 1) подготовлена гидрологически корректная цифровая модель рельефа по спутниковым данным ALOS DSM; 2) проведен автоматизированный расчёт и картографирование стандартных морфометрических показателей по данным ЦМР; 3) проанализировано распределение полученных показателей и выделены однородные геоморфологические подрайоны на территории исследования.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Исследование проведено в пределах бассейнов малых рек, находящихся на территории котловин Тункинской системы (Быстринская, Торская, Тункинская, Туранская, Хойтогольская, Мондинская) и их горного обрамления (хребты Хамар-Дабан и Тункинские Гольцы), а также верховья р. Иркут — массив Мунку-Сардык и район Нуху-Дабан (рис. 1). Территория малых речных бассейнов входит в бассейн р. Иркут, расположенный на контакте Алтае-Саянской горной области и Сибирской платформы (Саяно-Байкальская горная провинция) [7]. Площадь изучаемой горно-котловинной части — 8283 км<sup>2</sup>. Рассмотрены малые речные бассейны площадью водосбора от 5 км<sup>2</sup>.

Изучаемая территория имеет сложное геологическое строение, которое обуславливает специфику рельефа междуречий и малых речных долин, определяет разную степень выветривания (устойчивости к разным типам выветривания) и вовлечения горных пород в склоновые процессы и далее в сток речных наносов. Магматические горные породы в пределах верховий и средних течений малых рек района Нуху-Дабан, хребтов Тункинские Гольцы и Хамар-Дабан [8] устойчивы к размыву, но при этом в области развития эндогенной и экзогенной трещиноватости породы легче всего вовлекаются в склоновые и флювиальные процессы. В пределах вулканогенных неогеновых формаций, представленных базальтами, к настоящему времени не наблюдается сильного эрозионного расчленения (за исключением Еловского отрога, который имеет чехол четвертичных отложений) [9]. Осадочные горные породы на территории исследования (днища котловин, массив Мунку-Сардык, хребты Тункинские Гольцы и Хамар-Дабан в высокогорном и среднегорном поясах) относятся к терригенным и карбонатным рыхлым четвертичным отложениям: терригенную часть составляют сланцы, алевролиты, песчаники; карбонатная часть представлена кальцитами, известняками и доломитами [8]. Осадочные породы легче



Перед проведением морфометрического анализа для ЦМР задана проекционная система координат UTM для зоны 48N в SAGA GIS с помощью модуля Coordinate Transformation (Grid). Далее проведена обрезка растра по границам изучаемой территории модулем «Clip grid with polygon». Последний этап обработки ЦМР – удаление «ложных впадин», которые представляют собой пустоты в цифровой модели, полученные из-за ошибок интерполяции, округления и усреднения значений высот, используя модуль Fill Sinks [12]. После проведенных процедур ЦМР готова к выполнению морфометрического анализа.

Для построения производных карт в SAGA GIS использовались пакеты модулей «Terrain Analysis»: Terrain Classification, Morphometry (Curvature, Slope, Aspect и т. д.), Channels (Channel Network). При анализе рельефа изучаемой территории большое внимание уделено морфометрическим показателям: абсолютной высоте, экспозиции склонов, крутизне склонов, асимметрии, глубине долин, горизонтальному расчленению рельефа бассейнов, относительному показателю эрозии, топографическому индексу влажности. Перечисленные показатели необходимы для анализа рельефа местности, визуализации и моделирования поверхностей.

*Показатель абсолютной высоты* необходим для разграничения ярусов рельефа. Вместе с крутизной склонов он указывает на интенсивность сноса рыхлого материала, а также на расстояние, преодолеваемое веществом с границ водоразделов до местного базиса эрозии (р. Иркут). *Крутизна склонов* указывает на интенсивность протекания склоновых геоморфологических процессов. От *экспозиции склонов* зависит местный климат и растительность через продолжительность облучения поверхности склонов солнечными лучами (инсоляция), интенсивность развития склоновых процессов.

*Показатель горизонтального расчленения* рассчитывался исходя из длины постоянных тальвегов на единицу площади (км/км<sup>2</sup>), что указывает на интенсивность эрозионного расчленения рельефа бассейна по горизонтали постоянными водотоками. *Глубина долины* (Valley depth) рассчитывается как разница высот между днищем речной долины и высшей точкой водораздела, указывает на глубину эрозионного размыва рельефа бассейна постоянным водотоком. *Коэффициент асимметрии бассейна* дает информацию о развитии водосборного бассейна, характеризует неравномерность распределения площадей правой и левой частей бассейна. Является отношением площадей водосборов наиболее значительных левых притоков к площадям аналогичных правых притоков. Чем ближе показатель к единице, тем более симметричен бассейн.

*Показатель индекса топографической влажности* (Topographic Wetness Index, TWI) — это отношение логарифма дренажной площади бассейна к тангенсу крутизны склона. Данный показатель необходим для анализа значений потенциальной влажности водосбора. Высокие показатели индекса указывают на участки аккумуляции влаги в грунтах и почве, что влияет на развитие ландшафтов, рельефа и микроклимата. *LS-фактор* — относительный показатель эрозии [13]. Показатель считается индикатором способности водного потока вызывать эрозию, что необходимо для оценки эрозионной сети бассейнов и расчетов эрозионного сноса материала в русла малых рек. S-фактор измеряет влияние крутизны склона, а

## МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БАССЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК ГОРНО-КОТЛОВИННОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА РЕКИ ИРКУТ

L-фактор определяет влияние длины склона. В комбинации LS-фактор описывает влияние рельефа местности на эрозию почвы. Для каждого показателя дано максимальное (Max), минимальное (Min), среднее значение (Mean).

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С помощью цифровой модели рельефа ALOS DSM получена карта-схема эрозионной сети тальвегов до 7-го порядка (р. Иркут), проведена группировка бассейнов малых рек по площади на 6 групп: бассейны малых рек, площадью до 10 км<sup>2</sup>, 10–50, 50–100, 100–300, 300–500 и более 500 км<sup>2</sup>.

Далее основные морфометрические показатели территории бассейнов малых рек разделены на три группы:

- 1) показатели абсолютной высоты, крутизны склонов и экспозиции склонов;
- 2) показатели горизонтального расчленения и глубины долины, коэффициент асимметрии бассейнов;
- 3) показатели индекса топографической влажности (TWI) и эрозионного потенциала рельефа (LS-фактор).

*Первая группа морфометрических показателей. Абсолютные высоты* бассейнов малых рек, площадью до 10 км<sup>2</sup>, варьируют от 640 до 2320 м, средняя высота — 1283 м (табл. 1). Общая площадь бассейнов, площадью до 10 км<sup>2</sup> — 936 км<sup>2</sup>. При этом в структуре рельефа преобладают высоты 640–920 м (15,4%). Водотоки, площадью до 10 км<sup>2</sup>, достигают максимум 2-го порядка и приурочены к среднегорному (28,7%) и низкогорному (55,9%) поясу Тункинских Гольцов, Хамар-Дабана, Ниловской, Еловской и Харадабанской перемычек. Амплитуда высот — 1680 м. Заложение непротяженных и небольших по площади бассейнов малых рек связано с участками современного тектонического поднятия, где водотоки эродировали интрузивные и эффузивные (базальты) породы. Бассейны примыкают к местному базису эрозии (р. Иркут) и плотно расположены вдоль линии русла магистральной реки.

Таблица 1.

Статистические параметры бассейнов малых рек горно-котловинной части бассейна р. Иркут

<b>Площадь бассейна до 10км<sup>2</sup></b>				
<b>Характеристика</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Mean</b>	<b>Преобладающий диапазон, показатель/%</b>
Абсолютная высота (Elevation), м	2320	640	1283	780–920/20,4
Крутизна (Slope), град.	64,8	0	13,2	0–5/31,5
Горизонтальное расчленение, км/км <sup>2</sup>	1,57	0,73	1,06	–
Глубина долины (Valley depth), м	869	0	197	0–100/33,1
Коэффициент асимметрии, у.е.	1,4	0,21	0,89	–
Индекс топографической влажности (TWI), коэф., у.е.	21,6	2,9	7,4	4–7/62,2

LS-фактор (LSF), коэф, у.е.	38,7	0	4,4	более 1,5/57,4
<b>10–50 км<sup>2</sup></b>				
Абсолютная высота (Elevation), м	2930	648	1630	648–840/15,8
Крутизна (Slope), град.	62,4	0	12,7	0–5/34,1
Горизонтальное расчленение, км/км <sup>2</sup>	1,07	0,51	0,67	–
Глубина долины (Valley depth), м	809	0	191	0–100/35,5
Коэффициент асимметрии, у.е.	2	0,55	1,16	–
Индекс топографической влажности (TWI), коэф., у.е.	21	3,2	7,5	Более 7/55,4
LS-фактор (LSF), коэф, у.е.	41,4	0	4,3	более 1,5/55,9
<b>50–100 км<sup>2</sup></b>				
Абсолютная высота (Elevation), м	3116	658	1500	850–1010/12,3
Крутизна (Slope), град.	67,4	0	13,7	6–9/23,2
Горизонтальное расчленение, км/км <sup>2</sup>	0,76	0,48	0,61	–
Глубина долины (Valley depth), м	860	0	139	100–200/32,7
Коэффициент асимметрии, у.е.	3	0,34	1,67	–
Индекс топографической влажности (TWI), коэф., у.е.	22,2	2,9	7,4	более 7/55,1
LS-фактор (LSF), коэф, у.е.	52,5	0	4,7	более 1,5/65,9
<b>100–300 км<sup>2</sup></b>				
Абсолютная высота (Elevation), м	3082	649	1505	649–810/12,5
Крутизна (Slope), град.	64,9	0	16,2	0–5/23,2
Горизонтальное расчленение, км/км <sup>2</sup>	0,73	0,46	0,54	–
Глубина долины (Valley depth), м	777	0	216	0–100/29,7
Коэффициент асимметрии, у.е.	1,59	0,37	1,1	–
Продолжение таблицы 1.				
Индекс топографической влажности (TWI), коэф., у.е.	44	0	5,8	более 7/54,1
LS-фактор (LSF), коэф, у.е.	22,5	3,1	7,2	более 1,5/69,4
<b>300–500 км<sup>2</sup></b>				
Абсолютная высота (Elevation), м	3218	649	1539	649–830/16,2
Крутизна (Slope), град.	72,4	0	18,3	0–5 и 10–13/18,2 и 17,2
Горизонтальное расчленение, км/км <sup>2</sup>	0,68	0,44	0,57	–
Глубина долины (Valley depth), м	797	0	276	200–300/20,7
Коэффициент асимметрии, у.е.	3,7	0,022	1,38	–
Индекс топографической влажности (TWI), коэф., у.е.	23,8	2,6	7,3	4–7/49,3
LS-фактор (LSF), коэф, у.е.	80,1	0	6,7	более 1,5/74,9



**МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БАССЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК ГОРНО-  
КОТЛОВИННОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА РЕКИ ИРКУТ**

<b>более 500 км<sup>2</sup></b>				
Абсолютная высота (Elevation), м	3201	704	1506	704–880/21
Крутизна (Slope), град.	68,8	0	17,1	0–5 и более 34/25 и 16,2
Горизонтальное расчленение, км/км <sup>2</sup>	0,63	0,62	0,625	–
Глубина долины (Valley depth), м	882	0	167	300–400/22,6
Коэффициент асимметрии, у.е.	8,8	5,9	7,35	–
Индекс топографической влажности (TWI), коэф., у.е.	23,8	2,5	7,5	4–7/64,7
LS-фактор (LSF), коэф., у.е.	77	0	6,2	более 1,5/67,4

*Примечание: Max, Min, Mean — наибольшее, наименьшее и среднее значение*

Составлено автором.

Бассейны малых рек, площадью 10–50 км<sup>2</sup>, занимают высоты 648–840 м (15,8%) (таблица), а также 1980–2170 и 2170–2360 м (по 15% каждый диапазон), что связано с расположением бассейнов в пределах высокогорного (13%), среднегорного (45%) и низкогорного поясов Тункинских Гольцов, района Нуху-Дабан, массива Мунку-Сардык и хр. Хамар-Дабан. Общая площадь бассейнов 10–50 км<sup>2</sup> — 1068 км<sup>2</sup>, тальвеги достигают максимум 3-го порядка. Амплитуда абсолютных высот – 2432 м. Наибольшую плотность бассейны достигают в западной части изучаемой территории (массив Мунку-Сардык, район Нуху-Дабан, западная оконечность Тункинских Гольцов), что связано с горным характером рельефа территории, наличием трудно и легко размываемых пород (комплекс терригенно-карбонатно-вулканогенных отложений), историей развития территории (плейстоценовые оледенения), при этом ограниченная высокими водоразделами территория бассейнов и близкое расстояние к местному базису эрозии (р. Иркут) не дают развиваться протяженной речной сети более высших порядков. К данной группе относятся реки Обо-Горхон, Малая Тайторка, Нижняя Тибельти, Аерхан, Саган-Шулута и др.

Бассейны, площадью 50–100 км<sup>2</sup> (общая – 691 км<sup>2</sup>) приурочены к высотам 658–850 м (13,9%) (таблица) и 850–1010 м (12,3%) в пределах высокогорного, среднегорного (43,7% площадей) и низкогорного поясов Тункинских Гольцов (реки Тумелик, Бурухтуй), района Нуху-Дабан (Толта, Сусер), массива Мунку-Сардык (Белый Иркут), хр. Хамар-Дабан (Туран, Большая Агунка, Улан-Горхон и др.), Еловского отрога (Ахалик, Еловка). Наибольшая концентрация бассейнов отмечена в пределах хр. Хамар-Дабан (8 бассейнов), максимальный порядок рек — 4-й (Сусер, Белый Иркут, Еловка и др.). Амплитуда высот — 2458 м. Бассейны малых рек, площадью 100–300 км<sup>2</sup> отмечены в пределах высот от 1130 м до 2090 м (55,9% площадей) в среднегорном и низкогорном поясе района Нуху-Дабан (Тумелик), Тункинских Гольцов (Илтыкшин, Цаган-Угун) и хр. Хамар-Дабан (Кырен, Халагун, Малая Быстрая и др.). Суммарно занимают площадь 1844 км<sup>2</sup>. Амплитуда абсолютных высот — 2433 м. Большинство бассейнов приурочено к хр. Хамар-Дабан, достигая максимально 4-го порядка.

Реки Большой Зангисан, Харагун, Большая Быстрая и Енгарга относятся к группе рек, с площадью 300–500 км<sup>2</sup>, максимум у р. Енгарга (495 км<sup>2</sup>). Суммарная площадь — 1504 км<sup>2</sup>. Бассейны приурочены к диапазонам высот 660–830 м (16,2%) и примерно в равном соотношении (по 8,5% каждый диапазон) на высотах от 830 до 1850 м (53,3%). Амплитуда высот — 2569 м. Большая часть бассейнов расположена в пределах среднегорного и низкогорного поясов хр. Хамар-Дабан, а также аллювиальной равнины р. Иркут. Бассейн р. Енгарга занимает высокогорный, среднегорный и низкогорный пояса Тункинских Гольцов, предгорную наклонную равнину и озерно-аллювиальную равнину. Максимального порядка достигают реки Харагун и Большая Быстрая — 5-й.

Наибольшую площадь (более 500 км<sup>2</sup>) занимают два крупнейших бассейна малых рек в пределах горно-котловинной части бассейна р. Иркут — Ихе-Ухгунь (836 км<sup>2</sup>) и Тунка (811 км<sup>2</sup>). Общая площадь 1647 км<sup>2</sup>. Занимают высокогорный (9,3%), среднегорный (38,9%), низкогорный пояса Тункинских Гольцов, предгорную наклонную равнину. Среднее течение р. Ихе-Ухгунь приурочено к днищу Хойтогольской котловины (аллювиальная равнина), что обуславливает распространение в структуре высот отметок 865–1150 м, далее в нижнем течении после пересечения Ниловской перемычки русло выходит на аллювиальную равнину р. Иркут. Среднее течение р. Тунка приурочено к озерно-аллювиальной равнине (720–722 м) и в нижнем течении выходит на аллювиальную равнину р. Иркут. По абсолютным высотам для бассейнов, площадью более 500 км<sup>2</sup>, преобладают диапазоны 704–880 м (21%), 880–1055 м (12,9%). Обе реки имеют максимальный порядок — 5-й. Амплитуда высот — 2497 м.

*Крутизна склонов* по классификации О.К. Леонтьева и Г.И. Рычагова [14] в пределах бассейнов, площадью до 10 км<sup>2</sup>, 10–50 км<sup>2</sup>, соответствует категориям от очень пологих (31,5%, 34,1%) до средней крутизны (20,6%, 20%). Среднее значение — 13,2° и 12,7° (таблица). Крутые склоны, благоприятные для развития гравитационных процессов занимают 3,3 и 3,4 % площади. В структуре распределения склонов по крутизне для бассейнов 50–100 км<sup>2</sup> наблюдается преобладание склонов средней крутизны (8–15°) — 33,6%, при этом нарастает площадь крутых склонов (до 14,7%). С увеличением площади бассейнов до 300 км<sup>2</sup> отмечается нарастание доли крутых склонов (15–35°): для бассейнов площадью 100–300 км<sup>2</sup> число крутых склонов достигает 54,1%. Затем это значение снижается для бассейнов 300–500 км<sup>2</sup> — (37,2%), а для бассейнов более 500 км<sup>2</sup> уже составляет 28,5%, при этом наблюдается увеличение доли очень крутых склонов (> 35°) — 16,2 % (максимум среди всех групп). Распространение категории очень крутых склонов приурочено к высокогорному и среднегорному поясу массива Мунку-Сардык, Тункинских Гольцов и Хамар-Дабана, что предполагает развитие гравитационных процессов (осыпи, обвалы, лавины и т. д.), а также создаёт благоприятные условия для перераспределения стока постоянных водотоков.

*Экспозиция склонов.* Что касается анализа площадного распространения экспозиций склонов, то большая их часть в пределах бассейнов, площадью до 10 км<sup>2</sup>, 50–100 км<sup>2</sup>, 100–300 км<sup>2</sup>, обращена на север (10,8%, 11,4%, 9,5%), северо-восток (9,2 %, 10,5%, 9,5%) и северо-северо-запад (9,6 %, 12%, 9,3%), что соответствует общему

## МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БАСЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК ГОРНО-КОТЛОВИННОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА РЕКИ ИРКУТ

---

уровню наклона земной поверхности от областей активного тектонического поднятия (массив Мунку-Сардык, Хамар-Дабан) в сторону тектонически стабильных участков днищ котловин, района Нуху-Дабан. Преобладание склонов северных экспозиций определяет меньшее поступление солнечной радиации на поверхность, задержку в процессе таяния снега, меньшее испарение влаги, снижение интенсивности склоновых процессов. Для бассейнов, площадью 10–50 км<sup>2</sup>, 300–500 км<sup>2</sup> и более 500 км<sup>2</sup> отмечено преобладание южных и западных экспозиций: юг (8,9%, 10,5%, 12,8%), юго-запад (9%, 10,1%, 11,8%), запад (9%, 10,8%, 13,1%). Такое распределение связано с преобладанием в структуре рельефа бассейнов южного макросклона Тункинских Гольцов, наклоненного в сторону Тункинского сброса, а также общего наклона рифта с запада на восток (от Хубсугульской до Байкальской впадины).

