

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

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

Научный журнал

Том 11 (77). № 4

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, 2025**

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 № 6 от «08» октября 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).

Адрес учредителя и издателя: 295007, Республика Крым, г. Симферополь, пр-т Академика
Вернадского, д. 4.

**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 _____.2025. Формат 70x100/16 Объем 14,5 усл. п. л. Заказ № _____. Цена: Бесплатно.
Тираж ____ экз. Дата выхода в свет _____.2025 Адрес редакции: 295007, г. Симферополь, проспект Вернадского, 4
Отпечатано в Издательском доме ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского»
Адрес типографии: 295051, г. Симферополь, бул. Ленина, 5/7 <http://sn-geography.cfuv.ru>

РАЗДЕЛ 1.
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ
И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

УДК 330.15:630(571.53)

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ВОПРОСАХ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ
НА ПРИМЕРЕ УСТЬ-ИЛИМСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА

Возиян С. А.¹, Левашева М. В.², Абрамова З. В.³

*^{1,2,3}Иркутский государственный университет, Иркутск, Российская Федерация
E-mail: ²lemavlad@mail.ru*

В работе рассматриваются геоэкологические аспекты территориального развития, особое внимание уделяется вопросам лесовосстановления и ресурсосбережения. Лесозаготовка и деревообработка, являясь системообразующей отраслью экономики района, определяют вектор развития муниципальных образований г. Усть-Илимск и Усть-Илимский район. Анализируются виды воздействия лесопромышленного комплекса (ЛПК) на окружающую среду, состояние и динамика лесных ресурсов территории, изучаются вопросы развития лесного хозяйства. В ходе исследования выявлено, что традиционный анализ динамики ряда статистических показателей ресурсопользования не дает реальной картины состояния лесных ресурсов района.

Ключевые слова: территориальное развитие, ресурсосбережение, лесопользование, лесосырьевые ресурсы, лесопромышленный комплекс.

ВВЕДЕНИЕ

В методологических установках современной географии территориальное развитие трактуется как прогрессивно направленное изменение пространственной структуры производительных сил, способствующее формированию и качественному преобразованию территориально-хозяйственных систем [1, 2]. Одним из маркеров этих изменений является процесс сбалансированного и эффективного использования природно-ресурсного потенциала [3, 4, 5]. В качестве модельной территории был выбран Усть-Илимский район, так как реструктуризация предприятий системообразующей отрасли экономики района в последние 5 лет актуализирует проблему сохранения и рационального использования лесных ресурсов территории.

В 2018 году в Иркутской области начал реализовываться комплексный инвестиционный проект «Большой Усть-Илимск» [6]. Помимо масштабной модернизации действующего производства с увеличением объемов выпуска целлюлозы, компания «Илим» планировала начать производство картона и других упаковочных материалов [7]. В первом квартале 2023 года запущен Усть-Илимский целлюлозно-картонный комбинат (ЦКК) [8], самый крупный инвестиционный проект в лесной промышленности Иркутской области. Увеличение проектных мощностей ЛПК, несомненно, повлечет за собой комплекс экологических проблем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Деятельность предприятий лесопромышленного комплекса анализируется в контексте решения вопросов лесовосстановления и ресурсосбережения как маркеров устойчивого развития территории. В работе рассматриваются виды воздействия ЛПК на окружающую среду, состояние и динамика лесных ресурсов территории, изучаются вопросы развития лесного хозяйства. Методы исследования: традиционное описание, обработка и анализ статистических данных, сравнительный анализ-синтез данных дистанционного зондирования Земли с использованием инструментария ГИС.

В работе используются релевантные данные статистики и данные дистанционного зондирования Земли, стратегии и планы развития лесного комплекса различных территориальных уровней.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Лесозаготовка и деревообработка являются системообразующей отраслью экономики Усть-Илимского района. Лесистость района составляет 88%, что превышает областной показатель на 6%. Объем лесосырьевых ресурсов весьма значителен — более 600 млн. м³, что и обусловило формирование на территории района развитого многоотраслевого лесного хозяйства. В состав лесопромышленного комплекса (ЛПК) входит ряд лесозаготовительных предприятий, а также промышленное производство деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной и лесохимической стадий.

Анализ текущей ситуации показал, что деятельность предприятий ЛПК в совокупной антропогенной нагрузке на геосистемы района наиболее масштабно проявляется при лесозаготовке (рис. 1).

Основная часть предприятий лесопромышленного комплекса по производству готовой продукции компактно расположена в центре административного района на правом берегу Ангары в пределах городской черты МО г. Усть-Илимск. Зона распространения атмосферных выбросов от промышленного производства локализована в границах трех муниципальных образований района: Невонском, Железнодорожном и г. Усть-Илимск. Загрязнение водных объектов промышленными стоками фиксируется ниже по течению Ангары от административного центра района (выпуск №2 и №3 условно чистых производственных стоков). Возможные последствия этого воздействия ограничены влиянием на гидробионты. На расстоянии 90 км. от г. Усть-Илимска до границы с Красноярским краем по берегам Ангары располагались поселения Кеуль, Едарма, Ката, которые были упразднены к 2016 г. в связи с попаданием в зону затопления Богучанского водохранилища. Загрязняющие вещества транзитом с речным стоком выводятся за пределы района и Иркутской области.

Территория района отличается относительной однородностью природных условий, и все леса района входят в границы одной лесорастительной зоны - таёжной, одного района – приангарского [9]. Большую часть территории занимают южно-таёжные сосновые и лиственнично-сосновые леса, произрастающие на сложенных

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ВОПРОСАХ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ НА ПРИМЕРЕ УСТЬ-ИЛИМСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА

песчаным аллювием поверхностях террас Ангары и ее притоков. Средние по условиям увлажнения и дренажа участки заняты бруснично-разнотравными борами.

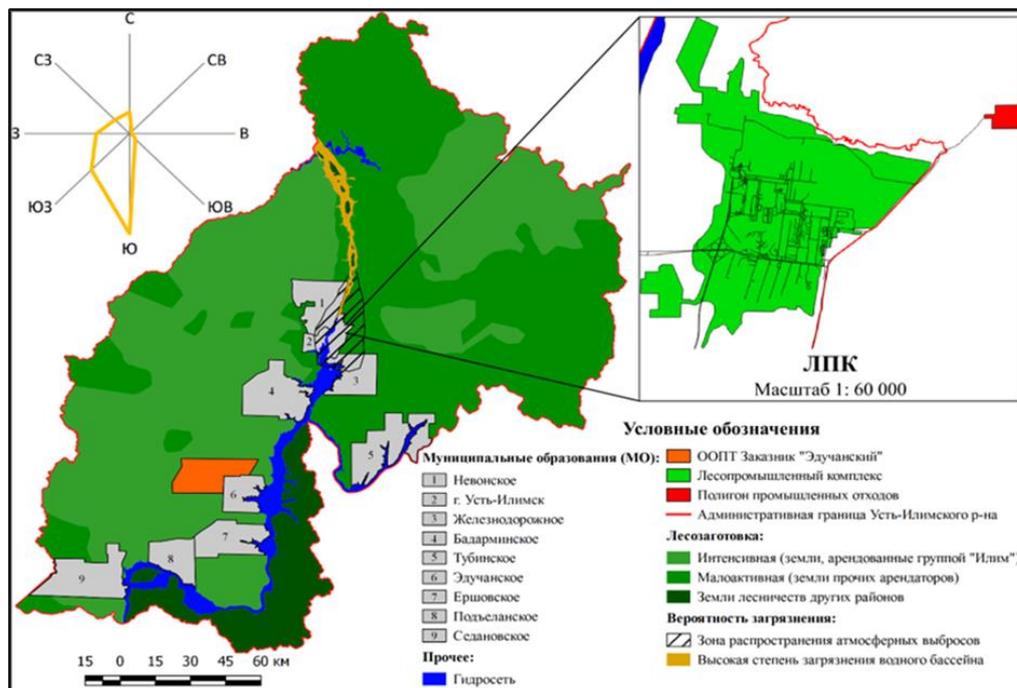


Рис 1. Деятельность предприятий ЛПК на территории Усть-Илимского района
Составлено Возиян С.А. по [10, 11, 12].

ОТРАСЛЕВАЯ СТРУКТУРА ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА УСТЬ-ИЛИМСКОГО РАЙОНА

ЛПК района сочетает в себе все стадии промышленности, начиная от лесного хозяйства и заканчивая лесохимией. Структура ЛПК района представлена лесопильно-деревообрабатывающим заводом (ЛДЗ), целлюлозным заводом, гидролизно-дрожжевым заводом, заводом подготовки древесного сырья (ЗПДС), 10 лесозаготовительными предприятиями, ремонтно-механическим заводом, объединенным автохозяйством на 800 лесовозных автомобилей и заводом по ремонту автомобилей и лесовозной техники [12].

Лесное хозяйство Усть-Илимского ЛПК представлено деятельностью двух лесничества района — Северного (правобережье Ангары) и Илимского (левобережная часть) [11]. Долевая дифференциация основных категорий лесов в пределах лесничеств отражает доминирование лесов эксплуатационного назначения, которые занимают 86% площади лесничеств.

Лесозаготовительная деятельность осуществляется практически на всей территории Усть-Илимского района (за исключением участков ООПТ, лесов 1-ой и 2-ой категории), ведущие позиции занимает группа «Илим», которая арендует свыше

50 % земель лесного фонда Усть-Илимского района. Древесину доставляют на предприятия ЛПК двумя способами — по воде и по суше: около 15% древесины транспортируется по реке, основной же объем приходится на лесовозы. Увеличение объемов заготовок и расширение площади вырубок приводят к необходимости прокладки новых лесовозных дорог: в месяц — более 8 км, в год — более 200 [12]. Основной объем привезенного леса идет на обработку. В районе находятся лесопильно-деревообрабатывающий завод (ЛДЗ), включающий 2 лесопильных цеха и цеха древесностружечных плит, завод подготовки древесного сырья (ЗПДС).

В 1980 году на ЛПК было запущено производство целлюлозы с мощностью комплекса 250 тыс. тонн в год. В первый отчетный 1981 год было произведено свыше 135 тыс. т целлюлозы. Таким образом, за 40-летний период деятельности предприятия производство целлюлозы возросло в 6,7 раз. Ввод новых мощностей в 2023 году и увеличение выпуска данной продукции до 1,5 млн т в год сохраняет тенденцию роста производства.

Лесохимическая промышленность представлена производством такой продукции как канифоль талловая (применяется в производстве резин, пластмасс), кислот и масел, входящих в состав лакокрасочной продукции и используемых в качестве присадок к дизельному топливу, скипидар.

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ УСТЬ-ИЛИМСКОГО РАЙОНА

Учетом и охраной лесов от пожаров занимаются лесничества в составе лесного хозяйства района. По данным Илимского и Северного лесничеств в большинстве случаев возгорания происходят в результате природных явлений (грозовых разрядов) [11]. Анализ динамики горимости лесов за 12-летний период с 2010 по 2021 гг. показал значительные вариации от года к году как количества пожаров (максимальный разрыв в 6 раз: в 2015 году зафиксировано 12 случаев, в 2021 году 73), так и площади ликвидации пожаров (225 га в 2010 г., 65000 га в 2020 — максимальный разрыв в 289 раз). За исследуемый период на территории района произошло 511 пожаров, совокупная площадь ликвидации пожаров составила 94 599 га, что составляет 2,6 % территории района, или 2,9 % лесопокрытой площади.

Помимо этого, одним из основных видов деятельности лесничеств является лесовосстановление: проводят посев, посадку, уход за подростом и пр. За этот же период площадь лесовосстановления составила 303 110 га. Анализируя показатели лесовосстановления за 12 лет, можно отметить положительную тенденцию роста площади лесопосадок. На этом фоне важна статистика по лесозаготовкам за этот же временной период (рис. 2).

Заметный рос лесозаготовок наблюдается с 2016 г., когда объем заготовки древесины возрос в 1,2 раза относительно предыдущих лет, и далее показатели превышают планку 4000 тыс. м³. В первую очередь он объясняется модернизацией производства и увеличением производственных мощностей.

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ВОПРОСАХ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ НА ПРИМЕРЕ УСТЬ-ИЛИМСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА

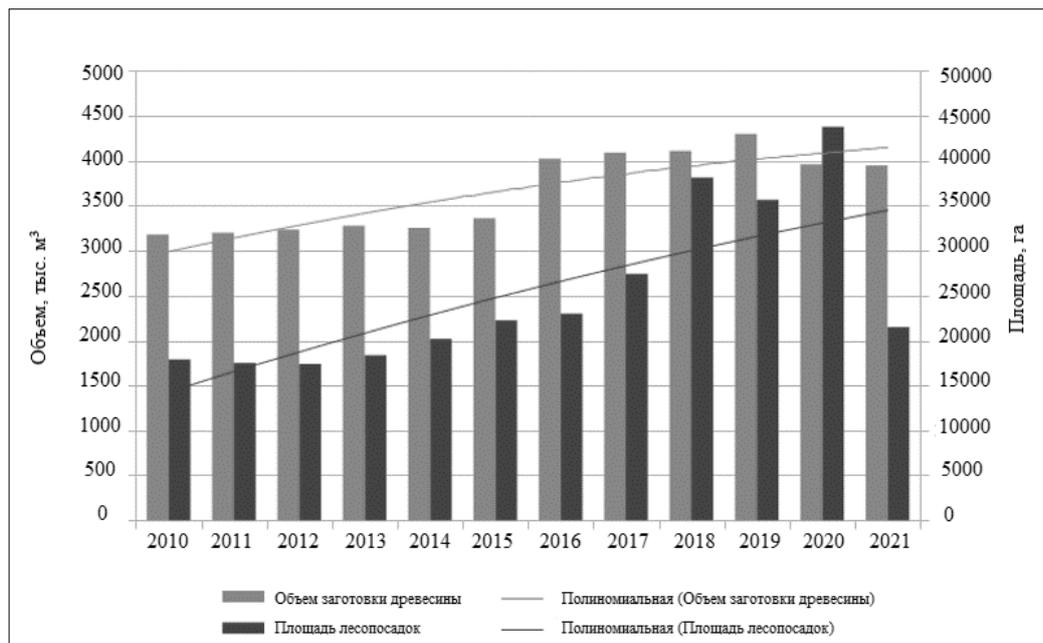


Рис. 2. Динамика заготовки древесины и лесовосстановления на территории Усть-Илимского района

Составлено Абрамовой З.В. по данным [12, 13, 14, 15].

Небольшие спады в объемах заготовки древесины в 2020-2021 гг. возможно связаны со сложной пожарной обстановкой в эти годы была, когда заготовка древесины на некоторое время приостанавливалась. В ходе исследования мы сочли, что анализ статистических данных не дает объективную картину состояния лесных ресурсов района, так как показатели лесовосстановления за этот период отражают положительную динамику, но пропорционально растут и объем лесозаготовок. Если сравнивать абсолютные значения показателей 2010 г. и 2021 г., то рост в 1,2 раза отмечается и по лесовосстановлению, и по объему лесозаготовок, коэффициент линейной корреляции этих параметров за период 12 лет составил 0,8.

Была поставлена задача проследить изменение лесопокрытой площади района на основе данных дистанционного зондирования Земли, посредством спектрального анализа спутниковых снимков. В качестве модельной территории выбран участок на севере Илимского лесничества по левобережью Ангары (рис. 3).

Лесозаготовки на данном участке ведутся с момента запуска производственного комплекса в г. Усть-Илимск в 80-х гг. XX века. В настоящее время здесь фиксируется самая высокая плотность лесовозных дорог по всей территории района. Площадь участка составляет 423 км². Для анализа были отобраны наиболее качественные материалы с временным шагом 31 год: снимки 1986 года - Landsat 4-5, 2017 года — Landsat 8. Изменения в лесопокрытой площади фиксировались по результатам спектрального анализа NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) — нормализованного относительного индекса растительности [16, 17, 18]. Следует

отметить, что к категории «вырубка лесной растительности» мы относили как непосредственно участки лесозаготовок, так и лесные дороги. Проведенное картирование показало заметные изменения в лесопокрытой площади за 30-летний период при увеличении площади вырубок в 16 раз: в 1986 году площадь вырубок составила 340 га (0,8 % от общей площади модельного участка, а в 2017 г. — 5520 га (13,1 % от общей площади исследуемой территории).

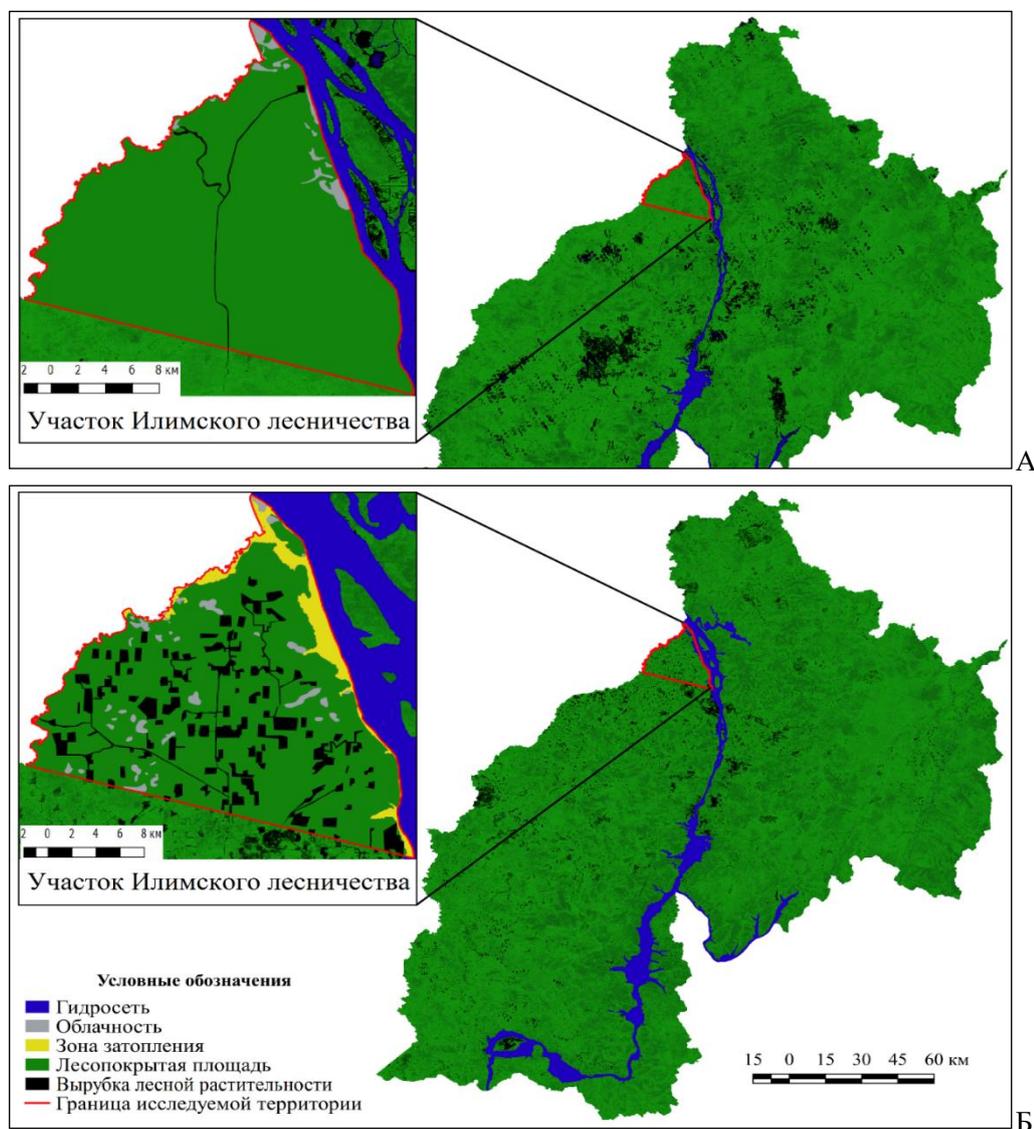


Рис. 3. Изменения лесопокрытой площади модельного участка: А - по состоянию на 1986 год, Б - по состоянию на 2017 год

Составлено Возиян С.А. по данным [16, 17].

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В СТРАТЕГИЯХ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Помимо анализа текущей ситуации с состоянием лесосырьевых ресурсов на территории Усть-Илимского района, была поставлена задача изучить разноуровневые стратегии развития лесного комплекса. Лесное хозяйство и лесная промышленность неразрывно связаны с экономическим потенциалом района, поэтому реализация принципов рационального использования и охраны лесных ресурсов во многом будут определять вектор развития территории.

На федеральном уровне рассматривалась стратегия развития лесного комплекса России, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации (РФ) на период до 2030 г. [19]. Одной из острых проблем развития лесного комплекса является недостаточная эффективность охраны и защиты лесов. Большие потери лесных ресурсов связаны с пожарами. При этом финансирование охраны лесов от пожаров за счёт федеральных средств в 2 раза меньше нужного уровня. Другой проблемой становится недостаточная эффективность воспроизводства лесов, когда площадь сплошных рубок превышает площадь лесовосстановительных работ.

На региональном уровне изучались материалы государственной программы Иркутской области «Развитие лесного хозяйства» на 2019–2024 гг. [6], на 2024–2030 [20].

На муниципальном уровне (Усть-Илимский район и г.Усть-Илимск) стратегия развития лесного комплекса или лесного хозяйства отсутствует. Стратегические интересы данного уровня развития отрасли представлены планами лесопромышленного филиала АО «Группа «Илим» [21]. План был разработан в 2018 г., конкретных сроков реализации не указано. Стоит отметить, что большинство целей, представленных в плане лесопромышленного филиала касаются социально-экономических вопросов нежели экологических.

Анализ разноуровневых стратегий развития лесного комплекса показал очевидное сходство целей и задач ресурсосбережения, а именно увеличение эффективности государственного управления лесами, защиту от пожаров и вредителей, улучшение породного состава лесов и их продуктивности, но сопоставление и детализация информации на каждом последующем уровне позволяет конкретизировать пути решения проблем. Так, в частности, на федеральном уровне отмечается, что свыше 70% всех пожаров происходит от рук человека, таким образом, существенное решение проблемы видится в мероприятиях по ограничениям (или прямым запретам) посещаемости лесных угодий в пожароопасные сезоны года, а на муниципальном уровне по данным Северного и Илимского лесничеств отмечается, что в большинстве случаев возгорания происходят в результате естественных причин — грозных разрядов. В этом случае эффективность ресурсосбережения будет в значительной мере определяться материальной базой средств пожаротушения и кадрами.

Согласно федеральной стратегии развития лесопромышленного комплекса к 2030 г. должно сформироваться устойчивое лесопромышленное хозяйство и безубыточное лесное хозяйство, при этом на региональном уровне отмечается, что финансирование охраны лесов от пожаров за счёт федеральных средств в 2 раза меньше нужного

уровня, но механизм административной ответственности лесопользователей (система штрафов) отработан. Таким образом, можно констатировать, что федеральные структуры, выполняя свои обязательства на 50%, могут взыскать ущерб от пожаров с лесопользователей, в этом случае формулировка «безубыточное лесное хозяйство» лишь декларированный штамп.

Разница стратегий федерального и регионального уровней заключается также и в основных акцентах: федеральная программа в целевых установках ориентирована на социально-экономическое развитие за счёт роста сектора экономики, основа же целеполагания проекта регионального уровня — гарантированное сохранение ресурсно-экологического потенциала лесов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

Наибольший вклад в экономику района и региона в целом вносят предприятия целлюлозно-бумажной стадии в структуре лесопромышленного комплекса, модернизация производства и наращивание оборотов выпуска готовой продукции именно этой отрасли производства приведет к значительному росту объема лесозаготовок в ближайшие годы.

Механизм приоритетных инвестиционных проектов, позволяющий компаниям оформить аренду лесных участков на льготных условиях, способствовал запуску проекта «Большой Усть-Илимск» с суммарными инвестициями более 1,2 млрд долларов, таким образом группа «Илим» укрепила свои ведущие позиции в регионе. В ближайшие годы прогнозируется сокращение числа предприятий частной собственности других компаний (прочих арендаторов земель) и монополизация компанией всех стадий и объемов производственного цикла.

Отсутствие стратегии развития лесного хозяйства у муниципалитетов Усть-Илимский район и г. Усть-Илимск свидетельствует о том, что функции администрирования и управления лесными ресурсами фактически возложены на филиал АО «Группа «Илим», и план лесоуправления этой организации будет полностью определять планировочные решения на местном уровне.

Традиционный анализ динамики ряда статистических показателей ресурсопользования не дает реальной картины состояния лесных ресурсов района. Необходимо разработать программу мониторинга лесовосстановления и ресурсосбережения на муниципальном уровне с обязательным включением блоков геосистемного мониторинга условий лесовосстановления на участках со сложными геокриологическими условиями; геоинформационного космического мониторинга лесопокрытой площади и лесовосстановления с учетом породного состава лесных ценозов на основе методики анализа индекса NDVI; блока транспортной логистики – оптимизации сети лесовозных дорог на основе геоэкологической оценки территории.

Прозрачные критерии оценки состояния лесных ресурсов района в сочетании с внешним аудитом деятельности филиала АО «Группа «Илим» создают предпосылки для организации устойчивого природопользования на одном из крупнейших лесозаготовительных полигонов Иркутской области, каким и является Усть-Илимский район.

Список литературы

1. Лаженцев В.Н. Территориальное развитие как экономико-географическая деятельность (теория, методология, практика) // Экономика региона. 2013. №1. С. 10–19.
2. Ускова Т.В. Решение проблем территориального развития на основе научного подхода // Проблемы развития территории. 2023. Т.27. №4. С. 7–9.
3. Ким О. Л., Ушакова Е. В., Воронина Е. В., Фугалевич Е. В. Ресурсное обеспечение территориального развития муниципального образования // Экономика и управление. 2018. № 9 (155). С. 80–86.
4. Lawrence D., Coe M., Walker W., Verchot L., Vandekar K. The Unseen Effects of Deforestation: Biophysical Effects on Climate // *Frontiers in Forests and Global Change*. 2022. Vol. 5. P.13.
5. Obst C., Hein L., Edens B. National Accounting and the Valuation of Ecosystem Assets and Their Services // *Environmental and Resource Economics*. 2015. Vol .64. no. 1. 24 p.
6. Об утверждении государственной программы Иркутской области «Развитие лесного хозяйства» на 2019–2024 годы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/550277700> (дата обращения 26.05.2024).
7. Комплексный инвестиционный проект «Большой Усть-Илимск» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://projects.ilimgroup.ru/index/ustilimsk/bolshoj_ustilimsk/ (дата обращения: 18.03.2022).
8. Russia's largest pulp and cardboard plant to be commissioned in 2023. Published by simon matthis - 14 may, 2021. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.pulpapernews.com/20210514/12525/russias-largest-pulp-and-cardboard-plant-be-commissioned-2023> (дата обращения: 16.05.2021).
9. Карта лесорастительных зон и районов Иркутской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://irkobl.ru/sites/alh/documents/lesplan/> (дата обращения: 22.05.2020).
10. Карта-схема административного деления территории Иркутской области с указанием лесничеств и лесопарков [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://irkobl.ru/sites/alh/Administrativnaya1.jpg> (дата обращения: 26.05.2022).
11. Лесохозяйственные регламенты лесничеств [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://irkobl.ru/sites/alh/documents/reglament/> (дата обращения: 26.06.2024).
12. Усть-Илимский ЛПК [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=p5Hz5p2vEts&t=9s> (дата обращения: 23.05.2022).
13. Отчет для общественности по результатам мониторинга хозяйственной деятельности и лесов высокой природоохранной ценности филиала АО «Группа «Илим» в Усть-Илимском районе Иркутской области за 2017 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.adm-jd-mo.ru/uploads/2018_god/Otchet%20dlya%20общественности.pdf (дата обращения: 01.06.2022).
14. Отчет для общественности по результатам мониторинга хозяйственной деятельности и лесов высокой природоохранной ценности филиала АО «Группа «Илим» в Усть-Илимском районе Иркутской области за 2019 г [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ilimgroup.com/upload/iblock/881/Otchet-dlya-obshchestvennosti-za-2019-god.pdf> (дата обращения: 01.06.2022).
15. Отчет для общественности по результатам мониторинга хозяйственной деятельности и лесов высокой природоохранной ценности филиала АО «Группа «Илим» в Усть-Илимском районе Иркутской области за 2020 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ilimgroup.com/upload/iblock/c92/873gtxafkxo5rspjds9qp4dwjytwy308/Otchet-dlya-obshchestvennosti-za-2020-god.pdf> (дата обращения: 01.06.2022).
16. Landsat-4 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-4> (дата обращения: 15.05.2021).
17. Landsat-8 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8> (дата обращения: 15.05.2021).
18. What is NDVI? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gisgeography.com/ndvi-normalized-difference-vegetation-index/#:~:text=NDVI%20always%20ranges%20from%20%2D1,that%20it's%20dense%20green%20leave> s (дата обращения: 14.04.2021).

19. Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573658653?marker=65A0IQ> (дата обращения: 26.05.2024).
20. Государственная программа Иркутской области «Развитие лесного хозяйства» на 2024-2030 годы [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://irkobl.ru/sites/all/documents/Programma_Razvitie_2024_2030/ (дата обращения: 18.03.2025).
21. Резюме плана лесоуправления Филиала АО «Группа «Илим» в Усть-Илимском районе [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ilingroup.com/upload/iblock/409/Plan-upr.-lesami.pdf> (дата обращения: 26.05.2022).

RESOURCE SAVING IN MATTERS OF TERRITORIAL DEVELOPMENT ON THE EXAMPLE OF THE UST-ILIMSK MUNICIPAL DISTRICT

Voziyan S. A.¹, Levasheva M. V.², Abramova Z. V.³

Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation

E-mail: ²lemavlad@mail.ru

This paper examines the geoecological aspects of territorial development, focusing on reforestation and resource conservation. Logging and wood processing, as a backbone sector of the district's economy, determine the development vector of the municipalities of Ust-Ilimsk and Ust-Ilimsky District. The district is implementing the largest investment project in the forestry industry of the Irkutsk Region. With the launch of production at full capacity, the Ust-Ilimsk mill will become one of the world's largest producers of pulp and paper products. Research methods: traditional description, processing and analysis of statistical data, comparative analysis-synthesis of data using GIS tools. The work uses relevant statistical data and data from remote sensing of the Earth, strategies and plans for the development of the forest complex at various territorial levels.

The impact of the forest industry complex (FIC) on the environment, the state and dynamics of the territory's forest resources, and forestry development issues are analyzed. Pulp and paper enterprises within the forest industry complex make the greatest contribution to the economy of the district and the region as a whole. Modernization of production and increased turnover of finished goods in this particular industry will lead to a significant increase in logging in the coming years. The priority investment project mechanism, which allows companies to lease forest plots on preferential terms, facilitated the launch of the Greater Ust-Ilimsk project, with a total investment of over \$1.2 billion, thus strengthening Ilim Group's leading position in the region. In the coming years, the number of privately owned enterprises (other land leaseholders) is projected to decline, and the company will monopolize all stages and volumes of the production cycle. The lack of a forestry development strategy in the municipalities of the Ust-Ilimsky District and the city of Ust-Ilimsk indicates that forest resource administration and management functions have effectively been assigned to a branch of Ilim Group JSC, and this organization's forest management plan will completely determine planning decisions at the local level. A noticeable increase in logging has been observed since 2016, when the volume of wood harvesting increased by 1.2 times compared to previous years. First of all, it is explained by the modernization of production and the increase in production capacity. Small declines in the volume of wood procurement in 2020–2021. Traditional analysis of the dynamics of

several statistical resource use indicators does not provide a true picture of the state of the region's forest resources. The task was set to trace the change in the forest-covered area of the area on the basis of the remote sensing data of the Earth, by means of the spectral analysis of satellite images. As a model territory, a section was selected on the north side of the Ilim forest on the left bank of Angara.

An analysis of the situation in a model area where logging has been conducted since the launch of the Ust-Ilimsk production complex in the 1980s, based on remote sensing data, revealed significant changes in forested area over a 30-year period, with a 16-fold increase in cleared area. This program would include geosystem monitoring of reforestation conditions in areas with complex geocryological conditions, geoinformation space monitoring of forested area and reforestation, taking into account the species composition of forest communities using the NDVI index analysis method, and a transport logistics module to optimize the logging road network based on a geocological assessment of the area. Transparent criteria for assessing the state of the district's forest resources create the preconditions for organizing sustainable nature management in one of the largest logging areas in the Irkutsk Region, which is the Ust-Ilimsk District.