*Вторая группа морфометрических показателей. Показатель горизонтального расчленения* по степени расчленения рельефа бассейнов малых рек линейными формами распределяется от слабой категории (менее 0,5 км/км<sup>2</sup>) до очень сильной (более 1,5 км/км<sup>2</sup>) [15]. Наибольшим горизонтальным расчленением рельефа (максимум показателя) обладают бассейны, площадью до 10 км<sup>2</sup> (таблица, рис.2). Среднее значение горизонтального расчленения бассейнов — 1,06 км/км<sup>2</sup>, что относится к категории сильного расчленения рельефа [15]. Связано это с тем, что зачастую длины водотоков соотносятся с площадью бассейнов, а большое количество водотоков 1-го порядка увеличивает степень расчленения рельефа бассейнов. С увеличением площади бассейнов средний показатель горизонтального расчленения рельефа снижается: от 0,67 км/км<sup>2</sup> (средняя категория) для бассейнов, площадью 10–50 км<sup>2</sup>, до 0,54 км/км<sup>2</sup> для бассейнов 100–300 км<sup>2</sup> и затем нарастает до 0,625 км/км<sup>2</sup> для бассейнов, площадью более 500 км<sup>2</sup>. Нарастание показателя связано с преобладанием в структуре рельефа бассейнов (более 500 км<sup>2</sup>) обширной сети водотоков 1-го и 2-го порядков в пределах Тункинских Гольцов, которые увеличивают значения показателя. Большинство же бассейнов вне зависимости от площади относятся к средней категории горизонтального расчленения рельефа (0,5–1,0 км/км<sup>2</sup>) (рис. 2.).

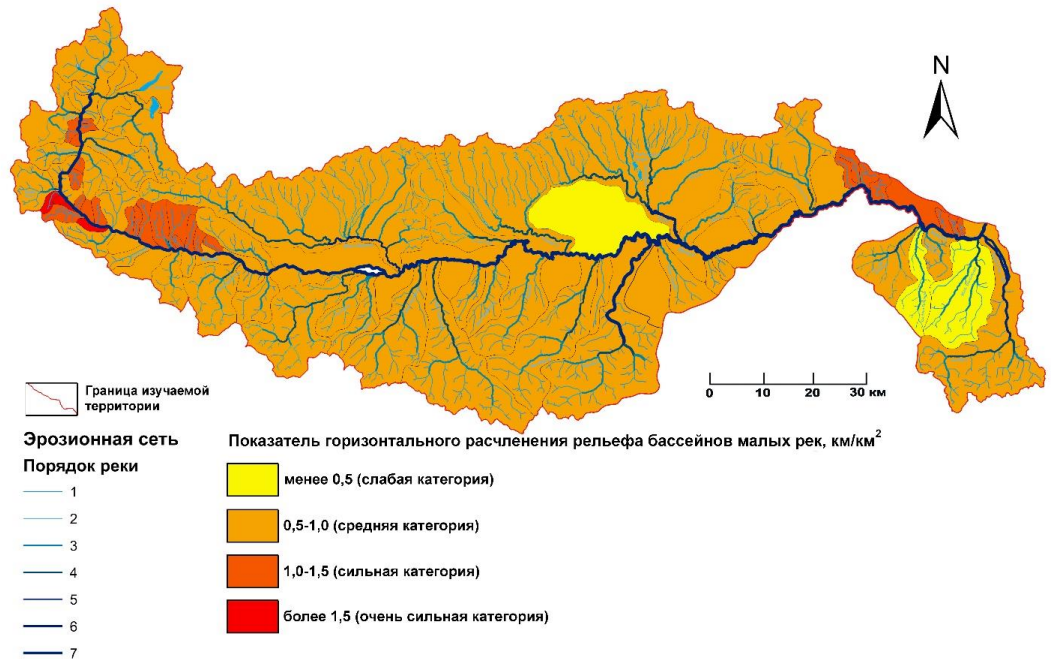


Рис. 2. Распределение показателя горизонтального расчленения рельефа бассейнов малых рек горно-котловинной части бассейна реки Иркут.

Составлено автором.

Как видно из карты-схемы распределения показателя горизонтального расчленения рельефа бассейнов малых рек, бассейны с сильным и очень сильным расчленением рельефа приурочены к южным склонам Тункинских Гольцов (площадью до 10 км<sup>2</sup>), а также к среднегорному поясу массива Мунку-Сардык и района Нуху-Дабан, где за счет большой плотности водотоков 1-го порядка происходит усиление расчлененности рельефа. Бассейны рек Средняя Тибельти и Малая Быстрая относятся к слабой категории расчленения рельефа, так как в нижних течениях рек в пределах низкогорного пояса хр. Хамар-Дабан плотность и протяженность эрозионной сети снижается, реки практически не принимают новых притоков, бассейны почти полностью покрыты лесной растительностью.

Расчеты показателя *глубины долины (Valley depth)* по площадям бассейнов показали, что наибольшей глубины долины достигают для бассейнов малых рек, площадью более 500 км<sup>2</sup>, при этом для данной категории площади по диапазонам глубин распределяются почти равномерно: 0–100 м (22,5%), 100–200 (21,9%), 200–300 (21,4%), 300–400 (22,6%), более 400 м (11,6%). Для бассейнов, площадью до 10 км<sup>2</sup>, 10–50 км<sup>2</sup>, 50–100 км<sup>2</sup>, преобладают глубины долин 0–100 м (33,1%, 35,5%, 36,7%). С увеличением площади бассейнов наблюдается более равномерное распределение глубин высот по диапазонам, для бассейнов, площадью 100–300 км<sup>2</sup>, отмечено увеличение процентного распределения диапазона глубин 100–200 м (24,5%). У бассейнов 300–500 км<sup>2</sup> преобладают долины, глубиной более 400 м (21,2%), здесь же отмечена наибольшая средняя глубина долины — 276 м. Наиболее

## МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БАССЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК ГОРНО-КОТЛОВИННОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА РЕКИ ИРКУТ

глубокие долины приурочены к Тункинским Гольцам (бассейны рек Ихе-Ухгунь, Енгарга, Тунка), а также к хр. Хамар-Дабан (реки Большой Зангисан, Харагун), что указывает на области с повышенным вертикальным расчленением рельефа, а также маркирует участки активных склоновых процессов.

Анализ *коэффициента асимметрии* бассейнов малых рек показал (рис. 3.), что степень асимметрии бассейнов нарастает с увеличением их площади и порядка реки, достигая наибольшего значения для бассейнов рек Ихе-Ухгунь и Тунка (коэффициенты асимметрии 5,9 и 8,8), у которых полностью отсутствуют правые притоки и правобережная часть бассейна практически не развита, у р. Енгарга отсутствуют левые притоки и не развита левобережная часть бассейна. Большинство бассейнов малых рек имеют субмеридиональную ориентацию (Большая Быстрая, Большой Зангисан, Саган-Шулута и др.), меньшая часть – субширотную (Бажир, Тумелик, Белый Иркут и др.). Для первой группы бассейнов асимметрия связана с порядковой структурой водотоков (чем больше порядок реки, тем сильнее вертикальное расчленение и больше крутизна склонов, т.е. больше показатель асимметрии), для второй группы – асимметрия по экспозиционному фактору (южные склоны принимают больше солнечной радиации, в результате чего сильнее проявляются водно-эрозионные процессы при снеготаянии).

Для бассейнов малых рек хр. Хамар-Дабан, площадью более 50 км<sup>2</sup>, чаще отмечена асимметричность левобережья (реки Халагун, Средняя Тибельти, Большой Зангисан и др.). Также изменения в структуру речной сети вносит разница в климатических характеристиках (главный фактор – количество атмосферных осадков) между Тункинскими Гольцами и хр. Хамар-Дабан, обуславливая климатическую асимметрию: Гольцы получают большее количество осадков, что благоприятно для развития эрозионной сети низших порядков. Наиболее симметричные бассейны малых рек характерны для водотоков 1-го–3-го порядков в среднегорном и низкогорном поясе Тункинских Гольцов, массива Мунку-Сардык, Хамар-Дабана, Ниловского и Еловского отрога.

*Третья группа морфометрических показателей.* Для бассейнов малых рек, площадью до 10 км<sup>2</sup>, показатели индекса топографической влажности (TWI) тяготеют к средним значениям (4–7) [16] – 62,2%, при этом с увеличением площади бассейна показатель TWI нарастает (преобладают высокие показатели – более 7), а к бассейнам, площадью более 500 км<sup>2</sup>, этот показатель снова снижается до средних значений (64,7%). Такое распределение индекса топографической влажности связано с преобладанием в структуре рельефа бассейнов (площадью более 500 км<sup>2</sup>) выровненных днищ котловин и пологих склонов, в пределах которых эрозионная сеть не получает широкого развития. Средние показатели для бассейнов до 10 км<sup>2</sup> связаны с неразвитостью протяженной эрозионной сети бассейнов. В целом, наиболее увлажненные участки (наибольшие показатели TWI) приурочены к пониженным участкам долин, к руслам постоянных водотоков, а также к конусам выноса рек 2–3-го порядка (Тункинские Гольцы). Высокие показатели TWI указывают на хорошо развитую эрозионную сеть, а также отмечают участки с развитием временных водотоков, где отмечены флювиальные и склоновые водно-эрозионные процессы. В местах распространения положительных форм рельефа

показатель TWI имеет низкие значения, здесь участки характеризуются низкой влажностью почв и грунтов, а также большой глубиной залегания грунтовых вод (высокогорный пояс массива Мунку-Сардык, Тункинских Гольцов, хр. Хамар-Дабан). Наибольший средний показатель индекса топографической влажности отмечен для бассейнов малых рек, площадью 10–50 и более 500 км<sup>2</sup> (7,5).

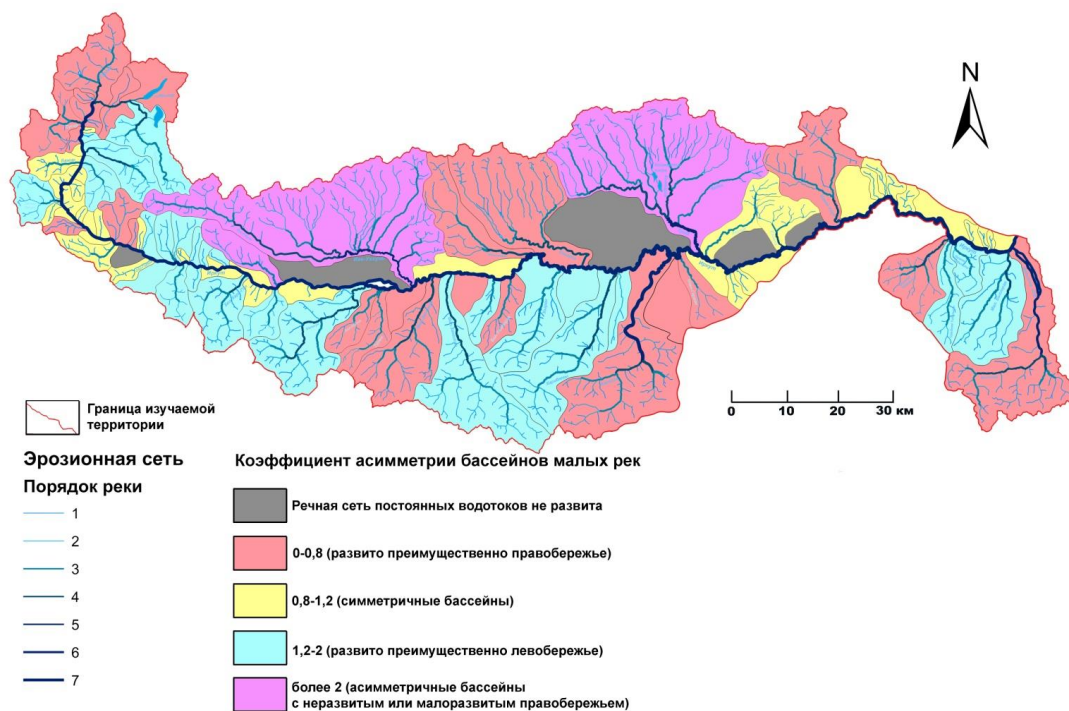


Рис. 3. Распределение коэффициента асимметрии бассейнов малых рек горно-котловинной части бассейна реки Иркут.

Составлено автором.

Для исследуемых бассейнов отмечено общее снижение распределения высоких показателей (более 1,5) [16] LS-фактора с увеличением площади бассейнов: показатель изменяется от 44% до 25%. Наибольший средний показатель LS-фактора отмечен для бассейнов, площадью 100–300 км<sup>2</sup> — 7,2. Максимумы показателя приурочены к наиболее крутым склонам горного обрамления, особенно в пределах высокогорного и среднегорного пояса (крутые незадернованные склоны бортов долин). Низкие показатели эрозионного потенциала рельефа выявлены в бассейнах, большая часть водосбора которых расположена в пределах днищ котловин, выровненных участков района Нуху-Дабан (Ильчирская котловина), что связано с небольшими уклонами земной поверхности. Высокие показатели LS-фактора указывают на источники сноса рыхлого материала в пониженные участки долин малых рек.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С увеличением площади бассейнов наблюдается увеличение амплитуды высот между верхними и нижними течениями рек, при этом нарастает порядок рек, увеличивается эрозионное расчленение. Преобладание северной ориентации склонов у бассейнов малых рек, площадью 10 км<sup>2</sup>, 50–100 км<sup>2</sup>, 100–300 км<sup>2</sup>, соотносится со снижением показателей LS-фактора (интенсивность эрозионных процессов), при этом у бассейнов с преобладанием южных экспозиций эрозионный потенциал рельефа нарастает. С увеличением площади бассейнов нарастает доля среднегорного и высокогорного поясов в структуре рельефа бассейнов, а также нарастает доля очень крутых склонов, но из-за участков днищ котловин в структуре сохраняется преобладание пологих склонов (0–5°).

Большинство бассейнов малых рек характеризуются средними показателями горизонтального расчленения рельефа, при этом с увеличением площади бассейнов отмечено общее снижение показателя (от очень сильного расчленения к слабому). Глубина речных долин также нарастает с увеличением площади бассейнов, а распределение значений по площадям имеет равное соотношение. Общая широтная ориентация территории бассейнов малых рек горно-котловинной части бассейна р. Иркут определяет развитие асимметричных бассейнов для южного макросклона Тункинских Гольцов, тогда как в пределах северного макросклона хр. Хамар-Дабан развиты более симметричные бассейны. Таким образом, тектонический фактор влияет на развитие асимметрии бассейнов малых рек незначительно, ведущая роль в формировании асимметрии принадлежит порядковой структуре водотоков, количеству атмосферных осадков и субширотной ориентации (на склонах южной экспозиции эрозионное расчленение выше).

Показатели топографического индекса влажности (TWI) и эрозионного потенциала рельефа (LS-фактор) также зависят от площади бассейнов: показатели TWI с увеличением площади возрастают (чем больше бассейн, тем большее количество стока аккумулирует), показатель LS-фактора наоборот, снижается, что связано с преобладанием в структуре рельефа бассейнов, площадью более 500 км<sup>2</sup>, выровненных участков днищ котловин.

## Список литературы

1. Симонов Ю.Г., Симонова Т.Ю. Речной бассейн и бассейновая организация географической оболочки // Эрозия почв и русловые процессы. М., 2004. Вып. 14. С. 7–32.
2. Zende A.M., Nagarajan R., Atal K.R. Prioritization of sub-watersheds in semiarid region, Western Maharashtra, India using Geographical Information System. American Journ. of Engineering Research (AJER). 2012. vol. 2. no. 10. pp. 128–135.
3. Ермолаев О. П., Иванов М. А. Геоморфометрический анализ бассейновых геосистем Приволжского федерального округа по данным STRM и ASTER GDEM // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 2. С. 98–109.
4. Rai P.K., Mohan K., Mishra S., Ahmad A., Mishra V.N. A GIS-based approach in drainage morphometric analysis of Kanhar River Basin, India. Applied Water Science. 2017. vol. 7. no 1. pp. 217–232.

5. Опекунова М. Ю., Бардаш А.В., Тухта С.А. Структурный анализ речных бассейнов Верхнего Приангарья (на примере бассейна реки Оёк) // География и природные ресурсы. 2018. № 3. С. 156–163. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2018-3(156-163)
6. Безгодова О. В. Структурно-морфометрический анализ малого речного бассейна реки Ихе-Ухгунь (бассейн реки Иркут) // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2021. Т. 37. С. 3–16. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2021.37.3>
7. Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. М.: Наука, 1974. 359 с.
8. Геологическая карта СССР масштаба 1:200000 Серия Восточно-Саянская. Лист М-47-VI. Объяснительная записка / Составитель В. П. Арсентьев; ред. Н.А. Флоренсов. М.: Недра, 1969. 74 с.
9. Рассказов С.В., Логачев Н.А., Брандт И.С. и др. Геохронология и геодинамика позднего кайнозоя (Южная Сибирь Южная и Восточная Азия). Новосибирск, Наука, Сибирское отделение, 2000. 288 с.
10. Василенко О.В., Воропай Н.Н. Особенности формирования климата котловин юго-западного Прибайкалья // Известия РАН. Серия географическая. 2015. № 2. С. 104–111.
11. Лециков Ф.Н. Мерзлые породы Приангарья и Прибайкалья. Наука. Сиб. отд-ние, 1978. 145 с.
12. Planchon O., Darboux F. A fast, simple and versatile algorithm to fill the depressions of digital elevation models, in Catena, no. 46(2–3). 2002. pp. 159–176.
13. Panagos P., Borrelli P., Meusburger K. 2015. A New European Slope Length and Steepness Factor (LS-Factor) for Modeling Soil Erosion by Water. Geosciences. 5(2): pp. 117–126. DOI: 10.3390/geosciences5020117
14. Леонтьев О.К., Рычагов Г.И. Общая геоморфология. М.: Высшая школа, 1979. 287 с.
15. Спиридонов А.И. Геоморфологическое картографирование / А.И. Спиридонов. М.: Недра, 1974. 184 с.
16. Cushman S.A. Parsimony in landscape metrics: Strength, universality, and consistency / S.A. Cushman, K. McGarigal, M.C. Neel // Ecological Indicators. 2008. Vol. 8. pp. 691–703.

## **MORPHOMETRIC ANALYSIS OF SMALL RIVERS BASINS OF THE MOUNTAIN AND DEPRESSION PART OF THE IRKUT RIVER BASIN**

*Bezgodova O.V.*

*Institute of Geography named after. V.B. Sochava, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russian Federation  
E-mail: ola.bezgodova.23@yandex.ru*

Morphometric indicators are an important basis for analyzing the functioning of a river system (connection with runoff dynamics and characteristics of the river network), where the main feature of the erosion network is its ability to self-organize. Geographic information systems (SAGA GIS, ArcGIS) using automated procedures made it possible to perform morphometric analysis using the hydrologically correct digital elevation model ALOS. The main patterns of relief development were identified based on the calculation and analysis of statistical parameters. The morphometric features of the relief of small river basins (absolute height, steepness and exposure of slopes) create conditions for differentiating the relative indicator of erosion, the topographic wetness index, horizontal dissection and asymmetry of basins, as well as a set of altitudinal zones and differentiation of leading relief-forming processes. The higher the slope steepness and the higher the absolute height, the more intense the exogenous geomorphological processes (mainly slope processes) and the higher the LS-factor. On gentle slopes in the lower relief zones, with the development of cryogenic processes, the erosion index reaches a minimum, while the topographic wetness index has maximum values.

It was revealed that with an increase in the area of a small river basin, the following morphometric characteristics increase: the amplitude of heights between the upper and lower reaches of the rivers, the order of the river increases, the depth of the erosional incision, the topographic wetness index,



as well as the share of slope processes in the structure of exogenous processes. The sublatitudinal orientation of large orographic elements and basins influences the distribution of LS-factor (intensity of erosion processes) and asymmetry indicators: for basins with predominant slopes of southern exposure, the LS-factor and asymmetry are higher than for northern slopes.

Markings of absolute heights of basins of different areas most often applies towards the range of 648–850 m (20,2%), least of all to heights of more than 2650 m (0,07%), which is associated with the predominance of flat and concave surfaces of the basin bottoms in the relief area (lacustrine-alluvial and alluvial plains). The study area is dominated by gentle slopes of 0–5° (bottoms of basins), followed by slopes with a steepness of 18–21° (foothill sloping plain, slopes of the Hamar-Daban ridge). The area distribution of the slope exposure indicator has the greatest values for the southern and northern directions.

The indicator of horizontal relief dissection has average values (0,5–0,1) for most small river basins; basins with an area of up to 10 km<sup>2</sup> are characterized by the greatest dissection, while as the basin area increases, this indicator decreases. River valleys are distinguished by deep bottoms, especially within the Tunkinsky Goltsy, Hamar-Daban and Munku-Sardyk. 22,1% of river basins of different areas have a depth of 100–200 m, 20,6% have a depth of 200–300 m and 21,9% have a depth of 300–400 m. Areas with a large difference in height between the bottom of the valleys and the watershed boundary are characterized by active development slope and fluvial processes.

Most values of the topographic wetness index (TWI) for the area of the territory tend to average values (4–7) 66,8% (slopes of the Tunkinskie Goltsy and Hamar-Daban ridges, Munku-Sardyk), high index values are confined to the bottoms of river valleys, foothill sloping plain, lacustrine-alluvial plain (Tunka Basin), which indicates areas of moisture accumulation. The LS-factor values are often in the high category (72,9%), which indicates the high potential of water flows to cause erosion.

**Keywords:** asymmetry, Baikal rift zone, horizontal dissection, morphometric analysis, small river basins, Tunka basin system.

### References

1. Simonov Yu.G., Simonova T.Yu. Rechnoj bassejn i bassejnovaya organizaciya geograficheskoj obolochki (River basin and basin organization of the geographical envelope) // Eroziya pochv i ruslovyje process, Moscow, 2004, Issue. 14, pp. 7–32. (In Russian).
2. Zende A.M., Nagarajan R., Atal K.R. Prioritization of sub-watersheds in semiarid region, Western Maharashtra, India using Geographical Information System. American Journal. of Engineering Research (AJER), 2012, vol. 2, no. 10, pp. 128–135.
3. Ermolaev O. P., Ivanov M. A. Geomorfometricheskij analiz bassejnovyh geosistem Privolzhskogo federal'nogo okruga po dannym STRM i ASTER GDEM (Geomorphometric analysis of basin geosystems of the Volga Federal District according to STRM and ASTER GDEM data) // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa, 2017, T. 14, No. 2, pp. 98–109. (In Russian).
4. Rai P.K., Mohan K., Mishra S., Ahmad A., Mishra V.N. A GIS-based approach in drainage morphometric analysis of Kanhar River Basin, India. Applied Water Science, 2017, vol. 7, no 1, pp. 217–232.
5. Opekunova M.Yu., Bardash A.V., Tukhta S.A. Strukturnyj analiz rechnyh bassejnov Verhnego Priangar'ya (na primere bassejna reki Oyok) (Structural analysis of river basins of the Upper Angara region (using the example of the Oyok River basin)) // Geografiya i prirodnye resursy, 2018, No. 3, pp. 156–163. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2018-3(156-163) (In Russian).
6. Bezgodova O. V. Strukturno-morfometricheskij analiz malogo rechnogo bassejna reki Ihe-Uhgun' (bassejn reki Irkut) (Structural and morphometric analysis of the small river basin of the Ihe-Uhgun River (Irkut River basin)) // Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Nauki o Zemle, 2021, T. 37, pp. 3–16. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2021.37.3> (In Russian).
7. Nagor'ya Pribajkal'ya i Zabajkal'ya (Highlands of the Baikal region and Transbaikalia). Moscow: Nauka (Publ.), 1974, 359 p. (In Russian).

8. Geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:200000. Seriya Vostochno-Sayanskaya (Geological map of the USSR, scale 1:200000 East Sayan Series). Sheet M-47-VI. Explanatory note / Compiled by V. P. Arsentiev; ed. N.A. Florensov. Moscow: Nedra (Publ.), 1969, 74 p. (In Russian).
9. Rasskazov S.B., Logachev N.A., Brandt I.S. and others. Geohronologiya i geodinamika pozdnego kajnozoya (Yuzhnaya Sibir', Yuzhnaya i Vostochnaya Aziya) (Geochronology and geodynamics of the late Cenozoic (Southern Siberia, Southern and Eastern Asia)). Novosibirsk: Nauka (Publ.), 2000, 288 p. (In Russian).
10. Vasilenko O.V., Voropai N.N. Osobennosti formirovaniya klimata kotlovin yugo-zapadnogo Pribajkal'ya (Features of the formation of the climate of the basins of the southwestern Baikal region) // Izvestiya RAN. Geographical series, 2015, No. 2, pp. 104–111. (In Russian).
11. Leshchikov F.N. Merzlye porody Priangar'ya i Pribajkal'ya (Frozen rocks of the Angara and Baikal regions). Nauka (Publ.), 1978, 145 p. (In Russian).
12. Planchon O., Darboux F. A fast, simple and versatile algorithm to fill the depressions of digital elevation models, in Catena, no. 46(2–3), 2002, pp. 159–176.
13. Panagos P., Borrelli P., Meusburger K. 2015. A New European Slope Length and Steepness Factor (LS-Factor) for Modeling Soil Erosion by Water. Geosciences, 5(2), pp. 117–126. DOI: 10.3390/geosciences5020117
14. Leontyev O.K., Rychagov G.I. Obshchaya geomorfologiya (General geomorphology), Moscow: Vysshaya shkola (Publ.), 1979, 287 p. (In Russian).
15. Spiridonov A.I. Geomorfologicheskoe kartografirovaniye (Geomorphological mapping), Moscow: Nedra (Publ.), 1974, 184 p. (In Russian).
16. Cushman S.A. Parsimony in landscape metrics: Strength, universality, and consistency / S.A. Cushman, K. McGarigal, M.C. Neel // Ecological Indicators, 2008, Vol. 8, pp. 691–703.

*Поступила в редакцию 19.10.2023 г.*

## РАЗДЕЛ 5.

### ГЕОЛОГИЯ, ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 550.34

#### ПОТЕНЦИАЛ УГЛЕВОДОРОДНЫХ РЕСУРСОВ АЗОВСКОГО МОРЯ: ПРОБЛЕМАТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ

*Колос Э. М.*

*Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Российская Федерация  
E-mail: kolos.edvard@yandex.ru*

Освоение углеводородов Азовского моря является одним из направлений хозяйственного развития региона. Статья ставит целью рассмотрение углеводородных запасов морской акватории и анализ геологических особенностей их залегания, формирование вывода о направлениях дальнейшей деятельности в регионе. Приведено описание открытых месторождений и перспективных структур, на которых установлена промышленная нефтегазоносность, дана оценка эффективности и полноты проведенных разведочных работ в регионе. Актуальность проблемы связана с растущим интересом к нефтегазоносному потенциалу Азово-Черноморского региона и активизировавшейся деятельности на черноморском шельфе Турции и Румынии. Для мелководного шельфа Черного и акватории Азовского моря характерны скопления мелких месторождений, основные разведанные запасы расположены на небольших глубинах и относятся к категории легко извлекаемых. Поисковое бурение, проводимое здесь с 1963 года, характеризуется высокой эффективностью. Однако, относительно незначительный его объем и отсутствие новых данных по ряду месторождений и площадей являются сдерживающим фактором.

**Ключевые слова:** углеводородные запасы, региональная нефтегазоносность, геологоразведка, поисковое бурение, коэффициент успешности, месторождение углеводородов, перспективная площадь.

#### ВВЕДЕНИЕ

Азово-Черноморский регион уже длительное время является объектом интереса геополитики. Перспективность углеводородных ресурсов связаны в первую очередь с доступностью разведки и разработки месторождений и близостью перерабатывающих мощностей и конечных потребителей: регион характеризуется высокой степенью хозяйственного освоения и развитой нефтегазотранспортной и нефтегазохимической инфраструктурой.

Длительное время регион выступает как источник энергоресурсов для газоснабжения прибрежных населенных пунктов. В первую очередь речь идет о Восточно-Казантипском, Северо-Булганакском, Синявском, Стрелковом месторождениях, за счет которых обеспечивалось газоснабжение Азова, Таганрога, Геническа, населенных пунктов Крымского полуострова.

Однако, в течение последнего десятилетия происходит спад активности нефтегазовых компаний-владельцев лицензионных участков в акватории. Среди них фигурируют: ГУП РК «Черноморнефтегаз» и ООО «НК «Приазовнефть», представляющая собой совместное предприятие ПАО «Роснефть» и ПАО «Лукойл».

В статье рассмотрены основные временные периоды, в которые заключена основная часть работ, проводимых в акватории. Отдельно для каждого периода определены параметры, характеризующие их эффективность, на основе которых выведен общий показатель. *Целью исследования* является оценка степени эффективности работ по освоению углеводородного потенциала акватории Азовского моря и определение дальнейших перспектив. Задачами являются подбор параметров, характеризующих эффект деятельности и проведение сводного анализа.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Хозяйственное применение углеводородных ресурсов прибрежных территорий Азовского моря началось в конце XX в., с открытия Приазовского газового месторождения [1].

Активная сейсморазведка акватории и прибрежных территорий проводилась в 1950-е–1960-е гг., в ее рамках был открыт ряд антиклинальных структур, обладающих прогнозными запасами углеводородов. Среди них — Стрелковое поднятие, расположенное на косе Арабатская стрелка, на котором в 1963 году был получен приток промышленный приток газа из майкопских отложений [7]. Через десять лет было начато бурение восточного крыла поднятия — расположенного непосредственно под Азовским морем. Разработка месторождения проводилась с 1976 года, на месторождении сооружены две морские стационарные платформы – МСП-112 и МСП-115.

Геологоразведочными работами в этот период открыты и другие месторождения — Морское-1, Северо-Керченское и Западно-Бейсугское. Опоискованы структуры: Западно-Бирючья, Обручева, Октябрьская, Электроразведочная [2].

С 1997 по 2005 гг. велась активная геологоразведка и освоение южной части акватории. В этот период открыт ряд месторождений: Восточно-Казантипское, Северо-Булганакское, Северо-Казантипское. Последнее является крупнейшим в регионе — по категориям А+В+С1 извлекаемые запасы составляют 8,3 млрд м<sup>3</sup>. Проведено обустройство Северо-Булганакского, Восточно-Казантипского месторождений.

Примечательны также работы на Темрюкско-Ахтарском лицензионном участке ОАО НК «Приазовнефть» (СП «Лукойла» и «Роснефти»). С 2003 по 2012 проводилась сейсморазведка акватории. Общая протяженность исследуемых сейсмопрофилей — 2,6 тыс. пог. км. Были пробурены 3 скважины: Геленджикская-1 (2008), Геологическая-1 (2016) и Новая-2 (2018), первая и третья из которых оказались продуктивными. При бурении скважины Геленджикская-1 была задействована СПБУ «Сиваш», при строительстве скважины Геологическая-1 была задействована СПБУ GSP Uranus. Скважина Новая-2 была пробурена с берега. На лицензионном участке на данный момент открыто одно нефтегазовое месторождение — Новое.

Таким образом, необходимо провести оценку ГРП акватории за три обособленных периода: 1973–1993 гг.; 1997–2005 гг.; 2005–2018 гг. Для этого целесообразно использовать параметры количественной и качественной оценки.

ПОТЕНЦИАЛ УГЛЕВОДОРОДНЫХ РЕСУРСОВ АЗОВСКОГО МОРЯ:  
ПРОБЛЕМАТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ

---

Показатели эффективности ГРП по количеству скважин и по метражу бурения определяются по следующим формулам:

$$r_{\text{скв}} = \frac{P}{N_{\text{пр}}}; \quad (1)$$

$$r_{\text{м}} = \frac{P}{N_{\text{пр}} \cdot l_{\text{пр}}} = \frac{P}{L_{\text{пр}}}, \quad (2)$$

где  $r_{\text{скв}}$  и  $r_{\text{м}}$  — прирост запасов, соответственно, на одну поисково-разведочную скважину и на один метр поисково-разведочного бурения, т у.т./скв. и т у.т./м,  $P$  — прирост запасов по категориям А+В+С<sub>1</sub>, млн т у.т.,  $N_{\text{пр}}$  — число поисково-разведочных скважин, ед.,  $l_{\text{пр}}$  — средняя глубина скважины, м,  $L_{\text{пр}}$  — общий объем разведочного бурения, м.

Коэффициент успешности поисково-разведочного бурения  $K_y$  определяется формулой:

$$K_y = \frac{N_{\text{деб}}}{N_{\text{пр}}}, \quad (3)$$

где  $N_{\text{пр}}$  — общее число пробуренных поисково-разведочных скважин,  $N_{\text{деб}}$  — число скважин, где был получен промышленный дебит флюида.

Коэффициент успешности выступает основным качественным показателем, характеризующим эффект ГРП. На него влияют следующие показатели:

1. Геологические условия региона: глубина и сложность залегания углеводородных залежей, особенности ловушек, их средний размер и плотность размещения.

2. Геофизические исследования: объем и качество предшествовавших сейсморазведочных работ; точность интерпретации данных при камеральных работах.

3. Технические возможности бурового оборудования: возможность испытания залежей с аномально высоким пластовым давлением, качество измерения дебитов и отбора проб.

В целом, на морском и океаническом шельфе России  $K_y$  приблизительно стремится к значению 0,5 [7]. Таким образом, данный показатель следует принимать за базовый уровень. Следовательно, регионы, где был получен показатель  $K_y > 0,5$  можно отнести к геологическим системам, где удалось достичь интенсификации ГРП за счет внедрения новых технологий или проведения масштабных и точных подготовительных работ. Регионы с  $K_y < 0,5$  характеризуются низким значением продуктивных скважин к общему числу пробуренных, то есть, за многолетний период ГРП сложилась тенденция к получению относительно скудных результатов ГРП.

На основе анализа  $K_y$  можно заключить о целесообразности дальнейших ГРП в регионе. Также необходимо рассмотреть ключевые направления работ: открытие новых месторождений, доразведка старых и дополнительное сейсмопрофилирование акватории, включающее отбитие выявленных антиклинальных структур по низезалегающим пластам с целью уточнения их строения для подсчета ресурсов. Таким образом, одной из задач анализа перспектив ГРП акватории Азовского моря

служит отбор месторождений, где не завершены поисково-разведочные работы, и перспективных структур, где целесообразно проводить поисково-разведочное бурение.

С точки зрения геологического районирования, в пределах акватории моря выделяют 3 области, с севера на юг: Северо-Азовский прогиб, Азовский прогиб, Индоло-Кубанский прогиб. С северо-запада к ним примыкает Южно-Украинская моноклираль. Картограмма нефтегазоносного района изображена на рисунке 1.

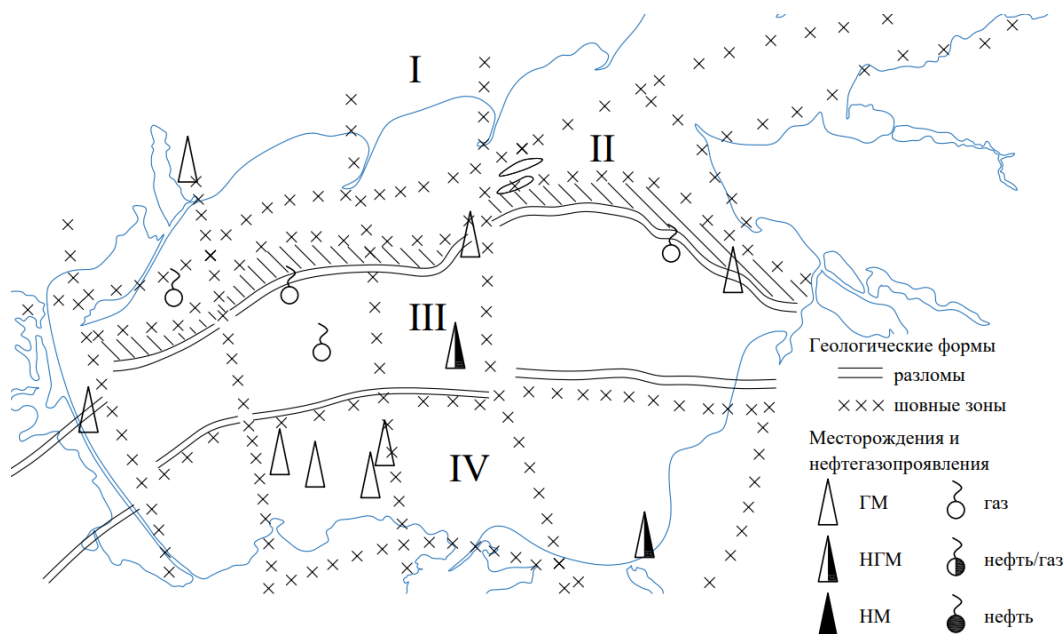


Рис. 1. Геологическое строение и нефтегазоносность Азовского моря. I — Южно-Украинская моноклираль, II — Северо-Азовский прогиб, III — Азовский вал, IV — Индоло-Кубанский прогиб.

Составлено автором по [2].

*Северо-Азовский прогиб* является депрессионной структурой в виде грабена, вытянутую в субширотном направлении в северной части моря, от косы Бирючий Остров на западе до дельты Дона на востоке. Характерны ярко выраженные меловые-эоценовые отложения. Наиболее погруженным участкам (преимущественно в южной части, где проходит Главный Азовский разлом) характерно наличие триас-юрских осадочных отложений.

*Азовский вал* является субширотным поднятием, протягивающимся в центральной части моря, от косы Арабатской стрелки до Ясенского залива. Фундамент структуры залегает на глубине 500–1000 м в центральной части и до 3000 м на южном склоне. Фундамент покрыт дислоцированными несогласованными отложениями триаса и юры, выше — выполаживающимися майкопскими отложениями. Для сводов и локальных территорий характерен также слой мела и палеоген-эоцена.

*Индоло-Кубанский прогиб* залегает под южной частью моря, Керченским полуостровом и Таманским полуостровом. Является депрессивной структурой субширотного простирания и сформировался в ходе погружения южной части Скифской плиты. Фундамент прогиба залегает на глубине 8–9 км, в наиболее погруженной части — 16–20 км. Выше залегает мезозойский и кайнозойский осадочный чехол. Характеризуется мощным слоем майкопских отложений (до 5 км).

Ниже приведен перечень объектов, относящихся к категории, определенной выше.

*Октябрьское НГМ* расположено ближе к центральной части моря, в 75 км южнее г. Бердянск. Складчатая область приурочена к фундаменту, нижнему мелу и кровле майкопских отложений. Амплитуда — до 50 м. В 1980-е на площади была пробурена поисковая скважина № 245 глубиной 1500 м. Газовые залежи сосредоточены в сарматском, понтическом ярусах, предположительно, в виде линзообразных песчаных тел [2]. Запасы газа по категориям C1+C2 11,342 млрд м<sup>3</sup>.

В 1993 году здесь была пробурена скважина № 30 с забоем 2757 м. При испытании интервала 2619–2646 м был получен приток нефти  $Q_n = 0,29$  м<sup>3</sup>/сут. С глубин 2627–2691 м:  $Q_n = 0,6$  м<sup>3</sup>/сут.; 2632–2696 м:  $Q_n = 0,44$  м<sup>3</sup>/сут.; 2701–2741 м:  $Q_n = 0,118$  м<sup>3</sup>/сут. Нефтяные залежи приурочены к неокому и домеловым отложениям. Породы-коллекторы характеризуются низкой проницаемостью.

*Структура Обручева* расположена в 15 км юго-западнее крайней точки Обиточной косы — м. Дзэндзик. На поднятии пробурено 2 скважины. В скважине № 1 (глубина 570 м) на интервале 351–355 м получен приток газа  $Q_g = 0,86$  тыс. м<sup>3</sup>/сут. В скважине 2 (347 м) произошел выброс газа с возгоранием. Залежь газа приурочена к торгонскому ярусу. Майкопские горизонты обводнены.