Keywords: territorial development, resource conservation, forest management, timber resources, timber industry complex.

References

1. Lazhentsev V.N. Territorial'noe razvitie kak ekonomiko-geograficheskaya deyatelnost' (teoriya, metodologiya, praktika) [Territorial development as an economic and geographical activity (theory, methodology, practice)]. *Ekonomika regiona – Economics of the region*, no. 1, pp. 10–19 (in Russian).
2. Uskova T.V. Reshenie problem territorial'nogo razvitiya na osnove nauchnogo podhoda [Solving the problems of territorial development based on a scientific approach]. *Problemy razvitiya territorii – Territory development problems*, vol. 27, no. 4, pp. 7–9 (in Russian).
3. Kim O. L., Ushakova E. V., Voronina E. V., Fugalevich E. V. Resursnoe obespechenie territorial'nogo razvitiya municipal'nogo obrazovaniya [Resource support for the territorial development of the municipality]. *Economy and management – Economy and management*, no. 9 (155), pp. 80–86 (in Russian).
4. Lawrence D., Coe M., Walker W., Verchot L., Vandecar K. The Unseen Effects of Deforestation: Biophysical Effects on Climate // *Frontiers in Forests and Global Change*, vol. 5, P. 13.
5. Obst C., Hein L., Edens B. National Accounting and the Valuation of Ecosystem Assets and Their Services // *Environmental and Resource Economics*, vol. 64, no. 1, 24 p.
6. Ob utverzhdenii gosudarstvennoi programmy Irkutskoi oblasti "Razvitie lesnogo khozyaistva" na 2019–2024 gody [About the approval of the state program of the Irkutsk region "Forestry development" for 2019–2024]. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/550277700> (application: 26.05.2024) (in Russian).
7. Kompleksnyi investitsionnyi proekt «Bol'shoi Ust'-Ilimsk» [Complex investment project "Bolshoy Ust-Ilimsk"]. [Elektronnyj resurs]. URL: http://projects.ilimgroup.ru/index/ustilimsk/bolshoj_ustilimsk/ (application: 18.03.2022) (in Russian).
8. Russia's largest pulp and cardboard plant to be commissioned in 2023. Published by simon matthis – 14 may, 2021]. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.pulpapernews.com/20210514/12525/russias-largest-pulp-and-cardboard-plant-be-commissioned-2023> (application: 16.05.2021) (in Russian).
9. Karta lesorastitel'nykh zon i raionov Irkutskoi oblasti [Map of forest-growing zones and districts of the Irkutsk region]. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://irkobl.ru/sites/alh/documents/lesplan/> (application: 22.05.2020) (in Russian).
10. Karta-skema administrativnogo deleniya territorii Irkutskoi oblasti s ukazaniem lesnichestv i lesoparkov [Map-scheme of the administrative division of the territory of the Irkutsk region with indication of forest areas and forest parks]. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://irkobl.ru/sites/alh/Administrativnaya1.jpg> (application: 26.05.2022) (in Russian).

11. Lesokhozyaistvennyye reglamenti lesnichestv [Forestry regulations of forestry]. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://irkobl.ru/sites/alh/documents/reglament/> (date of access: 26.06.2024) (in Russian).
12. Ust'-Ilimskii LPK [Ust'-Ilimsky LPC]. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=p5Hz5p2vEts&t=9s> (application: 23.05.2022) (in Russian).
13. Otchet dlya obshchestvennosti po rezul'tatam monitoringa khozyaistvennoi deyatel'nosti i lesov vysokoi prirodookhrannoi tsennosti filiala AO «Gruppa «Ilim» v Ust'-Ilimskom raione Irkutskoi oblasti za 2017 g. [Report for the public on the results of monitoring of economic activity and forests of high environmental value of the branch of JSC "Ilim Group" in Ust'-Ilimsky district of the Irkutsk region for 2017]. [Elektronnyj resurs]. URL: http://www.adm-jd-mo.ru/uploads/2018_god/Otchet%20dlya%20obshchestvennosti.pdf (application: 01.06.2022) (in Russian).
14. Otchet dlya obshchestvennosti po rezul'tatam monitoringa khozyaistvennoi deyatel'nosti i lesov vysokoi prirodookhrannoi tsennosti filiala AO «Gruppa «Ilim» v Ust'-Ilimskom raione Irkutskoi oblasti za 2019 g. [Report for the public on the results of monitoring of economic activity and forests of high environmental value of the branch of JSC "Ilim Group" in the Ust'-Ilim district of the Irkutsk region for 2019]. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.ilimgroup.com/upload/iblock/881/Otchet-dlya-obshchestvennosti-za-2019-god.pdf> (application: 01.06.2022) (in Russian).
15. Otchet dlya obshchestvennosti po rezul'tatam monitoringa khozyaistvennoi deyatel'nosti i lesov vysokoi prirodookhrannoi tsennosti filiala AO «Gruppa «Ilim» v Ust'-Ilimskom raione Irkutskoi oblasti za 2020 g. [Report for the public on the results of monitoring of economic activity and forests of high environmental value of the branch of JSC "Ilim Group" in the Ust'-Ilim district of the Irkutsk region for 2020]. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.ilimgroup.com/upload/iblock/c92/873gtxafkxo5rspjsd9qp4dwjytwy308/Otchet-dlya-obshchestvennosti-za-2020-god.pdf> (application: 01.06.2022) (in Russian).
16. Landsat-4 [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-4> (application: 15.05.2021).
17. Landsat-8. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8> (application: 15.05.2021).
18. What is NDVI? [Elektronnyj resurs]. URL: <https://gisgeography.com/ndvi-normalized-difference-vegetation-index/#:~:text=NDVI%20always%20ranges%20from%20%2D1,that%20it's%20dense%20green%20leaves> (application: 14.04.2021)
19. Ob utverzhdenii Strategii razvitiya lesnogo kompleksa Rossiiskoi Federatsii do 2030 goda [On approval of the Strategy for the Development of the Forest Complex of the Russian Federation until 2030]. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573658653?marker=65A0IQ> (application: 26.05.2022) (in Russian).
20. Gosudarstvennaya programma Irkutskoj oblasti «Razvitie lesnogo khozyajstva» na 2024-2030 gody` [The State program of the Irkutsk region "Forestry Development" for 2024-2030]. [Elektronnyj resurs]. URL: https://irkobl.ru/sites/alh/documents/Programma_Razvitie_2024_2030/ (application: 18.03.2025) (in Russian).
21. Rezyume plana lesoupravleniya Filiala AO «Gruppa «Ilim» v Ust'-Ilimskom raione [Summary of the forest management plan of the Branch of JSC "Ilim Group" in Ust'-Ilim district]. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.ilimgroup.com/upload/iblock/409/Plan-upr.-lesami.pdf> (application: 26.05.2022) (in Russian).

Поступила в редакцию 05.11.2025 г.

УДК 910.3

**ОЦЕНКА ТУРИСТСКО-ЭКСКУРСИОННЫХ ОБЪЕКТОВ Г.
СИМФЕРОПОЛЬ И СИМФЕРОПОЛЬСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ
КРЫМ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
В ЭКСКУРСИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Сазонова Г. В.

*Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация
E-mail: galisaz@mail.ru*

В статье проанализирована структура и выявлены территориальные особенности в размещении основных туристско-экскурсионных объектов г. Симферополь и Симферопольского района Республики Крым. На основе 5 критериев проведена оценка основных туристско-экскурсионных объектов региона, результатом которой стало выделение типов территорий г. Симферополь и Симферопольского района Республики Крым по особенностям потенциала туристско-экскурсионных объектов и даны рекомендации по использованию объектов в экскурсионной деятельности.

Ключевые слова: туристско-экскурсионные объекты, структура туристско-экскурсионных объектов, критерии оценки туристско-экскурсионных объектов, типы регионов по потенциалу туристско-экскурсионных объектов, экскурсия.

ВВЕДЕНИЕ

Туризм является не только одной из важнейших отраслей специализации экономики Республики Крым, но и продолжит оставаться таким и в перспективе [1]. Несмотря на сложности, вызванные реакцией внешних акторов на возвращение Республики Крым в состав Российской Федерации в марте 2014 г. (транспортная блокада полуострова, санкционная политика со стороны стран Западной Европы и США и др.), распространением пандемии COVID-19 с марта 2020 г. на территории России и др., туристская отрасль Республики Крым смогла быстро адаптироваться к изменившимся условиям развития и к настоящему времени демонстрирует стабильную положительную динамику. Достичь этого удалось, во многом, за счёт поддержки отрасли со стороны государства и развития внутреннего рынка туризма. В результате - Крым является одним из популярных туристских направлений в Российской Федерации. По агрегированным данным туроператоров — членов АТОР, в 2024 г. Крым занял 5 место в России по количеству проданных туров (6,5%) [2], а турпоток составил 6057,9 тыс. туристов [3]. Одним из принципов дальнейшего развития туристской отрасли, указанного в «Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года», утверждённой распоряжением правительства Российской Федерации от 28 декабря 2024 г. № 4146-р, обозначена «...реализация природного, культурно-исторического, оздоровительного и иного рекреационного потенциала территорий, в том числе в целях снижения дифференциации в уровне социально-экономического развития территорий за счет перемещения туристами ресурсов из места заработка в места отдыха» [4]. Реализовать природный и особенно культурно-исторический потенциал

региона возможно, в том числе, и в рамках развития туристско-экскурсионной деятельности, одного из наиболее популярных секторов туризма.

Экскурсионная деятельность является неотъемлемой, традиционной и популярной составляющей туристского комплекса Республики Крым. По данным Министерства курортов и туризма Республики Крым, в 2024 г. 21% туристов причиной выбора Крыма для отдыха отмечали культурно-познавательный туризм, а 59% туристов посетили 2 и более экскурсий [3]. Ряд наиболее популярных туристско-экскурсионных маршрутов проходит по территории городского округа Симферополь и Симферопольского района Республики Крым. Экскурсионная деятельность в регионе, направленная на использование собственных туристско-экскурсионных объектов, начала развиваться в конце XIX – начале XX вв. и была связана с деятельностью первых официально зарегистрированных туристско-экскурсионных организаций полуострова — Крымско-Кавказского Горного Клуба (1890 г.) и Крымского общества естествоиспытателей и любителей природы (1910 г.).

Городской округ Симферополь и Симферопольский район обладает значительным туристско-экскурсионным потенциалом. Город Симферополь — главный политико-административный, экономический, научно-образовательный, транспортный, религиозный и культурный центр Республики Крым. Он имеет богатое историческое наследие, природные достопримечательности и уникальную культуру, что делает его привлекательным для туристов и экскурсантов. Симферополь это и большой по численности населения город, для жителей которого территория Симферопольского района является зоной кратковременного отдыха, имеющей потенциал для развития разных видов экскурсий. Кроме этого, регион расположен в центральной части полуострова, граничит или находится в непосредственной близости от важнейших и наиболее популярных туристско-рекреационных районов полуострова (ЮБК, Западный Крым и др.), занимая, тем самым, выгодное транспортно-географическое и рекреационно-географическое положения, что делает его привлекательным для развития туристско-экскурсионной деятельности. Поэтому, более активное включение экскурсионных объектов региона в туристско-экскурсионную деятельность Республики Крым позволит получить дополнительный доход в его экономику, создаст дополнительные рабочие места, улучшит качество жизни местного населения. Изучение экскурсионных объектов г. Симферополя и Симферопольского района поможет определить и меры по охране и сохранению уязвимых экосистем, памятников архитектуры и культурного наследия, чтобы минимизировать ущерб окружающей среде от туризма.

Целью статьи является анализ и оценка современного состояния туристско-экскурсионных объектов г. Симферополь и Симферопольского района Республики Крым для определения перспектив их использования в туристско-экскурсионной деятельности.

Значительный вклад в изучение рекреационных ресурсов, составной частью которых являются туристско-экскурсионные объекты, а также экскурсионных объектов внесли Багров Н.В., Багрова Л.А., Преображенский В.С., Емельянов Б.В., Пирожник И.И., Яковенко И.М., Шумский В.М. и др.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе исследования в качестве основных были использованы литературно-аналитический, сравнительно-географический, бальный и картографический методы исследования. В качестве статистической базы использовались отчёты и информационные материалы Министерства курортов и туризма Республики Крым, реестры туристско-рекреационных ресурсов и объектов культурного наследия Республики Крым, официальные сайты городского округа Симферополь и Симферопольского района.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экскурсионные объекты играют важную роль в организации и проведении экскурсий, так как именно они являются основой экскурсионного показа, через который реализуется принцип наглядности. Именно они являются основным доказательством рассказа экскурсовода. Правильный отбор экскурсионных объектов, их количество, последовательность в их показе оказывают существенное влияние на качество проводимой экскурсии.

В ГОСТ Р 54604-2011 «Туристские услуги. Экскурсионные услуги. Общие требования» даётся следующее определение объектов экскурсионного показа (экскурсионных объектов) — материальная основа экскурсионного показа, включающая памятные места, здания и сооружения, памятники истории, архитектуры, искусства и археологии, природные объекты (заповедники, заказники, реликтовые растения и др.), промышленные и другие предприятия, экспозиции музеев, картинных галерей, выставок, которые во время экскурсий демонстрируют экскурсантам [5].

По мнению Емельянова Б.В. в качестве экскурсионных объектов могут выступать:

- ❖ *памятные места*, связанные с историческими событиями в жизни нашего народа, развитием общества и государства;
- ❖ *здания и сооружения*, мемориальные памятники, связанные с жизнью и деятельностью выдающихся личностей, произведения архитектуры и градостроительства, жилые и общественные здания, здания промышленных предприятий, инженерные сооружения (крепости, мосты, башни), мавзолеи, здания культурного назначения и другие постройки;
- ❖ *природные объекты* — леса, рощи, парки, реки, озера, пруды, заповедники и заказники, а также отдельные деревья, реликтовые растения и др.;
- ❖ *экспозиции государственных и народных музеев, картинных галерей, постоянных и временных выставок*;
- ❖ *памятники археологии* — городища, древние стоянки, поселения, курганы с захоронениями, земляные валы, дороги, горные выработки, загоны, святилища, каналы и др.;
- ❖ *памятники искусства* — произведения изобразительного, декоративно-прикладного искусства, скульптура, садово-парковое и др. искусство [6].

Для классификации туристско-экскурсионных объектов используются ряд критериев: функциональное назначение, познавательная ценность, частота встречаемости и наличие аналогов в данной местности, степень сохранности, местоположение экскурсантов относительно объекта, по генезису и др.

Туристско-экскурсионная деятельность в структуре хозяйства Симферополя и Симферопольского района занимает незначительное место. Это объясняется тем, что с одной стороны, в регионе есть другие более высокодоходные отрасли, составляющие основу экономики региона (промышленность, сельское хозяйство, транспорт и др.), а с другой – по потенциалу его туристско-экскурсионные объекты уступают объектам других регионов (городской округ Ялта и др.). Но, учитывая функции г. Симферополя как главного политико-административного, промышленного, транспортного, научно-образовательного и культурного центра Республики Крым, он развивается как один из центров культурно-познавательного, делового и др. видов туризма, используя в том числе, и имеющийся ресурсный потенциал для проведения экскурсий.

На основе анализа «Реестра туристско-экскурсионных ресурсов Республики Крым и г. Севастополь», «Перечня выявленных объектов археологического наследия, расположенных на территории Республики Крым», а также литературы краеведческого характера к туристско-экскурсионным объектам (ТЭО) г. Симферополь и Симферопольского района нами было отнесено 579 основных объектов [7, 8, 9].

В зависимости от генезиса, туристско-экскурсионные объекты региона подразделяются на 3 основных группы: антропогенные, природно-антропогенные и природные. В структуре антропогенных экскурсионных объектов региона преобладают исторические (21%) и архитектурно-градостроительные (18%) объекты, на долю природных ТЭО приходится 14%, а на долю смешанных (сочетающих в себе несколько видов объектов – 20% (рис. 1).

К числу важнейших социокультурных ТЭО города относятся театры (Русский академический драматический театр им. А.М. Горького, Государственный Академический музыкальный театр Республики Крым, Крымскотатарский государственный академический музыкально-драматический театр), музеи (Центральный музей Тавриды, Художественный музей, Крымский этнографический музей, Музей истории Симферополя, Музей И. Сельвинского) и др. Этнографические объекты помогают сохранять культурное наследие и продвигать его для туристов. К числу таких объектов можно отнести Крымский республиканский этнографический музей, «Крымскотатарский музей культурно - исторического наследия», Историко-этнографический народный музей крымчаков, Культурно-этнографический центр «Армянский дворик» (г. Симферополь) и др. Кроме этого, на территории Симферопольского района находятся немецкий культурно-этнографический центр «Кроненталь» (с. Кольчугино), украинский культурно-этнографический центр «Явір» (с. Пожарское), Этнографический музей «Мусафирхане» (с. Винницкое) и др.

В состав антропогенных ТЭО региона входят научные и промышленные объекты - это места, которые связаны с научными и технологическими достижениями, такие как научные музеи, обсерватории, технологические парки, промышленные музеи, предприятия и т.п. Такие объекты привлекают туристов, желающих узнать о научном

ОЦЕНКА ТУРИСТСКО-ЭКСКУРСИОННЫХ ОБЪЕКТОВ Г. СИМФЕРОПОЛЬ И СИМФЕРОПОЛЬСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭКСКУРСИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

и технологическом прогрессе. К производственным ТЭО можно отнести аэропорт «Крымская волна» им. И.К. Айвазовского, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Юношескую астрономическую обсерваторию ГБОУ ДО РК «Малая академия наук «Искатель», Музей шоколада, пивобезалкогольный комбинат «Крым», Музей электротранспорта «Крымтроллейбус», фабрика мороженого «Доброе» (с. Доброе) и др.



Рис. 1. Структура ТЭО г. Симферополь и Симферопольского района Республики Крым, 01.01.2024 г.

Составлено автором по [7, 8, 9].

Культовые и религиозные объекты — это места и объекты, которые связаны с религиозными практиками и верованиями. Они могут включать в себя храмы, мечети, церкви, синагоги, монастыри, святыни и т.д. Такие объекты привлекают туристов, интересующихся религиозной культурой и историей разных народов и религий. Основными объектами культа в г. Симферополь являются Кафедральный Александро-Невского собор, женский православный Свято-Троицкий монастырь, Петро-Павловский собор, Соборная мечеть, Мечеть Кебир-Джами, Караимская кенасса и др. Кроме этого, практически в каждом населённом пункте Симферопольского района есть православные храмы и мечети.

Исторические и археологические объекты — это места, которые связаны с историческими и археологическими находками, такими как древние города, руины, замки, крепости, мемориалы, музеи и т.д. Согласно «Перечню выявленных объектов археологического наследия, расположенных на территории Республики Крым», в г. Симферополь и Симферопольском районе находятся 348 памятников археологии (19 и 329 соответственно), что составляет 15,9% от общего числа объектов

археологического наследия Республики Крым [8]. Большая часть из них представлена единичными древними захоронениями — курганами, которые, за редким исключением, не используются в экскурсионной деятельности. Это объясняется их низкой степенью аттрактивности, удалённым месторасположением от основных туристских маршрутов, низкой степенью сохранности и др. Тем не менее, памятники археологии имеют высокую познавательную ценность и привлекают туристов, которые хотят изучать древнюю историю разных регионов. К наиболее интересным для экскурсионного показа объектам относятся: в г. Симферополь - остатки древнего города Неаполь Скифский, грот-пещера Чокурча, в Симферопольском районе — городище Тахта-Джами (с. Андрусово), городище Мамут Султан (с. Доброе), городище Джалман (с. Пионерское), Кермен-Кыр (п. Мирное), городище Залесье (п. Залесье), городища Долгий Бугор и Красная Горка (с. Партизанское), городище Булганакское (с. Пожарское), городище Беки-Эли (с. Живописное), городище Змеиное и скифское городище Таш-Джарган (с. Чистенькое) и др.

Значительный интерес представляют военно-исторические объекты региона - мемориальный комплекс «Концлагерь „Красный“, сквер Победы, Мемориальный комплекс «Вечный огонь», памятник «Народному ополчению всех времен», Долгоруковский обелиск, памятник А.В. Суворову и др. (г. Симферополь), памятный знак "Партизанская шапка", Памятный знак в честь погибших крымских партизан в годы Великой Отечественной войны – «Курган Славы», Музей СВО, Братская могила "Ров" 10-й км Феодосийского шоссе (Симферопольский район) и др. Кроме этого, практически в каждом населённом пункте Симферопольского района есть воинские братские могилы, отдельные захоронения и знаки в память о погибших земляках. Использование военно-исторических объектов в экскурсиях способствуют воспитанию у населения патриотизма, интереса к истории своей Родины, чувства бережного отношения к памятникам истории и т.п.

Архитектурные объекты — это объекты, которые представляют архитектурные стили, техники и инновации. Они могут включать в себя здания, мосты, монументы, скульптуры и т.п. Такие объекты привлекают туристов, интересующихся архитектурой и дизайном. В Симферополе наиболее значимыми архитектурными объектами являются здание железнодорожного вокзала, бывший особняк Шнайдера, бывший дом купца Черехова, здание Русского драматического театра им. А.М. Горького и др. К числу наиболее известных и популярных памятников города относятся Долгоруковский обелиск, памятник Екатерине II, памятник «Вежливым людям», памятник Пушкину А.С., танк-памятник освободителям Симферополя, памятники братьям Айвазовским, А.В. Суворову, В.С. Высоцкому, И. Гаспринскому, святителю Луке, памятник «Выстрел в спину», памятник «Народному ополчению всех времен» и др.

Наиболее значимыми природно-антропогенными объектами на территории г. Симферополя являются Центральный парк культуры и отдыха «Екатерининский сад», Ботанический сад им. академика Н.В. Багрова, Парк культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина и др. На территории Симферопольского района — оборудованные пещеры Мраморная, Эмине-Баир-Хосар (гора Чатыр-Даг), Кизил-Коба (Долгоруковская яйла) и др.

ОЦЕНКА ТУРИСТСКО-ЭКСКУРСИОННЫХ ОБЪЕКТОВ Г. СИМФЕРОПОЛЬ И СИМФЕРОПОЛЬСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭКСКУРСИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Структура и размещение туристско-экскурсионных объектов г. Симферополь и Симферопольского района представлены на рис. 2.

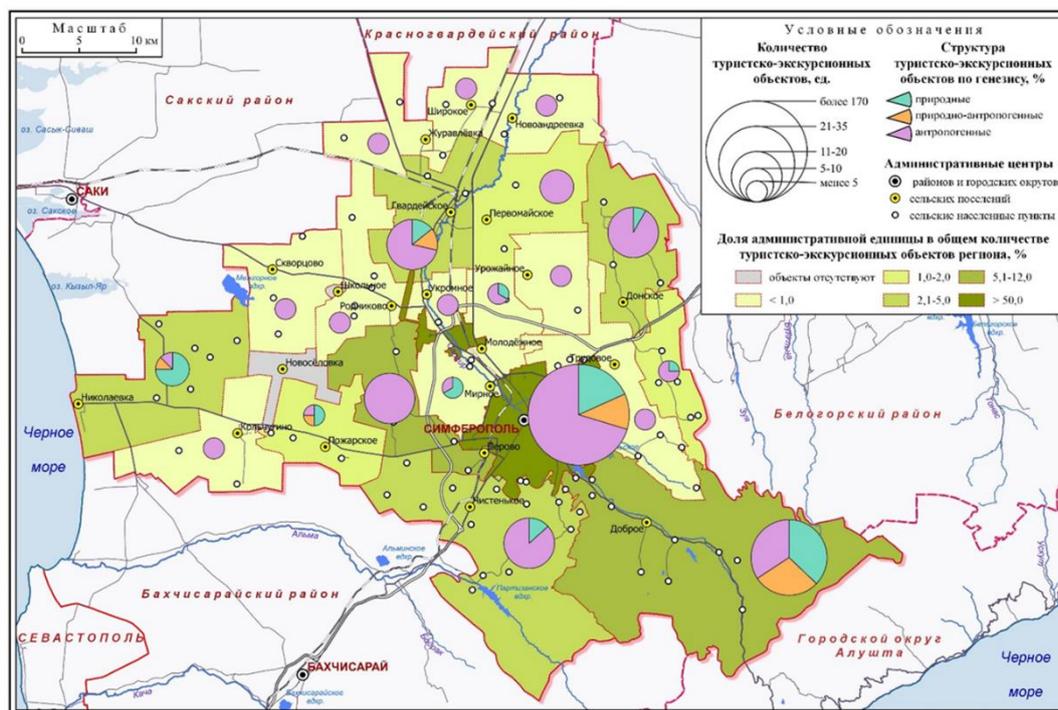


Рис. 2. Структура и размещение ТЭО г. Симферополь и Симферопольского района РК, 01.01.2024 г.

Составлено автором по [7, 8, 9].

По количеству ТЭО в регионе лидирует г. Симферополь — 379 объектов, что составляет 65,4% от общего числа ТЭО региона. В городе преобладают антропогенные экскурсионные объекты (65% от общего числа). Второе место по количеству ТЭО в регионе занимает Добровский сельсовет — 35 ТЭО (6% от общего числа объектов региона). Здесь преобладают природные и антропогенные экскурсионные объекты. В основном данные объекты используются в обзорных (главным образом те туристско-экскурсионные объекты, которые расположены вдоль трассы Симферополь – Алушта) или тематически (главным образом те туристско-экскурсионные объекты, которые расположены на удалении от трассы Симферополь – Алушта – пещеры Чатыр-Дага, Кизил-Коба, кинопарк «Викинг» и др.).

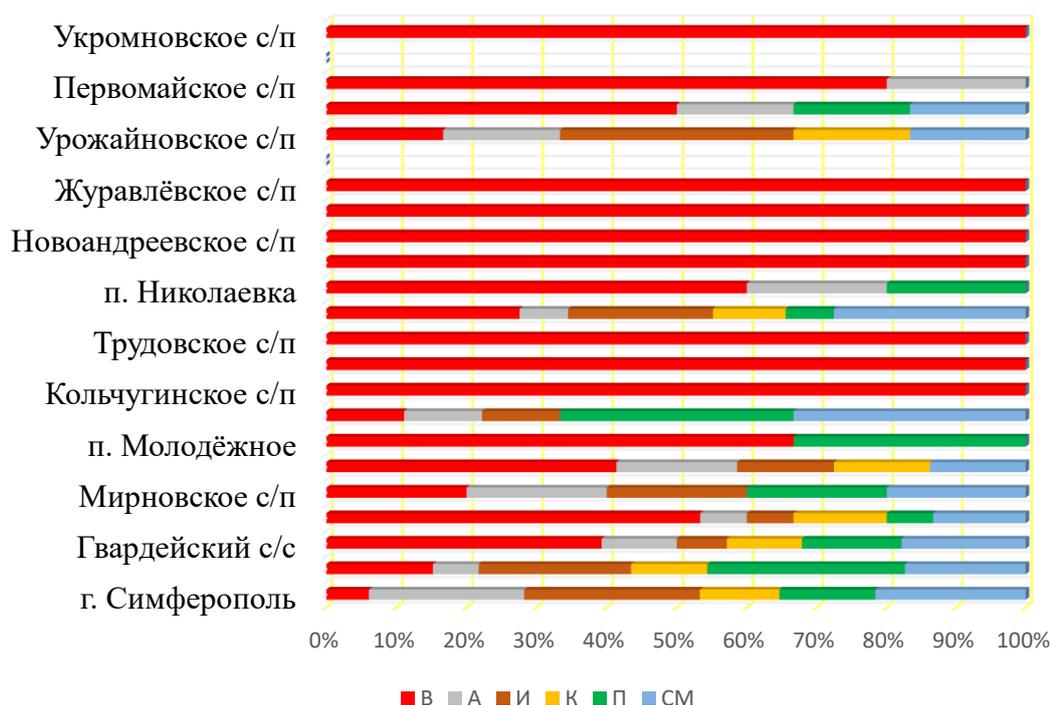
Перовский, Донской, Гвардейский, Чистенский сельсоветы обладают примерно одинаковым количеством ТЭО и имеют средний потенциал для развития туристско-экскурсионной деятельности.

Пгт. Николаевка, Первомайский, пгт. Молодёжное, Урожайновский, Новоандреевский, Пожарский, Мазанский, Мирновский сельсоветы имеют от 2 до 8

туристско-экскурсионных объектов. Данные районы можно использовать для автобусных обзорных экскурсий, так как их объекты не обладают большой информационной ёмкостью.

В 15 административно-территориальных единицах региона — от 1 до 8 ТЭО, а в Новосёловском и Школьненском с/п ТЭО отсутствуют, что не позволяет их использовать в экскурсионной деятельности. Такое неравномерное распределение ТЭО в пределах региона можно объяснить, главным образом, разновременной историей освоения территории и неоднородностью природно-географических условий.

Территориальная локализация основных видов туристско-экскурсионных объектов представлена на рис. 3.



Примечание:

- В - военно-исторические объекты;
- А - архитектурные объекты;
- И - исторические объекты;
- К - культурные (в т.ч. культовые) объекты
- П - природные объекты
- СМ - смешанные объекты

Рис. 3. Структура экскурсионных объектов г. Симферополь и Симферопольского района по административно-территориальным единицам, %, 01.01.2024 г.

Составлено автором по [7, 8, 9].

ОЦЕНКА ТУРИСТСКО-ЭКСКУРСИОННЫХ ОБЪЕКТОВ Г. СИМФЕРОПОЛЬ И СИМФЕРОПОЛЬСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭКСКУРСИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В большинстве административно-территориальных единиц региона преобладают военно-исторические объекты, а наибольшим разнообразием экскурсионных объектов обладают город Симферополь, Добровский, Гвардейский и Донской сельсоветы, что позволяет более широко их использовать в экскурсионной деятельности.

Сложившаяся структура является предпосылкой проведения в г. Симферополе всех имеющихся по тематике экскурсий (в меньшей степени из тематических экскурсий — природоведческих, т.к. городская среда сильно изменена человеком), для Добровского с/п — преимущественно обзорные и тематические (природоведческие, исторические, производственные) экскурсии, для Гвардейского и Донского с/п — исторические и природоведческие экскурсии. В большинстве регионов исследуемой территории преобладают объекты антропогенного характера, за исключением Добровского, Николаевского и Пожарского с/п. В районах, где находится 1 туристско-экскурсионный объект — это антропогенные объекты, представленные единичными воинскими захоронениями времён Великой Отечественной войны, что позволяет проводить военно-исторические экскурсии, но, главным образом, для местных жителей (особенно для школьников с целью усиления патриотического воспитания).

Для определения показателей интегральной оценки туристско-экскурсионных объектов г. Симферополь и Симферопольского района, нами были оценены все основные туристско-экскурсионные объекты региона по основным 5 критериям: познавательная ценность, известность объекта (оценивалась по количеству запросов в интернете), степень сохранности объекта, информационная ёмкость (количество времени, затрачиваемое на изучение объекта) и транспортная доступность объектов. Каждый из этих критериев оценивался по 3-х бальной шкале, где 3 балла — самый высокий показатель, а 1 — самый низкий. Максимальный балл, который может набрать объект — 15 баллов. В результате оценки, 38 экскурсионных объектов г. Симферополь и Симферопольского района набрали от 10 до 15 баллов. Эти объекты активно используются в туристско-экскурсионной деятельности региона (Центральный музей Тавриды, Крымский этнографический музей, Симферопольский художественный музей, пещеры Мраморная, Эмине-Баир-Хосар и Кизид-Коба и др.). 44 экскурсионных объекта региона слабо используются в туристско-экскурсионной деятельности из-за того, что их отдельные параметры (степень сохранности, познавательная ценность, транспортная доступность и др.) имеют низкую степень оценки.

На основе полученных баллов ТЭО регионов нами было выделено 7 основных типов территорий г. Симферополь и Симферопольского района Республики Крым по особенностям потенциала туристско-экскурсионных объектов (рис. 4).

Каждый из выделенных семи типов характеризуется определённым набором оцениваемых параметров и содержит рекомендации по использованию собственных ТЭО в экскурсионной деятельности.