*Белосарайская площадь* расположена в 25 км юго-восточнее г. Бердянск. Представляет собой трехкуольную ассиметричную брахиантиклинальную складку амплитудой 250 м по горизонту верхнего мела, где обнаружен перспективный горизонт IV. Сейсморазведка также выявила горизонты в майкопе (I), верхнем эоцене (II), верхнем мелу (III).

В 2013 году на площади пробурена поисковая скважина № 1 глубиной 1400 м. Из всех горизонтов получен приток пластовой воды. Однако, результаты частотно-резонансной обработки спутниковых снимков структуры свидетельствуют о наличии залежей углеводородов, не вскрытых бурением [6]. Аномально поляризованные пласты типа «нефть» обнаружены на интервалах глубин 1711–1716, 1955–1963, 1991–1997, 2072–2085, 2252–2254, 2263–2268 м.

*Западно-Бирючья структура* расположена восточнее косы Бирючий Остров, в 40 км от г. Геническ. Выявлена сейсморазведкой в 1975 году. Пачки коллекторов обнаружены в подошве майкопа (I<sup>mk</sup>) и подошве нижнего мела (V). Складка V замыкается по изогипсе -1300 м, имеет амплитуду 170 м. При поисковом бурении из двух горизонтов получен приток пластовых вод.

*Складка Небольшая* расположена в центральной части моря, в 55 км юго-западнее косы Долгая. Пачки коллекторов открыты в майкопе, триасе и юре. При бурении скважины № 224 глубиной 980 м получен приток пластовых вод с

интервалов 398–435 м (майкоп,  $Q_6 = 96 \text{ м}^3/\text{сут.}$ ), 740–748 м (нижний мел,  $Q_6 = 9 \text{ м}^3/\text{сут.}$ ), 775–818 м (триас-юра,  $Q_6 = 138 \text{ м}^3/\text{сут.}$ ).

Электроразведочная площадь была разбурена в 1975 году скважиной № 1. Из майкопа (540–547 м) получен приток пластовой воды дебитом  $Q_6 = 32 \text{ м}^3/\text{сут.}$  С интервала 670–700 м (верхний триас) получен приток  $Q_6 = 30,6 \text{ м}^3/\text{сут.}$  Из триас-карбона на интервале 1470–1520 м получен приток пластовой воды  $Q_6 = 39 \text{ м}^3/\text{сут.}$  с незначительным содержанием газа.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для представления оценки успешности ГРП в акватории Азовского моря, определялись показатели  $K_y$ ,  $r_{\text{скв}}$ ,  $r_m$ . Результаты расчетов по формулам (1), (2), (3) приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчетов показателей ГРП

Период, гг.	$N_{\text{пр}}$ , ед.	$L_{\text{пр}}$ , пог. м	$R_{\text{АВС1}}$ , млн т у.т.	$r_{\text{скв}}$ , млн т у.т./скв	$r_m$ , тыс. т у.т./м	$K_y$
1973–1993	21	28499	9,744	0,464	0,341	0,62
1997–2005	11	~ 15000	33,15	3,683	2,182	0,90
2005–2018	3	~ 10000	5,863	1,954	0,586	0,33

Составлено автором по [2]

По временной шкале наблюдается значительное снижение как зоны, так и объемов ГРП. При этом можно отметить высокий коэффициент успешности поискового бурения за весь период изучения акватории Азовского моря. Данный показатель составляет 0,7, превышая базовое значение (см. раздел Материалы и методы исследования), а также результаты, полученные при в ходе освоения других нефтегазоносных районов (сухопутных и шельфовых) и численно соответствует показателю Западной Сибири (рис. 2). Однако, оценка не является исчерпывающей при анализе потенциала региона и сопоставлении эффективности, в первую очередь, в связи с тем, что отсутствует достаточный объем данных поискового бурения: на каждый квадратный километр акватории приходится 1,4 пог. м бурения — Азовское море, при его относительно небольших размерах, характеризуется малой степенью изученности с точки зрения нефтегазоносности. При этом из более 120 обнаруженных сейсморазведкой структур разбурены только 15.

При этом сохраняется проблема отсутствия новых данных работ, так как в последние 10 лет практически не осуществлялось сейсморазведочных работ и поискового бурения в большей части морской акватории.

Другой показатель — низкий уровень параметрического бурения (около 1%) и глубокого бурения свыше 3000 м (9%). В связи с этим, существует проблема низкой изученности низкозалегающих пластов и структур. Кроме того, согласно оценке, данной в [2], более 40% всех прогнозируемых запасов залегают на глубине более 3000 м.



## ПОТЕНЦИАЛ УГЛЕВОДОРОДНЫХ РЕСУРСОВ АЗОВСКОГО МОРЯ: ПРОБЛЕМАТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ

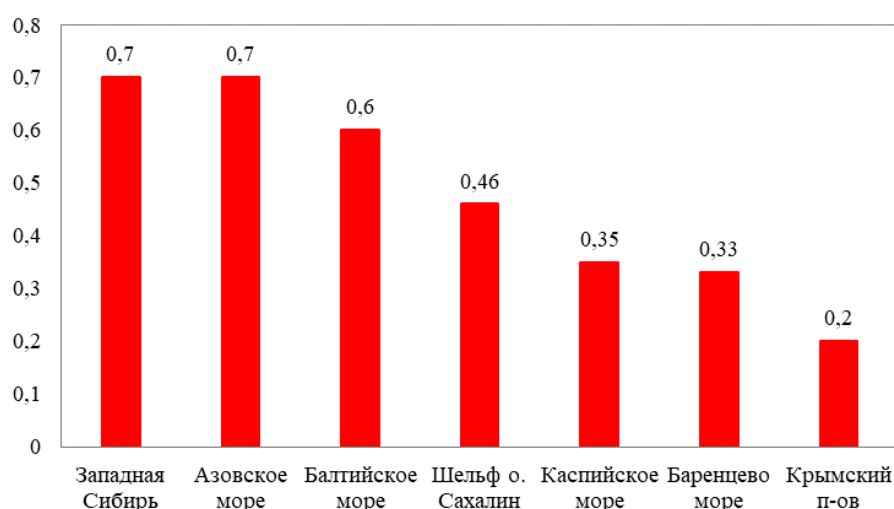


Рис. 2. Показатель Ку для некоторых нефтегазоносных регионов России  
Составлено автором по [8, 9, 10].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предметом изучения выступает региональная нефтегазоносность акватории Азовского моря, в рамках анализа выявлены ее особенности и перспективы раскрытия ее потенциала:

1. Азовское море выступает локальным источником углеводородных энергоносителей, за счет которого возможно потенциально компенсировать рост потребления газа в регионе, без необходимости расширения производительности газотранспортной системы.

2. ГРП акватории моря характеризуются высокой эффективностью, следовательно, можно обеспечить прирост разведанных запасов при снижении издержек.

3. Наибольшей изученностью характеризуются геологические формы на глубине до 1000 м, здесь установлена промышленная нефтегазоносность в толще майкопа, сармата и тортона.

4. Наименее изучены горизонты, залегающие на глубинах от 3000 м, где прогнозируется наличие крупных углеводородных ресурсов.

5. На сегодняшний день глубокое бурение на Азовском море является венчурной инвестицией, таким образом, наряду с высокими затратами, оно сопровождается повышенными рисками, ввиду малой обеспеченностью информацией о геологическом состоянии системы.

### Список литературы

1. Евдошенко Ю.В. Очаги ранней газификации: Северное Приазовье // Газ России. 2014. № 4. С. 86–93.

2. Серия «Нефтегазоносный потенциал акваторий Черного и Азовского морей». Т. 1: «Нефтегазоносный потенциал акватории Азовского моря» / Довжок Е.М., Бялюк Б.О., Ключко В.П. [и др.]; Госнефтегазпром Украины, Госкомгеология Украины, НАН Украины, Институт геологических наук. Киев: Украинский нефтегазовый институт, 1995. 166 с.
3. Сенин Б.В., Леончик М.И., Ошерова Н.А. Основные итоги геолого-разведочных работ Черноморско-Каспийского региона // Минеральные ресурсы России. 2018. № 2. С. 7–17. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32761493> (дата обращения: 04.02.2023)
4. Запасы и ресурсы углеводородов, перспективы изучения и промышленного освоения недр морей России в XXI в / А.В. Толстикова, Д.А. Астафьев, Я.И. Штейн [и др.] // Геология нефти и газа. – 2018. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zapasy-i-resursy-uglevodorodov-perspektivy-izucheniya-i-promyshlennogo-osvoeniya-nedr-morey-rossii-v-hhi-v> (дата обращения: 04.02.2023)
5. Атлас родовищ нафти і газу України: в 6 т. Т. 6 : Південний нафтогазоносний регіон / Іванюта М. М., Федішин В. О., Бабій Б. А. [та ін.] ; голова ред. кол. В. О. Федішин. Л. ; Українська нафтогазова академія, 1998. 222 с.
6. Мобильные прямопоисковые технологии: некоторые результаты их применения при поисках нефти и газа в морских акваториях / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин [и др.] // Геологія і корисні копалини Світового океану. 2018. № 3. С. 81–116
7. Новиков Ю.Н. Некоторые проблемы изучения и освоения углеводородного потенциала морской периферии России // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2012. №4. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-problemy-izucheniya-i-osvoeniya-uglevodorodnogo-potentsiala-morskoy-periferii-rossii> (дата обращения: 26.12.2023).
8. Отмас А.А., Григорьев Г.А., Сибилёв М.А Шельф Балтийского моря – ресурсный потенциал и перспективы дальнейших поисков залежей углеводородов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2019. № 5 (168). С. 21–27
9. Новиков Ю.Н., Большакова Н.В. Перспективные ресурсы углеводородного сырья Дальневосточного региона: проблемы подготовки, учета, подтверждаемости // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2010. №4. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnye-resursy-uglevodorodnogo-syrya-dalnevostochnogo-regiona-problemy-podgotovki-ucheta-podverzhdemosti> (дата обращения: 27.12.2023).
10. Гулиев И. Углеводородные ресурсы Каспийского региона в глобальной системе энергообеспечения // Кавказ и глобализация. 2009. №2-3. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uglevodorodnye-resursy-kaspiyskogo-regiona-v-globalnoy-sisteme-energoobespecheniya> (дата обращения: 27.12.2023).
11. Назаров В.И., Медведева Л.В. Методы количественной оценки факторов, влияющих на эффективность геологоразведочных работ // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2016. №2. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-kolichestvennoy-otsenki-faktorov-vliyayuschih-na-effektivnost-geologorazvedochnyh-rabot> (дата обращения: 01.01.2024).

## **HYDROCARBON RESOURCE POTENTIAL OF THE AZOV SEA: PROBLEMS AND PROSPECTS**

*Kolos E. M.*

*Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russian Federation  
E-mail: kolos.edvard@yandex.ru*

The Azov-Black Sea region has long been an object of interest in geopolitics. The prospectivity of hydrocarbon resources is primarily due to the availability of exploration and development of deposits and the proximity of processing facilities and end consumers:

the region is characterized by a high degree of economic development and a developed oil and gas transportation and petrochemical infrastructure.

For a long time, the region has been a source of energy resources for gas supply to coastal settlements. First of all, we are talking about East-Kazantip, North-Bulganak, Sinyavskoye, Strelkovoye fields, which provided gas supply to Azov, Taganrog, Genichesk, settlements of the Crimean Peninsula.

However, during the last decade there has been a decline in the activity of oil and gas companies owning license areas in the water area. Among them are: GUP RK "Chernomorneftegaz" and LLC "NK "Priazovneft", which is a joint venture of PJSC "Rosneft" and PJSC "Lukoil".

Development of hydrocarbons of the Azov Sea is one of the directions of economic development of the region. The article aims to review the hydrocarbon reserves of the sea area and analyze the geological features of their occurrence, forming a conclusion on the directions of further activities in the region. The description of discovered fields and promising structures, where commercial oil and gas content has been established, the efficiency and completeness of exploration work in the region are assessed. The relevance of the problem is associated with the growing interest in the oil and gas potential of the Azov-Black Sea region and intensified activity on the Black Sea shelf of Turkey and Romania. The shallow shelf of the Black Sea and the Azov Sea is characterized by clusters of small fields, the main explored reserves are located at shallow depths and are easily recoverable. Exploratory drilling, carried out here since 1963, is characterized by high efficiency. However, its relatively small volume and the lack of new data on a number of fields and areas are a limiting factor.

The research methods were the analysis of bibliographic data, from which it was necessary to obtain information about the state of the Azov Sea water area in terms of oil and gas content. Then the total time interval was divided into several periods, which were marked by the largest volume of work, on the basis of which an express assessment was carried out by aggregated indicators.

The study revealed that the success rate of prospecting and exploration drilling in the water area is 0.7, thus, regional geological exploration in the Sea of Azov is more efficient than similar activities, for example, in the Barents Sea or the onshore part of the Crimean Peninsula. The largest increase in reserves per linear meter of drilling was obtained in the period 1997–2005, when the work was carried out in the southern part of the sea and was accompanied by a significant amount of seismic survey and laboratory work.

**Keywords:** hydrocarbon reserves, regional oil and gas content, geological exploration, exploratory drilling, success rate, hydrocarbon field, prospective area.

#### References

1. Evdoshenko YU.V. Ochagi rannej gazifikacii: Severnoe Priazov'e // Gaz Rossii. 2014. № 4. P. 86–93 (in Russian).
2. Seriya «Neftegazonosnyj potencial akvatorij CHernogo i Azovskogo morej». T. 1: «Neftegazonosnyj potencial akvatorii Azovskogo morya» / Dovzhok E.M., Byalyuk B.O., Klochko V.P. [i dr.]; Gosneftegazprom Ukrainy, Goskomgeologiya Ukrainy, NAN Ukrainy, Institut geologicheskikh nauk. Kiev: Ukrainskij neftegazovij institut, 1995. 166 p. (in Russian).
3. Senin B.V., Leonchik M.I., Osherova N.A. Osnovnye itogi geologo-razvedochnyh rabot CHernomorsko-

- Kaspijskogo regiona // Mineral'nye resursy Rossii. 2018. № 2. S. 7–17. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32761493> (data obrashcheniya: 04.02.2023) (in Russian).
4. Zapasy i resursy uglevodorodov, perspektivy izucheniya i promyshlennogo osvoeniya neдр morej Rossii v HKHI v / A.V. Tolstikova, D.A. Astaf'ev, YA.I. SHtejn [i dr.] // Geologiya nefiti i gaza. – 2018. № 4. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zapasy-i-resursy-uglevodorodov-perspektivy-izucheniya-i-promyshlennogo-osvoeniya-neдр-morej-rossii-v-hhi-v> (data obrashcheniya: 04.02.2023) (in Russian).
  5. Atlas rodovishch nefiti i gazu Ukraїni: v 6 t. T. 6 : Pivdennij naftogazonosnij region / Ivanyuta M. M., Fedishin V. O., Babij B. A. [ta in.] ; golova red. kol. V. O. Fedishin. L. ; Ukraїns'ka naftogazova akademiya, 1998. 222 p. (in Russian).
  6. Mobil'nye pryamoposkovye tekhnologii: nekotorye rezultaty ih primeneniya pri poiskah nefiti i gaza v morskikh akvatoriyah / S.P. Levashov, N.A. YAKimchuk, I.N. Korchagin [i dr.] // Geologiya i korisni kopalini Svitovogo okeanu. 2018. № 3. P. 81–116 (in Russian).
  7. Novikov YU.N. Nekotorye problemy izucheniya i osvoeniya uglevodorodnogo potentsiala morskoy periferii Rossii // Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika. 2012. №4. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-problemy-izucheniya-i-osvoeniya-uglevodorodnogo-potentsiala-morskoy-periferii-rossii> (data obrashcheniya: 26.12.2023) (in Russian).
  8. Otmas A.A., Grigor'ev G.A., Sibilyov M.A SHel'f Baltijskogo morya – resursnyj potentsial i perspektivy dal'nejshih poiskov zalezhej uglevodorodov // Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie. 2019. № 5 (168). P. 21–27 (in Russian).
  9. Novikov YU.N., Bol'shakova N.V. Perspektivnye resursy uglevodorodnogo syr'ya Dal'nevostochnogo regiona: problemy podgotovki, ucheta, podtverzhdaemosti // Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika. 2010. №4. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnye-resursy-uglevodorodnogo-syrya-dalnevostochnogo-regiona-problemy-podgotovki-ucheta-podtverzhdaemosti> (data obrashcheniya: 27.12.2023) (in Russian).
  10. Guliev I. Uglevodorodnye resursy Kaspijskogo regiona v global'noj sisteme energoobespecheniya // Kavkaz i globalizaciya. 2009. №2-3. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uglevodorodnye-resursy-kaspiyskogo-regiona-v-globalnoy-sisteme-energoobespecheniya> (data obrashcheniya: 27.12.2023) (in Russian).
  11. Nazarov V.I., Medvedeva L.V. Metody kolichestvennoj ocenki faktorov, vliyayushchih na effektivnost' geologorazvedochnyh rabot // Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika. 2016. №2. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-kolichestvennoy-otsenki-faktorov-vliyayushchih-na-effektivnost-geologorazvedochnyh-rabot> (data obrashcheniya: 01.01.2024) (in Russian).

*Поступила в редакцию 01.01.2024 г.*

УДК 551.351.553.55(477.75)

**ФЛЮИДЫ ХОЛОДНЫХ СИПОВ И ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПЛЯЖНЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОСТРОЕК В БУХТЕ ЛАСПИ  
(ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА)**

*Лысенко В. И.<sup>1</sup>, Садыков С. А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Филиал Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова в г. Севастополь, Российская Федерация*

<sup>2</sup>*Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН, Миасс, Российская Федерация*

*E-mail: niagara\_sev@mail.ru, poludetkinaelena@mail.ru, sadykov@mineralogy.ru*

Исследование посвящено изучению сипов подводного берегового склона бухты Ласпи. Материал исследования — флюиды и водные растворы сипов. Аутигенный цемент карбонатных построек. Выявлено, что состав газов флюидов не постоянный и представлен  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ ,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ,  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{He}$  и  $\text{CO}_2$ . Впервые установлено присутствие во флюидах сипов гелия и водных растворов. У выходов сипов рН морской воды изменялся с 8.2–8.4 до 7.1–7.4. Изотопный состав аутигенного карбонатного цемента  $\delta^{13}\text{C}$  от -20.93 до -20.83 и  $\delta^{18}\text{O}$  от -2.20 до -2.08, раковин мителестеров  $\delta^{13}\text{C}$  -9.96‰ и серпулид  $\delta^{13}\text{C}$  -3.58‰. Выявлено, что флюиды сипов имеют многокомпонентный газовый состав и сопровождаются гидротермальными растворами. Образование пляжных бактериальных построек происходило за счёт переработки углеводородных флюидов археями и бактериями. Характерные черты строения пляжных бактериальных построек подтвердили их генетическое родство с современными и древними hydrocarbon seeps-carbonates морей и океанов.

**Ключевые слова:** флюид, метан, азот, гелий, водные растворы, аутигенный карбонат, археи, карбонаты углеводородного просачивания, метанолиты.

**ВВЕДЕНИЕ**

В современную эпоху научное сообщество волнуют вопросы изменения климата, таяния ледников и повышением уровня Мирового океана. Они взаимосвязаны между собой. Главной причиной этих процессов является рост температуры, который связан с парниковым эффектом. Его усиление происходит за счет увеличения в атмосфере углекислого газа и метана [1].

Некоторые исследователи связывают изменения состава атмосферы с деятельностью человечества. Другие считают, что поступления метана и углекислого газа происходит из недр [2, 3]. Гипотезу о воздействии глубинных флюидов атмосферу подтверждают данные изотопного состава углерода метана и увеличением его о период экономического спада промышленности [4, 5].

Выходы газов холодной дегазации сложно обнаружить и изучить на поверхности суши, а на дне морей и океанов они хорошо картируются визуальными и геофизическими методами [6, 7, 8, 9, 10]. Выходы холодных газовых факелов на дне мирового океана в англоязычных журналах получили название холодные сипы. Многочисленные места их выходов обнаружены на дне Черного моря. Вблизи побережья Болгарии было обнаружено 19735 сипов, а в черноморской зоне стран СНГ более 4380 [10, 11]. Почти все они находятся в интервале глубин от 100 до 2000 м и довольно часто пузырьки газа не доходят до поверхности [9, 10].

На сегодня в прибрежной зоне Крыма известно 15 площадок с сипами, у которых газ достигает поверхности. [9, 12, 13, 14]. Из них наиболее интересным объектом является сип в бухте Ласпи, который был обнаружен Н.В. Шиком в 2004 году [15]. С того времени наблюдения за выходами газов авторами продолжаются до сегодняшнего дня. За последний период появились новые данные опробования газов флюидов и изотопного состава углерода из карбонатов пляжной бактериальной постройки. Полученные результаты исследований являются актуальными для познания влияния холодной дегазации Земли на гидросферу, атмосферу и биосферу.

*Целью работы* являлось изучение влияния флюидов холодных сипов на геологические и биологические процессы формирования бактериальных пляжных построек в бухте Ласпи.

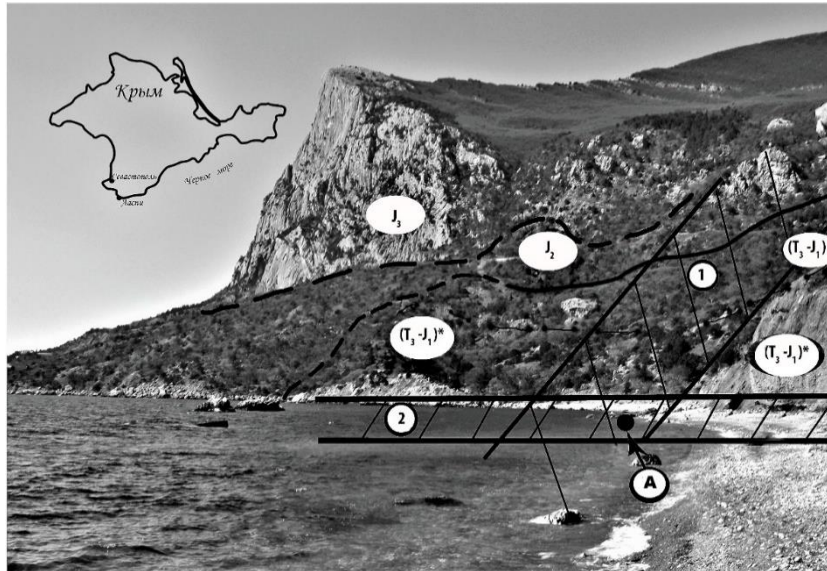
#### **МЕТОДИКА РАБОТЫ**

Подробная геологическая характеристика района Ласпинской бухты приедена в более ранних работах авторов (рис. 1) [13, 15, 16].

Сипы с выходами газа находится в ядра Ласпинской антиклинали, которая сложена породами таврической серии [17, 18]. Участок с выходами пузырькового газа приурочен к зоне пересечения Ласпинского и Берегового разломов. [16]. Он расположен на расстоянии от 10 до 60 метров от современной береговой линии на глубинах от 1,5 до 3,0 м. Струйные выходы газа находятся на трех скальных грядах (северная, центральная и южная). Образование этих гряд на абразионной поверхности подводного берегового склона связано с деятельностью сообществ бактерий и архей. Они получили названия пляжных бактериальных построек бухты Ласпи. Верхние части строений покрыты водорослями, мшанками, спирибусов, моллюсков и налетами коричневато-оранжевой бактериальной слизи (рис. 2).

Бактериальные постройки состоят из гальки и гравия юрских известняков, которые цементированы карбонатным цементом. Цементный материал представлен сферолитами и пластинчатыми лейстами белого арагонита [15]. Сферолиты сложены сноповидными волосками, выходящими из одной точки. Похожие образования встречаются в аутигенных постройках на дне морей и океанов. В иностранных статьях они получили название ботрииды или узелковая масса [7, 19, 20]. На поверхности галечного материала и карбонатного цемента встречаются микроточки сульфидов железа и органического вещества. Материал в постройках имеет слабовыраженную слоистость, повышенную пористость и содержит большое количество створок моллюсков и трубок серпулид [15]. Бактериальные строения — это довольно крепкие образования, что было установлено при отборе из них проб.

ФЛЮИДЫ ХОЛОДНЫХ СИПОВ И ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПЛЯЖНЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОСТРОЕК В БУХТЕ ЛАСПИ  
(ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА)



Условные обозначения:  $(T_3-J_1)^*$  — аргиллиты, алевролиты с прослоями песчаников;  $(T_3-J_1)$  — аргиллиты с прослоями алевролитов и песчаников с биоглифами;  $J_2$  — песчаники и алевролиты;  $J_3$  — мраморовидные органогенные известняки; 1 — Ласпинский разлом; 2 — Береговой разлом, А — места выходов газовых сипов.

Рис. 1. Схема геологического строения бухты Ласпи.

Составлено авторами.



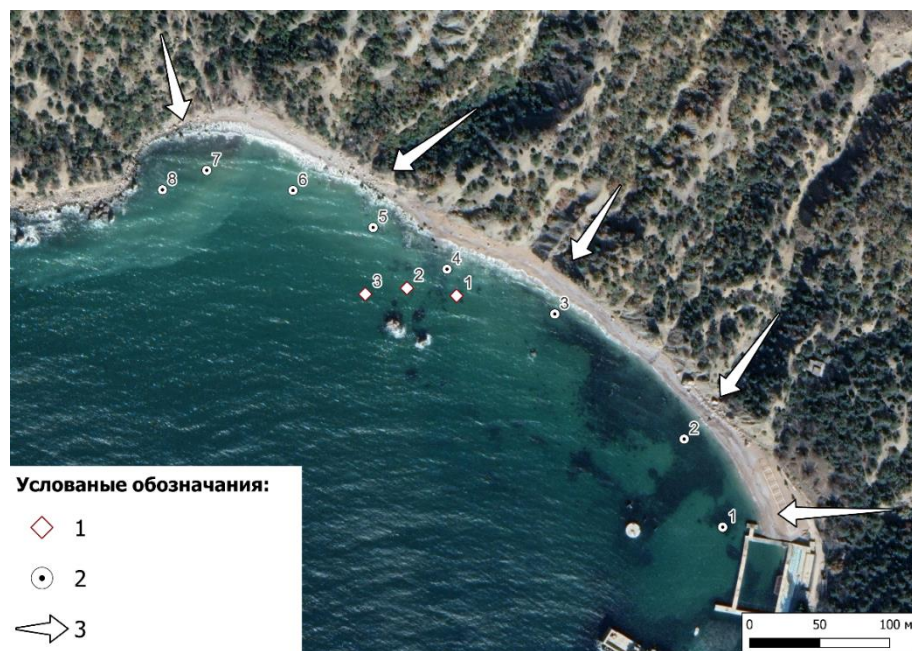
Рис. 2. Коричневая бактериальная слизь на поверхности пляжной бактериальной постройки.

Составлено авторами.



За период с 2004 по 2023 гг. на поверхности построек в разные временные периоды наблюдалось от 8 до 20 точек выделения газа. Выходы пузырьков приурочены к отверстиям диаметром 2.0–4.0 мм [15]. Внутри некоторых каналов отмечаются кружки валиков белой бактериальной слизи. Отдельные выходы находятся на поверхности песка, где струйки газа образуют углубления. При их раскопках установлено, что флюид поступает из скальных пород постройки. В конгломератовом материале построек и перекрывающем их песке, присутствует диффузный газ. Это было установлено при отборе образцов с построек и при проведении раскопок сипов от песка.

Опробование газа на состав производился из сипа, расположенного в центре срединной зоны (рис. 3). Для этой цели было сконструировано специальное оборудование. К плоской крышке химической посуды приклеивалась крышка. В неё вкручивался фармацевтический флакон объемом 100 мл. Эта конструкция позволяла взять пробу газа в 2.0 см от его выхода из сипа. После его заполнения газом, пузырек свинчивался с оборудования. Сразу затыкался пробкой и закручивался крышкой. Все операции выполнялись под водой около выходов газа. Время заполнения пузырька составляло 1.0–15.0 минут. Всего было отобрано двенадцать проб.



Условные обозначения: 1 — сипы, в которых проводились замеры объемов газа и солености воды (Т.Н.1, 2, 3), из точки Т.Н. 2 флюид анализировался на состав газов; 2 — точки опробования на соленость воды (Т.Н.Б); 3 — направление движения поверхностного стоков оврагов.

Рис. 3. Места отбора проб газа и воды в бухте Ласпи.

Составлено авторами.



ФЛЮИДЫ ХОЛОДНЫХ СИПОВ И ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПЛЯЖНЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОСТРОЕК В БУХТЕ ЛАСПИ  
(ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА)

---

Анализы состава газов были выполнены в лаборатории МГУ имени М.В. Ломоносова на газовых хроматографах «Хроматэк-Кристалл 5000», оснащенных пламенно-ионизационными (ПИД) детекторами и детектором по теплопроводности (ДТП). На хроматограммах осуществлялась идентификация пиков насыщенных углеводородов (УВ) —  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ,  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ , и ненасыщенных (непредельных) —  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ ,  $\text{C}_4\text{H}_8$ . Дополнительно определялись содержания  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$  и He. Контроль измерений осуществлялся двукратным повторением ввода пробы. Расчет содержаний газовых компонентов выполнялся по стандартным концентрациям аттестованных газовых смесей с разными концентрациями УВ и не-УВ соединений (производство «Мониторинг», г. Санкт-Петербург).

Замеры рН проводились на дне бухты у центров выходов газа и на удалении от сипов. Измерения выполнялись прибором Inolab рН/ION Level-2 (Германия).

Исследование по присутствию во флюидах водных растворов производилось над выходами газов. Вода для анализов отбиралась в 0,5л бутылки у самого дна. В разные дни над сипом центральной бактериальной постройки было отобрано 15 проб. Для сравнения была выполнена гидрохимическая съемка дна прибрежной части бухты Ласпи. Особое внимание при опробовании уделялось выходам у берега овражной сети, где, предположительно, мог находиться поверхностный подземный сток (рис. 3). Дополнительно отбирались пробы воды на расстоянии 0.5 и 1.0 м от пузырьковых выходов газа.

Анализ проб воды на сухой остаток осуществлялся в лаборатории Филиала МГУ в Севастополе. Для анализов использовалось 100 мл воды. Она фильтровалась на мембранном фильтре Д-45 и выпаривалась в сушильном шкафу при температуре  $80^\circ\text{C}$ . Остывание стакана происходило в эксикаторе в течение 90-100 минут. Стакан с сухим остатком взвешивался на весах SCAL TEC-SBC-45. Ошибка измерения составляет 0.001 г. По массе сухого остатка вычислялась соленость.

Определения изотопного состава  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  были выполнены в лабораториях ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, г. Миасс и КФУ ИГиНТ, г. Казань. Исследование осуществлялось масс-спектрометрическим методом измерения изотопных отношений (IRMS) на приборе Deltaplus Advantage. Масс-спектрометр сопряжен с элементным анализатором EA Flash1112 и высокотемпературным конвектором TC/EA. При измерении использовались стандарты NBS-19, NBS-18, IAEA-C-3. Ошибка измерений составляла меньше 0,15‰ VPDB. Было проанализировано шесть проб.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Результаты исследования флюидов.** Первые анализы газового состава флюидов холодных сипов бухты Ласпи, были выполнены в 2013 г. Исходя из возможностей лабораторной базы, они были проанализированы только на углеводороды [16]. При этом было установлено, что кроме метана, пропана и этана в состав флюидов входят другие газы. Их содержание составляло 36.7–44.2%. Было высказано предположение, что не определенные газы представлены азотом, сероводородом, углекислым газом и инертными газами [13]. Анализы проб,

отобранных авторами в 2022 и 2023 гг., подтвердили эту гипотезу. Результаты анализов состава газов флюидов приведены в таблицах 1 и 2. Наиболее высокие содержания характерны для метана (55.74–61.18 %). Суммарная концентрация этилена, этана, пропана, пропилена, бутана, изобутана, изопентан и неопентана составляет от 1.0–1.5%. Кроме разнообразных углеводородов, во флюидах были обнаружены азот (9.6–40.1%), кислород (0.27–8.9%), гелий (0.292–1.189%) и углекислый газ (0.099–0.37%). Во всех пробах присутствовал запах серных газов, но у авторов не было возможности определить их состав.

Таблица 1.  
Состав углеводородных газов флюидов холодных сипов бухты Ласпи (в %)

Номер пробы	СН <sub>4</sub>	С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub>	С <sub>2</sub> Н <sub>4</sub> x10 <sup>-6</sup>	С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub>	С <sub>3</sub> Н <sub>6</sub> x10 <sup>-6</sup>	С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub> x10 <sup>-6</sup>	iС <sub>4</sub> Н <sub>10</sub> x10 <sup>-6</sup>	nС <sub>5</sub> Н <sub>12</sub> x10 <sup>-6</sup>	iС <sub>5</sub> Н <sub>12</sub> x10 <sup>-6</sup>
Пр. 1	60.45	1.037	0.818	0.0023	2.45	62.4	520	43.0	138.4
Пр. 3	55.74	0.966	2.36	0.0019	5.28	57.0	401	62.5	133.6
Пр. 4	59.39	1.009	2.07	0.0020	5.11	59.2	418	42.2	134.2
Пр. 5	58.27	0.978	4.32	0.0023	4.69	62.5	494	53.0	140.6
Л.30	58.90	0.847	н.д	0.0018	н.д	47.7	447	54.6	158.7
Л.31	60.19	0.948	н.д	0.0018	н.д	34.7	347	49.5	107.8
Л.33	61.18	0.899	н.д	0.0018	н.д	49.0	438	58.5	161.7
Л.34	57.76	0.983	н.д	0.0018	н.д	68.0	276	158.0	107.3
Л.36	59.10	0.882	н.д	0.0022	н.д	56.0	456	70.0	153.3

Примечание: н.д. — нет данных.

Замеры щелочности были выполнены попутно с взятием проб газа. Над выходом сипа центральной гряды в моменты выбросов пузырьков газа она изменялась от 7.1 до 7.4. В тоже время уровень рН морской воды у поверхности и дна бухты находился в интервале 8.2–8.4.

Таблица 2.  
Состав не углеводородных газов флюидов бухты Ласпи (%)

№ пробы	Пр.1	Пр.3	Пр. 4	Пр.5	Л.30	Л.31	Л.33	Л.34	Л.36
N <sub>2</sub>	23.6	19.1	9.6	16.8	33.6	32.7	31.9	40.1	34.8
O <sub>2</sub>	8.9	7.3	4.8	7.6	6.1	5.2	5.2	0.27	4.3
CO <sub>2</sub>	0.34	0.24	0.26	0.26	0.32	0.28	0.099	0.34	0.37
He	1.009	0.621	0.432	1.189	0.292	0.679	0.606	0.504	0.485

Составлено авторами.

**ФЛЮИДЫ ХОЛОДНЫХ СИПОВ И ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПЛЯЖНЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОСТРОЕК В БУХТЕ ЛАСПИ  
(ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА)**

По результатам проведения гидрохимической съемки дна бухты Ласпи были получены данные о присутствии во флюидах сипов водных растворов с невысокой минерализацией. Для контроля пробы воды отбирались в течение трех дней в 2022г и повторно в 2023г. Основное внимание уделялось сипу, расположенному на поверхности центральной постройки. Отбор воды производился в моменты выбросов пузырьков газа. При многочисленных визуальных наблюдениях не было замечено изменение прозрачности воды или облачных муаров в моменты выходов пузырьков газа. Всего было взято 16 проб над сипом из центральной зоны и по одной из северной и южной построек. Колебания содержания в них солей изменялось от 9.5 до 16.7 г/л (табл. 3).

Таблица 3.

Результаты гидрохимического опробования бухты Ласпи

№	Дата отбора	№ пробы	Время отбора	Точки отбора	Сумма солей, г/л
1	18.09.22	1 – А	11 <sup>00</sup>	Т.Н. 2	12.9
2	18.09.22	2 – А	12 <sup>00</sup>	к С на 0.5 м от Т. 2	18.6
3	18.09.22	4 – А	13 <sup>00</sup>	Т.Н. 2	16.7
4	18.09.22	5 – А	13 <sup>30</sup>	Т.Н.Б. 3	18.8
5	18.09.22	6 – А	14 <sup>00</sup>	Т.Н. 2	9.7
6	18.09.22	7 – А	14 <sup>30</sup>	Т.Н.Б. 3	18.8
7	18.09.22	8 – А	15 <sup>00</sup>	к С на 1.0 м от Т. 2	18.7
8	18.09.22	9 – А	15 <sup>30</sup>	Т.Н. 2	13.2
9	21.09.22	12-А	10	Т.Н. 2	9.2
10	21.09.22	13-А	10 <sup>30</sup>	к Ю на 0.5 м от Т.2	18.8
11	21.09.22	14 – А	11 <sup>00</sup>	Т.Н. 2	14.7
12	21.09.22	15 – А	12 <sup>00</sup>	Т.Н. 2	12.3
13	21.09.22	17 – А	12 <sup>15</sup>	Т.Н.Б. 6	18.7
14	21.09.22	18 – А	12 <sup>20</sup>	Т.Н.Б. 7	18.8
15	21.09.22	21- А	12 <sup>50</sup>	Т.Н.Б. 4	18.8
16	21.09.22	11 – А	13	Т.Н. 3	15.2
17	21.09.22	12 – А	13 <sup>30</sup>	к Ю на 0.5 м от Т. 3	18.6
18	21.09.22	13-А	14	Т.Н. 2	9.8
19	02.10.22	2	10 <sup>40</sup>	Т.Н. 2	14.7
20	02.10.22	3	11 <sup>30</sup>	Т.Н. 2	6.8
21	02.10.22	4	12 <sup>00</sup>	Т.Н.Б. 5	18.8
22	02.10.22	5	12 <sup>10</sup>	Т.Н.Б. 3	18.6
23	11.09.23	50	12 <sup>00</sup>	Т.Н.2	12.6
24	11.09.23	52	14 <sup>00</sup>	Т.Н.2	10.6
25	11.09.23	53	14 <sup>30</sup>	Т.Н.Б.3	18.7

Составлено авторами.

Для сравнения были отобраны четыре пробы воды к югу и северу от выходов газа на расстоянии полметра и метра. Они имели солёность 18.6–18.8 г/л (табл. 3). Подобные содержания солей характерны для вод, отобранных на

продолжении поверхностной овражной сети. У этих семи проб показатель солености изменялся от 18.5 до 18.8 г/л. Полученные результаты доказывают, что опресненные воды сипов не имеют связи с поверхностными водами склонов бухты Ласпи.

**Изотопный состав карбонатов из бактериальных построек.** С целью установить генезис и источник образования карбонатов были выполнены анализы изотопного состава углерода и кислорода аутигенного кальцита цемента, терригенного материала постройки, ракушечного материала мителястеров и серпулид. Для контроля материалы проб делились на две части и анализировались в двух лабораториях. Результаты анализов приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Данные результатов изотопного состава углерода и кислорода карбонатного материала

№	Номер пробы	Характеристика породы	$\delta^{13}\text{C}$ (VPDB), ‰	$\delta^{18}\text{O}$ (VPDB), ‰
1	Л-414 <sup>1</sup>	Аутигенный карбонат цемента	-20,83	-2.20
2	Л-415 <sup>1</sup>	Терригенный материал, цементируемый аутигенным карбонатом	-3,36	-2.08
3	Л- 412 <sup>2</sup>	Створки ракушек мителястеров	-9,96	-0.65
4	Л- 413 <sup>2</sup>	Раковины серпулид	-3,58	-0.35
5	Л – 414 <sup>2</sup>	Аутигенный карбонат цемента	-20,92	-2.08
6	Л – 415 <sup>2</sup>	Терригенный материал, цементируемый аутигенным карбонатом	-7,60	-2.18

*Примечание:* анализы проб Л-414<sup>1</sup> были выполнены в лаборатории КФУ ИГиНТ г. Казани; пробы Л – 414<sup>2</sup> были проанализированы в лаборатории ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН г. Миасс.