1 тип — 1400 баллов и более. К этому типу относится г. Симферополь. Он имеет максимальное, для региона, количество туристско-экскурсионных объектов, которые характеризуются высокой или средней познавательной ценностью объектов, средней

или высокой степенью известности, средней или высокой степенью сохранности, средней или высокой степенью информационной ёмкости, средней или высокой степенью транспортной доступности. Объекты отличаются видовым разнообразием. Туристско-экскурсионные объекты могут использоваться во всех видах экскурсий по содержанию (обзорные, тематические), основное направление — городские пешеходные или городские комбинированные экскурсии.

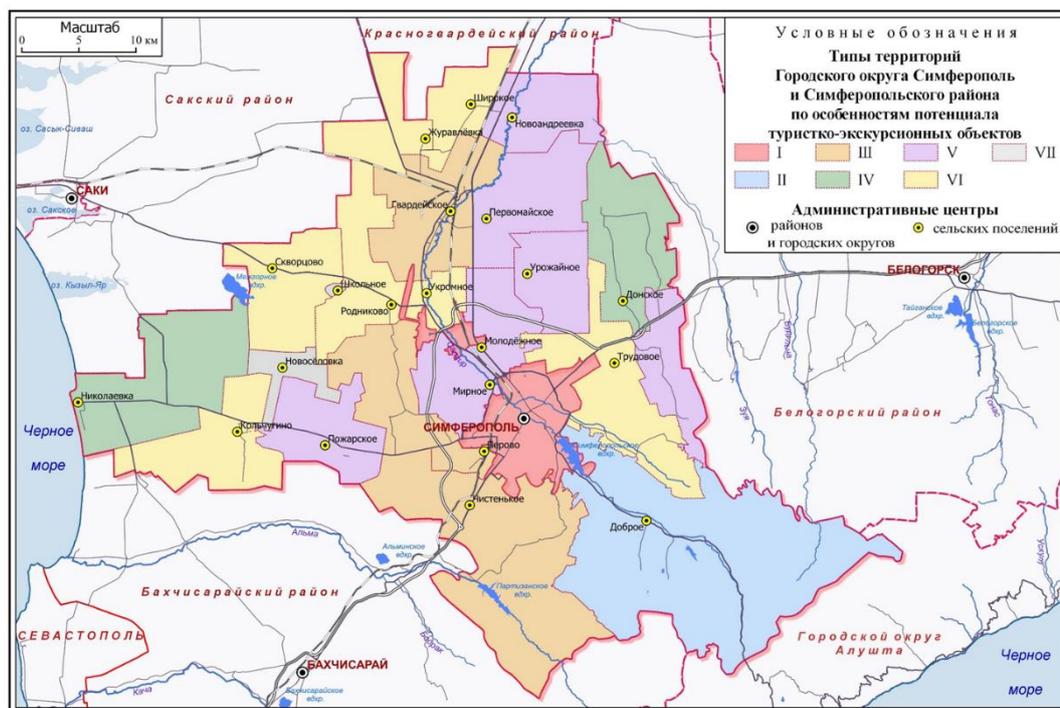


Рис. 4. Типы территорий г. Симферополь и Симферопольского района Республики Крым по особенностям потенциала туристско-экскурсионных объектов
Составлено автором.

II тип — 201–300 баллов. К этому типу относится Добровский с/п. Занимает 2 место по количеству ТЭО в регионе. Туристско-экскурсионные объекты характеризуются средней или высокой познавательной ценностью, высокой или средней степенью известности объектов, высокой или средней степенью сохранности, средней или высокой степенью информационной ёмкости, средней транспортной доступностью. Туристско-экскурсионные объекты можно использовать в обзорных и тематических (в первую очередь — природоведческих, исторических и производственных экскурсиях), а также использовать при проведении таких видов экскурсий по форме проведения как экскурсия — прогулка (особенно для школьников и местных жителей в период межсезонья).

ОЦЕНКА ТУРИСТСКО-ЭКСКУРСИОННЫХ ОБЪЕКТОВ Г. СИМФЕРОПОЛЬ И СИМФЕРОПОЛЬСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭКСКУРСИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

III тип — 41–100 баллов. К этому типу относятся Гвардейский, Перовский и Чистеньский сельсоветы. Они характеризуются средней или низкой познавательной ценностью объектов, средней степенью известности, средней или высокой степенью сохранности, средней или низкой информационной ёмкостью, средней или низкой степенью транспортной доступности. Туристско-экскурсионные объекты можно использовать в обзорных и тематических (природоведческих и исторических экскурсиях), а также использовать при проведении таких видов экскурсий по форме проведения как экскурсия — прогулка (особенно для школьников и местных жителей в период межсезонья).

IV тип — 101–200 баллов. К этому типу относятся пгт. Николаевка и Донской сельсовет. Преобладают военно-исторические объекты. Они характеризуются низкой познавательной ценностью объектов, низкой или средней степенью известности, средней степенью сохранности, средней или низкой степенью информационной ёмкости и средней степенью транспортной доступности. Объекты данных регионов не имеют особой популярности и узнаваемости у экскурсантов. В основном их можно использовать для проведения военно-исторических экскурсий для местного населения, в том числе использовать при проведении таких видов экскурсий по форме проведения как экскурсия — прогулка (особенно для школьников и местных жителей в период межсезонья).

V тип — 11–40 баллов. К этому типу относятся Урожайновский, Мазанский, Первомайский, Мирновское, Пожарский и Новоандреевский сельские поселения и сельсоветы. Они характеризуются низкой познавательной ценностью, низкой степенью известности, средней или высокой степенью сохранности объектов, низкой информационной ёмкостью и средней степенью транспортной доступности. Объекты данных регионов не имеют особой популярности и узнаваемости у экскурсантов. В основном их можно использовать для проведения исторических (этнографических, военно-исторических и историко-краеведческих) экскурсий для местного населения, в том числе использовать при проведении таких видов экскурсий по форме проведения как экскурсия – прогулка (особенно для школьников и местных жителей в период межсезонья).

VI тип — 1–10 баллов. К этому типу относятся Кольчугинское, Скворцовское, Трудовское, Родниковское, Укромновское, Широковское, Журавлёвское сельские поселения и сельсоветы. Единичные туристско-экскурсионные объекты имеют низкую познавательную ценность, низкую степень известности, высокую степень сохранности, низкую степень информационной ёмкости, низкую или среднюю степень транспортной доступности. Объекты могут быть использованы как дополнительные в обзорных автобусных экскурсиях. Основной вид объектов – военно-исторические.

VII тип — 0 баллов. К этому типу относятся Школьненский и Новосёловский с/п. Туристско-экскурсионные объекты отсутствуют. На данный момент регионы практически не используются в туристско-экскурсионной деятельности.

Предложенная типизация может быть использована для разработки предложений по эффективному использованию ТЭО региона в туристско-экскурсионной деятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Город Симферополь и Симферопольский район обладают значительным ресурсным потенциалом для проведения экскурсий, который используется не в полной мере. Наиболее популярными и востребованными у туристов являются, прежде всего, антропогенные экскурсионные объекты г. Симферополя (памятники истории, культуры, архитектуры, культовые, этнографические, производственные ТЭО), природные, природно-антропогенные и антропогенные (памятники истории, археологии, этнографические ТЭО) Симферопольского района. Значительная часть экскурсионных маршрутов является транзитными для региона, что не позволяет в полной мере задействовать имеющийся ресурсный потенциал в экскурсионной деятельности. Для более эффективного использования туристско-экскурсионных объектов г. Симферополь и Симферопольского района необходимо:

1) создание единого реестра с указанием следующих данных: типа объекта по генезису, даты создания, месторасположения, познавательной ценности и статуса, периода функционирования, возможности использования в экскурсионной деятельности, официального сайта и т.п.;

2) проведение реставрационных работ по восстановлению первоначального облика антропогенных ТЭО;

3) создание сопутствующей туристской инфраструктуры (удобных подъездных путей, стоянок для экскурсионного транспорта, площадок и мест для расположения экскурсантов, информационных щитов и указателей, санитарных остановок и т.п.);

4) внедрение инновационных технологий в музеи региона;

5) создание новых инновационных экскурсионных объектов;

6) продвижение рекламы и информации об объектах в социальных сетях;

7) более активное вовлечение в экскурсионную деятельность местного населения (как взрослых, так и школьников), которые позволили бы более активно использовать объекты местного значения;

8) диверсификация экскурсий, особенно по содержанию и форме проведения;

9) включение в экскурсии новых ТЭО и т.п.

Реализация указанных предложений будет способствовать повышению роли экскурсионной деятельности в структуре хозяйства региона, созданию новых рабочих мест, повышению культурного уровня местного населения и улучшению качества его жизни.

Список литературы

1. Закон Республики Крым от 9 января 2017 года N 352-ЗРК/2017 «О стратегии социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года (с изменениями на 26 декабря 2022 года)». [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https:// docs.cntd.ru/document/413918280](https://docs.cntd.ru/document/413918280) (дата обращения: 12.08.2025).
2. АТОР: внутренний туризм в 2024 году показал органический рост на 8% [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https:// www.atorus.ru/article/ator-vnutrenniy-turizm-v-2024-godu-rokazal-organicheskiy-rost-na-8-60120](https://www.atorus.ru/article/ator-vnutrenniy-turizm-v-2024-godu-rokazal-organicheskiy-rost-na-8-60120) (дата обращения: 12.08.2025).

ОЦЕНКА ТУРИСТСКО-ЭКСКУРСИОННЫХ ОБЪЕКТОВ Г. СИМФЕРОПОЛЬ И СИМФЕРОПОЛЬСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭКСКУРСИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

3. О развитии туристкой отрасли в Республике Крым за 2024 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://mtur.rk.gov.ru/uploads/mtur/container/2025/01/30/2025-01-30-17-48-05_1.pdf (дата обращения: 12.08.2025).
4. Распоряжение Правительства РФ от 28.12.2024 N 4146-р «Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года». [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ekonom73.ru/wp-content/uploads/2025/03/Rasporyazhenie-Pravitelstva-RF-ot-28_12_2024-N-4146-r-Ob-utv.pdf (дата обращения: 12.08.2025).
5. ГОСТ Р 54604-2011 «Туристские услуги. Экскурсионные услуги. Общие требования», п. 3.7, с. 3 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://tour-vestnik.ru/f/gost_r_54604-2011_turistskie_uslugi_ekskursionnye_uslugi_obshchie_trebovaniya.pdf (дата обращения: 02.09.2025).
6. Емельянов Б.В. Экскурсоведение. М.: Советский спорт, 2008. 216 с.
7. Реестр туристско-рекреационных ресурсов АРК и г. Севастополя. Симферополь, 2002. 268 с.
8. Постановление Совета министров Республики Крым от 24.01.2017 N 17 «Перечень выявленных объектов археологического наследия, расположенных на территории Республики Крым» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://za-nas-zakon.ru/doc/postanovlenie-ot-24012017-N-17-sovet-ministrov-respubliki-krum/> (дата обращения: 05.09.2025).
9. Туристско-рекреационный ресурсный потенциал Республики Крым и г. Севастополь / Под редакцией д. г. н., проф. И. М. Яковенко. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. 408 с.

ASSESSMENT OF TOURIST AND SIGHTSEEING FACILITIES IN SIMFEROPOL AND THE SIMFEROPOL DISTRICT OF THE REPUBLIC OF CRIMEA AND THE POSSIBILITY OF THEIR USE IN SIGHTSEEING ACTIVITIES

Sazonova G. V.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation
E-mail: galisaz@mail.ru*

One of the principles for the further development of the tourism industry specified in the "Spatial Development Strategy of the Russian Federation for the period up to 2030 with a forecast until 2036" is the realization of the natural, cultural, historical, recreational and other recreational potential of the territories, including in order to reduce differentiation in the level of socio-economic development of territories due to the movement of resources by tourists from their place of earnings to places of recreation. It is possible to realize the natural and especially cultural and historical potential of the region, including within the framework of the development of tourist and excursion activities, one of the most popular tourism sectors.

Excursion activity is an integral, traditional and popular component of the tourist complex of the Republic of Crimea. According to the Ministry of Resorts and Tourism of the Republic of Crimea, in 2024, 21% of tourists noted cultural and educational tourism as the reason for choosing Crimea for recreation, and 59% of tourists visited 2 or more excursions. A number of the most popular tourist and excursion routes pass through the territory of the urban district of Simferopol and the Simferopol region of the Republic of Crimea.

Tourist and excursion activities in the structure of the economy of Simferopol and Simferopol region occupies an insignificant place. This is due to the fact that, on the one

hand, there are other more highly profitable industries in the region that form the basis of the region's economy (industry, agriculture, transport, etc.), and on the other hand, in terms of the potential, tourist and excursion objects are inferior to objects of other regions (urban district Yalta, etc.). But, taking into account the functions of Simferopol as the main political, administrative, industrial, transport, scientific, educational and cultural center of the Republic of Crimea, it is developing as one of the centers of cultural, educational, business and other types of tourism, using, among other things, the existing resource potential.

The urban district of Simferopol and the Simferopol district have significant tourist and excursion potential. The city of Simferopol is the main political and administrative, economic, scientific and educational, transport, religious and cultural center of the Republic of Crimea. It has a rich historical heritage, natural attractions and unique culture, making it attractive to tourists and sightseers. Based on the analysis of the "Register of tourist and excursion resources of the Republic of Crimea and the city of Sevastopol," "List of identified objects of archaeological heritage located on the territory of the Republic of Crimea," as well as literature of a local history nature, 579 main objects were assigned to tourist and excursion objects (TEO) of Simferopol and Simferopol region.

Depending on the genesis, tourist and excursion objects of the region are divided into 3 main groups: anthropogenic, natural-anthropogenic and natural. The structure of anthropogenic excursion objects in the region is dominated by historical (21%) and architectural and urban planning (18%) objects, the amount of natural feasibility studies accounts for 14%, and the share of mixed (combining several types of objects).

Simferopol is the leader in the number of tourist and excursion objects in the region - 379 objects, which is 65.4% of the total number of tourist and excursion objects in the region. The city is dominated by anthropogenic excursion objects (65% of the total). The second place in the number of tourist and excursion objects in the region is occupied by the Dobrovsky Village Council - 35 feasibility studies (6% of the total number of objects in the region). It is dominated by natural and anthropogenic excursion objects. Basically, these objects are used in sightseeing (mainly those tourist-sightseeing objects that are located along the Simferopol-Alushta highway) or thematically (mainly those tourist-sightseeing objects that are located at a distance from the Simferopol-Alushta highway - Chatyr-Daga caves, Kizil-Koba, film park "Viking," etc.).

Perovsky, Donskoy, Guards, Chistensky village councils have approximately the same number of tourist and excursion facilities and have average potential for the development of tourist and excursion activities. Pgt. Nikolaevka, Pervomaisky, town. Youth, Urozhainovsky, Novoandreevsky, Pozharsky, Mazansky, Mirnovsky village councils have from 2 to 8 tourist and excursion facilities. These areas can be used for bus sightseeing tours, since their facilities do not have a large information capacity.

In 15 administrative-territorial units of the region — from 1 to 8 tourist-excursion facilities, and in Novosyolovskiy and Shkolnenskiy s/s there are no feasibility studies, which does not allow them to be used in excursion activities. This uneven distribution of feasibility studies within the region can be explained mainly by the different history of development of the territory and the heterogeneity of natural and geographical conditions.

ОЦЕНКА ТУРИСТСКО-ЭКСКУРСИОННЫХ ОБЪЕКТОВ Г. СИМФЕРОПОЛЬ И СИМФЕРОПОЛЬСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭКСКУРСИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Most of the administrative-territorial units of the region are dominated by military historical objects, and the city of Simferopol, Dobrovsky, Guards and Don village councils have the greatest variety of excursion objects, which allows them to be more widely used in excursion activities.

The current structure is a prerequisite for holding all excursions available in Simferopol (to a lesser extent from thematic excursions — natural, since the urban environment is greatly changed by man), for Dobrovsky s/s — mainly sightseeing and thematic (natural, historical, production) excursions, for Guards and Donskoy s/s — historical and natural excursions. In most regions of the studied territory, anthropogenic objects prevail, with the exception of Dobrovsky, Nikolaevsky and Pozharsky s/s. In areas where 1 tourist and excursion object is located, these are anthropogenic objects represented by single military graves from the Great Patriotic War, which allows for military historical excursions, but mainly for local residents (especially for schoolchildren in order to strengthen patriotic education).

To determine the indicators of the integral assessment of tourist and excursion objects in Simferopol and the Simferopol region, we evaluated all tourist and excursion objects in the region according to the main 5 criteria: cognitive value, fame of the object (estimated by the number of requests on the Internet), the degree of safety of the object, information capacity (the amount of time spent on studying the object) and transport accessibility of objects. Each of these criteria was scored on a 3-point scale, with 3 being the highest score and 1 being the lowest. The maximum score that an object can score is 15 points. 38 excursion objects of Simferopol and Simferopol region scored from 10 to 15 points. These objects are actively used in tourist and excursion activities of the region (Central Museum of Taurida, Crimean Ethnographic Museum, Simferopol Art Museum, Marmara caves, Emine-Bair-Khosar and Kizid-Koba, etc.). 44 excursion objects of the region are poorly used in tourist and excursion activities due to the fact that their individual parameters (degree of preservation, cognitive value, transport accessibility, etc.) have a low degree of assessment.

Based on the points of tourist and excursion objects of the regions, we identified 7 main types of territories of Simferopol and the Simferopol region of the Republic of Crimea according to the peculiarities of the potential of tourist and excursion objects. Each of the identified seven types is characterized by a certain set of evaluated parameters and contains recommendations for their use.

Keywords: tourist and excursion facilities, the structure of tourist and excursion facilities, criteria for evaluating tourist and excursion facilities, types of regions according to the potential of tourist and excursion facilities, excursion.

References

1. Zakon Respubliki Krym ot 9 yanvarya 2017 goda N 352-ZRK/2017 «O strategii social'no-ehkonomicheskogo razvitiya Respubliki Krym do 2030 goda (s izmeneniyami na 26 dekabrya 2022 goda)». [Elektronnyj resurs]. URL: [https:// docs.cntd.ru/document/413918280](https://docs.cntd.ru/document/413918280) (data obrashcheniya: 12.08.2025). (in Russian)

2. ATOR: vnutrennij turizm v 2024 godu pokazal organicheskiy rost na 8% [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.atorus.ru/article/ator-vnutrenniy-turizm-v-2024-godu-pokazal-organicheskiy-rost-na-8-60120> (data obrashcheniya: 12.08.2025). (in Russian)
3. O razvitiy turistskoj otrasli v Respublike Krym za 2024 g. [Elektronnyj resurs]. URL: https://mtur.rk.gov.ru/uploads/mtur/container/2025/01/30/2025-01-30-17-48-05_1.pdf (data obrashcheniya: 12.08.2025). (in Russian)
4. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 28.12.2024 N 4146-r «Ob utverzhdenii Strategii prostranstvennogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda s prognozom do 2036 godA». [Elektronnyj resurs]. URL: https://ekonom73.ru/wp-content/uploads/2025/03/Rasporyazhenie-Pravitelstva-RF-ot-28_12_2024-N-4146-r-Ob-utv.pdf (data obrashcheniya: 12.08.2025). (in Russian)
5. GOST R 54604-2011 «Turistskie uslugi. Ehkskursionnye uslugi. Obshchie trebovaniYA», p. 3.7, s. 3 [Elektronnyj resurs]. URL: https://tour-vestnik.ru/f/gost_r_54604-2011_turistskie_uslugi_ekskursionnye_uslugi_obshchie_trebovaniya.pdf (data obrashcheniya: 02.09.2025). (in Russian)
6. Emel'yanov B.V. Ehkskursovedenie. M.: Sovetskij sport, 2008. 216 p. (in Russian)
7. Reestr turistsko-rekreacionnykh resursov ARK i g. Sevastopolya. Simferopol', 2002. 268 p. (in Russian)
8. Postanovlenie Soveta ministrov Respubliki Krym ot 24.01.2017 N 17 «Perechen' vyavlennykh ob"ektov arkheologicheskogo naslediya, raspolozhennykh na territorii Respubliki Krym» [Elektronnyj resurs]. URL: <https://za-nas-zakon.ru/doc/postanovlenie-ot-24012017-N-17-sovet-ministrov-respubliki-krym/> (data obrashcheniya: 05.09.2025). (in Russian)
9. Turistsko-rekreacionnyj resursnyj potencial Respubliki Krym i g. Sevastopol' / Pod redakciej d. g. n., prof. I. M. Yakovenko. – Simferopol': IT «ARIAL», 2015. 408 p. (in Russian)

Поступила в редакцию 20.11.2025 г.

УДК 911.3:338.48 (477.75)

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ЭНОГАСТРОНОМИЧЕСКОГО ТУРИЗМА В КРЫМУ

Яковенко И. М.¹, Карлов Л. С.²

^{1,2}Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация

E-mail: ¹yakovenko-tnu@ya.ru, ²lkarlov97@mail.ru

Проанализированы факторы развития и территориальной организации эногастрономического туризма в Крыму. Охарактеризовано влияние природно-географического фактора и материально-технической базы — ресторанного хозяйства Крыма — на специализацию и уровень развития эногастрономического туризма. Построена комплексная аналитико-синтетическая карта, выявившая территориальную дифференциацию объектов ресторанного хозяйства, типов кухни и мест эногастрономических дегустаций. На основе экспертных оценок определена аттрактивность городских округов и муниципальных районов Крыма для эногастрономического туризма. Высокую оценку получили Ялтинский и Алуштинский городские округа, город федерального значения Севастополь и Бахчисарайский муниципальный район. Районы Центрального, Восточного и Северного Крыма демонстрируют низкий уровень аттрактивности для гастротуристов. Среди актуальных проблем развития эногастрономического сегмента регионального туристского продукта отмечены сезонность, нехватка ресторанов высокой и этнической кухни, недостаточное число гастрономических и винных фестивалей. В статье дано обоснование перспективного эногастрономического туристского коридора для целей оптимизации туристского пространства региона.

Ключевые слова: эногастрономический туризм, территориальная структура, гастрономический специалитет, тематический туристский коридор.

ВВЕДЕНИЕ

Гастрономический и винный туризм, а также их сочетание — эногастрономический туризм — традиционно относятся к специализированным видам туризма [1]. Однако имея в виду неразрывную взаимозависимость еды (включая разнообразные алкогольные и прочие напитки) и туризма, а также активное продвижение эногастрономических путешествий в СМИ и социальных сетях, эногастрономический туризм может рассматриваться как новое направление массового туризма. Он формирует важный сегмент региональной экономики и национальной и региональной идентичности населения [2, 3, 4], но в то же время способен влиять на ранее сложившуюся культуру питания местных сообществ [5]. По определению Бакониной Е., создателя и идейного вдохновителя гастрономического сервиса бронирования TripLunch.com, эногастрономический тур — «поездка с особым вниманием на местной кухне и региональных продуктах и винах»; «новый способ путешествий в поиске новых вкусов и аутентичных культурных традиций, помогающий почувствовать наиболее полно культуру и ценности, связанные с этой землей и хранимые многими поколениями» [6]. Согласно определению World Food Travel Association, гастрономический туризм — это поездка с целью ознакомления с кухней дестинации, особенностями производства и приготовления продуктов и блюд, посещения гастрономических фестивалей,

выставок, ярмарок и праздников, единственных в своем роде ресторанов и небольших местных заведений, а также обучения и повышения уровня профессиональных знаний и навыков в области гастрономии, кулинарии и ресторанного искусства [7]. Термин «эногастрономический» фиксирует наиболее частое сочетание — еды и вина в туристских практиках многих стран и регионов мира.

Являясь междисциплинарным объектом исследований, включающих философское, культурологическое, социальное, экономическое, антропологическое и иные направления, эногастрономический туризм имеет отчетливо выраженную территориальную дифференциацию, что обуславливает предметную область географических исследований. Руководство по управлению развитием гастрономического туризма, подготовленное UNWTO, констатирует, что территория является основой гастрономии, потому что ландшафты места назначения, культура, продукты, технологии и блюда определяют его кулинарную идентичность и должны быть частью ДНК туристического опыта, предлагаемого посетителям [8, с.9]. Отличительной особенностью эногастрономического туризма является высокая степень комбинаторности — сопряженности с другими видами туризма, в первую очередь, с этнографическим, сельским, событийным и фестивальным.

Географический (территориальный) подход к изучению объектов, явлений и процессов в рамках эногастрономического туризма заключается в привязке к территории разного уровня пространственной иерархии — глобального, макро-, мезо- и микро-регионального, локального (топологического). Правовой аспект географической идентификации продовольственного сырья или продукта связан с системой защищенных обозначений их происхождения (PDO) и географических указаний (PGIS) и позволяет устанавливать высокое качество пищевых продуктов и вин, определяемое уникальными особенностями географической среды конкретной местности. Подобные территории часто позиционируются как популярные маршруты эногастрономического туризма [9]. Географичность присуща в целом культуре питания туристских дестинаций, а также гастрономическим образам территории и их брендам, с которыми турист знакомится во время путешествия [10]. Показательно, что наиболее апробированными методами географических исследований всех разновидностей гастрономического туризма выступают сравнительно-географический (сравнение нескольких территорий в отношении преобладающих типов питания, способов обработки продуктов, конкурентных позиций и интенсивности эногастрономического туризма и т.д.), картографический (представление специализированных центров и маршрутов) и социологический (составление портретов участников эногастрономического туризма и др.).

В Крыму гастрономический и винный туризм в течение длительного периода рассматривались как дополнительные программы для оздоровительной купально-пляжной рекреации и санаторно-курортного лечения. В 2021 г. на 27-ом Международном туристском форуме «Отдых Leisure 2021», проходившем в г. Москва, эногастрономический туризм был заявлен Министерством курортов и туризма Республики Крым как одно из наиболее перспективных туристических направлений, задающим новые тренды в знакомстве с регионом [11]. Была представлена методология нового кольцевого маршрута «Винная дорога Крыма»,

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ЭНОГАСТРОНОМИЧЕСКОГО ТУРИЗМА В КРЫМУ

объединяющая 30 винных хозяйств; отмечены появившиеся инновационные парки «WINEPARK» (г. Ялта) и винный парк «Долина Святого Саввы» (г. Судак), подведены итоги эногастрономического фестиваля «Ноябрьфест», принявшего в 2019 г. 12,5 тыс. чел.

В научно-методической литературе географический аспект исследования развития эногастрономического туризма в Крыму представлен слабо. Из работ, посвященных изучению факторов его развития, следует упомянуть статью Дугаренко И.А., в которой рассматривается структура и территориальная организация ресторанного хозяйства Крыма [12]. Оценивая его роль в развитии гастрономического туризма в регионе, автор выявил ряд проблем, сохраняющих свою актуальность и по сегодняшний день — отсутствие специализированных ресторанных туров; несистематическую и неэффективную работу ресторанов и туроператоров, продвигающих гастротуры в информационном пространстве, в том числе в социальных сетях, сезонность; недостаток специалистов ресторанного сервиса. В коллективной монографии «Специализированные виды туризма в Крыму: состояние, проблемы, перспективы» (2021) изучено влияние важнейшего фактора развития винного туризма, а именно, ресурсного потенциала крымского виноградарства и виноделия [1].

Целью данной работы явился анализ современной территориальной структуры эногастрономического туризма в Крыму для обоснования планов перспективной территориальной организации.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

География эногастрономического туризма в Крыму определяется совокупностью факторов, среди которых важнейшая роль принадлежит природно-географическим факторам (уникальные природные условия, способствующие производству местных продуктов (специалитетов) и вин); социально-экономическим (состояние и размещение системы общественного питания); историческим (мифы и легенды о продуктах, блюдах, вине); социокультурным (традиции и обычаи потребления различных блюд и вина в Крыму); социально-психологическим (мода на ту или иную кухню; стереотипы пищевого поведения туристов и др.). Главным генерирующим фактором остается туристско-рекреационный спрос и его пространственная избирательность, определяющие уровень мотивации к эногастрономическим турам и степень attractiveness определенных туристских дестинаций.

Влияние природно-географического фактора особенно наглядно проявляется в развитии винного сегмента туристского регионального продукта Крыма. Современная география винных туров и экскурсий с дегустациями совпадает с регионами возделывания винограда и его промышленной переработки. В Южнобережной зоне, благоприятной для выращивания сверхранних, поздних и очень поздних сортов винограда с высоким содержанием сахара, производят лучшие на постсоветском пространстве мускатные вина, портвейны и мадеру [13]. Экскурсии с дегустацией практикуют многие винодельческие предприятия, среди которых

наибольшими объемами экскурсионного обслуживания отличается ФГУП «ПАО «Массандра» (г. Ялта, г. Алушта). В Предгорной зоне распространены укрывные ландшафты виноградников ранних сроков созревания для приготовления шампанских и коньячных виноматериалов. Винный туризм получил развитие в Севастополе (завод шампанских вин «Золотая балка», винодельческое предприятие «Усадьба Перовских», завод марочных вин «Инкерман»), Феодосии («Завод марочных вин Коктебель»), Новом Свете (завод шампанских вин «Новый Свет»), Судаче (винодельческое предприятие «Солнечная долина»). В западной части Степной зоны в связи с утепляющим эффектом моря могут производиться столовые белые вина всех марок, крепкие белые и красные столовые вина, десертные ординарные вина и марочные портвейны. Последнее десятилетие ознаменовалось появлением многочисленных частных виноделен в Сакском, Бахчисарайском и Симферопольских районах, предлагающих туристам разнообразные эногастрономические программы.

В составленной в 2020 г. «Гастрономической карте Крыма» (автор проекта Возная С.М.) обозначены крымские гастрономические специалитеты в разрезе четырех регионов Крыма [14]:

- Южнобережный регион: гранат, ялтинский лук, инжир, оливки, виноград, цезарский гриб, сумах, хурма, розмарин;
- Восточный регион: барабуля, хамса (анчоус), каперсы, кумыс, терн, селитрянка, фазан, улитка виноградная;
- Западный регион: буза, катык, крымская камбала, кефаль, креветка, рапана, мидия, устрица крымская, розовая соль, минеральная сакская вода, масло виноградной косточки, солерос (морская фасоль), янтык;
- Центральный и Северный Крым: вальдшнеп, перепелка, грецкий орех, кизил, лаванда, крымская роза, айва, шелковица.

Отмеченные специалитеты определяют специфические особенности локальных кухонь, включая состав ингредиентов и способы приготовления блюд.

Состояние и тенденции развития ресторанного хозяйства Крыма следует рассматривать как фактор, определяющий уровень организации питания туристов в Крыму и, следовательно, качество регионального туристского продукта, а также как непосредственную составляющую специализированного эногастрономического туризма. В свою очередь, динамика системы ресторанного хозяйства в полной мере отражает изменения в общем состоянии экономики страны и региона и фиксирует влияние новых геополитических вызовов. Так, характерный для Украины этап стабильного роста экономики в 2007–2011 гг. ознаменовался ростом числа предприятий общественного питания в курортных местностях Крыма. Быстрая отдача вложенных финансовых ресурсов стимулировала инвесторов на открытие многочисленных ресторанов, кафе и баров. Число предприятий ресторанного хозяйства максимально выросло с 2009 по 2014 гг. в Ялте и Судаче (более чем в 4 раза), Евпатории (в 2,3 раза) и Феодосии (в 1,7 раза) [12]. Впоследствии число объектов ресторанного хозяйства сокращалось дважды: в период введения санкций, прежде всего, за счет ухода с крымского рынка ряда сетевых ресторанов, и во второй раз — после ввода антиковидных ограничений в 2020 г. (табл. 1).

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА
ЭНОГАСТРОНОМИЧЕСКОГО ТУРИЗМА В КРЫМУ

Таблица 1.

Динамика числа предприятий ресторанного хозяйства в Крыму в 2009–2023 гг.

Регион	Число ресторанов, кафе, баров		
	2009	2014	2024
Р. Крым	1438	2067	2233
Симферополь	310	371	371
Алушта	105	67	101
Армянск	-	20	24
Джанкой	76	48	52
Евпатория	57	135	278
Керчь	93	131	138
Красноперекоск	58	40	27
Саки	57	42	26
Судак	35	125	137
Феодосия	93	160	206
Ялта	100	425	428
Бахчисарайский	45	64	89
Белогорский	48	40	52
Джанкойский	...	16	15
Кировский	33	35	26
Красногвардейский	59	42	30
Красноперекоский	...	5	3
Ленинский	29	48	28
Нижнегорский	54	19	27
Первомайский	19	19	18
Раздольненский	32	15	15
Сакский	...	40	22
Симферопольский	82	109	71
Советский	20	14	18
Черноморский	33	37	31
Севастополь	199	221	495

Источник: составлено авторами по паспортам социально-экономического
развития городских советов и муниципальных районов
Республики Крым и г. Севастополь.

В 2024 г. ресторанное хозяйство Республики Крым включало 2233 объекта. По абсолютным показателям (число посадочных мест) лидируют столичный город Симферополь и курортные города Ялта и Феодосия, самые низкие значения зафиксированы в районах степного Крыма. Расчет обеспеченности посадочными местами в расчете на 1000 чел. выявил следующую картину: в Республике Крым при среднереспубликанском значении 62,7 мест на 1000 человек самую высокую обеспеченность посадочными местами имеют Судак (216,1 мест), Феодосия (161,8 мест) и Ялта (148,1), очень низкую — г. Джанкой (3,6 мест) и Ленинский район (7,3

мест); в г. Севастополь показатель обеспеченности посадочными местами составляет 29,4 мест на 1000 чел.

Сетевые предприятия, в том числе франчайзингового типа, в регионе немногочисленны и представлены преимущественно пиццериями, суши-барами, кофейнями и кондитерскими («Медоборы», «Чао» и др.). В контексте развития гастрономического туризма обеспеченность Крыма ресторанами, рассчитанными на VIP-клиентуру (например, рестораны элитных отелей Ялты), пока недостаточная, ощущается также нехватка качественных ресторанов авторской и национальной кухни. Среди немногочисленных примеров последних — рестораны крымскотатарской кухни «Джеваль» (г. Евпатория); «Салачик», «Алие» (г. Бахчисарай); караимской — кафе «Караман» (г. Евпатория); еврейской — кафе «Йоськин кот» (г. Евпатория).

В настоящее время наблюдается усиление специализации отдельных регионов Крыма на развитии эногастрономического туризма. В г. Севастополь реализованы проекты высокой кухни; пос. Балаклава позиционируется как крупнейший центр рыбной кухни в Крыму. Помимо Севастополя, эногастрономическую специализацию имеют Феодосия (завод «Голицын», пос. Новый Свет, завод марочных вин и коньяков «Коктебель», фестивали «Барабулька» и WineFeoFest), г. Ялта (кухня элитных ресторанов, дегустационные программы знаменитого завода «Массандра»), г. Судак (ОАО «Солнечная долина»), г. Евпатория (крымскотатарская, караимская, еврейская кухни, «Музей вина»), Бахчисарайский район (крымскотатарская кухня, многочисленные малые винодельческие усадьбы).

В рамках диверсификации туристского продукта многие винзаводы разрабатывают эногастрономические программы (например, проект «Вино и сыр Солнечной долины», проект «ТерруАРТ» шампанерии «Золотая балка»), организуют квесты, фестивали, праздники и анимационные программы («Массандра, «Золотая балка»).

С целью визуализации размещения объектов эногастрономического туризма была составлена комплексная карта (рис. 1). На ней получили отражение количественные показатели (число объектов ресторанного хозяйства, число посадочных мест), качественные показатели (типы кухни, представленные в ресторанах (табл. 2); оценочные показатели (аттрактивность районов для гастрономических туристов по оценкам экспертов-членов ассоциации «Туристический альянс Крыма» в градациях «высокая», «средняя», «низкая»). Значками на карте обозначены места проводимых дегустаций (сыров, вин, мидий) и места проведения фестивалей вина и еды. Картографический анализ подтвердил значительные региональные диспропорции в уровне развития эногастрономического туризма. Лидерами выступают Ялтинский и Алуштинский городские округа, Бахчисарайский муниципальный район и город федерального значения Севастополь. Северный Крым, расположенный в степной зоне полуострова, характеризуется крайне слабым уровнем туристско-рекреационной освоенности, включая эногастрономический туризм.

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ЭНОГАСТРОНОМИЧЕСКОГО ТУРИЗМА В КРЫМУ

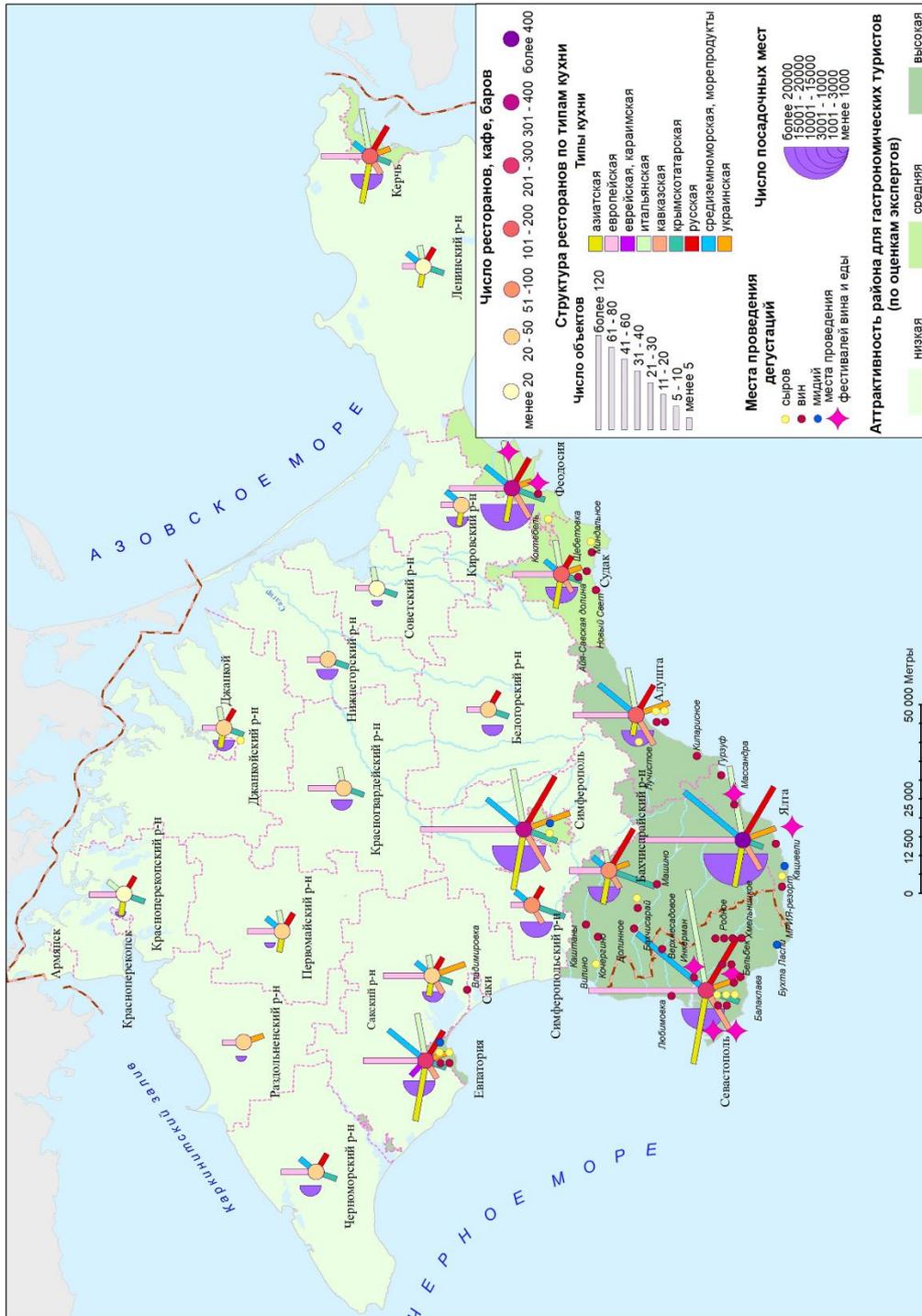


Рис. 1. Территориальная структура эногастрономического туризма, 2023 г.

Источник: составлено авторами

Структура ресторанов Крыма по типам кухни

Город, район	Число ресторанов, предлагающих кухню								
	Е	СМ	И	Р	У	КТ	К	А	Е,К
Симферополь	63	15	30	22	13	5	13	29	-
Алушта	22	11	16	6	5	-	6	4	-
Евпатория	29	12	16	6	3	3	3	24	2
Керчь	16	4	14	8	2	1	2	15	-
Саки и район	13	2	1	4	5	4	2	4	-
Судак	12	2	6	4	3	1	1	7	-
Феодосия	30	9	14	9	3	5	5	8	-
Ялта	61	39	38	26	10	4	5	17	-
Бахчисарайский	6	2	2	13	2	14	2	9	-
Белогорский	1	-	-	2	-	2	-	-	-
г. Джанкой и район	3	-	1	3	-	1	-	2	-
Кировский	1	1	-	-	-	-	-	1	-
Красногвардейский	5	-	1	-	-	3	-	-	-
Красноперекопск и район	5	-	1	3	-	1	-	2	-
Ленинский	3	2	2	2	-	1	-	2	-
Нижнегорский	4	-	-	-	-	1	-	-	-
Первомайский	6	1	1	3	-	-	-	1	-
Раздольненский	1	-	-	-	1	-	-	-	-
Симферопольский	4	2	2	-	-	5	1	-	-
Советский	3	-	1	-	-	4	-	-	-
Черноморский	5	2	-	1	-	1	-	-	-
Севастополь	129	60	65	29	8	5	16	42	-

* Е — европейская, СМ — средиземноморская, И — итальянская, Р — русская, У — украинская, КТ — крымскотатарская, К — кавказская, А — азиатская, Е,К — еврейская, караимская.

Источник: составлено авторами.

Популярной формой эногастрономического туризма являются гастро- и винные фестивали. Они организуются местными администрациями, отельными комплексами и винодельческими предприятиями и включают разнообразные форматы — круговые дегустации, мастер-классы, конкурсы, квесты и викторины, выставки продукции, выступления творческих коллективов. К числу традиционных тематических фестивалей относятся «Вкус Крыма», «Крым на тарелке» (Севастополь), «Барабулька» и «WineFeoFest» (Феодосия), «Вино и сыр» (комплекс Luciano wellness & SPA Foros), «Ноябрьфест» (Ялта), «Гастролис» (отель «Мрия»). Фестивальное движение сфокусировано в курортных городах южной части полуострова; общественно значимые события в других регионах Крыма отсутствуют.

Оценивая современную территориальную структуру эногастрономического туризма, необходимо отметить отсутствие в Крыму такой формы организации

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ЭНОГАСТРОНОМИЧЕСКОГО ТУРИЗМА В КРЫМУ

туристского пространства, как эногастрономические туристские коридоры. Последние способствуют консолидации туристских дестинаций и более равномерному распределению туристских потоков. В числе культурных маршрутов Совета Европы выделяются два трансевропейских эногастрономических коридора — «Дунайский винный маршрут» и «Маршрут по историческим кафе» [15]. Ранее нами была разработана структура перспективных для Крыма тематических туристских коридоров, в составе которых был описан винный (эногастрономический) коридор [16]:

— Восточная ось (протяженность — 72 км): Кировский район (с. Изюмовка (Алеф-Виналь-Крым), фермерские товары (мясные и молочные продукты «Немецкое подворье») — Судак (винодельня «Солнечная долина», Винный парк долины Святого Саввы, сыроварня «Таврика») — Новый Свет (Дом шампанский вин «Новый Свет») Коктебель (завод марочных вин «Коктебель»), Специализация — сухие вина, в том числе из исключительно местных (автохтонных) сортов винограда кокур и кефесия, игристые вина.

— Южная ось (протяженность — 36 км): Алушта (сыроварни «Горная сыроварня», «Чудная лаванда») — Ялта (винодельческий комбинат «Массандра», «Магарач», «Winerpark Mriya», Никитский ботанический сад, устрично-мидийная ферма «Яхонт»). Специализация – десертные и крепленые вина — портвейны, херес, мадера, легендарные крымские мускаты.

— Западная ось (протяженность — 212 км): Черноморский район (винодельня «Kalos Limen») — Саки (винодельня «Два сердца», винодельня «Жаков») — Севастополь («Золотая Балка», Винный клуб «Бельбек», «Ардрюс Юци»с, Дегустационная терраса «Гнездо», Le K2, Рем Акчурин, Domaine Lipko, Uppa Winery (П. Швец), винодельня Олега Репина, Усадьба Перовских, пасека Виноградовых, усадьба «Мангуп» (производство местных экопродуктов), Инкерманский завод марочных вин) – Бахчисарайский район («Alma Valley», ГК «Дом Захарьиных», «Lucky Winery», «VIVO», «Bogovich Wine & Vineyard», «Фотисаль», «Сатера» («Esse»). Специализация — игристые вина, а также сухие и полусухие вина из таких популярных сортов винограда, как каберне совиньон, пино нуар, совиньон блан, шардоне, сира, мальбек и рислинг.

ВЫВОДЫ

Эногастрономический туризм является одним из быстро развивающихся приоритетных направлений социокультурного туризма в Крыму. Его территориальная структура сформировалась под влиянием природно-ресурсного фактора, определившего сельскохозяйственную специализацию и традиционную культуру питания местного населения. Важную роль в размещении объектов эногастрономического туризма играют социально-экономические факторы, в первую очередь, состояние системы ресторанного хозяйства, и туристско-рекреационный спрос, обусловивший мотивацию участия в эногастрономических туристских программах и выбор конкретных туристских дестинаций.

Территориальная структура эногастрономического туризма в Крыму характеризуется резкими диспропорциями в размещении объектов ресторанного хозяйства, центров дегустационного винного туризма и мест проведения фестивальных мероприятий. Построение комплексной карты выявило устойчивое лидерство Ялтинского и Алуштинского городских округов, города федерального значения Севастополь и Бахчисарайского муниципального района. Центральные и периферийные районы полуострова оцениваются как районы, имеющие низкий уровень аттрактивности для участников эногастрономического туризма.

Актуальными проблемами развития эногастрономического туризма в регионе являются сезонность, нехватка ресторанов высокой и этнической кухни, несистематический характер проведения фестивальных и событийных мероприятий.

Перспективными формами организации туристского пространства в Крыму могут стать тематические туристские коридоры, среди которых предлагается эногастрономический коридор, направленный на актуализацию потенциала крымских винодельческих предприятий и ресторанных объектов и консолидацию южных, восточных и западных регионов Крыма.

Список литературы

1. Специализированные виды туризма в Крыму: состояние, проблемы, перспективы / Под редакцией д.г.н., проф. И.М. Яковенко. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2021. 288 с.
2. Очилова Х.Ф., Умирова Д.С. Гастрономический туризм: теория и практика: учебник. Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2021. 160 с.
3. Bessiere, J. Local development and heritage: traditional food and cuisine as tourism attractions in rural areas // *Sociologia Ruralis*. 1998. No 38 (1). PP. 21-34. DOI: 10.1111/1467-9523.00061
4. Carral E.V., Río M., López Z. Gastronomy and tourism: socioeconomic and territorial implications in Santiago de Compostela-Galiza (NW Spain) // *International Journal of Environmental Research and Public Health* Article. 2020. No 17. PP. 6173. doi:10.3390/ijerph17176173 www.mdpi.com/journal/ijerph
6. Medina F.X., Leal M.P., Vazques-Medina J.A. Tourism and Gastronomy // *Anthropology of food*. 2018. No3. PP. 755–779. URL: <http://journals.openedition.org/aof/8448> (дата обращения: 07.12.2025).
7. Эногастрономический туризм в России: особенности и перспективы. URL: <https://welcometimes.ru/opinions/enogastronomicheskij-turizm-v-rossii-osobennosti-i-perspektivy> (дата обращения: 07.12.2025).
8. 2020 of the World Food Travel Association report. URL: <https://worldfoodtravel.org/news-download-2020-state-of-the-food-travel-industry-report/> (дата обращения: 08.12.2025).
9. Guidelines for the development of gastronomy Tourism / UNWTO, Madrid, 2019. 44 p. URL: <https://www.e-unwto.org/doi/book/10.18111/9789284420957> (дата обращения: 08.12.2025).
10. Milan G.D., Milan Vazquez de la Torre, Rojas H. Analysis of the demand for gastronomic tourism in Andalusia (Spain) // *Plos ONE*. 2021. 16 (2). 23 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/349064089_Analysis_of_the_demand_for_gastronomic_tourism_in_Andalusia_Spain (дата обращения: 08.12.2025).
11. Лагусев Ю.М., Балынин К.А. Гастрономические бренды как средства продвижения дестинаций // *Сервис Plus*. 2016. №2. С. 9–16.
12. Эногастрономический туризм – одно из самых перспективных туристических направлений в Крыму – Вадим Волченко. URL: <https://mtur.rk.gov.ru/articles/c661f60d-7566-4fe0-9103-a6da6e93d25f> (дата обращения: 09.12.2025).
13. Дугаренко И.А. Ресторанное хозяйство Крыма как фактор развития туризма // *Ученые записки Таврического национального ун-та. География. Геология*. 2018. Том 4(70). №2. С. 66–71.
14. Pozachenyuk K, Yakovenko I. Vine landscapes in Crimea: evolution, problems, prospects // *Miscellanea*

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА
ЭНОГАСТРОНОМИЧЕСКОГО ТУРИЗМА В КРЫМУ

- Geographica - Regional Studies on Development. Vol.22. №2. 2018. PP. 102–108.
15. Гастрономическая карта Крыма /под редакцией С.М. Возной. Симферополь, 2020. 130 с.
16. Cultural routes of the Council of Europe programme. URL: <https://www.coe.int/en/web/cultural-routes> (дата обращения: 6.02.2024)
17. Яковенко И.М., Страчкова Н.В. Карлов Л.С. Тематические туристские коридоры как форма пространственной организации туризма в Крыму // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2024. Том 10 (20). Вып. 1. С. 43–54.

**TERRITORIAL STRUCTURE
OF ENOGASTRONOMICAL TOURISM IN CRIMEA**

Yakovenko I. M.¹, Karlov L. S.²

*^{1,2}V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation
E-mail: ¹yakovenko-tnu@ya.ru, ²karlov97@mail.ru*

Enogastronomical tourism is one of the rapidly developing priority areas of socio-cultural tourism in Crimea. Its territorial structure developed under the influence of the natural resource factor, which determined the agricultural specialization and traditional food culture of the local population. Socio-economic factors and tourist demand play an important role in the location of enogastronomical tourism facilities, which led to the motivation to participate in enogastronomical tourism programs and the choice of specific tourist destinations.

In Crimea, gastronomic and wine tourism has been considered for a long period as additional programs for recreational bathing and beach recreation and spa treatment. Currently, this is one of the most promising tourist destinations, setting new trends in exploring the region. Tasting tours are practiced by many Crimean wineries, among which Massandra (Yalta, Alushta) is distinguished by the largest volumes of excursion services. Wine tourism has been developed in Sevastopol (Zolotaya Balka Champagne Factory, Perovsky Manor winery, Inkerman Vintage wine factory), Feodosia (Koktebel Vintage Wine Factory), Novy Svet (Novy Svet Champagne Factory), Sudak (Solnechnaya Dolina winery).

A comprehensive analytical and synthetic map has been constructed, revealing the territorial differentiation of restaurant facilities, types of cuisine, and locations of gastronomic and wine tastings. The map shows the steady leadership of the Yalta and Alushta urban districts, the federal city of Sevastopol and the Bakhchisarai municipal district. The central and peripheral regions of the peninsula are assessed as areas with a low level of attractiveness for participants of enogastronomical tourism.

The current problems of the development of enogastronomical tourism in the region are seasonality, the lack of restaurants of high and ethnic cuisine, the unsystematic nature of festival and event events.

Thematic tourist corridors can become promising forms of organization of tourist space in Crimea. The enogastronomical corridor is aimed at actualizing the potential of Crimean wineries and restaurant facilities and consolidating the southern, eastern and western regions of Crimea.

Keywords: enogastronomical tourism, territorial structure, gastronomic specialization, thematic tourist corridor.

References

1. Specializirovannye vidy turizma v Krymu: sostoyanie, problemy, perspektivy / Pod redakciej d.g.n., prof. I.M. Yakovenko. Simferopol': IT «ARIAL», 2021. 288 s. (in Russian)
2. Ochilova K.H.F., Umirova D.S. Gastronomicheskij turizm: teoriya i praktika: uchebnik. Moskva, Berlin: Direkt-Media, 2021. 160 s. (in Russian)
3. Bessiere, J. Local development and heritage: traditional food and cuisine as tourism attractions in rural areas // Sociologia Ruralis. 1998. No 38 (1). PP. 21-34. DOI: 10.1111/1467-9523.00061
4. Carral E.V., Río M., López Z. Gastronomy and tourism: socioeconomic and territorial implications in Santiago de Compostela-Galiza (NW Spain) // International Journal of Environmental Research and Public HealthArticle. 2020. No 17. PP. 61–73. doi:10.3390/ijerph17176173 www.mdpi.com/journal/ijerph
5. Medina F.X., Leal M.P., Vazques-Medina J.A. Tourism and Gastronomy // Anthropology of food. 2018. No3. PP. 755-779. URL: <http://journals.openedition.org/aof/8448> (data obrashcheniya: 07.12.2025).
6. Ehnogastronomicheskij turizm v Rossii: osobennosti i perspektivy. URL: <https://welcometimes.ru/opinions/enogastronomicheskij-turizm-v-rossii-osobennosti-i-perspektivy> (data obrashcheniya: 07.12.2025). (in Russian)
7. 2020 of the World Food Travel Association report. URL: <https://worldfoodtravel.org/news-download-2020-state-of-the-food-travel-industry-report/> (data obrashcheniya: 08.12.2025).
8. Guidelines for the development of gastronomy Tourism / UNWTO, Madrid, 2019. 44 p. URL: <https://www.e-unwto.org/doi/book/10.18111/9789284420957> (data obrashcheniya: 08.12.2025).
9. Milan G.D., Milan Vazquez de la Torre, Rojas H. Analysis of the demand for gastronomic tourism in Andalusia (Spain) // Plos ONE. 2021. 16 (2). 23 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/349064089_Analysis_of_the_demand_for_gastronomic_tourism_in_Andalusia_Spain (data obrashcheniya: 08.12.2025).
10. Lagusev YU.M., Balynin K.A. Gastronomicheskie brendy kak sredstva prodvizheniya destinacij // Servis Plus. 2016. №2. S. 9–16. (in Russian)
11. Ehnogastronomicheskij turizm – odno iz samykh perspektivnykh turistscheskikh napravlenij v Krymu – Vadim Volchenko. URL: <https://mtur.rk.gov.ru/articles/c661f60d-7566-4fe0-9103-a6da6e93d25f> (data obrashcheniya: 09.12.2025). (in Russian)
12. Dugarenko I.A. Restorannoe khozyajstvo Kryma kak faktor razvitiya turizma // Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo un-ta. Geografiya. Geologiya. 2018. Tom 4(70). №2. S. 66–71. (in Russian)
13. Pozachenyuk K, Yakovenko I. Vine landscapes in Crimea: evolution, problems, prospects // Miscellanea Geographica - Regional Studies on Development. Vol.22. №2. 2018. PP. 102-108.
14. Gastronomicheskaya karta Kryma /pod redakciej S.M. Voznoj. Simferopol', 2020. 130 s. (in Russian)
15. Cultural routes of the Council of Europe programme. URL: <https://www.coe.int/en/web/cultural-routes> (data obrashcheniya: 6.02.2024)
16. Yakovenko I.M., Strachkova N.V. Karlov L.S. Tematicheskie turistskie koridory kak forma prostranstvennoj organizacii turizma v Krymu // Geopolitika i ehkogeodinamika regionov. 2024. Tom 10 (20). Vyp. 1. S. 43–54. (in Russian).

Поступила в редакцию 21.11.2025 г.

УДК 911.3.725.515/ 355.59.2

**РЕКОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
САНАТОРНО-КУРОРТНОГО КОМПЛЕКСА КРЫМА:
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ DEEP MAPPING-МЕТОДИКИ**

Андрющенко И. А.¹, Володин А. Н.², Кравченко И. В.³, Яковлев А. Н.⁴

^{1,2,3,4}Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация

E-mail: ¹winter301@yandex.ru, ²stburah@gmail.com, ³zx3com@gmail.com,

⁴andrey_yakovlev84@list.ru

В арсенале современных исследователей культурного ландшафта всё более важное место занимают ГИС-технологии и методики «глубокого картографирования» (Deep mapping). Эти подходы позволяют буквально нанести на карту не только физические объекты, но и их многослойные культурные контексты — исторические сведения, рассказы, эмоциональные впечатления, связанные с местом. Одними из самых насыщенных культурологическими смыслами туристических символов Крыма являются объекты санаторно-курортного комплекса, созданные в советский период. Современная стратегия их реконцептуализации должна предусматривать внедрение цифровых технологий, открытых для широкой аудитории. Работа посвящена теоретическому обоснованию реконцептуализации объектов санаторно-курортного комплекса Крыма советского периода, как ключевого инструмента современной гуманитарной географии и культурологии, включая построение прототипа интерактивного ресурса формата Deep Mapping.

Ключевые слова: реконцептуализация, ревалоризация, объекты санаторно-курортного комплекса Крыма советского периода, Deep Mapping, культурный ландшафт, гуманитарная география, культурология.

ВВЕДЕНИЕ

Современная общественная география и культурология, обращаясь к анализу постсоветского пространства, сталкиваются с фундаментальной проблемой, выходящей далеко за рамки простого описания или инвентаризации объектов советской эпохи. Эта проблема заключается в глубоком онтологическом и эпистемологическом разрыве между существующим трактовками устаревших идеологем, их ценностными установками и наблюдаемой реальностью. Объекты санаторно-курортного комплекса Крыма советского периода, представляющий собой уникальную по плотности, исторической многослойности и идеологической насыщенности пространственную структуру, выступая, пожалуй, наиболее ярким примером такой "сопротивляющейся" реальности. Сформированный в логике советской биополитики, имперской репрезентации и социалистической утопии, этот комплекс сегодня функционирует в условиях радикально изменившихся социально-экономических координат, геополитических напряжений и социокультурных трансформаций [1].

Традиционные подходы, унаследованные от советской рекреационной географии, оперирующие количественными показателями «ёмкости», «антропогенной нагрузки» и «лечебных факторов», «медико-биологических функций ландшафта», «рекреационных ресурсов», оказываются не всецельными

перед лицом семиотической сложности объекта [2, 3]. Они не способны объяснить, почему заброшенный или даже руинированный корпус санатория может обладать большей культурной значимостью, чем действующий современный отель, или каким образом память о формате отдыха или массового курортного досуга ушедшей эпохи трансформирует современное восприятие курортного парка.

С другой стороны, механический перенос западных концепций джентрификации или туристификации на крымскую почву часто игнорирует специфику советского курортологического проекта, который не был ни чисто рыночным, ни корпоративным, ни чисто государственным (в западном понимании), а представлял собой уникальную форму как пространственной организации социального воспроизводства, так и особого курортного культурного ландшафта.

В этой ситуации возникает настоятельная потребность в реконцептуализации — не как в косметической смене терминологии, а как в глубокой пересборке познавательных моделей, трактовке ушедших вместе с советской эпохой смыслов, заложенных в архитектуре, парковых зонах, и в совокупности формирующих особый тип курортного пространства, насыщенного идеологемами прошедшей эпохи. Реконцептуализация в данном контексте выступает как метод, позволяющий преодолеть то, что современные исследователи называют «концептуальным несоответствием» (*conceptual misalignment*) [4]. Это состояние, при котором исследовательские инструменты «промахиваются» мимо объекта, создавая теоретические слепые зоны и закрывая возможность для *nuanced understanding* (нюансированного понимания) сложных социопропространственных феноменов [5]. В практической плоскости реконцептуализация может выступить плацдармом для актуализации ценностного значения объектов санаторно-курортного комплекса Крыма советского периода, их ревалоризации, сохранению и преданию охранного статуса наиболее значимым в архитектурном, ландшафтном, историко-культурном отношении объектам. Особое значение реконцептуализация приобретает на современном этапе — «нового освоения» курортного пространства крымского региона, когда объекты санаторно-курортного комплекса советской эпохи, зачастую, воспринимаются новыми «хозяевами» как «ветхая старина» и/или как конструкции, занимающие ценное пространство и мешающие новому формату его освоения.

Следует отметить, что современное географическое знание и практика, находясь в междисциплинарной связке с науками гуманитарного цикла, имеют собственный инструментарий и возможности в сфере реконцептуализации объектов былых эпох, в том числе объектов санаторно-курортного комплекса Крыма советского периода. С одной стороны, это наиболее прогрессивная сфера применения географического знания и практики — современные геоинформационные системы, как технологический аппарат построения многослойных, различных по тематике картографических моделей и, прежде всего, как база данных с возможностью их разномасштабной систематизации. С другой стороны, следует отметить, что проблематика реконцептуализации объектов советского периода входит в поле интереса и исследовательских возможностей современной гуманитарной географии. Один из основоположников отечественной гуманитарной географии, культуролог Д. Н. Замятин отмечал: «Гуманитарная география развивается во взаимодействии с

такими научными областями и направлениями, как когнитивная наука, культурная антропология, культурология, филология, политология и международные отношения, геополитика и политическая география, искусствоведение, история» [6]. Одним из каналов, посредством которого гуманитарная география на равноправной с другими науками основе включается в исследования реконцептуализации объектов прошлого, является факт территориальности самих объектов, исследование их как географических локалитетов с общей рекреационной функцией в масштабах большей полифункциональной территории региона. Другим аспектом является то, что объекты санаторно-курортного комплекса Крыма советского периода, как локалитеты, в своей совокупности и взаимосвязи формируют каркас особого типа культурного ландшафта — курортного культурного ландшафта. Отметим, что культурный ландшафт выступает одной из основных дефиниций в исследовательском поле гуманитарной и культурной географии. Как отмечает исследователь культурного ландшафта Рагулина М.В. «...за последнее двадцатилетие география значительно обогатилась герменевтическими, интерпретативными методами и подходами, широко распространенными в социологии, антропологии, философии и позволившими географии говорить с этими гуманитарными дисциплинами на одном языке, сохраняя специфику предмета исследования — пространство и культурный ландшафт» [7]. Лавренова О.А. определяет культурный ландшафт как «систему матриц и кодов культуры, выражающихся в знаках и символах, непосредственно связанных с территорией» [8].

Современные подходы к реконцептуализации невозможны без применения современных цифровых технологий, цифровизация выступает приоритетным направлением во всех областях российского научного, общественного и культурного инструментария, благодаря своей универсальности использования, информационной емкости, повсеместности применения и доступности как экспертному сообществу, так и широким слоям населения. По мнению, одним из наиболее эффективных способов обновления и повышения интереса как широкой аудитории, так и специалистов к санаторно-курортным объектам Крыма советского времени является создание интерактивного прототипа картографического ресурса, который будет одновременно служить базой данных об исследуемых объектах. Данный ресурс, разработанный в формате Deep Mapping (далее — DM), своей главной задачей ставит отображение динамичной идентичности территории и отдельных объектов, расположенных на ней. DM-формат направлен на визуализацию множества смыслов и идентичностей, которые влияют на восприятие места человеком. Это достигается за счет создания интерактивных ссылок, которые сопровождают исследуемые объекты и направляют пользователей к архивам, видеоматериалам, фотографиям, литературным источникам и воспоминаниям свидетелей, формируя тем самым эмоционально-чувственное восприятие территории и объектов. Прототип интерактивного ресурса в DM-формате, так же представляет собой базу данных, включающую не только стандартные географические карты, но и широкий спектр культурологических сведений, отражающих особенности истории, архитектуры и другие аспекты формирования социокультурного пространства исследуемых объектов советской эпохи [9].