Составлено авторами.

Данные анализов карбонатного цемента подтвердили наше предположение, что его образование связано с жизнедеятельностью метанотрофных прокариот и архей. Значения содержаний  $\delta^{13}\text{C}$  в пробах составляет -20.93 ‰ и -20.83‰.

Отмечается разница в анализах пробы терригенного материала постройки, которые были выполнены двух различных лабораториях. Изотопный состав углерода в пробе, которая анализировалась в ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, имеет значение -7.60 ‰, а в КФУ ИГиНТ этот материал характеризуется – 3.36 ‰ (Табл. 4).

Облегченный состав  $\delta^{13}\text{C}$  был выявлен у раковин мителястеров (-9.96‰) и серпулид (-3.58‰), чем они отличаются от подобных образований в прибрежной зоне Черного моря (Табл. 4).

Изотопный состав кислорода (PDB) в аутигенных карбонатах -2.20 и -2.08‰, а для терригенного материала цемента -2.18 и -2.08‰. Данные результаты резко

ФЛЮИДЫ ХОЛОДНЫХ СИПОВ И ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПЛЯЖНЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОСТРОЕК В БУХТЕ ЛАСПИ  
(ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА)

---

отличается по составу от поверхностных вод Черного моря и сульфатов морской воды. Более тяжелым составом характеризуется кислород карбоната раковин мителастеров (-0.65‰) и серпулид (-0.35‰) (Табл. 4).

**Уникальность флюидного состава холодных сипов бухты Ласпи.** Большинство газовых струй сипов находится на больших глубинах мирового океана. Единичные кратковременные наблюдения за ними производились с помощью подводных аппаратов и геофизическими методами [9, 10, 21]. Они связаны со значительными затратами, а изучение объемов выбросов газа совершалось в основном с помощью теоритических расчетов [9, 10]. В бухте Ласпи отсутствуют такие сложности. Поэтому исследования можно проводить круглые сутки и круглогодично, но, к сожалению, по техническим причинам они проводились только в летний период и в отдельные дни.

За период наблюдения установлено, что выбросы газов в бухте Ласпи имеют непостоянный пульсирующий характер с некоторой периодичностью [15]. Дебит сипов изменялся в течение дня почти в два раза. Наиболее значительные объемы выбросов наблюдались у газовых струй на центральной постройке. С пузырьковой деятельностью связано поступление диффузного газа в бактериальные постройки и окружающий песок. За время наблюдения поступление пузырьков газа происходило в спокойном режиме. На кратковременные значительные выбросы метана и сернистых газов в бухте Ласпи, возможно, указывают заморы крупной рыбы у побережья. Это иногда наблюдали местные рыбаки в осенний и зимний периоды. Можно предположить, что объемы поступления флюидов резко возрастут в периоды сейсмической активности. Во время Крымского землетрясения 1927 года описываются возгорания газа стометровыми факелами над поверхностью моря [22].

Выходы газа в Ласпи приурочены к зоне Берегового разлома, который является линией раздела поднятия Горного Крыма и опускания бухты. На значительные амплитуды нетектонических движений указывают фрагменты террас на берегу бухты Ласпи [23]. Современная дегазация связана с сейсмическими процессами на Форосском выступе, где отмечаются гипоцентры землетрясений [24].

Объемы выбросов газов в бухте Ласпи сопровождаются неодинаковым составом флюидов, который имеет многокомпонентный газовый состав. По данным опробования его состав изменяется в течение нескольких часов (табл. 1, 2). В пробах преобладают концентрации метана. Кроме этого, во флюидах присутствуют тяжелые углеводороды, азот, кислород, углекислый газ и гелий (табл. 2). Во флюидах не выявляются взаимосвязи между отдельными газами, что, возможно, связано с незначительным количеством анализов для статистической обработки.

Содержания газов во флюиде контролируются соотношением их молекулярных весов. Можно выделить два ряда таких соотношений. Первый ряд можно представить в следующем виде [(молекулярный вес) формула соединения (содержания в %)]:

(16)CH<sub>4</sub>(55,7– 61,2); (28)N<sub>2</sub>(9,6–40,1); (32)O<sub>2</sub>(0,27–8,9); (44)CO<sub>2</sub>(0,099– 0,37). Второй ряд включает инертные газы и тяжелые углеводороды и представлен:

(4)He(0,292–1,189); (28)C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(0,97– 1,03); (44)C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>(0,0019–0,0023); (58)C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>(0,0004–0,0005); (72)C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>(0,00017–0,00037). В приведенных

соотношениях хорошо видно, чем тяжелее молекулярный вес газа, тем меньше его содержание во флюидах.

По составу флюиды бухты Ласпи имеют сходство с газами источника Аджису (Черные воды), который расположен в зоне Севастопольско-Ульяновского разлома в породах таврической серии [25]. Вместе с водой из источника поступает газ в объеме около 1.5 л/сут. В его состав входят метан - 23%, тяжелые углеводороды - 0.91%, углекислый газ - 0.4%, сероводород - 0.1%, кислород - 1.8%, азот - 72%, кроме этого в нем отмечается гелий, неон, аргон и ксенон [25]. Газовый состав флюидов Ласпи имеет подобие с пузырьками газа бухты Очеретай. В тоже время наблюдаются некоторые различия в содержаниях азота и углекислого газа (9.2–28.4%) [12]. Возможно, флюиды бухты Ласпи не всегда сохраняют такой состав. Он может меняться во времени, что, подтверждают результаты многолетних наблюдений за газами грязевых вулканов суши [26].

Доказательством связи флюидов бухты Ласпи с эндогенными процессами является наличие в них  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{N}_2$  и  $\text{He}$ . Похожий набор газов имеют холодные сипы и грязевые вулканы [9, 21, 26, 27]. Они также характеризуются довольно непостоянным составом и объемами выбросов. Похожее разнообразие газов во флюидах было выявлено при изучении газовых включений в гераклитах, кварцевых и кальцитовых жилах Крыма и ряда месторождений [9, 28, 29, 30]. При их изучении была установлена связь флюидов с магматическими очагами гипабиссального уровня. Для них характерна парогазовую смесь, которая представлена:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{CH}_4$  [2, 3, 28, 29, 31]. Похожий состав газов флюидов бухты Ласпи подтверждают эндогенную природу их образования. Возможно, часть углеводородов имеют термогенную природу за счет прогрета осадочной толщи флюидами, на это указывают данные изотопов углерода метана (-35,22‰) [33]. Преобладание высоких содержаний метана и азота над концентрациями  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$  во флюидах, свидетельствует о восстановительной среде в местах выходов флюидов [28, 31].

Несколько неожиданным фактом является присутствие в составе флюида довольно высоких содержаний кислорода. Его содержания в общей массе земной коры составляет 46.1 - 49.1%. Вероятно, на глубинах недр существуют условия для реакций высвобождения кислорода из кристаллических решеток минералов. Подобное предположение, о глубинном поступлении его в атмосферу за счет переработки базальтов в граниты, было обосновано в работах Ф.А. Летникова [2].

Необходимо отметить, что флюиды бухты Ласпи по разнообразию газов имеют некоторое отличие от подобных холодных сипов Черного моря и грязевых вулканов [9, 11, 21, 26, 32]. По данным опробования факелов сипов Днепровского каньона, в состав флюидов входили следующие газы: метан (94.9–99.0%), азот (0.17–5.10%), углекислый газ (0.00–0.90%) и водород (0.00–0.25%) [32]. Исследователи отмечали, что пробы, отобранные на большей глубине, характеризуются более высокими содержаниями в них метана [9, 32]. С чем связаны значительные содержания метана в пробах, отобранных на больших глубинах? Авторы считают, что это объясняется методикой опробования. Обычно для взятия проб использовалось пробоотборник объемом несколько литров. Сам отбор газа занимал значительный временной

ФЛЮИДЫ ХОЛОДНЫХ СИПОВ И ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПЛЯЖНЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОСТРОЕК В БУХТЕ ЛАСПИ  
(ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА)

---

интервал. За этот период времени в емкости происходило разделение смеси газа по весу, а часть его растворялась в воде. Поскольку материал для анализа брали из верхней части емкости, то в неё попадал в основном метан. Подобные результаты были у авторов при взятии первых проб большими емкостями в 2013 г. [16]. Отбор газа занимал от 38 до 40 минут, а содержания метана в анализах изменялось от 81.9 до 91.9%. Наблюдалась зависимость, чем больше время опробования, тем выше концентрации метана [16].

В настоящее время в науке устоялось мнение, что флюиды из сипов представлены в основном метаном и несколькими процентами других газов [9, 32, 33]. Поэтому, все основные расчеты и исследования связаны с изучением свойств не газовой смеси, а метана. Флюид, по результатам наших анализов, содержит различные газы. Эта газовая смесь резко отличается по физико-химическим свойствам от чистого метана. Только этим можно объяснить существование пузырьков флюида на глубине свыше нескольких километров. Там по теоретическим расчетам температуры и давления пузырьки метана должны были существовать в виде газогидратов [10]. При отрыве пузырька от дна, давление в нем значительно выше водного столба. При поднятии к поверхности происходит уменьшение давления. Это должно сопровождаться увеличением размеров пузырьков, но наблюдениям большинство газовых струй не доходят до границы морской поверхности с атмосферой [9, 10]. Это можно объяснить изменением состава флюида при подъеме в водной толще за счет растворения некоторых газов.

По данным гидрохимической съемки дна бухты Ласпи было установлено, что средняя соленость морской воды изменяется в интервале от 18.5 до 18.8‰ (табл. 3), что характерно для прибрежной части Черного моря. Нет значительных различий солености в центральной части и береговой зоне у выходов оврагов. Подобные результаты были получены исследователями с помощью зонда RCM 9 LW AANDERAA INSTRUMENTS (Норвегия), который был установлен на высоте полметра от дна над выходом сипа. По их замерам содержание солей в воде в течение суток изменялось всего от 18.26 до 18.34‰ [34]. Совсем другие показатели пробы воды, взятые из устьев сипов во время выбросов газа. В них соленость изменялась от 9.5 до 16.7‰ (табл. 3). Пробы отбирались в разные дни с периодичностью через час. Хаотическое распределение в них содержаний связано с импульсным поступлением растворов. Объемы их выбросов не значительны, что делает их выявление затруднительным. Это доказывают данные проб, которые были взяты на расстоянии 0.5 и 1.0 м от центра выходов газа (табл. 3). Не заметили присутствие опресненных вод исследования с помощью зонда RCM 9 LW [34].

При выбросах из сипов газов и растворов визуально не наблюдалось изменение мутности воды, которую часто описывают при поступлении опресненной воды. Возможно, её проявление зафиксировали московские исследователи. У них на графике кривая мутности имеет пилообразную форму [34, (Рис. 7, стр. 5)].

Водные растворы сипов бухты Ласпи взаимосвязаны с газовыми флюидами и имеют общую импульсную природу выбросов и единый генезис образования. По объемам выбросов и минерализации растворы из сипов бухты Ласпи не отличаются от сопочных вод грязевых вулканов. Вода из них характеризуется содержанием

солей от 3.8 до 12.4‰ [9, 26]. Незначительные объемы выбросов растворов из грифонов грязевых вулканов часто высыхают на солнце.

Некоторые исследователи метана бухты Ласпи, высказывали предположение о связи газового потока с субмариной разгрузкой поверхностных вод [33]. Они проводили исследования по их поиску. Результаты работ были отрицательными [34]. На некотором расстоянии имеется несколько выходов субмариных вод, которые не имеют связи с бухтой Ласпи. Особенно крупные их выходы находятся на мысе Айя. За все время наблюдения за ними, исследователи не наблюдали каких либо выходов газов с водными потоками из карстовых пустот [35].

Дно бухты Ласпи и ее берега сложены глинистыми алевролитами и аргиллитами таврической свиты. Они имеют северо-западное и северо-восточное падение [15, 17]. При таком залегании пород в бухту могут стекать только временные водотоки, которые связаны с выпадением осадков. Значительные углы наклона дневной поверхности Ласпинского амфитеатра и кратковременные периоды выпадения осадков не позволяют создать запас воды для круглогодичного функционирования подземного стока субмариной разгрузки. В верхней части Ласпинской долины находятся источники. Они всегда пересыхают в жаркий период, а их сток теряется в верхней части долины. На трудности с водоснабжением оздоровительных заведений в этом районе писалось в отчетах многих гидрогеологов [17]. Поэтому трудно поверить в существование субмариных вод на дне бухты Ласпи, которые пытаются обнаружить исследователи [33, 34]. Но даже, если бы они существовали, с геологической точки зрения сложно объяснить взаимосвязь совместного выхода глубинных флюидов и вод поверхностного стока. Поступление газов сопровождается периодическим импульсным давлением недр, а дебит субмариных вод постоянным расходом поверхностного стока.

Результаты исследований подтвердили наше первичное предположение, что флюидные потоки в бухте Ласпи имеют эндогенную природу образования [13]. Впервые было установлено, что они имеют многокомпонентный газовый состав с присутствием холодных растворов. На глубинный генезис формирования флюидов указывают следующие признаки: приуроченность их выходов к зоне пересечения разломов; периодичность и пульсирующий характер поступления; непостоянство объёмов выбросов и состава газов; присутствие метана, этана, пропана, этилена, пропилена, бутана, пентана, азота, углекислого газа, гелия и сероводорода; тяжёлый изотопный состав углерода; наличие водных растворов и повышенные содержания Ni, Co, Zn, Cu Mn и V в карбонатном цементе построек [13]. Возможно, в будущем подобный состав флюидов будет установлен для многих сипов, которые находятся в прибрежных и глубоководных частях морей и океанов.

**Особенности бактериальных пляжных построек бухты Ласпи.** Впервые карбонатные строения около выходов углеводородных струй были обнаружены в северо-восточной части Тихого океана [6]. Позднее они были найдены на поверхности дна во многих морях всех океанов и на озере Байкал рядом с поступлением метана [7, 8, 9, 19, 11, 20, 21]. Гряды пляжных бактериальных построек являются уникальными объектами бухты Ласпи. Их подробное описание приводится в наших первых работах и в начале статьи [15, 16]. Они имеют довольно



ФЛЮИДЫ ХОЛОДНЫХ СИПОВ И ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПЛЯЖНЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОСТРОЕК В БУХТЕ ЛАСПИ  
(ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА)

---

оригинальную форму, чем отличаются от трубчатых или плоских построек Черного моря [9, 21, 32, 36]. Такие различия связаны с формированием пляжных построек на мелководье в зоне постоянного воздействия волн. Образования, похожие на ласпинские строения, наблюдали в заливе Ярылгач Черного моря. Это песчано-глинистые конусовидные постройки, которые имели высоту и диаметр до 0.5-0.7 м. Над ними наблюдались периодические выбросы газа [36]. Более детально подобные строения изучены в Каспийском море. Они встречаются в шельфовой зоне северного Каспия и между полуостровами Апшерон и Челекен [37]. В местах выходов газовых флюидов образуются бугры конусовидной формы и комковатые холмы. Постройки встречаются в виде единичных строений, но чаще образуют грядообразные формы, приуроченные к разрывным нарушениям. Они сложены терригенным материалом, который цементирован кальцитом. В конгломератовидной породе встречаются оолиты, глобулы пирита и черные включения органического вещества [37]. Из-за карбонатного цемента это довольно прочные образования и их сложно опробовать [37]. Шпалеобразные и плоские постройки покрыты водорослями, болянусами и скоплениями митилиастеров [37]. Похожий биоценоз обрастания характерен для пляжных бактериальных построек Ласпи.

В настоящее время не все исследователи признают, что выходы газа в бухте Ласпи приурочены к бактериальным постройкам. Некоторые из них считают, что многочисленные струйки газа выходят из дырчатых образований «скальных выходов», которые им не удалось опробовать с помощью трубчатого пробоотборника и акриловой грунтовой трубкой с вакуумным затвором [33]. В прибрежной части бухты много глыб юрских мраморовидных известняков, которые слагают скальные обрывы ласпинского амфитеатра. Но, в коренных обнажениях склонов отсутствуют выходы конгломератов, подобные пляжным постройкам. Как было сказано выше, создание «скальных выходов» пляжных конгломератов связано с современными процессами образования карбонатного цемента сообществом архей и бактерий. Существование микроорганизмов по переработке метана было предсказано в наших первых работах [15]. В настоящее время в песчаных отложениях рядом с постройками выявлены серо окисляющие эпсилон-протеобактерии семейства Thiovulaceae, Desulfobacteraceae и консорциумом ANME-2 архей, осуществляющие анаэробное окисление метана, а также аэробные метанотрофы Methylococcales, Methylobacter, Methylomonas и Methylicorpusculum. Последний вид бактерий встречается в осадках пресных водоемов [14]. Существование одновременно аэробных, анаэробных и пресноводных условий, возможно только во внутренней части постройки или у выходов флюидов, которые содержат сернистые газы, кислород и опресненные воды.

Авторов статьи удивляет факт, что исследователи Института биологии южных морей имени А.О.Ковалевского РАН (ИБЮМ) «не обнаружили каких либо признаков развития микроорганизмов (микробные пленки, нити, обрастания и т.д.), подобных тем, которые описаны в работе Лысенко и Шика» [33, С. 747)]. В своих работах исследователи ИБЮМа дают характеристику находкам бактериальных матов хлопковидных выделений белого цвета, которые они обнаружили в

Херсонесской, Голубой и Мраморной бухтах [14, 33]. Подобные выделения они искали в бухте Ласпи, но не нашли. Выше упоминалось, что нитевидный белый налет слизи иногда встречается в виде полосок обрастания в трубочках выходов газа. Из-за незначительных размеров заметить их довольно сложно.

Бактериальные обрастания метанотрофных прокариот и архей не обладают белой окраской. Это было установлено на образцах бактериальных трубчатых строений, которые были подняты с больших глубин Черного моря. Бактериальное обрастание имело коричнево-черную, коричневатую-оранжевую, розовато-оранжевую и оранжевую окраску [38]. Подобную цветовую гамму имеют бактериальные маты на постройках бухты Ласпи. Их сложно заметить даже на расстоянии меньше метра. Бактериальное обрастание на поверхности построек маскируется не только цветом, но и наличием зарослей водорослей. Бактериальная слизь хорошо просматривается на образцах, отбитых от постройки (Рис. 2).

Сообщества архей и бактерий из метана и сероводорода создают не только органическое вещество, но производят карбонат и сульфиды [7, 19]. Наличие органики и сульфидов хорошо видно на поверхности свежих сколов образцов построек. Черная органика хорошо сгорает в пламени горелки, а микроточки сульфидов окисляются на воздухе до гидроокислов железа. Подобная сульфидная минерализация описывается исследователями при характеристике современных и древних карбонатов просачивания углеводородов [8, 19, 20].

Дополнительным доказательством жизнедеятельности прокариот и архей являются замеры щелочности среды около выходов сипов. В морской воде рН изменяется от 8.2 до 8.4, а над центрами сипов от 7.1 до 7.4. Сходное изменение кислотности до 6.57– 7.43 наблюдали исследователи в местах выходов флюидов в бухте Очеретай, где одновременно с этим явлением увеличивались содержания  $\text{CO}_2$  и  $\text{HCO}_3^-$  [12]. Повышение кислотности около выходов пузырьков газа связано с биохимическими реакциями по переработке метана сообществом прокариот. Это было установлено при проведении биохимических опытов по жизнедеятельности архей и бактерий. Во время переработки ими метана в растворе происходило изменение кислотности среды [39].