Данная работа посвящена результатам анализа реконцептуализации объектов санаторно-курортного комплекса Крыма советского периода как системообразующего элемента исследований курортного культурного ландшафта в современной гуманитарной географии и культурологии посредством использования ДМ-картографирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Построение прототипа интерактивного ресурса формата Deep Mapping осуществлялось через разработку интерактивных ссылок для каждого исследуемого объекта санаторно-курортного комплекса советского периода. В целях создания прототипа было выбрано три рекреационных объекта советского периода расположенных в пределах ЮБК — два на территории Ялтинского городского округа — санаторий «Курпаты» и отель, семейный курортный комплекс «Ялта-Интурист», а также санаторий «Киев» в городе Алушта. Посредством интерактивных ссылок, прикрепленных на карте к выбранным объектам, осуществляется прямой доступ к облачному хранилищу, содержащему материалы преимущественно культурологического характера: деталями архитектурного стиля, дополненными трехмерными моделями объекта, описаниями ландшафтно-паркового дизайна, литературными источниками, фото- и видеоматериалами, иллюстрирующими особенности отдыха и работы объекта в историческом разрезе, прочее. Все эти материалы помогут углубить понимание уникального социокультурного пространства, формируемого вокруг объекта, путем визуализации элементов, которые характеризуют отдых и оздоровление типичные для советской эпохи. Информационная ёмкость прототипа усиливается различными тематическими слоями карт традиционного географического содержания, представленных в виде активных слов и выполненных с помощью геоинформационной программы QGIS с возможностью как послойного, так и совмещенного подключения и отображения географических особенностей местности локализации выбранных объектов.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В оптике гуманитарной географии пространство не является пассивнымместилищем материальных объектов, но представляет собой динамичную, социально конструируемую систему значений, символов и практик. Санаторно-курортный комплекс Крыма советского периода в этом контексте выступает не просто как совокупность рекреационных учреждений, а как сложнейший геокультурный палимпсест. Каждый объект, это особый архитектурный слой — от экспроприированных императорских дворцов до футуристических мегаструктур позднего модернизма — кодирует определенную идеологическую доктрину, создает модель междисциплинарного исследования. Настоящий раздел работы посвящен параметрам реконцептуализации этих объектов, анализу их стилистической эволюции и той роли, которую они играют в формировании уникального культурного ландшафта, сформировавшего в советскую эпоху преимущественно в регионе крымского южного бережья.

РЕКОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ САНАТОРНО-КУРОРТНОГО КОМПЛЕКСА КРЫМА: ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ DEEP MAPPING-МЕТОДИКИ

Мы исходим из теоретической предпосылки, что архитектура советского санатория является «говорящим» пространством, текстом, подлежащим герменевтическому прочтению. Как отмечают исследователи культурного ландшафта, геопространство пронизано сетями значений, и крымские здравницы служат идеальным полигоном для изучения того, как политические нарративы трансформируются в бетон и камень, парки и их скульптурное сопровождение в идеологические смыслы. Эволюция санаторного зодчества здесь — это история смены «оптических режимов» власти: от прозрачности конструктивизма, стремившегося к гигиенической чистоте и социальному равенству, к театральной закрытости сталинского ампира, и далее — к технократической открытости модернизма, обращенного не к истории, а к будущему [10].

В исследовании процесса реконцептуализации необходим отказ от линейных исторических схем в пользу многомерного анализа. Значимость реконцептуализации для региона определяется несколькими факторами. Во-первых, это вопрос сохранения уникального архитектурного ландшафта, который сегодня переосмысливается как часть мирового наследия модернизма и более адаптированных советской эпохой стилей, что только усиливает их культурную ценность. Во-вторых, это проблема социально-экономической адаптации «рекреационных титанов» прошлого к требованиям индивидуализированного спроса туристической современности. В-третьих, это политическое измерение, где санатории становятся маркерами присутствия и инструментами «мягкой силы» государства, транслирующими определенные идеологические послания. Наконец, это социальный аспект, связанный с конфликтогенной дальностью курортных территории — «правом на город и правом на курорт», где процессы приватизации и огораживания территорий вступают в противоречие с интересами местных сообществ. Таким образом, реконцептуализация объектов санаторно-курортного комплекса выступает как ключевой механизм становления современного пространства Крыма, определяющий его место в символической географии постсоветской реальности.

Советская модель санаторно-курортного лечения была глубоко укоренена в идеологии производительности труда и биополитическом контроле над физиологическим состоянием гражданина. Санаторий рассматривался не как место развлечений, а как «фабрика здоровья», где рабочий, отдыхающий должен был восстановить свои силы для дальнейших трудовых достижений, служения государству. Эта система характеризовалась жесткой регламентацией: строгое расписание процедур, диетическое питание, порицание психоактивных веществ при организации досуга и шумных развлечений, отрицание характерной для современных курортов демонстрации престижа, дохода и статуса, а также контроль со стороны медицинского персонала. Получение путевки было формой социального поощрения, а сам отдых носил характер оздоровления как некоторой обязанности перед обществом и государством [11].

Современная реконцептуализация знаменует собой радикальный разрыв с этой традицией. В эпоху потребительского капитализма и «экономики опыта» клиент ожидает от курорта не дисциплины, а удовольствия, расслабления и сервиса.

Происходит гибридизация практик: сохраняя уникальную медицинскую базу (грязелечение, бальнеология, климатотерапия), крымские здравницы вынуждены интегрировать элементы западной спа-культуры. Традиционные процедуры, такие как ванны или ингаляции, переупаковываются в привлекательные велнес-программы («антистресс», «детокс», «омоложение»), а строгий режим заменяется возможностью выбора [11].

Этот переход не всегда проходит гладко. Архитектура советских санаториев, рассчитанная на коллективное проживание и массовое обслуживание, часто вступает в противоречие с современным запросом на приватность и индивидуальный подход. Реновация номерного фонда требует значительных инвестиций и часто приводит к уменьшению вместимости объектов и/или их замене на новые строения, отвечающие современным запросам отдыхающих. Реконцептуализация организованная с применением современных цифровых технологий должна способствовать ренессансу ценностного значения объектов санаторно-курортного комплекса Крыма советского периода, их ревалоризации, сохранению и преданию охранного статуса наиболее значимым в архитектурном, ландшафтном, историко-культурном отношении объектам.

Важным аспектом функциональной трансформации является переосмысление роли парковых зон — одной из ключевых составляющих курортного культурного ландшафта. Если в советское время парк при санатории выполнял прежде всего лечебную функцию (терренкуры, фитонцидные зоны) и был пространством для тихого отдыха, то сегодня он все чаще становится самостоятельной аттракцией и объектом эстетического наслаждения. Показательным примером является парк санатория «Айвазовское» в Партените, превращенный в ландшафтный комплекс «Парадиз». Здесь советская дендрологическая основа была дополнена современными элементами ландшафтного дизайна: японским садом, мексиканскими горками, античными скульптурами и ротондами [12].

Такая трансформация отражает общий тренд на визуализацию и театрализацию пространства отдыха. Парк перестает быть просто «зеленой зоной» и становится декорацией для фотосессий и прогулок, конструируя образ идеального, почти сказочного мира, изолированного от «мира внешнего». Это создает эффект эскапизма, столь востребованный современным туристом, в свою очередь, поднимает вопросы о доступности природного наследия и праве местных жителей на доступ к рекреационным ресурсам, которые ранее воспринимались как общенародное достояние.

Одной из уникальных черт крымского курортного культурного ландшафта является устойчивое присутствие «античного паттерна». Историческая полиэтничность региона и его географическое положение сделали его местом встречи цивилизаций, но именно греческая культура античного периода, её историко-археологическое наследие стали основой для формирования одного из наиболее узнаваемых и укоренённых географических образов региона в масштабах огромной страны [13].

Античная ордерная система и принципы антропоморфных пропорций стали основой классического подхода, который был реанимирован в советской архитектуре

1930–1950-х годов. Конструктивная целесообразность и гармония античности послужили причиной ее глобального внедрения в последующие стили. Советские санатории, исполненные, в особенности, в стиле сталинского ампира, активно «цитировали» античность: колоннады, портики, скульптуры атлетов с подчеркнутой природной alertностью и контрапостом физически развитых людей, вазоны, фонтаны прочее [13].

Этот феномен можно трактовать как попытку советской власти позиционировать себя через ретрансляцию «высокой культуры» прошлого. Санаторий становился храмом здоровья, а советский человек — «новым античным греком», гармонично развитым физически и духовно. Античный паттерн связывает советский исторический процесс с глубокой древностью, создавая эффект вневременности. Реконцептуализация должна учитывать этот аспект: санатории — это не только памятники социализму актуализированных в архитектуре, но и памятники интерпретации античности в XX веке.

Идеологическая компонента присутствовала не только в архитектуре зданий и сооружений, но и в специфике озеленения санаториев и пансионатов. Ареал природы — парки и лесопарковые зоны конструировалась как антидот к современному городу, особенно индустриально развитых регионов. Санатории предлагали убежище от «болезней цивилизации».

Природа концептуализировалась тройко: как источник духовного обновления, как объект эстетического наслаждения и как сугубо медицинский терапевтический ресурс.

На базе этой идеологии сформировалась уникальная наука — «курортология», которая на научной практико-ориентированной основе занималась медиализацией природного ландшафта [14].

Солнце, воздух, море, рельеф и растительность дозировались и прописывались как лекарства. Это привело к трансформации физического пространства: парки планировались с учетом аэрации, дорожки (терренкуры) прокладывались со строго рассчитанными углами подъема для тренировки сердца. Ландшафты преимущественно курортов Крыма и северного Кавказа трансформировались, часто ориентируясь на модели заграничных субтропических курортов, но наполнялись иными социальными сценариями [11, 15]. Санаторий создавался как «пространство исключения», отделенное от политики и массовой проблематики, но парадоксальным образом выполнял стабилизирующую функцию, укрепляя привязанность граждан к советскому проекту и «родной земле», вызывая гордость за страну, где есть такие возможности для отдыха простого рабочего и удовлетворение от самого отдыха и общей эстетики места пребывания.

Таким образом, посредством обустройства зеленых зон в структуре санаторных комплексов выполнялись две основные задачи. С одной стороны, они были функциональными элементами системы здравоохранения обеспечивая свежий воздух и пространство для общего оздоровления [15]. С другой стороны, парки служили важной агитационной цели — проецировали образ государства, заботящегося о благополучии граждан.

Кроме того, курортные парки насыщались скульптурными композициями, историческими монументами, которые связывали гуляющих в настоящем с героическими страницами прошлого, трудовыми подвигами народа, научно-техническими достижениями страны [15]. Таким образом, санаторный парк становился пространством, где природа, здоровье и история сливались воедино. Это создавало специфический тип культурного ландшафта, где рекреация была неотделима от идеологического воспитания и мемориализации прошлого.

В целом объекты санаторно-курортного комплекса советского периода исторически кодировались как пространство мира, покоя и восстановления, заботы государства и равных возможностей её граждан.

Опираясь на указанные социокультурные особенности организации пространства санаториев и пансионатов советского периода, эти объекты могут рассматриваться как структурные центры гуманитарного диалога, духовно-нравственного воспитания, экологической культуры и сохранения архитектурного наследия.

Основные направления реконцептуализации могут включать следующие категории:

1. *Музеефикация повседневности.* Санатории как «живые» музеи советского модернизма и неоклассики, где сохраняются интерьеры, предметы быта, комплексные и отдельные архитектурные элементы строений.

2. *Реконцептуализация санаторно-курортного фонда.* Современное значение реконцептуализации для региона заключается в формировании новой модели развития, основанной на синергии исторического наследия и инноваций. Эстетическая реабилитация советского модернизма превращает Крым в уникальный архитектурный заповедник, формируя дополнительную точку роста не только для лечебно-оздоровительного, но и для культурно-познавательного туризма. Функциональная адаптация к стандартам популярного велнес направления в туризме позволяет монетизировать природные ресурсы и традиционные медицинские компетенции, создавая обновленный, конкурентоспособный туристический продукт.

3. *Экологический императив.* Одной из значимых задач реконцептуализации является общественный ренессанс «обращения к природе», актуальное в контексте популяризации современных эко-стандартов и велнес-индустрии. Актуализация максимальной включенности архитектурных объектов в ландшафтно-парковый компонент обустройства курортной территории, первичность значения «природного» в организации курортного отдыха, формирование образа благополучия экологического состояния местности, где каждый компонент природы нацелен как на коллективное, так и персонифицированное оздоровление.

4. *Терапия памяти.* Использование скульптурных композиций, мозаик, картин и мемориальной составляющей парков не для реанимации практик советского быта, а для рефлексии о героизме, цене мира, значении трудового подвига предшествующих поколений их достижений в сфере науки, техники, медицины, искусства, а самое главное ощущение себя продолжателем, правопреемником достоинств и достижений былых поколений [15].

5. *Патриотический императив.* Санатории и пансионаты советской эпохи рассматриваются как материальные свидетельства мощи государства, его способности реализовывать грандиозные социальные проекты. Восстановление знаковых объектов, таких как «Артек» или крупных ведомственных здравниц, может трактоваться как акт патриотизма и возвращения к истокам национальной идентичности, традиционализму общественно-культурной жизни. Это формирует транснациональный нарратив «Русского мира», где Крым выступает как сакральное место — «всесоюзная здравница», предтеча «всероссийской здравницы», объединяющая народы и поколения под эгидой государственного целеполагания. В этой логике реконцептуализация направлена на подчеркивание преемственности, где советское прошлое очищается от негативных коннотаций и интегрируется в современный государственный патриотический канон.

В арсенале современных исследователей культурного ландшафта всё более важное место занимают ГИС-технологии и ДМ-методики. Эти подходы позволяют буквально нанести на карту не только физические объекты, но и их многослойные культурные контексты — исторические сведения, рассказы, эмоциональные впечатления, связанные с местом. ДМ зародился на стыке географии и цифровых гуманитарных наук; его суть в создании многоуровневых, «глубоких» карт, которые объединяют пространственные данные с нарративами, фотографиями, аудиовизуальными материалами и прочей качественной информацией. В научной литературе Деер мAPPING определяют как «богато насыщенную, многослойную картографическую практику, синтезирующую физическую географию, исторические события, эмоциональный опыт и культурную память для раскрытия палимпсестных текстур места» [16]. Иначе говоря, на таких картах одновременно представлены и материальные элементы ландшафта, и связанные с ними истории, смыслы. Это даёт возможность увидеть территорию в целостности пространства и времени — как своего рода «слоёный пирог» из эпох и значений, которые зачастую незаметны на обычных картах.

Для целей реконцептуализации крымских санаториев ДМ-методики оказываются чрезвычайно полезными. Создавая ДМ-карту курортного региона, можно встроить советские санатории в широкий контекст: отразить на карте даты их основания, архитекторов, стили, исторические фото, воспоминания бывших отдыхающих, современное состояние, охранный статус и т.д. Такая карта превратится в инструмент переосмысления пространства, позволяя исследователям и широкой публике взглянуть на привычные объекты под новым углом. Кроме того, ДМ стимулирует продолжение обсуждения феномена самого места — как отмечают специалисты, подобные проекты вводят элемент осмысления того, как сами люди конструируют образы места из воображения и памяти, добавляя множественные перспективы и формируя своего рода пространственный нарратив об участке территории, его культуре и истории [16]. В случае крымских здравниц это означает, что на карте можно показать, к примеру, как менялось отношение общества к ним — от гордости советской эпохи, через забвение 1990-х, к возрождению интереса сегодня.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Объекты санаторно-курортного комплекса Крыма советского периода представляют собой не просто совокупность зданий с заданным на уровне проекта функционалом, а выступают как сложный пространственно-временной конструкт. Методы гуманитарной географии и культурологии позволяют вскрыть многослойность этого конструкта. Мы видим, как античные паттерны переплетаются с идеологией социализма, как наследие войны лечатся монументальной архитектурой, и как природа медикализуется во благо человека.

Признание этих объектов опорными точками каркаса курортного культурного ландшафта требует отказа от упрощенных схем «сноса» или «некритичного восхваления». Необходима тонкая работа по ресемантизации, выявлению гуманистических и эстетических смыслов, которые позволят этим «дворцам здоровья» функционировать в XXI веке.

Реконцептуализация объектов санаторно-курортного комплекса Крыма советского периода представляет собой сложный, многовекторный процесс, в котором переплетаются эстетика, политика, экономика и социальные отношения. Гуманитарно-географический анализ позволяет увидеть в крымском санатории не просто место отдыха, а зеркало общественных трансформаций постсоветского пространства.

Современное значение этого процесса для региона заключается в формировании новой модели развития, основанной на синергии исторического наследия и инноваций. Эстетическая реабилитация советского модернизма превращает Крым в уникальный архитектурный заповедник, привлекательный для культурно-познавательного туризма. Политика памяти использует санатории как якоря идентичности, связывающие регион с общероссийским культурным кодом.

Вместе с тем, процесс реконцептуализации обнажает острые противоречия: между коммерческими интересами и социальным благом, между сохранением аутентичности и требованиями комфорта, между доминирующими нарративами и памятью локальных сообществ. Устойчивое развитие Крымского региона невозможно без разрешения этих конфликтов через диалог и поиск баланса. Будущее крымских санаториев зависит от того, удастся ли превратить их из закрытых анклавов элитарного потребления в открытые, инклюзивные пространства, где прошлое не консервируется как музейный экспонат, а живет и развивается, обогащая настоящее новыми смыслами. Сохранение «духа места» при неизбежной модернизации формы — значимый вызов и одновременно возможность для Крыма в XXI веке.

В арсенале современных исследователей культурного ландшафта всё более важное место занимают ГИС-технологии и ДМ-методики. Эти подходы позволяют буквально нанести на карту не только физические объекты, но и их многослойные культурные контексты — исторические сведения, рассказы, эмоциональные впечатления, связанные с местом. ДМ зародился на стыке географии и цифровых гуманитарных наук; его суть в создании многоуровневых, «глубоких» карт, которые объединяют пространственные данные с нарративами, фотографиями, аудио-визуальными материалами и прочей качественной информацией.

РЕКОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ САНАТОРНО-КУРОРТНОГО КОМПЛЕКСА КРЫМА: ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ DEEP MAPPING-МЕТОДИКИ

Современные подходы к реконцептуализации невозможны без применения современных цифровых технологий, цифровизация выступает приоритетным направлением во всех областях российского научного, общественного и культурного инструментария, благодаря своей универсальности использования, информационной емкости, повсеместности применения и доступности как экспертному сообществу, так и широким слоям населения. По мнению, одним из наиболее эффективных способов обновления и повышения интереса как широкой аудитории, так и специалистов к санаторно-курортным объектам Крыма советского времени является создание интерактивного прототипа картографического ресурса, который будет одновременно служить базой данных об исследуемых объектах. Данный ресурс, разработанный в DM-формате, своей главной задачей ставит отображение динамичной идентичности территории и отдельных объектов, расположенных на ней. DM-формат направлен на визуализацию множества смыслов и идентичностей, которые влияют на восприятие места человеком. Это достигается за счет создания интерактивных ссылок, которые сопровождают исследуемые объекты и направляют пользователей к архивам, видеоматериалам, фотографиям, литературным источникам и воспоминаниям свидетелей, формируя тем самым эмоционально-чувственное восприятие объектов санаторно-курортного комплекса советского периода.

БЛАГОДАРНОСТИ

Статья подготовлена в рамках гранта РНФ № 24-28-20502 «Создание прототипа цифрового каталога санаторно-курортных архитектурных объектов советского периода по технологии Deep Mapping».

Список литературы

1. Культура и революция: фрагменты советского опыта 1920–1930-х гг. [Текст] / Рос. акад. наук, Ин-т философии ; Отв. ред. Е.В. Петровская. М. : ИФРАН, 2012. 127 с.
2. Рекреационная география: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. 288 с.
3. Мироненко Н. С. Рекреационная география / Н. С. Мироненко, И. Т. Твердохлебов. М.: Изд-во МГУ, 1981. 208 с.
4. Кислов, Александр Геннадьевич. К 44 Между фактами и концептами: нелинейные траектории научного поиска / А. Г. Кислов. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2019. 140 с.
5. Sarah Lee AI generated Llama-4-Maverick-17B-128E-Instruct-FP8 5 min read. May 26, 2025 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.numberanalytics.com/blog/power-nuanced-identity>
6. Замятин Д.Н. Гуманитарная география: пространство, воображение и взаимодействие современных гуманитарных наук. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gumanitarnaya-geografiya-prostranstvo-voobrazhenie-i-vzaimodeystvie-sovremennyh-gumanitarnyh-nauk/viewer>
7. Рагулина М.В. культурный ландшафт в новой культурной географии. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/article/view?id=15806>
8. Лавренова О. А. Пространства и смыслы: Семантика культурного ландшафта. М.: Институт Наследия, 2010. 327 с.
9. Андриющенко, И. А. Критерии отбора объектов санаторно-курортного комплекса советского периода для создания прототипа интерактивной карты в формате Deep Mapping / И. А. Андриющенко, И. В. Кравченко, А. Н. Яковлев // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2024. Т. 20. № 4. С. 72–81.
10. Проблемы теоретической и гуманитарной географии: Сборник научных статей. посвященный 80-

- летию со дня рождения Б.Б. Родомана/Сост. отв. редактор Д.Н. Замятин. Авт.: Балла О., Гриценко А., Замятин Д. и др. – М.: Институт Наследия. 2013. 368с.
11. The Soviet Sanatorium: Medicine, Nature and Mass Culture in Sochi, 1917-1991 - Harvard DASH, accessed November 30, 2025. [Электронный ресурс]. URL: <https://dash.harvard.edu/bitstreams/3718cf67-79d3-4c73-988b-b807ae0194ca/download>
 12. Routledge Handbook of Tourism Cities - ResearchGate, accessed November 30, 2025. [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/profile/Sebastian_Molinillo/publication/344041828_eTourism_Challengesfor_Urban_Tourism_Destinations/links/5f4f490b92851c250b88ccf8/eTourism-Challenges-for-Urban-Tourism-Destinations.pdf
 13. Хлевой В.А. Античный паттерн в крымском культурном ландшафте// Урбанистика. 2024. № 1. DOI:10.7256/2310-8673.2024.1.70088 [Электронный ресурс]. URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=70088
 14. Бурняшева, Л. А., Основы курортологии: учебное пособие / Л. А. Бурняшева. М.: КноРус, 2017. 436 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://book.ru/book/926166> (дата обращения: 10.12.2025).
 15. Socialist Spaces Paper, accessed November 30, 2025 [Электронный ресурс]. URL: <https://dickinson.hykucommons.org/downloads/261b0591-37f2-4ba0-a2b8-5835a6f438f9?locale=en>
 16. Heritage GIS: Deep Mapping, Preserving, and Sustaining the Intangibility of Cultures and the Palimpsests of Landscape in the West of Ireland. — URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/15/6870>.

RECONCEPTUALIZATION OF CRIMEAN SPA AND WELLNESS COMPLEX FACILITIES: EXPERIENCE IN USING THE DEEP MAPPING

Andryushchenko I. A.¹, Volodin A. N.², Kravchenko I. V.³, Yakovlev A. N.⁴

¹V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation

E-mail: ¹winter301@yandex.ru, ²stburah@gmail.com, ³zx3com@gmail.com,

⁴andrey_yakovlev84@list.ru

Contemporary human geography and cultural studies, turning to the analysis of the post-Soviet space, face a fundamental problem that goes far beyond a simple description or inventory of Soviet-era objects. This problem lies in the profound ontological and epistemological gap between existing interpretations of outdated ideologemes, their value systems, and observable reality. The Crimean resort complex of the Soviet period, representing a spatial structure unique in its density, historical multilayeredness, and ideological richness, is perhaps the most striking example of such a "resistant" reality. Formed within the logic of Soviet biopolitics, imperial representation, and socialist utopia, this complex today functions within a context of radically altered socioeconomic coordinates, geopolitical tensions, and sociocultural transformations. GIS technologies and deep mapping methods are increasingly playing a key role in the arsenal of contemporary researchers of the cultural landscape. These approaches allow us to literally map not only physical objects but also their multilayered cultural contexts — historical information, stories, and emotional impressions associated with a place. Some of the most culturally rich tourist symbols of Crimea are the resort facilities built during the Soviet period. A modern strategy for their reconceptualization should include the implementation of digital technologies open to a wide audience. This paper presents a theoretical justification for reconceptualizing the resort facilities of the Soviet-era Crimea as a key tool for modern humanities geography and cultural studies, including the development of a prototype interactive resource in the Deep Mapping format.

Modern approaches to reconceptualization are impossible without the use of modern digital technologies. Digitalization is a priority in all areas of Russian scientific, social, and cultural tools due to its versatility, information capacity, widespread application, and accessibility to both the expert community and the general public. It is believed that one of the most effective ways to renew and increase interest in Soviet-era Crimean resort facilities among both the general public and specialists is to create an interactive prototype of a cartographic resource that will also serve as a database of the facilities under study. This resource, developed in the DM format, aims to display the dynamic identity of the territory and its individual facilities. The DM format aims to visualize the multiple meanings and identities that influence human perception of a place. This is achieved through the creation of interactive links that accompany the objects being studied and direct users to archives, video materials, photographs, literary sources, and witness accounts, thereby shaping an emotional and sensory perception of the objects of the Soviet-era health resort complex.

Keywords: reconceptualization, revalorization, objects of the Crimean health resort complex of the Soviet period, Deep Mapping, cultural landscape, humanitarian geography, cultural studies.

References

1. Kul'tura i revolyuciya: fragmenty sovetskogo opyta 1920–1930-h gg. [Tekst] / Ros. akad. nauk, In-t filosofii ; Otv. red. E.V. Petrovskaya. M. : IFRAN, 2012. 127 s. (in Russian)
2. Rekreatsiyaya geografiya: Ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenij. M.: Gumanit. izd. centr VLADOS, 2001. 288 s. (in Russian)
3. Mironenko N. S. Rekreatsiyaya geografiya / N. S. Mironenko, I. T. Tverdohlebov. Moskva : Izd-vo MGU, 1981. 208 s. (in Russian)
4. Kislov, Aleksandr Gennad'evich. K 44 Mezhdru faktami i konceptami: nelinejnye traektorii nauchnogo poiska / A. G. Kislov. Ekaterinburg: Izd-vo Ros. gos.prof.-ped. un-ta, 2019. 140 s. (in Russian)
5. Sarah Lee AI generated Llama-4-Maverick-17B-128E-Instruct-FP8 5 min read · May 26, 2025 [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.numberanalytics.com/blog/power-nuanced-identity>
6. Zamyatin D.N. Gumanitarnaya geografiya: prostranstvo, voobrazhenie i vzaimodejstvie sovremennyh gumanitarnyh nauk. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gumanitarnaya-geografiya-prostranstvo-voobrazhenie-i-vzaimodejstvie-sovremennyh-gumanitarnyh-nauk/viewer>
7. Ragulina M.V. kul'turnyj landshaft v novej kul'turnoj geografii. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://science-education.ru/article/view?id=15806>
8. Lavrenova O. A. Prostranstva i smysly: Semantika kul'turnogo landshafta. M.: Institut Naslediya, 2010. 327 s. (in Russian)
9. Andryushchenko, I. A. Kriterii otbora ob"ektov sanatorno-kurortnogo kompleksa sovetskogo perioda dlya sozdaniya prototipa interaktivnoj karty v formate Deep Mapping / I. A. Andryushchenko, I. V. Kravchenko, A. N. Yakovlev // Geopolitika i ekogeodinamika regionov. 2024. T. 20. № 4. S. 72–81. (in Russian)
10. Problemy teoreticheskoj i gumanitarnej geografii: Sbornik nauchnyh statej. posvyashchennyj 80-letiyu so dnya rozhdeniya B.B. Rodomana/Sost. otv. redaktor D.N. Zamyatin. Avt.: Balla O., Gricenko A., Zamyatin D. i dr. – M.: Institut Naslediya. 2013. 368s. (in Russian)
11. The Soviet Sanatorium: Medicine, Nature and Mass Culture in Sochi, 1917-1991 - Harvard DASH, accessed November 30, 2025. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://dash.harvard.edu/bitstreams/3718cf67-79d3-4c73-988b-b807ae0194ca/download>
12. Routledge Handbook of Tourism Cities - ResearchGate, accessed November 30, 2025. [Elektronnyj resurs]. URL: https://www.researchgate.net/profile/Sebastian_Molinillo/publication/344041828_eTourism_Challengesfor_Urban_Tourism_Destinations/links/5f4f490b92851c250b88ccf8/eTourism-Challenges-for-Urban-Tourism-Destinations.pdf

13. Hlevnoj V.A. Antichnyj pattern v krymskom kul'turnom landshafte// Urbanistika. 2024. № 1. DOI:10.7256/2310-8673.2024.1.70088 [Elektronnyj resurs]. URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=70088
14. Burnyasheva, L. A., Osnovy kurortologii: uchebnoe posobie / L. A. Burnyasheva. M.: KnoRus, 2017. 436 s. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://book.ru/book/926166> (data obrashcheniya: 10.12.2025). (in Russian)
15. Socialist Spaces Paper, accessed November 30, 2025 [Elektronnyj resurs]. URL: <https://dickinson.hykucommons.org/downloads/261b0591-37f2-4ba0-a2b8-5835a6f438f9?locale=en>
16. Heritage GIS: Deep Mapping, Preserving, and Sustaining the Intangibility of Cultures and the Palimpsests of Landscape in the West of Ireland. — URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/15/6870>.

Поступила в редакцию 01.11.2025 г.

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

УДК 551.466.2

ВОЛНОВОЙ КЛИМАТ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ Г. СУДАК
(ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Харитоновна Л. В.¹, Михайличенко С. Ю.², Фомин В. В.³, Алексеев Д. В.⁴

^{1, 2, 3, 4}Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Российская Федерация

*E-mail: ¹kharitonova.dntmm@gmail.com, ²iham1984@rambler.ru, ³fomin.dntmm@gmail.com,
⁴d.alekseev@mhi-ras.ru*

В статье проведено исследование волнового климата прибрежной акватории г. Судак (Черное море). На основе статистического анализа ретроспективных данных модели SWAN-ERA4 за 1979–2019 гг. получены оперативные и экстремальные характеристики ветрового волнения. С использованием распределения Гумбеля рассчитаны волновые параметры штормов различной повторяемости. Для ветра 4%-й режимной обеспеченности на основе модели SWAN и метода вложенных сеток произведены расчеты характеристик ветровых волн с высоким пространственным разрешением (~2 м). Проанализированы поля высот значительных волн и придонных орбитальных скоростей. Выявлено, что наиболее сильное волнение формируется при юго-западном, южном и юго-восточном ветрах. Полученные результаты имеют практическую значимость для оценки нагрузок на берегозащитную инфраструктуру и прогнозирования литодинамических процессов в береговой зоне.

Ключевые слова: волновой климат, ветровое волнение, Черное море, Судак, математическое моделирование, SWAN, экстремальные характеристики, придонные скорости, береговая зона.

ВВЕДЕНИЕ

Районом исследования в данной работе является часть Судакской бухты Черного моря, прилегающая с запада к м. Алчак (рис. 1). Здесь находятся два участка берега различных типов: урбанизованная набережная г. Судак, построенная в начале 1970-х годов, и м. Алчак, являющийся с 1988 г. заповедным урочищем. Мыс и одноименная гора сложены прочными серыми мраморовидными известняками. Пляж здесь очень узкий, часто представляющий собой просто глыбовый навал. Подводный склон приглубый. Берегозащитные сооружения города-курорта представляют собой бетонную набережную с 6 бунами, расположенными через 90 м. В межбунных пространствах расположен пляж шириной до 20–30 м из темно-серого песка с мелкой галькой [1]. Гидротехнические сооружения в настоящее время нуждаются в реконструкции, при проведении которой необходимы сведения о режимно-климатических особенностях ветрового волнения в прибрежной акватории с высоким пространственным разрешением. Однако, региональных работ по исследованию волнового режима в рассматриваемом районе нет.

На сегодняшний день существует множество работ по исследованию различных аспектов ветрового волнения в Черном море. Они посвящены изучению волнового климата во всем морском бассейне [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12] и в отдельных

больших по площади районах акватории [13, 14, 15, 16]. Общей особенностью всех вышеперечисленных работ является то, что в них исследуются характеристики волн вдали от береговой линии. Использование их для изучения характеристик ветрового волнения в мелководных прибрежных регионах затруднительно, в первую очередь, из-за грубого пространственного разрешения полученных результатов, что не дает возможности учитывать влияние локальных особенностей берегового и донного рельефа на характеристики волн и ветра. Региональные работы дополняют и уточняют общую картину ветрового волнения для всего Азово-Черноморского бассейна и являются важным продолжением и развитием вышеперечисленных исследований.

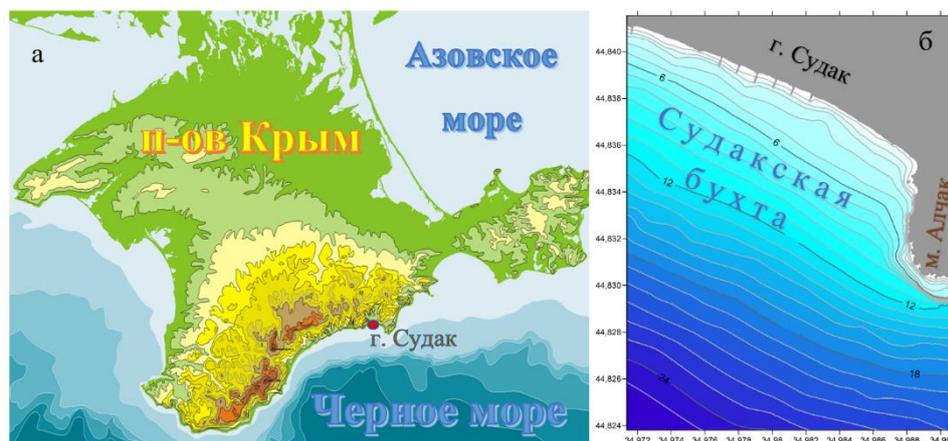


Рис. 1. Положение изучаемой области (а). Батиметрическая карта-схема района исследования (б)

Составлено авторами.

Сведения о ветро-волновом режиме вдоль восточного берега Крыма представлены в справочных материалах [17, 18], где все море разбито на большие области по определенным критериям. Анализу данных, собранных на гидрометеорологических станциях, посвящены работы [19, 20], однако ближайший пост наблюдения расположен на МГ Ялта и не характеризует ситуацию в акватории г. Судак. Исследования волнового климата в береговой зоне Крымского полуострова на основе результатов математического моделирования проводились в работах [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31], однако район Судакской бухты в них остался без внимания. Таким образом, данное исследование является продолжением цикла региональных работ по исследованию ветро-волновых характеристик прибрежных акваторий Крыма.

Целью настоящей работы является исследование статистических характеристик и пространственной структуры ветрового волнения в акватории Черного моря в районе г. Судак методами статистического анализа и математического моделирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На первом этапе для оценки статистических характеристик волнения в исследуемом районе использовались результаты ретроспективных расчетов ветровых волн за период 1979–2019 гг. с дискретностью по времени 1 ч. Массив данных (далее — массив SWAN-ERA1) был получен с помощью численной спектрально-дискретной модели SWAN (Simulating Waves Nearshore) [32, 33]. Результаты валидации и верификации модели по данным измерений волнения на морских платформах представлены в работах [2, 34]. Расчеты проводились на неструктурированной расчётной сетке для Азово-Черноморского региона со сгущением в прибрежной зоне [8]. В качестве полей ветра были использованы данные глобальных атмосферных реанализов ERA-Interim и ERA5 Европейского центра среднесрочных прогнозов [35] с пространственным разрешением 0,25°. Угловое разрешение модели SWAN составляло 10°. По частотной координате, изменяющейся в диапазоне 0,055–0,625 Гц, использовалась неравномерная сетка с 40 узлами. При интегрировании по времени применялась неявная разностная схема с шагом 30 минут.

Из массива SWAN-ERA1 был выбран ближайший к Судаку узел расчетной сетки на изобате 45 м. Для этой точки были сформированы многолетние ряды параметров, включающие: высоту значительных волн (h_s); среднее направление волнения (θ); пиковый период волн (τ_p); средний период волн ($\bar{\tau}$). На основе сформированных рядов были рассчитаны оперативные и экстремальные характеристики ветрового волнения. Оперативные характеристики волнения определяют фоновые условия эксплуатации проектируемых объектов прибрежной инфраструктуры в исследуемом районе, экстремальные характеристики — режим предельных нагрузок на эти объекты.

На втором этапе работы на основе модели SWAN [32, 33] получены карты пространственного распределения параметров ветрового волнения в прибрежной зоне г. Судак. Расчеты проведены для восьми основных направлений ветра 10, 4, 2 и 1%-ной режимной обеспеченности (РО) (табл. 1), значения которых были получены в результате осреднения данных из работы [17] для 2 района Черного моря.

Таблица 1.
Максимальная скорость ветра (м/с) 10, 4, 2 и 1 %-ной режимной
обеспеченности (РО) по восьми румбам

РО, %	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
10	26,8	29,1	24,5	19,9	23,7	29,7	28,4	24,8
4	28,0	30,7	25,9	21,1	25,1	31,2	29,4	25,6
2	28,9	31,9	26,9	22,0	26,3	32,3	30,2	26,1
1	29,8	33,0	28,0	23,0	27,4	33,4	30,9	26,7

Составлено авторами по [17].

Для повышения точности математического моделирования волновых полей использовался 5-ти шаговый метод вложенных сеток. Построение рельефа дна расчетных областей проводилось на основе оцифровки всех доступных навигационных карт районов расчетов. На первом шаге моделировались поля волнения во всем Черноморском бассейне; на втором и третьем шагах волнение рассчитывалось для областей, включающих полуостров Крым и его южный берег соответственно; на четвертом шаге поля волн определялись для акватории от м. Капчик до м. Меганом. На пятом шаге на сетке с самым высоким пространственным разрешением $\sim 2 \times 2$ м рассчитывались поля волн в прибрежном районе г. Судак размером 1,5 на 2 км, включающем м. Алчак (рис. 1). На втором и всех последующих шагах параметры ветровых волн на жидких границах расчетных областей определялись интерполяцией модельных данных, полученных на предыдущем шаге. Угловое разрешение модели SWAN составляло 10° . По частотной координате, изменяющейся от 0,02 до 2 Гц, использовалась неравномерная сетка с 31 узлом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ оперативных характеристик волнения в точке с глубиной 45 м на траверзе набережной г. Судак показал, что максимальную повторяемость (49%) имеют волны с высотами 0,25 и 0,5 м; волны высотой 1 м и 2,5 м возникают в 8% и 0,9% случаев соответственно (рис. 2, а). Гистограмма повторяемости средних периодов волн (рис. 2, б) имеет характерную особенность: на ней отчетливо выделяется интервал 2,5–3,5 с, где повторяемость периодов превышает 14%, в указанный интервал периодов попадает 45% всех случаев.

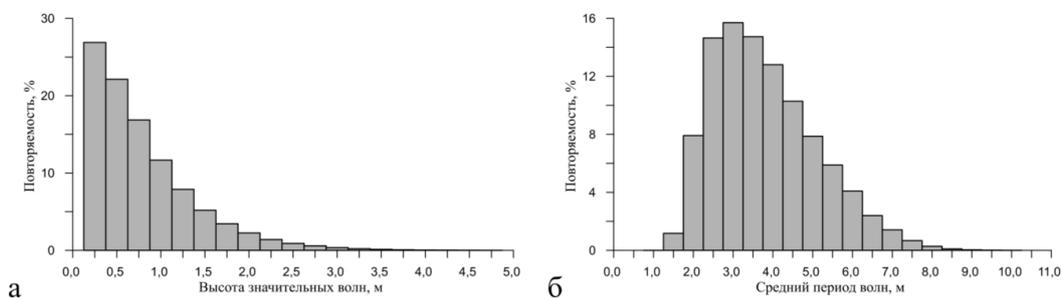


Рис. 2. Повторяемость высоты значительных волн (а) и среднего периода волн (б) на изобате ~ 45 м в районе г. Судак по данным SWAN-ERA1

Составлено авторами.

В большинстве случаев волны в исследуемый район приходят с востока-юго-востока и юго-юго-запада (повторяемость 14%) (рис. 3, а). На розе средних многолетних значений высоты значительных волн (рис. 3, б) выделяется 3 направления подхода к исследуемому району наиболее высоких волн: восток-юго-

ВОЛНОВОЙ КЛИМАТ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ Г. СУДАК (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

восток, юг, юго-юго-запад. Средние многолетние значения для этих направлений достигают 1,0–1,1 м.

Для исследуемой акватории также рассчитаны продолжительности штормовых ситуаций. В соответствии с общепринятой практикой для оценок этих характеристик использовались значения высот волн 3%-ой обеспеченности в системе шторма ($h_{3\%}$). Для конкретного шторма равенство $h_{3\%} = a$ означает, что в 3-х процентах всех случаев высоты волн будут превышать значение a . Расчет $h_{3\%}$ выполнялся с помощью интегральной функции вероятности распределения высот волн для моря конечной глубины [36].

Длительность штормовых ситуаций определялась условиями $h_{3\%} > 1,25$ м; $h_{3\%} > 2$ м; $h_{3\%} > 3$ м; $h_{3\%} \geq 4$ м. В табл. 2 приведены данные о средней многолетней продолжительности (сут) по месяцам штормовых ситуаций в прибрежной акватории г. Судак. В нижней строке таблицы для каждой градации дана ее средняя за год продолжительность. Как видно из таблицы, наиболее продолжительные штормовые ситуации возникают в декабре — январе, минимальная длительность штормов отмечается в июне — июле.

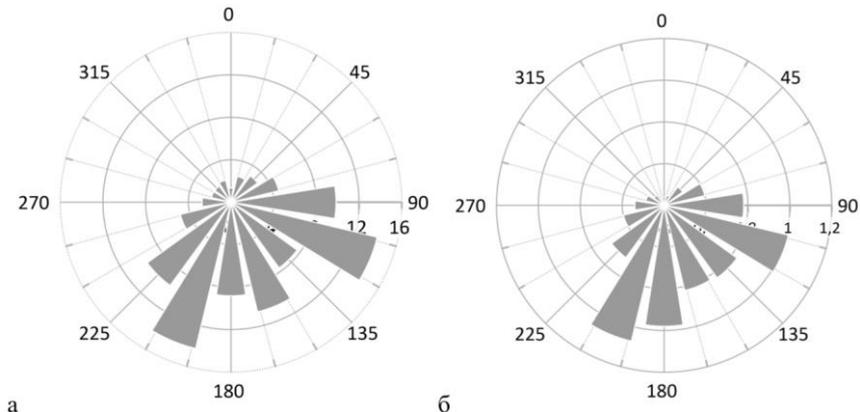


Рис. 3. Розы повторяемости среднего направления волнения (%) (а) и распределения по направлениям средних многолетних значений высоты значительных волн (м) (б) на изобате ~45 м в районе г. Судак по данным SWAN-ERA1
Составлено авторами.

Анализ распределения по годам длительности (сут) штормов по данным SWAN-ERA1 за период 1979–2019 гг. для четырех градаций интенсивности шторма, приведённых выше, показал, что средние многолетние значения длительности штормов соответственно равны: 14,2 сут; 7,6 сут; 3,1 сут; 1,2 сут (рис. 4, а, б).

На рис. 4, г приведено распределение годовых максимумов высоты значительных волн h_s . Видно, что их значения изменяются в пределах от 2,7 до 5,9 м, а среднее составляет 4,1 м.

Таблица 2.

Средняя многолетняя продолжительность (сут) штормовых ситуаций по месяцам на изобате ~45 м в районе г. Судак по данным SWAN-ERA1

Месяцы	$h_{3\%} \geq 1,25 \text{ м}$	$h_{3\%} \geq 2 \text{ м}$	$h_{3\%} \geq 3 \text{ м}$	$h_{3\%} \geq 4 \text{ м}$
1	21,2	13,3	6,3	2,7
2	19,0	12,3	5,7	2,3
3	19,3	11,4	5,0	1,9
4	14,6	7,5	2,5	0,8
5	9,7	3,9	1,0	0,2
6	6,8	2,4	0,7	0,2
7	7,3	2,3	0,7	0,2
8	8,7	3,3	0,6	0,1
9	10,9	5,0	1,7	0,6
10	15,2	7,7	2,9	1,0
11	18,3	10,4	4,6	1,9
12	21,4	13,3	6,3	2,8
Среднее за год	14,4	7,7	3,2	1,2

Составлено авторами.

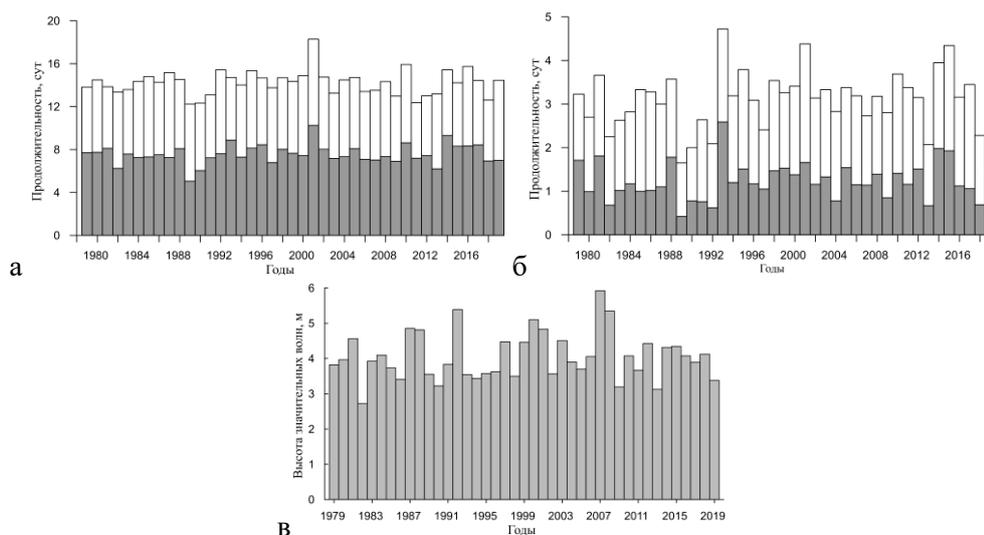


Рис. 4 Распределение по годам длительности (сут) штормовых ситуаций для $h_{3\%} \geq 1,25 \text{ м}$ и $h_{3\%} \geq 2 \text{ м}$ (серый цвет) (а) и для $h_{3\%} \geq 3 \text{ м}$ и $h_{3\%} \geq 4 \text{ м}$ (серый цвет) (б) и годовых максимумов высоты значительных волн h_s (в) на изобате 45 м в районе г. Судак по данным SWAN-ERA1

Составлено авторами.

ВОЛНОВОЙ КЛИМАТ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ Г. СУДАК
(ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Для оценки максимумов средних высот волн $\bar{h} = 0,63 \cdot h_s$ и средних периодов волн $\bar{\tau}$ в прибрежной зоне г. Судак использовался метод годовых максимумов, базирующийся на 2-параметрическом экстремальном распределении Гумбеля [36]. Из массива волновых характеристик SWAN-ERA1 выделены ряды годовых максимумов средних высот и средних периодов. Далее методом наименьших квадратов определены соответствующие параметры распределения Гумбеля, построены биplotты годовых максимумов. На основе полученных распределений Гумбеля вычислены средние значения высот волн и средние значения периодов волн, возможных 1 раз в год, 5, 10, 25, 50 и 100 лет. Далее на основе этих средних значений с помощью распределения Глуховского [37] получены оценки высот и периодов волн различной обеспеченности в системе, возможных 1 раз в год, 5, 10, 25, 50 и 100 лет (табл. 3).

Скорость, направление и время действия ветра, особенности рельефа дна, конфигурация берега и значения эффективных разгонов определяют характер пространственной структуры ветрового волнения в береговой зоне. Район г. Судак характеризуется довольно прямолинейным берегом с уклоном дна $\sim 0,02-0,05$ м, следовательно, волновые поля на большей части исследуемой акватории будут относительно однородными. Исключение составляет восточная часть расчетной области, включающая выдвинутый в море на 500 м приглубый берег у м. Алчак (уклон составляет $\sim 0,16$) (рис. 1). Вместе с мысом Меганом, расположенным на юго-востоке Судакской бухты, м. Алчак оказывает экранирующее действие для волнения от северо-востока. Таким образом, наиболее волноопасными направлениями для исследуемого района являются волны, приходящие из сектора запад — юго-восток.

Таблица 3.

Высота значительных волн h_s , средняя высота волн \bar{h} , средний период волн $\bar{\tau}$, средняя длина волн $\bar{\lambda}$, высота волн 50% ($h_{50\%}$), 13% ($h_{13\%}$), 3% ($h_{3\%}$) и 1% ($h_{1\%}$) обеспеченности в системе шторма, возможного в береговой зоне г. Судак 1 раз в год, 5, 10, 25, 50 и 100 лет

Т, годы	h_s , м	\bar{h} , м	$\bar{\tau}$, с	$\bar{\lambda}$, м	$h_{50\%}$, м	$h_{13\%}$, м	$h_{3\%}$, м	$h_{1\%}$, м
1	4,5	2,3	8,4	107	2,2	3,7	4,8	5,5
5	5,4	2,9	9,2	128	2,7	4,5	5,8	6,6
10	5,9	3,1	9,6	139	3,0	4,9	6,3	7,2
25	6,5	3,4	10,1	152	3,3	5,4	6,9	7,9
50	6,9	3,7	10,5	162	3,5	5,8	7,4	8,4
100	7,3	3,9	10,9	172	3,7	6,1	7,9	8,9

Составлено авторами.

Остановимся на рассмотрении волновых полей, полученных для расчетных скоростей ветра 4%-ной режимной обеспеченности (для скоростей возможных 1 раз в 25 лет) и соответствующих моменту времени 16 ч. Анализ результатов расчетов для

штормов режимной обеспеченности 10%, 2% и 1% показал, что конфигурация волновых полей для этих ситуаций качественно не меняется.

На рис. 5 показаны пространственные распределения высоты значительных волн h_s и среднего направления волнения в исследуемом районе для западного, юго-западного, южного, юго-восточного, восточного и северо-восточного направлений ветра.

Анализ полученных результатов показал, что наиболее сильное волнение с высотами 8–10 м в мористой части расчетной области формируется при юго-западном, южном и юго-восточном ветрах (рис. 5, б, в, г), что обусловлено наибольшей скоростью используемого расчетного ветра (таблица 1), большими разгонами волнения в акватории Черного моря и открытостью акватории.

При действии западного и восточного ветров в исследуемую область приходят волны с высотами около 7 м (рис. 5, а). По мере приближения волн к набережной их высоты постепенно уменьшаются до величин 1,5–2,0 м в районе оконечности бун. Отметим, что для всех рассмотренных выше случаев структура волновых полей, начиная с изобаты 5 м и меньше, имеет идентичные значения высот волн и практически не зависит от направления генерирующего их ветра. Таким образом, при глубинах ≤ 10 м высоты волн определяются, в первую очередь, распределением глубин.

Поля волнения, формируемые ветрами от северных румбов, имеют иную структуру. При действии северо-восточного ветра в расчетную область приходят трансформированные за счет рефракции волны открытого моря юго-восточного направления с высотами $\sim 3,5$ м (рис. 5, е) Северный и северо-западный ветра дуют с берега и в исследуемой области не формируют значимого волнения.

Из-за относительной мелководности бухты существенное влияние на распространении волн оказывает рефракция. На взморье направление распространения волн отличается от направления ветра (рис. 5). Само явление рефракции штормовых волн на подходе к берегу возникает вследствие того, что длина подходящих волн существенно превышает глубину моря в прибрежной зоне. Вблизи набережной г. Судак волны в большинстве случаев имеют направление $\sim 45^\circ$.

Важным фактором, определяющим потери волновой энергии за счет донного трения, является амплитуда орбитальной скорости волнового движения у дна V_b (м/с). Этот параметр оказывает непосредственное влияние на морфодинамические процессы в акватории. На мелководье волны проникают до дна и взвешивают донный материал, при этом доля кинетической энергии волн переходит частично в работу по взвешиванию и перемещению донного материала и частично в формирование турбулентных вихрей, образующихся при обтекании мелкомасштабных неровностей рельефа дна, формируя механизм донного трения. Зоны максимумов V_b соответствуют зонам потенциального размыва дна, при условии наличия на дне подвижных наносов.

На рис. 6 представлены расчетные поля скоростей придонных волновых течений для 6 рассматриваемых направлений ветра 4 %-ной режимной обеспеченности в прибрежной зоне г. Судак. Видно, что максимальные придонные орбитальные скорости наблюдаются при южном (рис. 6, б) и юго-восточном (рис. 6, в) ветрах.

ВОЛНОВОЙ КЛИМАТ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ Г. СУДАК
(ЧЕРНОЕ МОРЕ)

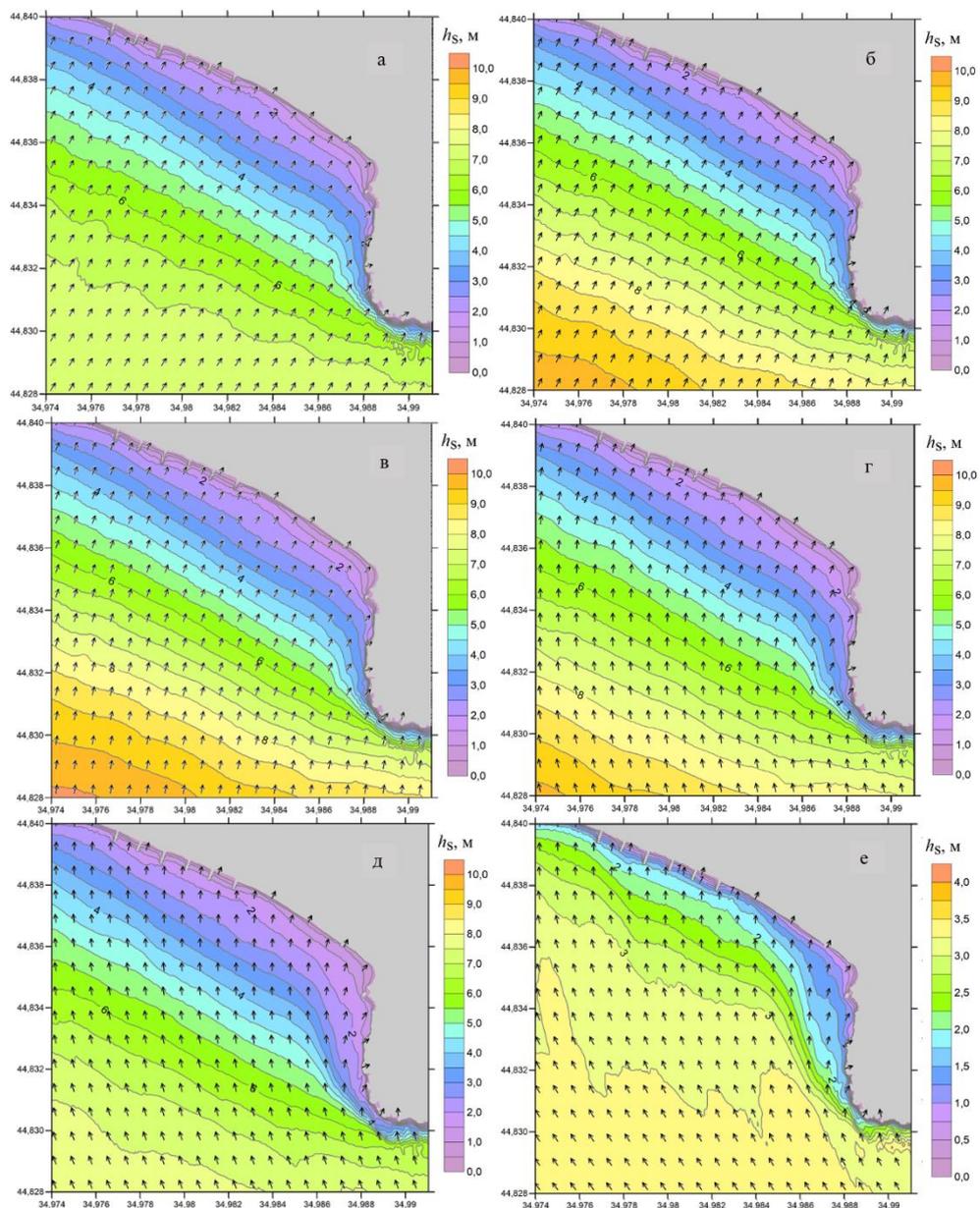


Рис. 5. Высота значительных волн (h_s) и среднее направление волнения при западном (а), юго-западном (б), южном (в), юго-восточном (г), восточном (д) и северо-восточном (е) ветре 4 %-ной режимной обеспеченности в прибрежной зоне г. Судак
Составлено авторами.

На большей части акватории величины скоростей лежат в пределах от 1,4 до 2,2 м/с. Вблизи берега характерными для V_b являются значения 0,8–1,2 м/с. Общей

особенностью всех рассмотренных случаев является наличие зоны интенсификации придонных волновых течений в береговой зоне м. Алчак, где наблюдается резкое увеличение значений придонных скоростей до величин 2,8–3,0 м/с.

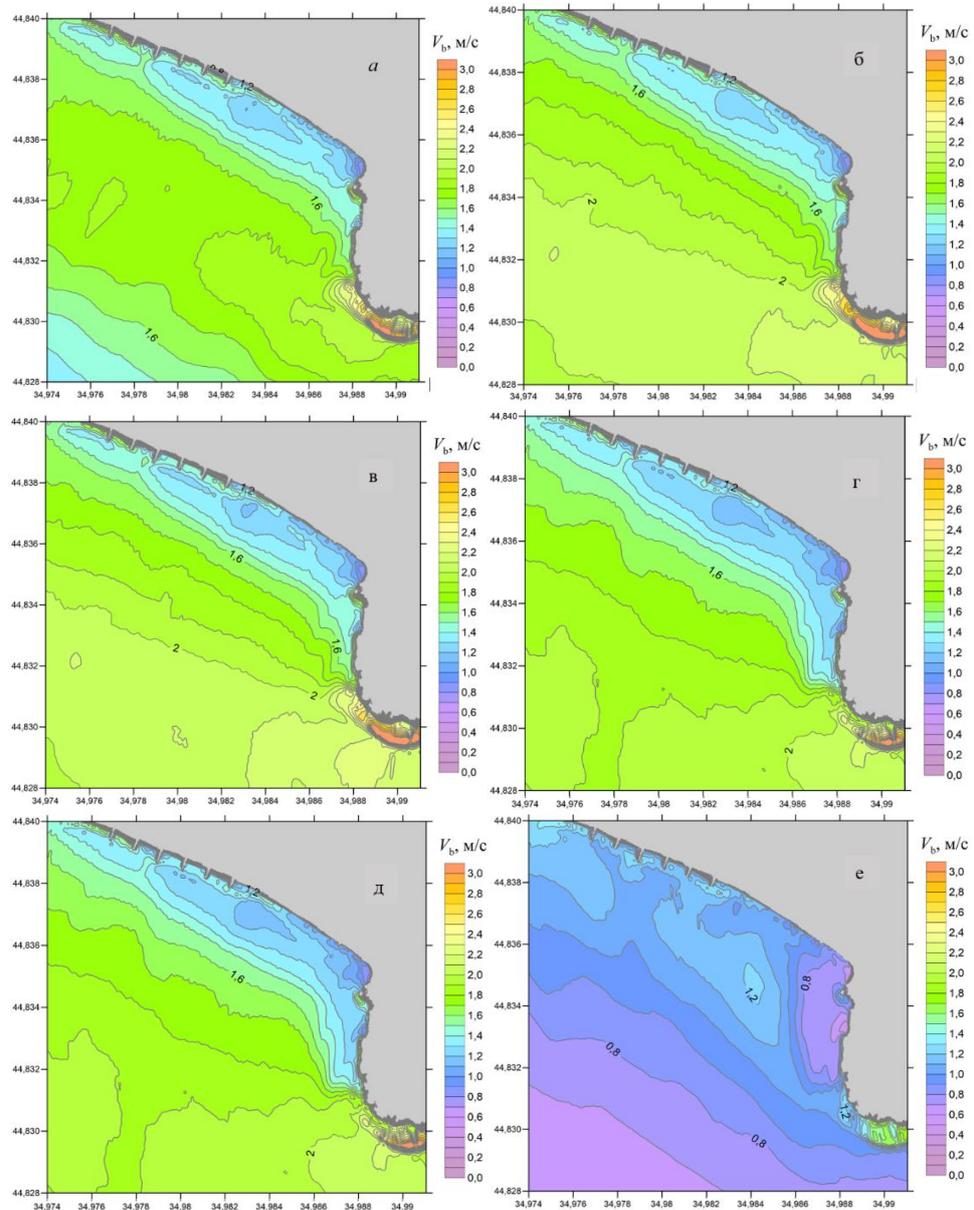


Рис. 6 Скорость придонных волновых течений (м/с) при западном (а), юго-западном (б), южном (в), юго-восточном (г), восточном (д) и северо-восточном (е) ветре 4 %-ной режимной обеспеченности в прибрежной зоне г. Судак

Составлено авторами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено исследование статистических характеристик и пространственной структуры ветрового волнения в акватории Черного моря в районе г. Судак на основе методов статистического анализа и математического моделирования.

Для точки, расположенной на глубине 45 м на траверзе набережной г. Судак выполнен статистический анализ ретроспективных расчетов ветрового волнения за 1979–2019 гг. по данным SWAN-ERA1.

Выявлено, что волнение с высотами $h_s \leq 0,5$ м составляет более 49% всех случаев; волны высотой $h_s = 1$ м возникают в 8% случаев, а повторяемость волн высотой $h_s \geq 2,5$ м составляет 0,9%. Во временной интервал 2,5–3,5 с входит более 45% всех значений средних периодов волн. В большинстве случаев волны в исследуемый район приходят с востока-юго-востока и юго-юго-запада. Наиболее высокие волны в исследуемый район приходят от востока-юго-востока, юга и юго-юго-запада.

Анализ распределения по годам длительности штормов для следующих градаций интенсивности $h_{3\%} > 1,25$ м; $h_{3\%} > 2$ м; $h_{3\%} > 3$ м; $h_{3\%} \geq 4$ м показал, что их средние многолетние значения равны 14,2 сут; 7,6 сут; 3,1 сут; 1,2 сут соответственно. В течение года наиболее продолжительные штормы возникают в декабре – январе, минимальная длительность штормов отмечается в июне – июле.

На основе метода годовых максимумов и экстремального распределения Гумбеля определены высоты, периоды и длины волн в системе расчетных штормов, возможных 1 раз в n лет. Для шторма возможного 1 раз в 25 лет получены следующие значения волновых параметров: высота значительных волн $h_s = 6,5$ м, средняя высота волн $\bar{h} = 3,4$ м, средний период $\bar{\tau} = 10,1$ с, средняя длина волн $\bar{\lambda} = 152$ м, высота волн 1%-ной обеспеченности в системе шторма $h_{1\%} = 7,9$ м.

На основе модели SWAN с высоким пространственным разрешением выполнено математическое моделирование полей ветровых волн для расчетных штормов возможных 1 раз в 25 лет. Получено, что наиболее сильное волнение с высотами 8–10 м в мористой части расчетной области формируется при юго-западном, южном и юго-восточном ветрах. Выявлено, что, начиная с изобаты в 5 м, структура волновых полей практически не зависит от направления генерирующего их ветра и определяется только рельефом дна акватории. Существенное влияние на распространении волн оказывает рефракция, вследствие которой вблизи набережной г. Судак волны в большинстве случаев имеют направление $\sim 45^\circ$. Определено, что на большей части акватории величины придонных орбитальных скоростей V_b лежат в пределах от 1,4 до 2,2 м/с; вблизи берега характерными для V_b являются значения 0,8–1,2 м/с; у мыса Алчак наблюдается резкое увеличение значений придонных скоростей до величин 2,8–3,0 м/с.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке темы государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № FNNN-2024-0016. Модельные расчеты проводились на вычислительном кластере МНИ (<http://www.hpc-mhi.org>).