Данные изотопного состава углерода и кислорода часто являются материалом для расшифровки генезиса формирования карбоната в постройках. Результаты опробования кальцита цемента на  $\delta^{13}\text{C}$  (-20.93; -20.83‰) свидетельствуют о том, что для его образования сообщества прокариот и архей использовали метан из флюидов сипов (табл. 3). Он характеризуется более тяжелым изотопным составом углерода, чем аутигенные карбонаты плит и трубчатых строений Черного моря (от -35 до -46‰) [32]. Это связано с разным генезисом метана, который использовался для переработки. Изотопная разница между  $\delta^{13}\text{C}$  карбоната и метана Ласпи составляет -14.3‰, что примерно соответствует подобным результатам по Черному морю [32]. Изотопный состав углерода карбоната пляжных построек имеет одинаковое значение с подобными образованиями Каспийского моря, что можно объяснить использованием прокариотами флюидов одинакового генезиса [37].

В пробах терригенного материала постройки наблюдаются некоторые различия в составе  $\delta^{13}\text{C}$ . Первый анализ характеризуется тяжелым углеродом -3.36‰, а

ФЛЮИДЫ ХОЛОДНЫХ СИПОВ И ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПЛЯЖНЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОСТРОЕК В БУХТЕ ЛАСПИ  
(ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА)

---

второй более легким  $-7.61\%$ . С чем связаны такие различия? В пробах присутствовал мелко песчаный материал верхнеюрских известняков, у которых изотопный состав углерода находился в интервале от  $+1.8$  до  $+3.4\%$  [40]. Выделить из этих проб аутигенный карбонатный материал не удалось, но результаты показали его присутствие.

Изотопный состав кислорода часто указывает на источник образования карбоната. Значения  $\delta^{18}\text{O}$  в анализах аутигенного карбонатного материала цемента построек составляет  $-2.47$  и  $-2.08\%$  (VPD) (Табл. 3). Их изотопный состав беднее  $\delta^{18}\text{O}$ , чем карбонатные плиты построек больших глубин Черного моря [32]. Карбонат пляжных построек сильно отличается по изотопному составу от воды (от  $-32.3$  до  $-32.8\%$ ) в прибрежной зоне Черного моря и кислорода сульфатов (от  $-15.5$  до  $-20.0\%$ ). Ближе всего к значениям  $\delta^{18}\text{O}$  цемента построек подходят данные об иловых водах придонных осадков (от  $-0.5$  до  $-3.2\%$ ) [32]. В бухте Ласпи постройка находится на коренных породах таврической серии и в них отсутствуют иловые воды. Поэтому можно предположить, что для создания построек сообщества архей и бактерий используют кислород флюидов или водных растворов.

Для вычисления температуры создания карбоната построек использовалась формула G. Y. Craig и L. J. Gordon [41].

$$T\text{ }^{\circ}\text{C} = 16,0 - 4,14 \cdot (\delta^{18}\text{O}_{\text{карб}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O SMOW}}) + 0,13 \cdot (\delta^{18}\text{O}_{\text{карб}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O SMOW}})^2$$

Вычисленная температура, образования карбонатного вещества построек, находится в интервале  $17.9 - 18.4^{\circ}\text{C}$ . Возможно, такой температурный режим связан с поступлением водных растворов, которые характеризуются средней температурой пород дна бухты.

Пляжные бактериальные постройки Ласпи покрыты растительностью, колониями моллюсков митилястеров, а также там встречаются болянусы, серпулиды и полихеты [23]. Симбиоз фауны с сообществом архей и бактерий подтверждают анализы изотопного состава створок митилястеров и раковин серпулид. Более легкий состав  $\delta^{13}\text{C}$  характерен для митилястеров  $-9.96\%$ , а более тяжелый у серпулид  $-3.58\%$  (Табл. 3). Эти данные свидетельствуют об их связи с микромиром по использованию органики прокариот. Подтверждением такого симбиоза являются находки исследователями *Methyloprofundus*, у которых установлены эндо симбиотические связи с мидиями [14].

Значения изотопного состава кислорода карбонатов митилястеров и серпулид отличаются от подобных содержаний ракушечного материала прибрежной части Черного моря (Табл. 3). Возможно, это связано с поступлением пресноводных растворов холодных сипов.

Температурный режим формирования арагонитовых раковин митилястеров и серпулид был рассчитан по формуле, предложенной E. L. Grossman и T. -L. Ku [41].

$$T\text{ }^{\circ}\text{C} = 20,6 - 4,34 \cdot (\delta^{18}\text{O}_{\text{карб}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{воды SMOW}}).$$

По расчётам температура образования раковин митилястеров составляет  $+15.4^{\circ}\text{C}$ , а серпулид  $+14.2^{\circ}\text{C}$ . Это благоприятным условием для их роста. Температурные данные объясняют более легкий изотопный состав углерода и кислорода у митилястеров и более тяжелый у серпулид, что связано с разными

способами их питания. Изотопный состав углерода и кислорода ракушечного материала фауны подтверждает их взаимосвязь с сообществом прокариот.

Результаты наших исследований подтвердили, что образование пляжных бактериальных построек связано с деятельностью сообществ бактерий и архей по переработке метана. На их участие в создании цемента указывают следующие признаки: повышенные содержания в карбонате фосфора и стронция; наличие органического вещества; сферолитовые образования карбонатов; микроточки сульфидов; присутствие метанотрофных бактерий и архей; изотопный состав аутигенных карбонатов и существование рядом биоценоза крупной фауны. По этим признакам пляжные бактериальные постройки бухты Ласпи не отличаются от современных и древних аутигенных карбонатных образований на дне морей и океанов [7, 8, 9, 19, 20, 21, 36, 38]. У них разная внешняя форма, но генезис и материал для образования построек одинаковый.

Строения аутигенных карбонатов встречаются во многих морях и океанах, от экватора до полюсов и во временном интервале от палеозоя до наших дней. В научных статьях различных исследователей эти образования имеют разные названия: «карбонаты просачивания углеводородов» (hydrocarbon seeps-carbonates); «метановые морские карбонаты» (methane-derived marine carbonates); «аутигенные карбонаты» (authigenic carbonates); «арагонитовые тротуары» (aragonite sidewalks); «аутигенные карбонатные конкреции» (authigenic carbonate nodules); «конкреции»; «карбонатные новообразования»; «литофикаты»; «аутигенные карбонатные постройки»; «бактериальные карбонатные строения» и «гераклиты» [6, 7, 8, 9, 19, 20, 21, 30, 36, 38]. В этом множестве наименований нет указаний на генезис и состав исходного материала для их формирования. Карбонатный материал построек создан с участием прокариот и архей, поэтому эти образования нужно относить к группе микробиолитов [42]. Их карбонат создан за счет переработки метана, поэтому такие карбонатные создания можно называть метанолитами. Их формирование в различных точках Земли происходило в течение значительного временного интервала. Поэтому, название метанолитов должно сопровождаться указанием их возраста. Пляжные бактериальные постройки бухты Ласпи по этой классификации называются метанолитами голоцена.

## **ВЫВОДЫ**

В результате исследований впервые было установлено, что флюиды в бухте Ласпи имеют многокомпонентный газовый состав с присутствием гелия и водных растворов. По своему многообразию они несколько отличаются от выбросов газов холодных сипов Черного моря и грязевых вулканов. По всем признакам они имеют глубинный генезис, а объемы выбросов и состав флюидов контролируются тектоникой Горного Крыма.

Пляжные бактериальные постройки являются уникальными геолого-биологическими объектами в зоне соприкосновения и взаимодействия литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы. Их формирование происходило за счёт переработки углеводородных флюидов археями и бактериями. По всем признакам

**ФЛЮИДЫ ХОЛОДНЫХ СИПОВ И ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПЛЯЖНЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОСТРОЕК В БУХТЕ ЛАСПИ  
(ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА)**

---

они имеют генетическое родство с современными и древними hydrocarbon seeps-carbonates. Различный внешний вид карбонатных строений бухты Ласпи с другими постройками морей и океанов связан с характером среды и физико-географическими условиями их формирования. Цемент пляжных построек сформирован прокариотами, поэтому они относятся к микробиолитам. Образование карбоната шло за счет переработки метана, что позволяет называть их метанолитами голоцена.

Рядом с пляжными постройками Ласпи находятся оазисы бурной жизни растительности и крупной фауны. Подобное наблюдается и в других местах морей и океанов, где идут процессы углеводородной дегазации. Можно предположить, что при детальном обследовании карбонатных аутигенных построек в сероводородной зоне Черного моря на них будут найдены полихеты и другая крупная фауна.

В настоящее время поступление метана в бухте Ласпи носит спокойный характер. Наблюдения за объемами выбросов газов производятся несколько дней в году. По этим данным невозможно установить закономерности и подсчитать объемы их выбросов в атмосферу. В наше время доказано существования связей между дегазацией и тектонической активностью региона [43]. Поступления газов в бухте Ласпи имеют связь с сейсмическими процессами в Южнобережной зоне. Южный берег Крыма относится к восьми бальной сейсмической зоне. В свое время традиционная сейсмология и геофизика пропустили предсказание катастрофических землетрясений в Японии и Турции. Многие исследователи считают, что сейсмический мониторинг не отображает разнообразия процессов в земной коре и является недостаточным для прогноза. У нас имеется возможность создать круглогодичную службу систематических наблюдений за газовыми выходами в бухте Ласпи. Результаты этих наблюдений будут являться дополнительной информацией об изменениях напряжений земной коры. Эти данные могут использоваться для прогноза землетрясений, а результаты мониторинга дегазации позволят более точно оценить объемы выбросов парниковых газов в бухте Ласпи.

### **БЛАГОДАРНОСТИ**

Авторы выражают благодарность Н.В. Шик, заслуженному методисту ГБОУ ДО «Севастопольского центра туризма, краеведения, спорта и экскурсий» за оказанную помощь в отборе проб воды и газа.

### **Список литературы**

1. Loulergue L.; Schilt A.; Spahni R.; Masson-Delmotte V.; Blunier T.; Lemieux B.; Barnola J.-M.; Raynaud D.; Stocker T.F.; Chappellaz J. Orbital and millennial-scale features of atmospheric CH<sub>4</sub> over the past 800,000 years // *Nature*. 2008. Vol. 453. P. 383–386.
2. Летников Ф.А. Сверхглубинные флюидные системы Земли и проблемы рудогенеза // *Геология рудных месторождений*. 2001. Т. 43, № 4. С. 291–307.
3. Дмитриевский А.Н., Валяев Б.М. Углеводородная дегазация через дно океана: локализованные проявления, масштабы, значимость // *Дегазация Земли и генезис углеводородных флюидов*. М.: ГЕОС, 2002. С. 7–36.

4. Сывороткин В.Л. Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. М.: ООО «Геоинфцентр», 2002. 250 с.
5. Dimitrov L., Contribution to atmospheric methane by natural gas seepages on the Bulgarian continental shelf. *Continental Shelf Researches*. 2002. Vol. 22. P. 2429–2442.
6. Hathaway J.C., Degens E.I. Methane derived marine carbonate of pleistocene age // *Science*. 1968. V. 165. P. 690–692.
7. 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.
8. Feng D., Chen D.F., Peckmann J., Bohrmann G., Authigenic carbonates from methane seeps of the northern Congo fan: microbial formation mechanism // *Mar. Pet. Geol.* 2010. V. 27. P. 748–756.
9. Шнюков Е.Ф., Коболев В.П., Пасынков А.А. Газовый вулканизм Черного моря. Киев: «Логос», 2013. 383 с.
10. Егоров В. Н., Артемов С.Б., Гулин С.Б. Метановые сипы в Чёрном море средообразующая и экологическая роль. Севастополь.: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2011. 345 с.
11. Димитров Л.И. Газово-акустические аномалии осадочного чехла Болгарского Черноморского шельфа // Геологическая эволюция западной части Черноморской котловины в неоген – четвертичное время. София.: из-во Болгарской академии наук, 1990. С. 362–380.
12. Лушчик А.В, Морозов В.И, Павкин В.П., Юровский Ю.Г. Особенности формирования подземных вод в западной части Равнинного Крыма (на примере района бухты Очеретай) // *Геол. журн.* 1985. Т. 45, № 3. С. 101–107.
13. Лысенко В.И., Шик Н.В. Дегазация и "карбонатные постройки" в бухте Ласпи (ЮБК) // *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2014. № 1. С. 110–122.
14. Тихонова Е. Н., Тарновецкий И. Ю., Малахова Т. В., Гулин М. Б., Меркель А. Ю., Пименов Н. В. Идентификация аэробных метанооксиляющих бактерий в прибрежных осадках Крымского полуострова // *Микробиология*. 2020. Том 89. № 6. С. 737–747.
15. 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.
16. Лысенко В.И., Шик Н.В. Состав флюидов современной дегазации и процессы карбонатной цементации в пляжной зоне бухты Ласпи (Южный берег Крыма) // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический*. 2015. Том 90. № 1. С. 81–89.
17. Михайловский С.Н. Некоторые сведения о геологическом строении Ласпи // *Крым*. 1927. №1. С. 14–45.
18. Муратов М.В. Краткий очерк геологического строения Крымского полуострова. М.: ГМТИ геологии и охраны недр, 1960. 208 с.
19. Campbell K.A. Hydrocarbon seep and hydrothermal vent paleoenvironments and paleontology: Past developments and future research directions // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2006. Vol. 232. P. 362–407.
20. Birgel D., Feng D., Roberts H. N., Peckmann J. Changing redox conditions at cold seeps as revealed by authigenic carbonates from Alaminos Canyon, northern Gulf of Mexico // *Chem Geol.* 2011. V. 285. P. 82–96.
21. Леин А.Ю. Аутигенное карбонатообразование в океане // *Литология и полезные ископаемые*. 2004. № 1. С. 3–35.
22. Двойченко П.А. Черноморское землетрясение 1927 г. в Крыму // *Природа*. 1928. № 6. С. 523–542.
23. Лысенко В.И., Шик Н.В. Образование карбонатной постройки бухты Ласпи в результате взаимодействия литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы // *Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология*. 2017. Том 3. № 2. С. 266–290.
24. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е. Об энергетической оценке землетрясений Крымско-Черноморского региона // *Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений*. Т. 2. Москва, 1974. С. 113–125.
25. Альбов С.В. Самулева В.И. Районирование и характеристика минеральных вод / *Гидрогеология СССР*. Том 8. Крым. М.: Недра, 1970. С. 263–276.

ФЛЮИДЫ ХОЛОДНЫХ СИПОВ И ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПЛЯЖНЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОСТРОЕК В БУХТЕ ЛАСПИ  
(ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА)

---

26. Шнюков Е.Ф., Шереметьев В.М., Маслаков Н.А., Маслаков Н.А., Кутный В.А., Гусаков И.Н., Трофимов В.В. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. Краснодар: ООО «ГлавМедиа», 2005. 176 с.
27. Макдональд Г. Вулканы. М.: Мир, 1975. 431 с.
28. 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.
29. Наумов В.Б., Миронова О.Ф., Коваленкер В.А., Салазкин А.Н., Русинов В.Л. Магматический азот и его участие в эпигермальном рудообразовании // Докл. РАН. 1992. Т. 322. № 5. С. 973–976.
30. Лысенко В.И. Гераклиты - карбонатные образования газовых источников и грязевых вулканов миоцена // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2008. № 2. С. 128–139.
31. Наумко І.М., Калюжний В.А. Питання флюїдного режиму і дегазації Землі у наукових поглядах М. П. Семененка // Минерал. журн. 1996. Т. 18. № 2. С. 39–45.
32. Леин А.Ю. Потоки метана из холодных метановых сипов Черного и Норвежского морей: количественные оценки // Геохимия. 2005. № 4. С. 438–453.
33. Малахова Т.В., Канапацкий Т.А., Егоров В.Н., Малахова Л.В., Артёмов Ю.Г., Евтушенко Д.Б., Гулин С.Б., Пименов, Н.В. Микробные процессы и генезис струйных газовыделений прибрежных районов Крымского полуострова // Микробиология. 2015. Том 84. № 6. С. 743–752.
34. Будников А. А., Иванова И. Н., Малахова Т. В., Кириллов Е. В. Измерение гидрологических параметров воды над метановым сипом в бухте Ласпи в течение непрерывных *in situ* экспериментов // Учёные записки физического факультета Московского университета. 2019. № 3. Ст. 193090.
35. Кондратьев С.И., Прусов А.В., Юровский Ю.Г. Наблюдения субмаринной разгрузки подземных вод (Южный берег Крыма) // Морской гидрофизический журнал. 2010. № 1. С. 32–45.
36. Геворкян В.Х., Бураков В.И., Исагулова Ю.К., Иванов М.К., Конюхов А.И., Кульницкий Л.М. Газовыделяющие постройки на дне северо-западной части Черного моря // Докл. АН УССР. 1991. №4. С. 80–85.
37. Безродных Ю.П., Делия С. В., Лаврушин В.Ю., Юнин Е.А., Пошибаев В.В., Покровский Б.Г. Газовые сипы на акватории северного Каспия // Литология и полезные ископаемые. 2013. №5. С. 415–425.
38. Шнюков Е.Ф., Леин А.Ю., Егоров В.Н., Клещенко С.А., Гулин С.Б., Артемов Ю.Г., Арсланов Х.А., Кутный В.А., Логвина Е.А. Обнаружение в Черном море глубоководных карбонатных построек биогенного происхождения // ДАН Украины. 2004. № 1. С. 118–122.
39. Лысенко В.И. Экспериментальные работы по возрождению к жизни сообществ архей и бактерий миоцена из гераклитов. // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. 2019. Том 11. № 3. С. 17–41.
40. Рудько С.В., Кузнецов А.Б., Покровский Б.Г. Sr-хемостратиграфия,  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  отложений Крымской карбонатной платформы (поздняя юра, северный Перететис) // Литология и полезные ископаемые. 2017. № 6. С. 58–77.
41. Grossman E.L., Ku T.-L. Oxygen and carbon isotope fractionation in biogenic aragonite: temperature effects // Chem. Geol. 1986. V. 59. P. 59–74.
42. Burne R.V., Moore L.S. Mikrobiolites: Organosedimentary Deposits of Bentic Microbial Communities. Palaios. 1987. V. 3. P. 241–254.
43. Обжиров А.И. Увеличение газовой составляющей при сейсмо-тектонической активизации и участие газа в возникновении землетрясений (Охотское море) // Тихоокеанская геология. 2013. Том 32. № 2. С. 86–89.