Список литературы

1. Горячкин Ю.Н., Долотов В.В. Морские берега Крыма. Севастополь: Колорит, 2019. 256 с.
2. Полонский А.Б., Фомин В.В., Гармашов А.В. Характеристики ветрового волнения Черного моря // Доповіді Національної Академії наук України. 2011. № 8. С. 108–112.
3. Arkhipkin V.S., Gippius F.N., Koltermann K. P., Surkova G.V. Wind waves in the Black Sea: results of a hindcast study // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2014. №14. P. 2883–2897. DOI: 10.5194/nhess-14-2883-2014.
4. Гиппиус Ф.Н., Архипкин В.С. Многолетняя изменчивость штормового волнения на Черном море по результатам моделирования // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2017. №1(1). С. 38–47.
5. Fomin V.V. Numerical modeling of wind waves in the Black Sea generated by atmospheric cyclones // Journal of Physics: Conf. Series. 2017. № 899. P. 052005. DOI: 10.1088/1742-6596/899/5/052005.
6. Divinskii B., Fomin V., Kosyan R., Lazorenko D. Maximum Waves in the Black Sea // Proceedings of the Fourteenth International MEDCOAST Congress on Coastal and Marine Sciences, Engineering, Management and Con-servation MEDCOAST 2019 (Marmaris, Turkey, 22-26 October 2019). Mugla, Turkey: Mediterranean Coastal Foundation (MEDCOAST Foundation). 2019. Vol. 2. P. 799–810.
7. Дивинский Б.В., Фомин В.В., Лазоренко Д.И. Максимальные волны на акватории Черного моря по результатам численного моделирования // Экология гидросферы. 2024. №2 (12). С. 68–80. DOI: 10.33624/2587-9367-2024-2(12)-68-80.
8. Divinsky B.V., Fomin V.V., Kosyan R.D., Ratner Y.B. Extreme wind waves in the Black Sea // Oceanologia. 2020. V. 62, Iss. 1. P. 23–30. DOI: 10.1016/j.oceano.2019.06.003.
9. Bernardino M., Rusu L., Guedes Soares Evaluation of extreme storm waves in the Black Sea // Journal of Operational Oceanography. 2020. Vol. 14(2). P. 114–128. DOI: 10.1080/1755876X.2020.1736748.
10. Akpinar A., Ihsan Kömürçü M. Assessment of wave energy resource of the Black Sea based on 15-year numerical hindcast data // Applied Energy. 2013. Vol. 101. P. 502–512. DOI: 10.1016/j.apenergy.2012.06.005.
11. Rusu L. Assessment of the wave energy in the Black Sea based on a 15-Year hindcast with data assimilation // Energies. 2015. Vol. 8, Iss. 9. P. 10370–10388. DOI: 10.3390/en80910370.
12. Дулов В.А., Юровская М.В., Фомин В.В., Шокуров М.В., Юровский Ю.Ю., Барабанов В.С., Гармашов А.В. Экстремальный черноморский шторм в ноябре 2023 года // Морской гидрофизический журнал. 2024. Т. 40, № 2. С. 325–347.
13. Valchev N.N., Trifonova E.V., Andreeva N.K. Past and recent trends in the western Black Sea storminess // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 12. P. 961–977. DOI: 10.5194/nhess-12-961-2012, 2012.
14. Мысленков С.А., Шестакова А.А., Торопов П.А. Численное моделирование штормового волнения у северо-восточного побережья Черного моря // Метеорология и гидрология. 2016. № 10. С. 61–71.
15. Дивинский Б.В., Косьян Р.Д. Волновой климат прибрежной зоны Крымского полуострова // Морской гидрофизический журнал. 2018. Т. 34. № 2. С. 101–110. DOI: 10.22449/0233-7584-2018-2-101-110.
16. Galabov V., Chervenkov H. Study of the Western Black Sea Storms with a Focus on the Storms Caused by Cyclones of North African Origin // In: Vilibić I., Horvath K., Palau J. (eds). Meteorology and Climatology of the Mediterranean and Black Seas. Pageoph Topical Volumes. Birkhäuser, Cham. 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-11958-4_5.
17. Справочные данные по режиму ветра и волнения Балтийского, Северного, Черного, Азовского и Средиземного морей / Под ред. Л.И. Лопатухина, А.В. Бухановского, С.В. Иванова, Е.С. Чернышевой. С-Пб.: Российский морской регистр судоходства, 2006. 450 с.
18. Ефимов В.В., Комаровская О.И. Атлас экстремального ветрового волнения Черного моря. Севастополь: МГИ НАНУ, 2009. 59 с.

ВОЛНОВОЙ КЛИМАТ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ Г. СУДАК (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

19. Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н., Липченко М.М. Ветры и волнение в прибрежной зоне юго-западной части Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2003. Вып. 9. С. 13–28.
20. Горячкин Ю.Н., Репетин Л.Н. Штормовой ветро-волновой режим у Черноморского побережья Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. // 2009. Вып.19. С.56–69.
21. Fomin V.V., Alekseev D.V., Ivancha E.V. Modeling of Wind Waves in the Bays of South-West Part of the Crimea Peninsula // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2012. Vol. 12. С. 363–369. DOI: 10.4194/1303-2712-v12_2_23.
22. Алексеев Д.В., Фомин В.В., Иванча Е.В., Харитоновна Л.В., Черкесов Л.В. Математическое моделирование ветрового волнения в Севастопольской бухте // Морской гидрофизический журнал. 2012. № 1. С. 75–84. EDN TGLDOV.
23. Алексеев Д.В., Иванов В.А., Иванча Е.В., Фомин В.В., Черкесов Л.В. Оценка защитных молов на характеристики ветрового волнения в Севастопольской бухте // Метеорология и гидрология. 2013. №4. С. 47–57.
24. Фомин В.В., Полозок А.А. Режим ветрового волнения в районе Балаклавской бухты // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2020. № 2. С. 53–67.
25. Фомин В.В., Полозок А.А. Особенности ветрового волнения в Балаклавской бухте в экстремальных ветровых условиях // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2021. №1. С. 5–22. DOI: 10.22449/2413-5577-2021-1-5-22.
26. Харитоновна Л.В., Алексеев Д.В., Фомин В.В. Комплексное исследование волновых и литодинамических процессов в береговой зоне п. Морское (Восточный Крым) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2021. № 3. С. 5–22. DOI: 10.22449/2413-5577-2021-3-5-22.
27. Харитоновна Л. В., Алексеев Д.В., Фомин В.В. Математическое моделирование волнового режима бухты Ай-Тодор // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2021. Т. 27, № 3. С. 16–31. DOI 10.35595/2414-9179-2021-3-27-16-31.
28. Фомина И.Н., Полозок А.А., Фомин В.В. Режим ветрового волнения в районе Гурзуфа (южное побережье Крыма) // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2023. Выпуск 8. С. 57–62.
29. Fomin V.V., Polozok A.A., Fomina I.N. Wind Wave Regime in the Alupka Area. // In: Karev V. (eds). Proceedings of the 9th International Conference on Physical and Mathematical Modelling of Earth and Environmental Processes. PMMEEP 2023. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer, Cham. 2024. DOI: 10.1007/978-3-031-54589-4_54.
30. Kharitonova L.V., Fomin V.V., Alekseev D.V. Wave Climate of Koktebel Bay of the Black Sea // In: Chaplina, T. (eds). Processes in GeoMedia. Springer Geology. Springer, Singapore. 2024. V. VIII. DOI: 10.1007/978-981-97-6627-7_28.
31. Харитоновна Л.В., Фомин В.В., Горячкин Ю.Н., Алексеев Д.В. Межгодовая изменчивость вдольберегового потока наносов в бухте Коктебель (Черное море) // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2024. Т. 10. № 2. С. 75–90.
32. Booij N., Ris R.C., Holthuijsen L.H. A third-generation wave model for coastal regions. Model description and validation // Journal of Geophysical Research. 1999. V. 104 (4). P. 7649–7666. DOI: 10.1029/98JC02622
33. SWAN User Manual. Cycle III version 41.20. Delft University of Technology, Netherlands, 2018. 121 p.
34. Михайличенко С.Ю., Гармашов А.В., Фомин В.В. Верификация модели ветрового волнения SWAN по наблюдениям на стационарной океанографической платформе Черноморского гидрофизического полигона РАН // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2016. № 2. С. 52–57.
35. Forecast | ECMWF [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts> (дата обращения: 15.05.2020).
36. Lopatoukhin L.J., Rozhkov V.A., Ryabinin V.E., Swail V.R., Boukhanovsky A.V., Degtyarev A.B. Estimation of extreme wind wave heights // World Meteorological Organisation. JCOMM Technical Report WMO/TD. 2000. No. 1041. DOI: 10.25607/OBP-1495.
37. Крылов Ю.М. Спектральные методы исследования и расчета ветровых волн. Ленинград: Гидрометеоздат, 1966, 255 с.

**WAVE CLIMATE OF THE COASTAL WATER AREA OF SUDAK
(BLACK SEA)**

Kharitonova L. V.¹, Mikhailichenko S. Yu.², Alekseev D. V.³, Fomin V. V.⁴

^{1,2,3,4}Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: ¹kharitonova.dntmm@gmail.com, ²liham1984@rambler.ru, ³fomin.dntmm@gmail.com,

⁴d.alekseev@mhi-ras.ru

This study is devoted to a comprehensive analysis of the wave climate in the coastal waters of the city of Sudak (the Black Sea). The relevance of the study stems from the need to reconstruct the coastal protection structures of this resort city, which necessitates obtaining detailed data on the wind and wave regime with high spatial resolution. Despite of numerous studies of the wave climate of the Black Sea as a whole, the Sudak Bay region has not previously been the subject of such close regional study, which determines the novelty and practical significance of this work.

The study is based on a combination of statistical analysis and mathematical modeling. At the first stage, a statistical analysis of SWAN-ERAI model retrospective data was carried out over a 40-year period (1979–2019) for a point placed on the 45-meter isobath. Operational (background) and extreme wave characteristics were calculated, including the duration of storms and the repeatability of wave heights and periods. The Gumbel distribution was used to estimate extreme wave parameters (heights, periods, and wavelengths) with a repeatability from 1 to 100 years. At the second stage, detailed mathematical modeling was made using the SWAN spectral wave model for eight main wind directions with varying regime repeatability (10%, 4%, 2%, and 1%). To achieve high accuracy in the coastal zone, a five-step nested grid method was used, which allowed to obtain results with a spatial resolution of approximately 2 meters in the final computational domain of 1.5×2 km, including Cape Alchak and the city embankment.

It was established that waves with significant wave heights less than 0.5 m and average periods of 2.5–3.5 s account for 49% of all cases; the repeatability of waves with heights of 1.0 m and more than 2.5 m is 8% and 1%, respectively. For the study area, storm waves are most likely to propagate from the east-southeast (repeatability is 14%) and south-southwest (repeatability is 14%). The average long-term storm duration is 14.2 days, the total value by year varies from 5.5 to 172.4 days. The longest storm situations occur from December to January, while the minimum storm duration is observed in June–July. Wave parameters for storms of varying repeatability were calculated using the Gumbel distribution. For example, for a storm that is possible once in 25 years, the height of significant waves will be 6.5 m, and the height of waves with a 1% probability in the storm system will reach 7.9 m.

Modeling of the spatial structure of wave fields revealed that the strongest waves, with heights of 8–10 m, in the seaward part of the computational domain are formed by southwest, south, and southeast winds. Starting from the 5–10 m isobath, the distribution of wave heights is practically independent on wind direction and is determined primarily by the bottom topography. Refraction plays a significant role, leading to the fact that near the shore, waves in most cases approach the shore at an angle of approximately 45° . Analysis of the fields of bottom orbital velocities is important for assessing bottom erosion and

lithodynamic processes. It was determined that over most of the water area, the values of bottom orbital velocities lie in the range from 1.4 to 2.2 m/s; near the shore, typical values are 0.8–1.2 m/s; near Cape Alchak, a sharp increase in bottom velocities to values of 2.8–3.0 m/s is observed.

This investigation provides, for the first time, such a detailed characterization of the wave climate in the coastal waters of Sudak. The obtained quantitative data on operational and extreme wave loads, as well as the spatial distribution of wave parameters and bottom velocities, provide the basis for: designing and reconstructing coastal protection structures (embankments, groins); assessing the risks of coastal and bottom erosion; forecasting lithodynamic processes and sediment transport; and ensuring the safety of maritime activities in this area. The results of this study fill an existing gap in regional research on the Black Sea coast of Crimea and can be used by government agencies, design organizations, and scientific organizations.

Keywords: Wave climate, wind waves, the Black Sea, Sudak, mathematical modeling, SWAN, extreme characteristics, near-bottom velocities, coastal zone.

References

1. Goryachkin, Yu.N., Dolotov, V.V. *Morskies berega Kryma (Sea Coasts of Crimea)*. Sevastopol: Colorit, 2019, 256 p. (in Russian).
2. Polonsky, A.B., Fomin, V.V., Garmashov, A.V., 2011. *Harakteristiki vetrovogo volneniya Chernogo morya (Characteristics of wind waves of the Black Sea)*. Rep. National Academy of Sciences of Ukraine, (8), pp.108–112 (in Russian).
3. Arkhipkin V.S., Gippius F.N., Koltermann K. P., Surkova G.V. Wind waves in the Black Sea: results of a hindcast study. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*, 2014, №14, pp. 2883–2897. DOI: 10.5194/nhess-14-2883-2014.
4. Gippius F.N., Arkhipkin V.S. *Mnogoletnyaya izmenchivost' shtormovogo volneniya na Chernom more po rezul'tatam modelirovaniya (Interannual variability of storm waves in the Black sea according to numerical modelling results)*. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya*, 2017, no. 1(1), pp. 38–47. (in Russian).
5. Fomin V.V. Numerical modeling of wind waves in the Black Sea generated by atmospheric cyclones. *Journal of Physics: Conf. Series*, 2017, № 899, pp. 052005. DOI: 10.1088/1742-6596/899/5/052005.
6. Divinskii B., Fomin V., Kosyan R., Lazorenko D. Maximum Waves in the Black Sea, in *Proceedings of the Fourteenth International MEDCOAST Congress on Coastal and Marine Sciences, Engineering, Management and Con-servation MEDCOAST 2019 (Marmaris, Turkey, 22-26 October 2019)*. Mugla, Turkey: Mediterranean Coastal Foundation (MEDCOAST Foundation). 2019. Vol. 2. P. 799–810.
7. Divinsky B.V., Fomin V.V., Lazorenko D.I. *Maksimal'nye volny na akvatorii Chernogo morya po rezul'tatam chislenogo modelirovaniya (Maximum waves in the Black Sea based on the results of numerical modeling)*. *Hydrosphere Ecology*, 2024, №2 (12), pp. 68–80 (in Russian).
8. Divinsky B.V., Fomin V.V., Kosyan R.D., Ratner Y.B. Extreme wind waves in the Black Sea. *Oceanologia*, 2020, V. 62, Iss. 1, pp. 23–30. DOI: 10.1016/j.oceano.2019.06.003.
9. Bernardino M., Rusu L., Guedes Soares Evaluation of extreme storm waves in the Black Sea. *Journal of Operational Oceanography*, 2020, Vol. 14(2), pp. 114–128. DOI: 10.1080/1755876X.2020.1736748.
10. Akpinar A., Ihsan K m rc  M. Assessment of wave energy resource of the Black Sea based on 15-year numerical hindcast data. *Applied Energy*, 2013, Vol. 101, pp. 502–512. DOI: 10.1016/j.apenergy.2012.06.005.
11. Rusu L. Assessment of the wave energy in the Black Sea based on a 15-Year hindcast with data assimilation. *Energies*, 2015, Vol. 8, Iss. 9, pp. 10370–10388. DOI: 10.3390/en80910370.
12. Dulov, V.A., Yurovskaya, M.V., Fomin, V.V., Shokurov, M.V., Yurovsky, Yu.Yu., Barabanov, V.S. and Garmashov, A.V. Extreme Black Sea Storm in November, 2023. *Physical Oceanography*, 2024, 31(2), pp. 295–316.

13. Valchev N.N., Trifonova E.V., Andreeva N.K. Past and recent trends in the western Black Sea storminess. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 2012, 12, pp. 961–977. DOI: 10.5194/nhess-12-961-2012.
14. Myslenkov S.A., Shestakova A.A., Toropov P.A. Chislennoe modelirovanie shtormovogo volneniya u severo-vostochnogo poberezh'ya Chernogo moraya (Numerical Modeling of Storm Surges on the Northeastern Coast of the Black Sea). *Meteorology and Hydrology*, 2016, no. 10, pp. 61–71 (in Russian).
15. Divinsky, B.V. and Kosyan, R.D. Wave Climate of the Coastal Zone of the Crimean Peninsula. *Physical Oceanography*, 2018, 25(2), pp. 93–101. <https://doi.org/10.22449/1573-160X-2018-2-93-101>
16. Galabov V., Chervenkov H. Study of the Western Black Sea Storms with a Focus on the Storms Caused by Cyclones of North African Origin, in: Vilibić I., Horvath K., Palau J. (eds). *Meteorology and Climatology of the Mediterranean and Black Seas. Pageoph Topical Volumes*. Birkhäuser, Cham, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-11958-4_5.
17. Spravochnye dannye po rezhimu vetra i volneniya Baltijskogo, Severnogo, Chernogo, Azovskogo i Sredizemnogo morej (Reference Data on the Wind and Wave Regime of the Baltic, North, Black, Azov and Mediterranean Seas). Lopatoukhin LI, Bukhanovsky AV, Ivanov SV, Chernyshova ES (Eds.). *Russian Maritime Register of Shipping: St. Petersburg, Russia*, 2006, 452 p. (in Russian).
18. Efimov V.V., Komarovskaya O.I. Atlas ekstremalnogo vetrovogo volneniya Chernogo morya (Atlas of Extreme Wind Waves of the Black Sea). Sevastopol: MGI NASU, 2009. 59 p. (in Russian).
19. Repetin L.N., Belokopytov V.N., Lipchenko M.M. Vetry i volnenie v pribrezhnoj zone yugo-zapadnoj chasti Krym (Winds and Waves in the Coastal Zone of the Southwestern Part of Crimea). *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use of Shelf Resources*, 2003, Issue 9, pp. 13–28 (in Russian).
20. Goryachkin Yu.N., Repetin L.N. Storm Shtormovoj vetro-volnovoj rezhim u Chernomorskogo poberezh'ya Kryma (Wind-Wave Regime off the Black Sea Coast of Crimea). *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use of Shelf Resources*, 2009, Issue 19, pp. 56–69 (in Russian).
21. Fomin V.V., Alekseev D.V., Ivancha E.V. Modeling of Wind Waves in the Bays of South-West Part of the Crimea Peninsula. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2012, Vol. 12, pp. 363–369. DOI: 10.4194/1303-2712-v12_2_23.
22. Alekseev, D.V., Fomin, V.V., Ivancha, E.V., Kharitonova, L.V. and Cherkesov, L.V. Matematicheskoe modelirovanie vetrovogo volneniya v Sevastopol'skoj buhte (Mathematical simulation of wind waves in the Sevastopol Bay). *Morskoy Gidrofizicheskiy Zhurnal*, 2012, no. 1, pp. 75–84 (in Russian).
23. Alekseev D.V., Ivanov V.A., Ivancha E.V., Fomin V.V., Cherkesov L.V. Ocenka zashchitnyh molov na harakteristiki vetrovogo volneniya v Sevastopol'skoj buhte (Assessment of Protective Breakwaters on Wind Wave Characteristics in Sevastopol Bay). *Meteorology and Hydrology*, 2013, no. 4, pp. 47–57 (in Russian).
24. Fomin V.V., Polozok A.A. Rezhim vetrovogo volneniya v rajone Balaklavskoj buhty (Wind Wave Regime in the Area of Balaklava Bay). *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, 2020, no. 2, pp. 53–67. DOI: 10.22449/2413-5577-2020-2-53-67 (in Russian).
25. Fomin V.V., Polozok A.A. Osobennosti vetrovogo volneniya v Balaklavskoj buhte v ekstremal'nyh vetrovyh usloviyah (Wind Waves in the Balaklava Bay under Extreme Wind Conditions). *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, 2021, no. 1, pp. 5–22. DOI: 10.22449/2413-5577-2021-1-5-22 (in Russian).
26. Kharitonova, L.V., Alekseev, D.V. and Fomin, V.V. Kompleksnoe issledovanie volnovykh i litodinamicheskikh processov v beregovoj zone p. Morskoe (Vostochnyj Krym) (Comprehensive Study of Wave and Lithodynamic Processes in the Coastal Area of the Village of Morskoye (Eastern Crimea)). *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, 2021, no. 3, pp. 5–22. doi:10.22449/2413-5577-2021-3-5-22 (in Russian).
27. Kharitonova L.V., Alekseev D.V., Fomin V.V. Matematicheskoe modelirovanie volnovogo rezhima buhty Aj-Todor (Mathematical Modeling of the Wave Regime in Ay-Todor Bay). *InterCarto. InterGIS*, 2021, Vol. 27, no. 3, pp. 16–31. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-3-27-16-31. EDN ILCROO (in Russian).
28. Fomina I.N., Polozok A.A., Fomin V.V. Rezhim vetrovogo volneniya v rajone Gurzufa (yuzhnoe poberezh'e Kryma) (Wind Wave Regime in the Gurzuf Area (Southern Coast of Crimea)). *Ecology. Economy. Informatics. Series: System Analysis and Modeling of Economic and Ecological Systems*, 2023, Issue 8, pp. 57–62. DOI: 10.23885/2500-395X-2023-1-8-57-62 (in Russian).
29. Fomin V.V., Polozok A.A., Fomina I.N. Wind Wave Regime in the Alupka Area, in: Karev V. (eds). *Proceedings of the 9th International Conference on Physical and Mathematical Modelling of Earth and Environmental Processes. PMMEEP 2023*. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer, Cham. 2024. DOI: 10.1007/978-3-031-54589-4_54.

ВОЛНОВОЙ КЛИМАТ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ Г. СУДАК
(ЧЕРНОЕ МОРЕ)

30. Kharitonova L.V., Fomin V.V., Alekseev D.V. Wave Climate of Koktebel Bay of the Black Sea, in: Chaplina, T. (eds). Processes in GeoMedia. Springer Geology. Springer, Singapore, 2024, V. VIII. DOI: 10.1007/978-981-97-6627-7_28.
31. Kharitonova L.V., Fomin V.V., Goryachkin Yu.N., Alekseev D.V. Mezhhodovaya izmenchivost' vdol' beregovogo potoka nanosov v buhte Koktebel' (Chernoe more) (Interannual variability of the alongshore sediment flux in Koktebel bay (the Black Sea)). Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology, 2024, Vol. 10, no. 2, pp. 75–90. EDN JECMHU (in Russian).
32. Booij N., Ris R.C., Holthuijsen L.H. A third-generation wave model for coastal regions. Model description and validation. Journal of Geophysical Research, 1999, V. 104 (4), pp. 7649–7666. DOI: 10.1029/98JC02622.
33. SWAN User Manual. Cycle III version 41.20. Delft University of Technology, Netherlands, 2018, 121 p.
34. Mikhailichenko, S.Yu., Garmashov, A.V. and Fomin, V.V. Verifikaciya modeli vetrovogo volneniya SWAN po nablyudeniya na stacionarnoj okeanograficheskoy platforme gidrofizicheskogo poligona RAN (Verification of the Swan Wind Waves Model by Observations on the Stationary Oceanographic Platform of the Black Sea Hydrophysical Polygon of RAS). Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea, 2016, no. 2, pp. 52-57 (in Russian).
35. Forecast | ECMWF [Electronic resource]. Access mode: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts> (accessed: 15.05.2020).
36. Lopatoukhin L.J., Rozhkov V.A., Ryabinin V.E., Swail V.R., Boukhanovsky A.V., Degtyarev A.B. Estimation of extreme wind wave heights. World Meteorological Organisation. JCOMM Technical Report WMO/TD, 2000, no. 1041. DOI: 10.25607/OBP-1495.
37. Krylov Yu.M. Spektral'nye metody issledovaniya i rascheta vetrovyh voln (Spectral Methods for the Study and Calculation of Wind Waves). Leningrad: Gidrometeoizdat, 1966, 255 p. (in Russian)

Поступила в редакцию 19.11.2025 г.

РАЗДЕЛ 3. ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 504.423:504.4.054

ПОСТУПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АЗОВСКОЕ МОРЕ С КОМПОНЕНТАМИ ВОДНОГО БАЛАНСА В 2019–2023 ГГ.

Буфетова М. В.

*Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе
(МГРИ), Москва, Российская Федерация
E-mail: mbufetova@mail.ru*

Оценены потоки Hg, Pb, Cd, Cu и Zn в открытую часть Азовского моря и Таганрогский залив с атмосферными осадками, речными водами Дона и Кубани, а также в результате водообмена через Должанский и Керченский проливы. Результаты показали, что атмосферные осадки являются значимым источником поступления Cu, Zn и Hg. В Таганрогском заливе речной сток Дона играет ключевую роль в поставке Cu и Zn. Поступление Pb и Cd преваляется из Азовского моря, в то время как Hg, Zn и Cu в более значимых объемах поступают из Таганрогского залива. Азовское море может являться источником загрязнения вод Черного моря Pb, Cd и Zn. В отношении переноса Cu наблюдается сопоставимая интенсивность для обеих морей. Hg наиболее загрязнены черноморские воды. Анализ данных показал, что в течение исследуемого периода фиксировались превышения значений предельного пула Pb и Cu в открытой части Азовского моря.

Ключевые слова: Азовское море, ртуть, свинец, кадмий, медь, цинк, потоки тяжелых металлов, пул.

ВВЕДЕНИЕ

Азовское море имеет высокий экономический и рекреационный потенциал, обладает статусом рыбохозяйственного водоема высшей категории, поэтому исследование загрязнения этого водного объекта представляется актуальной задачей [1].

К числу значимых в экологическом отношении загрязняющих веществ, поступающих в акваторию Азовского моря, относятся тяжелые металлы. В отличие от большинства органических соединений, которые со временем разлагаются, тяжелые металлы, обладая консервативностью, не разрушаются, а мигрируют между компонентами морской экосистемы. Одними из приоритетных металлов для экологического мониторинга акватории Азовского моря являются ртуть, кадмий, свинец, медь и цинк, которые имеют токсикологический лимитирующий показатель вредности.

Водный баланс является важнейшим комплексным режимобразующим фактором Азовского моря. Наряду с климатическими условиями он определяет основные особенности гидрологического и гидрохимического режимов морей. Наиболее полно многолетние исследования водного баланса Азовского моря были выполнены Севастопольским отделением ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова» (СО ФГБУ «ГОИН»), Азово-Черноморским филиалом («АзНИИРХ») ФГБНУ «ВНИРО» и ФГБУН «Федеральный

ПОСТУПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АЗОВСКОЕ МОРЕ
С КОМПОНЕНТАМИ ВОДНОГО БАЛАНСА В 2019–2023 ГГ.

исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук» (ЮНЦ РАН) [2, 3, 4, 5, 6]. С 1980-х годов в океанологической науке была проведена большая аналитическая, исследовательская и практическая работа по уточнению данных, в том числе и в области водного баланса Азовского моря, который играет важную роль в формировании закономерностей потоков тяжелых металлов в экосистеме. Цель работы заключалась в оценке потоков тяжелых металлов (Hg, Pb, Cd, Cu, Zn) в открытую часть Азовского моря и Таганрогский залив с главными составляющими водного баланса — атмосферными осадками, речным стоком Дона и Кубани, а также в результате водообмена через Должанский и Керченский проливы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Источниками данных для модели водного баланса Азовского моря за период с 2019 г. по 2023 г., послужили Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО 4) и общедоступная база данных ВНИИГМИ-МЦД 5 [7]. Также использовалась информация о температуре и относительной влажности воздуха, скорости ветра, величине атмосферных осадков, температуре воды и уровне моря, данные о ежедневных расходах воды на гидростоях станица Раздорская (р. Дон), хутор Тиховский и хутор Зайцево Колено (р. Кубань), с. Слободка (рукав Протока) [7]. Наибольшую долю приходной части водного баланса Азовского моря образуют материковый сток и приток воды из Черного моря. В расходной части преобладают сток азовской воды в Черное море и испарение с поверхности. Главные составляющие водного баланса Азовского моря приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Главные элементы водного баланса Азовского моря (км³)

Год	приток речных вод Дона	приток речных вод Кубани	осадки на акваторию	испарение	приток воды из Черного моря	отток воды в Черное море	изменение объема моря
2019	15,2	11,0	20,6	35,1	35,5	50,3	5,2
2020	9,7	10,1	20,0	36,5	40,8	44,1	5,5
2021	11,5	6,5	19,9	36,9	36,7	45,3	-7,6
2022	12,5	12,8	19,2	35,8	39,2	48,8	-0,9
2023	19,5	12,3	18,1	36,3	38,3	48,2	3,7
μ	13,7	10,5	19,6	36,1	38,1	47,3	1,2

μ — среднее значение.

Составлено автором по [6, 7].

В работе были использованы данные о концентрации Hg, Pb, Cd, Cu и Zn в воде Азовского моря, устьях р.Дон и р.Кубань 2019–2023 гг., предоставленные автору филиалом «Азовморинформцентр» ФГБВУ «Центррегионводхоз» в рамках сотрудничества с кафедрой экологии и природопользования Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе

(МГРИ). Для анализа распределения ртути в воде Азовского моря использовались данные за 2019–2023 гг., предоставленные Государственным океанографическим институтом им. Н. Н. Зубова (ГОИН).

Потоки тяжелых металлов оценивали по формуле:

$$P_i = W \times C_{wi}, \quad (1)$$

где: P_i — поток i тяжелого металла, т/год; W — объем стока, км³/год; C_{wi} — средняя концентрация i тяжелого металла в воде, мкг/л.

Пул (запас) тяжелого металла в водной толще моря, в растворенной форме (P_v , т) оценивался как:

$$P_v = C_{wi} \times V, \quad (2)$$

где: C_{wi} — средняя концентрация i металла в воде (мкг/л); V — объем водного объекта (км³).

Процентный вклад источника (B) тяжелого металла, поступающего в Азовское море, определялся выражением:

$$B = P_{TM}/P_v \times 100 \%, \quad (3)$$

где P_{TM} — поступление растворенной формы тяжелого металла, т; P_v — пул растворенной формы тяжелого металла в воде, т.

В работе были выделены два района: Таганрогский залив и открытая акватория Азовского моря (собственно море), что связано с их морфометрическими и гидрологическими особенностями.

Предельно допустимые концентрации изучаемых тяжелых металлов в водной среде отражены в табл. 2.

Таблица 2.

Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов в воде [8]

Характеристика	Металл				
	Pb	Zn	Cu	Cd	Hg
Класс опасности	3	3	3	2	1
Предельно допустимая концентрация для морских вод мкг/л	10.0	50.0	5.0	10.0	0.1
Предельно допустимая концентрация для вод водных объектов рыбохозяйственного значения (р/х), мкг/л	6.0	10.0	1.0	0.5	0.01

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Поступление тяжелых металлов с атмосферными осадками. За последние десять лет отсутствуют систематические данные о наличии тяжелых металлов в атмосферных осадках над Азовским морем. Наиболее обширный массив данных о концентрациях тяжелых металлов в атмосферных осадках над акваторией Азовского моря был получен в период с 1996 по 2005 годы, и представлен в исследовании [9]. Так, содержание ртути в пробах дождевой воды варьировалось в пределах от 0,06 до 0,60 мкг/л, со средним показателем 0,24 мкг/л. Уровень свинца в атмосферных осадках колебался от менее 0,40 до 48 мкг/л, при этом среднее значение достигало 5,3 мкг/л. Концентрация кадмия, зафиксированная в дождевой воде, находилась в

**ПОСТУПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АЗОВСКОЕ МОРЕ
С КОМПОНЕНТАМИ ВОДНОГО БАЛАНСА В 2019–2023 ГГ.**

диапазоне от 8 до 14 мкг/л, а средняя концентрация составляла 0,37 мкг/л. Содержание меди в атмосферных осадках изменялось от 4,2 до 13 мкг/л, со средним значением 8,3 мкг/л. Что касается цинка, его концентрация в атмосферных осадках, собранных над Азовским морем в период с 1996 по 2005 год, показывала колебания от 3 до 240 мкг/л, а среднее значение равнялось 31,0 мкг/л [9].

Для оценки потока ртути, свинца, кадмия, меди с жидкими атмосферными осадками на акваторию Азовского моря с 2019 по 2023 год в работе использовались данные приведенные в [10]. При анализе загрязнения атмосферного воздуха, представленного в [10] учитывались усредненные значения концентраций, полученные на станциях комплексного мониторинга фона содержания веществ в воздухе. Измерения проводились в центральной части европейской России и охватывали месячные, сезонные и годовые периоды с января по декабрь каждого года.

Значения цинка в [10] не приводятся. Для вычисления объема цинка, переносимого с атмосферными осадками, использовалась средняя концентрация, взятая из монографии [9] и равная 87,0 мкг/л.