**FLUIDS OF COLD SEEP AND FEATURES OF THE FORMATION OF BEACH  
BACTERIAL STRUCTURES IN LASPI BAY (SOUTHERN COAST OF CRIMEA)**

*Lysenko V. I.<sup>1</sup>, Sadykov S. A.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Branch of Moscow State University named after M.V. Lomonosov in Sevastopol, Sevastopol, Russian Federation*

*<sup>2</sup>FBSBI of Science South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology of the Urals Branch of the Russian Academy of Sciences, Miass, Russian Federation*

*E-mail: <sup>1</sup>niagara\_sev@mail.ru, <sup>2</sup>sadykov@mineralogy.ru*

Object of study. Seeps of the underwater coastal slope of Laspi Bay. Research material. Fluids and aqueous solutions of seeps; authigenic cement of carbonate structures. Methods. The composition of gases was determined using a «Chromatek-Kristall 5000» chromatograph with PID and DTP. Water alkalinity measurements were carried out using the inolab pH/ION Level-2 device. A hydrochemical survey of Laspi Bay was completed. The dry residue of sea water was determined by the evaporation method. The glass with the dry residue was weighed on a SCAL TEC-SBC — 45 scale. Determinations of the isotopic composition of carbon and oxygen for authigenic carbonate cement, mitelaster and serpulid shells were performed on a Deltaplus Advantage mass spectrometer with an EA Flash1112 analyzer and a TC/EA high-temperature convector. Results. Gas from seeps enters a series of bubbles in seawater and its diffusion is observed in the material of the beach bacterial structure. Fluids are characterized by a non-constant gas composition even within an hour. It is represented by methane, ethylene, ethane, propane, propylene, butane, isobutane, neopentane, isopentane, nitrogen, oxygen and carbon dioxide. For the first time, the presence of helium and aqueous solutions was established in the fluids of the Black Sea seeps. The content of gases in a fluid is controlled by the ratio of their molecular weights. Aqueous solutions of fluids from the mouths of seeps are characterized by salinity from 9.5 to 16.70/00. In terms of volumes of emissions and mineralization, seep solutions from Laspi Bay have much in common with the muddy waters of mud volcanoes on the Kerch Peninsula. The depth of fluids in Laspi Bay is indicated by the following features: the location of seeps in the fault intersection zone; pulsating nature of the supply of variable volumes of emissions and composition of gases; the presence of methane, ethylene, ethane, propane, propylene, butane, isobutane, neopentane, isopentane, nitrogen, oxygen, helium and carbon dioxide; the presence of aqueous solutions and increased contents of Ni, Co, Zn, Cu Mn and V in the carbonate cement of buildings. Gas releases are confined to the surface of beach bacterial structures. In the sandy sediments next to them, sulfur-oxidizing epsilon-proteobacteria of the family Thiovulaceae, Desulfobacteraceae and the ANME-2 consortium of archaea were identified, carrying out anaerobic oxidation of methane, as well as aerobic methanotrophs Methylococcales, Methylobacter, Methylomonas and Methylicorpusculum. The growths of bacterial fouling on the surface of the building were brown in color. At seep outcrops, the pH of sea water changed from 8.2–8.4 to 7.1–7.4, which indicates biochemical processes of methane oxidation and the formation of carbonate and organic matter. The results of testing calcite cement at  $\delta^{13}\text{C}$  (-20.93 and -20.83‰) indicate that for its formation, communities of prokaryotes and archaea used methane from seep fluids. The participation of prokaryotes



ФЛЮИДЫ ХОЛОДНЫХ СИПОВ И ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПЛЯЖНЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОСТРОЕК В БУХТЕ ЛАСПИ  
(ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА)

---

in the creation of cement is indicated by the following signs: increased contents of phosphorus, strontium and biogenic hydrocarbons in carbonate; spherulitic carbonate formations; sulfide microdots; the presence of methanotrophic bacteria and archaea; isotopic composition of authigenic carbonates and the existence of a nearby biocenosis of large fauna. According to these characteristics, beach bacterial structures do not differ from modern and ancient authigenic carbonate formations on the bottom of seas and oceans. The Laspi buildings are covered with vegetation and are characterized by a rich biocenosis of large fauna. The light  $\delta^{13}\text{C}$  composition of mytilasters (-9.96‰) and serpulids (-3.58‰) indicates their symbiosis with the community of archaea and bacteria. Conclusion. Seep fluids have a multicomponent gas composition with the presence of helium and are accompanied by hydrothermal solutions. They have a deep nature of formation. The volumes of emissions and the composition of fluids are controlled by neotectonic movements of the uplift of the Crimean Mountains. Beach bacterial structures of the underwater coastal slope of Laspi Bay are unique geological and biological objects in the zone of contact and interaction of the lithosphere, hydrosphere, atmosphere and biosphere. The formation of beach bacterial structures occurred due to the processing of hydrocarbon fluids by archaea and bacteria. In many names of bacterial structures there is no indication of the genesis and composition of the starting material for their formation. By education they belong to microbiolites. The creation of carbonate by prokaryotes and archaea was due to the processing of methane. Therefore, the authors propose to call Laspi beach bacterial structures methanolites of the Holocene.

**Keywords:** fluid, methane, nitrogen, helium, aqueous solutions, authigenic carbonates, archaea, hydrocarbon seep carbonates, methanolites.

#### References

1. Loulergue L.; Schilt A.; Spahni R.; Masson-Delmotte V.; Blunier T.; Lemieux B.; Barnola J.-M.; Raynaud D.; Stocker T.F.; Chappellaz J. Orbital and millennial-scale features of atmospheric CH<sub>4</sub> over the past 800,000 years // *Nature*. 2008. Vol. 453. P. 383–386.
2. Letnikov F.A. Sverhglubinnye flyuidnye cictemy Zemli i problemy rudogeneza // *Geologiya rudnyh mestorozhdeniy*. 2001. T. 43, № 4. P. 291–307. (in Russian).
3. Dmitrievskiy A.N., Valyaev B.M. Uglevodorodnaya degazaciya cherez dno okeana: lokalizovannye proyavleniya, masshtaby, znachimost // *Degazaciya Zemli i genezis uglevodorodnyh flyuidov*. M.: GEOS, 2002. P. 7–36. (in Russian).
4. Syvorotkin V.L. Glubinnaya degazaciya Zemli i globalnye katastrofy. M.: OOO «Geoinfcentr», 2002. 250 p. (in Russian).
5. Dimitrov L., Contribution to atmospheric methane by natural gas seepages on the Bulgarian continental shelf. *Continental Shelf Researches*. 2002. Vol. 22. P. 2429–2442.
6. Hathaway J.C., Degens E.I. Methane derived marine carbonate of pleistocene age // *Science*. 1968. V. 165. P. 690–692.
7. 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.
8. Feng D., Chen D.F., Peckmann J., Bohrmann G., Authigenic carbonates from methane seeps of the northern Congo fan: microbial formation mechanism // *Mar. Pet. Geol.* 2010. V. 27. P. 748–756.
9. Shnyukov E.F., Kobolev V.P., Pasyukov A.A. *Gazovyy vulkanizm Chernogo morya*. Kiev: «Logos», 2013. 383 p. (in Russian).
10. Egorov V. N., Artemov S.B., Gulin S.B. Metanovye sipy v Chernom more sredobrazuyushchaya i ekologicheskaya rol. Sevastopol.: NPC «EKOSI-Gidrofizika», 2011. 345 p. (in Russian).

11. Dimitrov L.I. Gazovo-akusticheskie anomalii osadochnogo chekhla Bolgarskogo Chernomorskogo shelfa // *Geologicheskaya evolyuciya zapadnoy chasti Chernomorskoy kotloviny v neogen – chetvertichnoe vremya*. Sofiya.: iz-vo Bolgarskoy akademii nauk, 1990. P. 362–380. (in Russian).
12. Lushchik A.V., Morozov V.I., Pavkin V.P., Yurovskiy Yu.G. Osobennosti formirovaniya podzemnykh vod v zapadnoy chasti Ravninnogo Kryma (na primere rayona buhty Ocheretay) // *Geol. zhurn.* 1985. T. 45, № 3. P. 101–107. (in Russian).
13. Lysenko V.I., Shik N.V. Degazatsiya i "karbonatnye postroyki" v buhte Laspi (YuBK) // *Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana*. 2014. № 1. P. 110–122. (in Russian).
14. Tihonova E. N., Tarnoveckiy I. Yu., Malahova T. V., Gulin M. B., Merkel A. Yu., Pimenov N. V. Identifikatsiya aerobnykh metanokislyayushchih bakteriy v pribrezhnykh osadkakh Krymskogo poluostrova // *Mikrobiologiya*. 2020. Tom 89. № 6. P. 737–747. (in Russian).
15. Lysenko V.I., Shik N.V. Sovremennyye processy obrazovaniya karbonatov, svyazannyye s uglevodorodnoy degazatsiyey, v buhte Laspi (Yuzhnyy bereg Kryma) // *Prostranstvo i Vremya*. 2013. Tom 2. № 12. P. 151–157. (in Russian).
16. Lysenko V.I., Shik N.V. Sostav flyuidov sovremennoy degazatsii i processy karbonatnoy cementatsii v plyazhnoy zone buhty Laspi (Yuzhnyy bereg Kryma) // *Byulleten Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody*. Otdel geologicheskoy. 2015. Tom 90. № 1. P. 81–89. (in Russian).
17. Mihaylovskiy S.N. Nekotorye svedeniya o geologicheskom stroenii Laspi // *Krym*. 1927. №1. P. 14–45. (in Russian).
18. Muratov M.V. Kratkiy ocherk geologicheskogo stroeniya Krymskogo poluostrova. M.: GMTI geologii i ohrany nedr, 1960. 208 s. (in Russian).
19. Campbell K.A. Hydrocarbon seep and hydrothermal vent paleoenvironments and paleontology: Past developments and future research directions // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2006. Vol. 232. P. 362–407.
20. Birgel D., Feng D., Roberts H. H., Peckmann J. Changing redox conditions at cold seeps as revealed by authigenic carbonates from Alaminos Canyon, northern Gulf of Mexico // *Chem Geol.* 2011. V. 285. P. 82–96.
21. Lein A.Yu. Autigennoe karbonatobrazovanie v okeane // *Litologiya i poleznye iskopaemye*. 2004. № 1. P. 3–35. (in Russian).
22. Dvoychenko P.A. Chernomorskoe zemletryasenie 1927 g. v Krymu // *Priroda*. 1928. № 6. P. 523–542. (in Russian).
23. Lysenko V.I., Shik N.V. Obrazovanie karbonatnoy postroyki buhty Laspi v rezultate vzaimodeystviya litosfery, gidrosfery, atmosfery i biosfery // *Uchenye zapiski Krymskogo federalnogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya*. 2017. Tom 3. № 2. P. 266–290. (in Russian).
24. Pustovitenko B.G., Kulchickiy V.E. Ob energeticheskoy ocenke zemletryaseniy Krymsko-Chernomorskogo regiona // *Magnituda i energeticheskaya klassifikatsiya zemletryaseniy*. T. 2. Moskva, 1974. P. 113–125. (in Russian).
25. Albov S.V., Samuleva V.I. Rayonirovanie i harakteristika mineralnykh vod / *Gidrogeologiya SSSR*. Tom 8. Krym. M.: Nedra, 1970. P. 263–276. (in Russian).
26. Shnyukov E.F., Sheremetev V.M., Maslakov N.A., Maslakov N.A., Kutnyy V.A., Gusakov I.N., Trofimov V.V. Gryazevyye vulkany Kerchensko-Tamanskogo regiona. Krasnodar: OOO «GlavMedio», 2005. 176 p. (in Russian).
27. Makdonald G. *Vulkany*. M.: Mir, 1975. 431 p. (in Russian).
28. Gackov I.V., Cimonov V.A., Kovyazin C.V. Evolyuciya fiziko-khimicheskikh papametpov i geokhimicheskikh ocobennoctey magmaticheskikh pacplavov v ppoecce pazvitiya kolchedannykh pudno-magmaticheskikh cictem Pudnogo Altaya i Tuvy // *Geologiya i geofizika*. 2006. T. 47 (12). P. 1360–1370. (in Russian).
29. Naumov V.B., Miponova O.F., Kovalenkep V.A., Calazkin A.N., Pucinov V.L. Magmaticheskyy azot i ego uchastie v epitepmalnom pudoobpazovanii // *Dokl. PAN*. 1992. T. 322. № 5. P. 973–976. (in Russian).
30. Lysenko V.I. Geraklity - karbonatnye obrazovaniya gazovykh istochnikov i gryazevykh vulkanov miocena // *Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana*. 2008. № 2. P. 128–139. (in Russian).
31. Naumko I.M., Kalyuzhniy V.A. Pitannya flyuidnogo rezhimu i degazatsii Zemli u naukovih poglyadah M. P. Semenka // *Mineral. zhurn.* 1996. T. 18. № 2. P. 39–45. (in Russian).

ФЛЮИДЫ ХОЛОДНЫХ СИПОВ И ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПЛЯЖНЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОСТРОЕК В БУХТЕ ЛАСПИ  
(ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА)

---

32. Lein A.Yu. Potoki metana iz holodnyh metanovyh sipov Chernogo i Norvezhskogo morey: kolichestvennye ocenki // Geokhimiya. 2005. № 4. P. 438–453. (in Russian).
33. Malahova T.V., Kanapackiy T.A., Egorov V.N., Malahova L.V., Artemov Yu.G., Evtushenko D.B., Gulin S.B., Pimenov, N.V. Mikrobnye processy i genezis struynyh gazovydeleniy pribrezhnyh rayonov Krymskogo poluostrova // Mikrobiologiya. 2015. Tom 84. № 6. P. 743–752. (in Russian).
34. Budnikov A. A., Ivanova I. N., Malahova T. V., Kirillov E. V. Izmerenie gidrologicheskikh parametrov vody nad metanovym sipom v buhte Laspi v techenie nepreryvnyh in situ eksperimentov // Uchenye zapiski fizicheskogo fakulteta Moskovskogo universiteta. 2019. № 3. St. 193090. (in Russian).
35. Kondratev S.I., Prusov A.V., Yurovskiy Yu.G. Nablyudeniya submarinnoy razgruzki podzemnyh vod (Yuzhnyy bereg Kryma) // Morskoy gidrofizicheskiy zhurnal. 2010. № 1. P. 32–45. (in Russian).
36. Gevorkyan V.H., Burakov V.I., Isagulova Yu.K., Ivanov M.K., Konyuhov A.I., Kulnickiy L.M. Gazovydeyayushchie postroyki na dne severo-zapadnoy chasti Chernogo morya // Dokl. AN USSR. 1991. №4. P. 80–85. (in Russian).
37. Bezrodnyh Yu.P., Deliya S. V., Lavrushin V.Yu., Yunin E.A., Poshibaev V.V., Pokrovskiy B.G. Gazovye sipy na akvatorii severnogo Kaspiya // Litologiya i poleznye iskopaemye. 2013. №5. P. 415–425. (in Russian).
38. Shnyukov E.F., Lein A.Yu., Egorov V.N., Kleshchenko S.A., Gulin S.B., Artemov Yu.G., Arslanov H.A., Kutniy V.A., Logvina E.A. Obnaruzhenie v Chernom more glubokovodnyh karbonatnyh postroek biogenogo proiskhozhdeniya // DAN Ukrainy. 2004. № 1. P. 118–122. (in Russian).
39. Lysenko V.I. Eksperimentalnye raboty po vozrozhdeniyu k zhizni soobshchestv arhey i bakteriy miocena iz geraklitov. // Trudy Karadagskoy nauchnoy stancii im. T.I. Vyazemskogo – prirodnoy zapovednika RAN. 2019. Tom 11. № 3. P. 17–41. (in Russian).
40. Rudko S.V., Kuznecov A.B., Pokrovskiy B.G. Sr-hemostratigrafiya,  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{18}\text{O}$  otlozheniy Krymskoy karbonatnoy platformy (pozdneyaya yura, severnyy Peretetis) // Litologiya i poleznye iskopaemye. 2017. № 6. P. 58–77. (in Russian).
41. Grossman E.L., Ku T.-L. Oxygen and carbon isotope fractionation in biogenic aragonite: temperature effects // Chem. Geol. 1986. V. 59. P. 59–74.
42. Burne R.V., Moore L.S. Mikrobiolites: Organosedimentary Deposits of Bentic Microbial Communities. Palaios. 1987. V. 3. P. 241–254.
43. Obzhirov A.I. Uvelichenie gazovoy sostavlyayushchey pri seysmo-tektonicheskoy aktivizatsii i uchastie gaza v vozniknovenii zemletryaseniy (Ohotskoe more) // Tihookeanskaya geologiya. 2013. Tom 32. № 2. P. 86–89. (in Russian).

*Поступила в редакцию 01.01.2024 г.*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Артёмова  
Екатерина Андреевна** аспирант, кафедра физической географии и геоморфологии, факультет географии, геоэкологии и туризма, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
- Багровская  
Елена Николаевна** ассистент, ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», г. Тюмень, Российская Федерация.
- Безгодова  
Ольга Витальевна** младший научный сотрудник, Институт Географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, Российская Федерация.
- Гимгин  
Егор Николаевич** ассистент, ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», г. Тюмень, Российская Федерация.
- Голеусов  
Павел  
Вячеславович** доктор географических наук, доцент, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Российская Федерация.
- Гусев  
Андрей Петрович** кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий кафедрой геологии и географии, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, г. Гомель, Республика Беларусь.
- Ергина  
Елена  
Ивановна** доктор географических наук, профессор, профессор кафедры физической географии и геоморфологии, факультет географии, геоэкологии и туризма, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
- Еремичева  
Полина Юрьевна** магистрант, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация.
- Кучумов  
Артур Викторович** кандидат экономических наук, заместитель декана факультета сервиса, туризма и гостеприимства, доцент кафедры экономики и управления в сфере услуг, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация.
- Лысенко  
Виталий Иванович** кандидат геологических наук, доцент кафедры география океана, Филиал Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова в г. Севастополь, г. Севастополь, Российская Федерация.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

---

<b>Любичанковский Алексей Валентинович</b>	кандидат географических наук, доцент кафедры географии и регионоведения, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург, Российская Федерация.
<b>Дорофеев Виктор Васильевич</b>	доктор географических наук, профессор кафедры, профессор, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Российская Федерация.
<b>Насонов Алексей Анатольевич</b>	кандидат географических наук, преподаватель кафедры, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Российская Федерация.
<b>Петров Юрий Владимирович</b>	кандидат географических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», г. Тюмень, Российская Федерация.
<b>Садыков Сергей Ахматович</b>	кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, ФГБУН «Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии Уральского отделения Российской академии наук», г. Миасс, Российская Федерация.
<b>Скрицкая Маргарита Константиновна</b>	председатель СНО «Компас», ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», г. Тюмень, Российская Федерация.
<b>Степанов Алексей Владимирович</b>	кандидат географических наук, преподаватель кафедры, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Российская Федерация.
<b>Флерко Татьяна Григорьевна</b>	кандидат географических наук, доцент кафедры геологии и географии, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, г. Гомель, Республика Беларусь.

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ 1. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

- Любичанковский А. В.*  
Методика выявления этоса в географическом пространстве  
(на примере Армении) .....3
- Кучумов А. В., Еремичева П. Ю.*  
Роль географического фактора в проектировании туристского кластера .....14

### РАЗДЕЛ 2. ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ

- Голеусов П. В.*  
Первичное почвообразование в посттехногенных геосистемах  
Керченского полуострова ..... 26
- Дорофеев В. В., Степанов А. В., Насонов А. А.*  
Модель восстановления метеорологической оптической дальности  
видимости объекта (ориентира) у земли по оптико-электронной  
видимости с беспилотного воздушного судна ..... 41
- Ергина Е. И., Артемова Е. А.*  
Исследования процессов почвообразования и деградации почв  
Крыма (историко-географический обзор) ..... 52

### РАЗДЕЛ 3. ГЕОЭКОЛОГИЯ

- Багровская Е. Н., Гимгин Е.Н., Петров Ю. В.*  
Систематизация геоэкологических рисков на транспортных объектах на  
примере мостового перехода в г. Сургуте .....65
- Гусев А. П., Флерко Т. Г.*  
Оценка загрязнения атмосферы на территории Беларуси летом 2022 года на  
основе съемки спутника Sentinel-5P TROPOMI.....78
- Скрицкая М. К., Петров Ю. В.*  
Сравнительный анализ организации традиционного природопользования в  
странах северных регионов мира и России .....87

**РАЗДЕЛ 4.  
ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ**

***Безгодова О. В.***

Морфометрический анализ бассейнов малых рек горно-котловинной части бассейна реки Иркут ..... 99

**РАЗДЕЛ 5.  
ГЕОЛОГИЯ, ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ**

***Колос Э. М.***

Потенциал углеводородных ресурсов Азовского моря:  
проблематика и перспективы .....115

***Лысенко В. И., Садыков С. А.***

Флюиды холодных сипов и особенности образования пляжных бактериальных построек в бухте Ласпи (Южный берег Крыма).....125

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ.....148**