Атмосферные осадки из общего уравнения водного баланса Азовского моря за 2019–2023 гг. в среднем составляют 19,6 км³/год на площадь всего моря (38000 км²) или 0,00048 км³/км²/год. Зная площади открытой части моря (собственно моря) (33400 км²) и Таганрогского залива (5600 км²) получаем, что на зеркало Таганрогского залива может выпасть 2,8 км³/год осадков, на зеркало собственно моря — 17 км³/год. Учитывая эти данные, а также среднегодовую концентрацию тяжелых металлов в атмосферных осадках можно получить примерные потоки металлов на поверхность акватории собственно моря и Таганрогского залива (табл. 3).

Таблица 3.

Поток тяжелых металлов с атмосферными осадками на акваторию Таганрогского залива и собственно моря в 2019–2023 гг., т/год

Год	Hg			Pb			Cd			Cu			Zn		
	Концентрация в атм. осадках*	Таганрогский залив	Собственно море	Концентрация в атм. осадках*	Таганрогский залив	Собственно море	Концентрация в атм. осадках*	Таганрогский залив	Собственно море	Концентрация в атм. осадках*	Таганрогский залив	Собственно море	Концентрация в атм. осадках [9]	Таганрогский залив	Собственно море
	мкг/л	т/год		мкг/л	т/год		мкг/л	т/год		мкг/л	т/год		мкг/л	т/год	
2019	0,30	0,8	4,8	0,5	1,4	8,0	0,07	0,2	1,1	1,5	4,1	24,0	87,0	240	1392
2020	0,12	0,3	1,9	0,4	1,1	6,4	0,06	0,2	1,0	1,7	4,6	27,2			
2021	0,10	0,3	1,6	0,4	1,1	6,4	0,06	0,2	1,0	1,5	4,1	24,0			
2022	0,06	0,2	1,0	0,5	1,4	8,0	0,06	0,2	1,0	3,1	8,4	49,6			
2023	0,10	0,3	1,6	0,9	2,4	14,4	0,04	0,1	0,6	4,1	11,1	65,6			
μ	0,14	0,4	2,2	0,5	1,5	8,6	0,1	0,2	0,9	2,4	6,5	38,1	87,0	240	1392

*Примечание: составлено автором по [10]

Поступление тяжелых металлов с речным стоком Дона и Кубани. Как отмечено в Ежегоднике качества поверхностных вод «важным источником поступления химических веществ природного и антропогенного происхождения в моря России является речной сток. Крупные реки собирают взвешенное и растворенное вещество с огромных водосборных площадей и транспортируют их вниз по течению, вплоть до замыкающих створов. Сток растворенных веществ – важнейший геохимический фактор, интегрально отражающий многообразные процессы миграции и трансформации веществ в различных ландшафтах водосборного бассейна реки. Поэтому количественная оценка выноса химических веществ, в том числе загрязняющих, как результирующей величины взаимодействия ландшафта и речного стока, представляет несомненный интерес как с позиции комплексной оценки состояния речного бассейна, так и оценки приходной части баланса химических веществ в морях» [11, с. 373].

Для расчета потока тяжелых металлов с речными водами Дона и Кубани концентрация Pb, Cd, Cu, Zn взята по результатам отбора проб воды в точке наблюдения «Восточный район Таганрогского залива, устье р. Дон» (средняя соленость 0,43 ‰) и в точке наблюдения «Кубано-Темрюкский район, устье р. Кубань» (средняя соленость 0,60 ‰). Для оценки потока ртути с речными водами использовались данные о концентрации ртути в устьевой области р. Дон и в устьевой области р. Кубань. Расчет потока всех указанных выше тяжелых металлов проводился по значениям для растворенной формы.

Концентрация растворенных форм исследуемых тяжелых металлов и рассчитанный их поток с речными водами Дона и Кубани в 2019–2023 гг. по (1) приведены в табл. 4 и 5.

Таблица 4.

Поток тяжелых металлов в Таганрогский залив с водами р. Дон в 2019–2023 гг.

Год	Среднегодовая концентрация в воде, мкг/л					Речной сток р.Дон, км ³ /год	Поток, т/год				
	Hg	Pb	Cd	Cu	Zn		Hg	Pb	Cd	Cu	Zn
2019	0,02	0,2	0,12	7,2	26	15,1	0,30	2,3	1,8	108,7	392,6
2020	0,02	0,1	0,14	8,3	28,1	9,7	0,19	1,0	1,4	80,5	272,6
2021	0,02	0,1	0,11	7,8	8,3	10,7	0,21	1,1	1,2	83,5	88,8
2022	0,02	0,1	0,12	6,8	9,1	12,4	0,25	1,2	1,5	84,3	112,8
2023	0,01	0,1	0,11	5,1	7,6	19,4	0,19	1,9	2,1	98,9	147,4
μ	0,02	0,1	0,1	7,0	15,8	13,5	0,2	1,5	1,6	91,2	202,8

Анализ переноса тяжелых металлов речными водами Дона и Кубани выявил схожие объемы их поступления в Азовское море. При этом, в водах Дона и Кубани средняя концентрация меди и цинка за 2019–2023 гг. превышала ПДКр.х.

**ПОСТУПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АЗОВСКОЕ МОРЕ
С КОМПОНЕНТАМИ ВОДНОГО БАЛАНСА В 2019–2023 ГГ.**

Таблица 5.

Поток тяжелых металлов в Азовское море с водами р. Кубань в 2019–2023 гг.

Год	Концентрация в воде, мкг/л					Речной сток р.Кубань, км ³ /год	Поток, т/год				
	Hg	Pb	Cd	Cu	Zn		Hg	Pb	Cd	Cu	Zn
2019	0,01	0,4	0,10	7,0	21,1	11,0	0,11	4,4	1,1	76,8	231,6
2020	0,01	0,1	0,11	7,1	32,2	10,1	0,10	1,0	1,1	71,8	325,7
2021	0,02	0,3	0,10	8,0	25,2	6,5	0,13	1,9	0,6	51,8	163,3
2022	0,01	0,4	0,08	9,0	28,0	12,8	0,13	5,1	1,0	115,1	358,0
2023	0,02	0,3	0,05	8,1	35,0	12,3	0,25	3,7	0,6	99,4	429,5
μ	0,01	0,3	0,09	7,8	28,3	10,5	0,1	3,2	0,9	83,0	301,6

Поступление тяжелых металлов в результате водообмена через Должанский пролив. Исследования водообмена через пролив между Таганрогским заливом и открытой частью Азовского моря активизировались в связи с усилением осолонения моря и необходимостью определения оценки его влияния на режим вод залива. Из-за отсутствия достаточного количества натуральных наблюдений косвенными способами определялись только средние многолетние величины годового выноса вод в море и годовой приток вод в залив. Учитывая многолетние данные о стоке р. Дон и ветровой активности на прибрежных станциях Азовского моря авторами [12] было выбрано три года с разными условиями формирования водообмена: маловодный (1972 г.), многоводный (1979 г.) и год, когда сток приблизительно был равен среднему многолетнему значению (1980 г.). В Таблице 6 представлены суммарные значения составляющих водообмена через Должанский пролив и суммарный сток р. Дон за характерные годы.

Таблица 6.

Составляющие водообмена через Должанский пролив и сток р. Дон (км³) за характерные годы по [12]

Составляющие, сток р. Дон	1972 г.	1979 г.	1980 г.
Из залива	177	212	188
В залив	169	176	176
Результирующий	8,0	36,0	12,0
Сток р. Дон	7,9	38,5	21,3

Используя среднегодовые концентрации исследуемых металлов в воде открытой части моря и Таганрогского залива, а также учитывая средние величины водообмена через Должанский пролив (по 1980 г.) возможно оценить потоки тяжелых металлов за период 2019–2023 гг. (табл. 7, 8).

Таблица 7.

Поток тяжелых металлов из собственно моря в Таганрогский залив в 2019–2023 гг.

Год	Сток из собственно моря в Таганрогский залив, км ³ /год	Среднегодовые концентрации в воде собственно моря, мкг/л					Поток из собственно моря в Таганрогский залив, т/год				
		Hg	Pb	Cd	Cu	Zn	Hg	Pb	Cd	Cu	Zn
2019	176	0,01	3,8	0,4	4,7	18,4	1,8	203,7	21,4	251,9	986,2
2020	176	0,01	5,7	0,4	10,3	15,2	1,8	307,2	21,6	555,2	819,3
2021	176	0,02	3,5	0,4	9,0	22,8	3,5	188,3	21,5	484,2	1226,6
2022	176	0,01	14,4	0,6	10,1	22,7	1,8	779,0	32,5	546,4	1228,1
2023	176	0,02	13,1	0,9	8,4	25,6	3,5	700,9	48,2	449,4	1369,6
μ	176	0,01	8,1	0,5	8,5	20,9	2,5	435,8	29,0	457,4	1126,0

Таблица 8.

Поток тяжелых металлов из Таганрогского залива в открытую часть моря в 2019–2023 гг.

Год	Сток из Таганрогского залива в собственно море, км ³ /год	Среднегодовые концентрации в воде Таганрогского залива, мкг/л					Поток из Таганрогского залива в собственно море, т/год				
		Hg	Pb	Cd	Cu	Zn	Hg	Pb	Cd	Cu	Zn
2019	188	0,02	3,8	0,27	2,6	15,6	3,8	714,4	50,8	488,8	2932,8
2020	188	0,03	1,0	0,3	9,4	12,9	5,6	188,0	56,4	1767,2	2425,2
2021	188	0,02	4,0	0,4	3,9	4,0	3,8	752,0	75,2	733,2	752,0
2022	188	0,02	2,7	0,2	6,3	4,9	3,8	507,6	37,6	1184,4	921,2
2023	188	0,02	3,5	0,2	5,5	6,1	3,8	658,0	37,6	1034,0	1146,8
μ	188	0,02	3	0,3	5,5	8,7	4,2	564,0	51,5	1041,5	1635,6

Анализ таблиц 7 и 8 демонстрирует, что в воде открытой части моря наблюдается более высокая средняя концентрация тяжелых металлов. Однако, ввиду более значительного объема ежегодного стока вод из Таганрогского залива в море – залив выступает источником загрязнения для собственно моря по всем исследуемым металлам.

Поступление тяжелых металлов в результате водообмена через Керченский пролив. Для оценки потоков Pb, Cd, Cu и Zn через Керченский пролив использовались

**ПОСТУПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АЗОВСКОЕ МОРЕ
С КОМПОНЕНТАМИ ВОДНОГО БАЛАНСА В 2019–2023 ГГ.**

данные о их концентрации в воде Керченского предпроливья со стороны Азовского моря. Соленость азовоморских вод в отобранных пробах находилась в пределах 14 ‰, черноморских до 18 ‰, температура воды была практически одинакова, содержание растворимого кислорода в черноморских водах выше, но для обеих водных масс находилась в пределах ПДК для летнего периода – не менее 6,0 мг/л. Значения Hg в азовоморских водах Керченского предпроливья взяты из [13]. Результаты оценки потоков тяжелых металлов из Азовского моря в Черное через Керченский пролив показаны в табл. 9.

Таблица 9.

Поток тяжелых металлов из Азовского моря в Черное море в 2019–2023 гг.

Год	Сток из Азовского моря в Черное море, км ³ /год	Среднегодовые концентрации в воде Азовского моря, мкг/л					Поток из Азовского моря в Черное море, т/год				
		Hg	Pb	Cd	Cu	Zn	Hg	Pb	Cd	Cu	Zn
2019	50,3	0,01	3,8	0,4	4,7	18,4	0,5	191,1	22,1	236,4	925,5
2020	44,1	0,01	5,7	0,4	10,3	15,2	0,4	251,4	15,9	454,2	670,3
2021	45,3	0,02	3,5	0,4	9,0	22,8	0,9	158,6	20,4	407,7	1032,8
2022	48,8	0,01	14,4	0,6	10,1	22,7	0,5	702,7	29,3	492,9	1107,8
2023	48,2	0,02	13,1	0,9	8,4	25,6	1,0	631,4	43,4	404,9	1233,9
μ	47,3	0,01	8,1	0,5	8,5	20,9	0,7	387,0	26,2	399,2	994,1

Содержание тяжелых металлов в водах Керченского предпроливья со стороны Черного моря обсуждается в работах [14, 15, 16, 17]. Обобщенные данные о концентрации тяжелых металлов приведены в табл. 10.

Таблица 10.

Концентрация тяжелых металлов в воде северо-восточной части Черного моря в 2000–2020 гг., мкг/л

Период времени	Hg	Pb	Cd	Cu	Zn	Источник
2000–2019	$\frac{<0.01-2.4}{0.11}$	$\frac{<0.4-62.0}{0.69}$	$\frac{<0.1-2.0}{0.18}$	$\frac{<1.0-125.0}{1.9}$	$\frac{<2.0-886}{6.2}$	[14]
2019–2020	-	$\frac{0.09-24.3}{4.6}$	$\frac{0.2-2.5}{0.7}$	$\frac{0.4-2.7}{0.7}$	$\frac{0.2-19.4}{3.0}$	[15]
2020	-	$\frac{0.05-0.2}{0.1}$	$\frac{0.007-0.15}{0.05}$	$\frac{0.5-2.3}{1.1}$	$\frac{4.0-32.5}{12.0}$	[16]
2020	$\frac{0.015-0.06}{0.026}$	-	-	-	-	[17]
Интервал средних значений	0.026–0.11	0.1–4.6	0.05–0.7	0.7–22.2	3.0–12.0	

*Примечание: в числителе диапазон значений, в знаменателе – среднее значение. «-» — определения не производились

Оценка потоков тяжелых металлов из Черного моря в Азовское проводилась с учетом минимальной и максимальной средней концентрации металлов в воде Черного моря, результаты оценки показаны в табл. 11.

Таблица 11.

Поток тяжелых металлов из Черного моря в Азовское море в 2000–2020 гг.

Период	Сток из Черного моря в Азовское море, км ³ /год	Среднегодовые концентрации в воде Черного моря, мкг/л					Поток из Черного моря в Азовское море, т/год				
		Hg	Pb	Cd	Cu	Zn	Hg	Pb	Cd	Cu	Zn
2000–2020	38,0	0.026 -0.11	0.1- 4.6	0.05- 0.7	0.7- 22.2	3.0- 12.0	1.0- 4.2	3.8- 174.8	2.0- 2.6	26.6- 843.6	114.0 - 456.0

Из таблиц 9 и 11 видно, что Азовское море может являться источником загрязнения вод Черного моря свинцом, кадмием и цинком. Существуют разногласия в оценке содержания меди. Если исходить из наивысших показателей концентрации меди в черноморской воде, то перенос этого элемента в Азовское море окажется более значительным. Однако, если ориентироваться на наименьшие значения, ситуация может быть обратной. Тем не менее, анализ многолетних данных по концентрации меди в обоих морях демонстрирует, что уровни содержания меди практически идентичны. Ртутью наиболее загрязнены черноморские воды.

Необходимо отметить, что описанные выше потоки тяжелых металлов с компонентами водного баланса представляют собой лишь общую концептуальную схему, а реальные распределения металлов в конкретные моменты времени из-за гидрологических особенностей, характерных для исследуемых акваторий могут от нее отличаться.

Зная концентрацию загрязняющего вещества в водной среде и располагая информацией об объеме этой среды, можно определить общий запас (или пул) этого загрязнителя. В контексте данного исследования под «пулом» тяжелого металла подразумевается среда, способная накапливать или терять металл с течением времени. В качестве такой среды может выступать определенный объем воды, в частности, водная масса Таганрогского залива (25 км³) или собственно моря (231 км³) [18].

Пул исследуемых тяжелых металлов в растворенной форме (П_в) в собственно море и Таганрогском заливе в 2010–2023 г., рассчитанный по (2) представлен в табл. 12.

ПОСТУПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АЗОВСКОЕ МОРЕ
С КОМПОНЕНТАМИ ВОДНОГО БАЛАНСА В 2019–2023 ГГ.

Таблица 12.

Пул тяжелых металлов (растворенная форма) в воде Азовского моря 2010–2023 гг.

Год	Пул металла в воде, т									
	Hg		Pb		Cd		Cu		Zn	
	Море	Залив	Море	Залив	Море	Залив	Море	Залив	Море	Залив
2019	4,2	0,6	877,8	95,0	101,6	6,8	1085,7	65,0	4250,4	390,0
2020	3,9	0,6	1316,7	25,0	83,2	7,5	2379,3	235,0	3511,2	322,5
2021	4,6	0,6	808,5	100,0	104,0	10,0	2079,0	105,0	5271,9	99,4
2022	4,6	0,6	3326,4	67,5	138,6	5,0	2333,1	157,5	5240,1	122,6
2023	4,6	0,6	3026,1	87,5	207,9	5,0	1940,4	137,5	5911,2	152,1
μ	4,4	0,6	1871,1	75,0	127,1	6,9	1963,5	140,0	4837,0	217,3

В табл. 13 представлены результаты расчетов по (2) предельного пула тяжелых металлов в воде собственно моря и Таганрогского залива при условии достижения микроэлементами ПДК_в ($C_v = \text{ПДК}_v$). В этом контексте, под предельным пулом подразумевается ассимиляционная емкость акваторий Азовского моря в отношении рассматриваемых металлов.

Таблица 13.

Предельный пул тяжелых металлов (растворенная форма) в воде Азовского моря

Предельный пул металла в воде, т/год									
Hg		Pb		Cd		Cu		Zn	
Море	Залив	Море	Залив	Море	Залив	Море	Залив	Море	Залив
23,1	2,5	2310	250	2310	250	1155	125	11550	1250

Сравнение таблиц 12 и 13 показывает превышение предельного пула свинца и меди в акватории собственно моря в разные годы. Например, в 2023 г. предельный пул свинца в открытой части моря был превышен на 31 %, по меди – на 68 %. Среднее значение пула меди за 2010–2023 гг. превышает предельный пул на 36,5 %. По другим металлам сохраняется потенциал для дальнейшего накопления в пределах допустимых значений.

ВЫВОДЫ

Результаты показали, что атмосферные осадки являются значимым источником поступления ртути и цинка в акваторию Азовского моря (58% и 28%, соответственно). В случае со свинцом, кадмием и медью их доля не превышает 5%. В Таганрогском заливе речной сток Дона играет ключевую роль в поставке меди (65%) и цинка (93%), его вклад в поступление ртути и кадмия оценивается как умеренный — 33% и 23% соответственно. Уровень свинца, привносимого водами р. Дон, составляет всего 2%. Влияние реки Кубань на загрязнение собственно моря всеми рассмотренными металлами не превышает 10%.

Водообмен через Должанский пролив характеризуется приблизительно равными потоками тяжелых металлов в обоих направлениях. Тем не менее,

поступление свинца и кадмия превалирует из Азовского моря, в то время как ртуть, цинк и медь в более значимых объемах поступают со стороны Таганрогского залива. Исследование показывает, что Азовское море может являться источником загрязнения вод Черного моря свинцом, кадмием и цинком. В отношении переноса меди наблюдается сопоставимая интенсивность для обеих морей, хотя в некоторые периоды преобладает поступление из Черного моря, а в другие годы значительный вклад вносит Азовское море. Ртутью наиболее загрязнены черноморские воды.

Исследования показывают, что в последние годы в отношении меди превышена ассимиляционная емкость экосистемы Азовского моря.

Список литературы

1. Закономерности экосистемных процессов в Азовском море / Г.Г. Матишов, Ю.М. Гаргопа, С.В. Бердников, С.Л. Дженюк. Южн. науч. центр РАН. М.: Наука, 2006. 304 с.
2. Альтман, Э.Н. Исследование водообмена между Черным и Азовским морями. Сборник работ ЛЮМ ГОИН. 1972. Вып.11. С. 3–42.
3. Бронфман А.М. Хлебников Е.П. Азовское море. Основы реконструкции. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 270 с.
4. Ильин Ю.П., Симов В.Г., Репетин Л.Н. Проблемы и перспективы мониторинга водного баланса Черного и Азовского морей // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2010. №22. С. 171–181.
5. Бердников С.В., Герасюк В.С., Клещенков А.В., Кулыгин В.В., Лихтанская Н.В., Швердяев И.В. Оценки влияния нагонных явлений на потенциал накопления соединений тяжелых металлов в почве дельты Дона в период маловодья (2007–2020 гг.) // Водные биоресурсы и среда обитания. 2024. Т. 7, № 4. С. 7–21. DOI: https://doi.org/10.47921/2619-1024_2024_7_4_7.
6. Piatinskii, M.M., Bitiutskii, D.G., Mirzoyan, A.V., Luzhniak, V.A., Belousov, V.N., Afanasyev, D.F., Zhukova, S.V., Kulba, S.N., Zhivoglyadova, L.A., Hrenkin, D.V., et al. The Long-Term Annual Datasets for Azov Sea Basin Ecosystems for 1925–2024 and Russian Sturgeon Occurrences in 2000–2024. *Data* 2025, 10, 57. DOI: <https://doi.org/10.3390/data10050057>
7. Бердников С.В., Кулыгин В.В., Дашкевич Л.В. Причины стремительного роста солености воды Азовского моря в XXI веке // Морской гидрофизический журнал. 2023. Т. 39, № 6. С. 760–778.
8. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 26.05.2025 № 296 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» URL: <http://publication.pravo.gov.ru> (дата обращения 02.10.2025).
9. Кленкин А.А., Корпакова И.Г., Павленко И.Ф., Темердашев З.А. Геосистема Азовского моря: антропогенное загрязнение. Краснодар: Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, 2007. 324 с.
10. Обзор фонового состояния окружающей природной среды на территории стран СНГ / под редакцией Г. М. Черногаевой. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Институт глобального климата и экологии имени Ю.А. Израэля. Москва : Росгидромет, 2019–2023 гг. [Электронный ресурс]. URL: http://downloads.igce.ru/publications/obz_fon_2/of_2024.pdf (дата обращения: 04.10.2025).
11. Качество поверхностных вод Российской Федерации / Ежегодник. 2019–2023. Ростов-н/Д.: Изд-во Гидрохимического института Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Ежегодники о загрязнении окружающей среды (по компонентам). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.meteorf.gov.ru/product/infomaterials/ezhegodniki/?ysclid=mgafwk7553452615881> (дата обращения: 04.04.2025).
12. Симов В.Г., Морозов В.И., Фомина И.Н., Мартынов Е.С. Водообмен Таганрогского залива с Азовским морем // Морской гидрофизический журнал. 2013. №4. С.73–82.

ПОСТУПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АЗОВСКОЕ МОРЕ
С КОМПОНЕНТАМИ ВОДНОГО БАЛАНСА В 2019–2023 ГГ.

13. Буфетова М. В., Коршенко А.Н. Загрязнение вод Таганрогского и Темрюкского заливов Азовского моря ртутью в 1991–2023 гг. / Моря России: современные методы исследований и их практические применения: материалы VIII Всероссийской научной конференции. Севастополь, 2024. С. 124–125.
14. Кораблина И.В., Барабашин Т.О., Геворкян Ж.В., Евсеева А.И. Динамика распределения тяжёлых металлов в водной толще северо-восточной части Чёрного моря после 2000 г. // Труды ВНИРО. 2021. Т. 183. С. 96–112.
15. Завьялов И.Б., Осадчиев А.А., Завьялов П.О., Кременецкий В.В., Гончаренко И.В. Исследование водообмена в Керченском проливе по историческим данным и данным контактных измерений 2019 г. // Океанология. 2021. Т. 61. № 3. С. 377–386. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0030157421030199>.
16. Чужикова-Проскурнина О.Д. Проскурнин В.Ю., Терещенко Н.Н., Кобечинская В.Г. Тяжёлые металлы в прибрежных водах российского сектора Чёрного и Азовского морей // Экосистемы. 2022. № 31. С.111–122.
17. Стецюк А.П., Егоров В.Н. Концентрирование ртути взвешенным веществом поверхностной морской воды Азово-Черноморского бассейна // Экосистемы. 2024. Вып. 38. С. 7–16. DOI: <https://doi.org/10.29039/2413-1733-2024-38-7-16>.
18. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. V. Азовское море. Л.: Гидрометеиздат. 1991. 237 с.

**THE INFLUX OF HEAVY METALS INTO THE AZOV SEA WITH WATER
BALANCE COMPONENTS IN 2019–2023**

Bufetova M. V.

Russian state geological prospecting University Sergo Ordzhonikidze (MGRI), Moscow, Russian Federation

E-mail: mbufetova@mail.ru

The Sea of Azov has a high economic and recreational potential, has the status of a fishery reservoir of the highest category, therefore, the study of pollution of this water body seems to be an urgent task. Environmentally significant pollutants entering the Azov Sea include heavy metals.

One of the priority metals for environmental monitoring of the Sea of Azov are mercury, cadmium, lead, copper and zinc, which have a toxicological limiting indicator of harmfulness.

Water balance is the most important complex regime-forming factor of the Sea of Azov. Along with geoclimatic conditions, it defines the main features of the hydrological and hydrochemical regimes of the seas.

The purpose of the work was to assess the flows of heavy metals (Hg, Pb, Cd, Cu, Zn) into the open part of the Sea of Azov and the Taganrog Bay with the main components of the water balance - atmospheric precipitation, river runoff, as a result of water exchange through the Dolzhansky and Kerch straits.

The results showed that precipitation is a significant source of mercury and zinc entering the Sea of Azov (58 and 28%, respectively). In the case of lead, cadmium and copper, their share does not exceed 5%. In the Taganrog Bay, the Don river flow plays a key role in the supply of copper (65%) and zinc (93%), its contribution to the supply of mercury and cadmium is estimated as moderate – 33% and 23%, respectively. The level of lead introduced by the waters of the Don River is only 2%. The influence of the Kuban River

on the pollution of the sea itself with all the metals considered does not exceed 10%. Water exchange through the Dolzhansky Strait is characterized by approximately equal flows of heavy metals in both directions. Nevertheless, the supply of lead and cadmium prevails from the Sea of Azov, while mercury, zinc and copper in more significant volumes come from the Taganrog Bay.

The study shows that the Sea of Azov can be a source of pollution of the Black Sea waters with lead, cadmium and zinc. There is controversy in the estimation of copper content. If we proceed from the highest indicators of copper concentration in the Black Sea water, then the transfer of this element to the Sea of Azov will be more significant. However, if you focus on the smallest values, the situation can be reversed. However, analysis of perennial data on copper concentrations in both seas demonstrates that copper levels are virtually identical. The Black Sea waters are most polluted with mercury. The Black Sea waters are most polluted with mercury.

It should be noted that the flows of heavy metals with components of the water balance described above are only a general conceptual scheme, and the real distributions of metals at specific points in time due to hydrological features characteristic of the studied waters may differ from it.

By knowing the concentration of the pollutant in the aqueous medium at a given time and having information about the volume of that medium, one can determine the total stock (or pool) of that pollutant. In the context of this study, a heavy metal "pool" means a medium capable of accumulating or losing metal over time. Such a medium can be a certain volume of water, in particular, the water mass of the Taganrog Bay (25 km^3) or the sea itself (231 km^3). The maximum pool of heavy metals in the water of the sea itself and the Taganrog Bay is calculated using the maximum permissible concentration of metals. In this context, the limit pool means the assimilation capacity of the waters of the Sea of Azov in relation to the metals in question. In this context, the limit pool means the assimilation capacity of the waters of the Sea of Azov in relation to the metals in question. The analysis shows the excess of the maximum pool of lead and copper in the water area of the sea itself in different years. For example, in 2023, the maximum lead pool in the open sea was exceeded by 31%, for copper — by 68%. The average copper pool for 2010–2023 exceeds the limit pool by 36.5%. For other metals, the potential for further accumulation remains within the permissible values. Thus, studies show that in recent years, the assimilation capacity of the ecosystem of the Sea of Azov has been exceeded in relation to copper.

Keywords: Sea of Azov, mercury, lead, cadmium, copper, zinc, heavy metal streams, pool.

References

1. Zakonomernosti e`kosistemny`x processov v Azovskom more / G.G. Matishov, Yu.M. Gargopa, S.V. Berdnikov, S.L. Dzhenyuk. Yuzhn. nauch. centr RAN. M. : Nauka, 2006. 304 s. (in Russian).
2. Al'tman, E.N. Issledovanie vodoobmena mezhdru Cherny`m i Azovskim moryami (Study of Water Exchange Between the Black and Azov Seas). Sbornik rabot LYuM GOIN. 1972. Vy`p.11. S. 3–42. (in Russian).
3. Bronfman A.M. Khlebnikov E.P. Azovskoe more. Osnovy` rekonstrukcii. L.: Gidrometeoizdat, 1985. 270 s. (in Russian).

ПОСТУПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АЗОВСКОЕ МОРЕ
С КОМПОНЕНТАМИ ВОДНОГО БАЛАНСА В 2019–2023 ГГ.

4. Il'in Yu.P., Simov V.G., Repetin L.N. Problemy i perspektivy monitoringa vodnogo balansa Chernogo i Azovskogo morej // *E`kologicheskaya bezopasnost` pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa*. 2010, 22. 171–181. (in Russian).
5. Berdnikov S.V., Gerasyuk V.S., Kleshhenkov A.V., Kulygin V.V., Lixtanskaya N.V., Sheverdyayev I.V. Ocenki vliyaniya nagonny`x yavlenij na potencial nakopleniya soedinenij tyazhely`x metallov v pochve del'ty` Dona v period malovod`ya (2007–2020 gg.) // *Vodny`e bioresursy` i sreda obitaniya*. 2024, 7 (4). 7–21. DOI: https://doi.org/10.47921/2619-1024_2024_7_4_7. EDN: PGPLKL. (in Russian).
6. Piatinskii, M.M., Bitiutskii, D.G., Mirzoyan, A.V., Luzhniak, V.A., Belousov, V.N., Afanasyev, D.F., Zhukova, S.V., Kulba, S.N., Zhivoglyadova, L.A., Hrenkin, D.V., et al. The Long-Term Annual Datasets for Azov Sea Basin Ecosystems for 1925–2024 and Russian Sturgeon Occurrences in 2000–2024. *Data* 2025, 10, 57. DOI: <https://doi.org/10.3390/data10050057>
7. Berdnikov S. V., Kulygin V. V., Dashkevich L. V. Prichiny` stremitel'nogo rosta solenosti vody` Azovskogo morya v XXI veke // *Morskoj gidrofizicheskij zhurnal*, 2023. 39 (6). 760–778. (in Russian).
8. Prikaz Federal'nogo agentstva po rybolovstvu ot 26.05.2025 № 296 «Ob utverzhdenii normativov kachestva vody` vodny`x ob`ektov ryboxozhaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimy`x koncentracij zagryaznyayushhix veshhestv v vodax vodny`x ob`ektov ryboxozhaystvennogo znacheniya». [Elektronnyy resurs]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru> (data obrashheniya 02.10.2025). (in Russian).
9. Klenkin A.A., Korpakova I.G., Pavlenko I.F., Temerdashev Z.A. Geosistema Azovskogo morya: antropogennoe zagryaznenie. Krasnodar: Azovskij nauchno-issledovatel'skij institut rybnogo khozyajstva, 2007. 324 s. (in Russian).
10. Obzor fonovogo sostoyaniya okruzhayushhej prirodnoj sredy` na territorii stran SNG / pod redakciej G. M. Chernogaevoy. Federal'naya sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushhej sredy`, Institut global'nogo klimata i e`kologii imeni Yu. A. Izrae'lya. Moskva : Rosgidromet, 2010–2023 gg. [Elektronnyy resurs]. URL: http://downloads.igce.ru/publications/obz_fon_2/of_2024.pdf (data obrashheniya: 04.10.2025). (in Russian).
11. Kachestvo poverkhnostny`x vod Rossijskoj Federacii / Ezhegodnik. 2010–2023. Rostov-n/D.: Izdvo Gidroximicheskogo instituta Federal'noj sluzhby` po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushhej sredy`. Ezhegodniki o zagryaznenii okruzhayushhej sredy` (po komponentam). [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.meteorf.gov.ru/product/infomaterials/ezhegodniki/?ysclid=mgafwk7553452615881> (data obrashheniya: 04.04.2025). (in Russian).
12. Simov V.G., Morozov V.I., Fomina I.N., Marty`nov E.S. Vodoobmen Taganrofskogo zaliva s Azovskim morem // *Morskoj gidrofizicheskij zhurnal*, 2013. 4. 73–82. (in Russian).
13. Bufetova M. V., Korshenko A.N. Zagryaznenie vod Taganrofskogo i Temryukskogo zalivov Azovskogo morya rtut`yu v 1991–2023 gg. / *Morya Rossii: sovremennyye metody` issledovanij i ix prakticheskie primeneniya : materialy` VIII Vserossijskoj nauchnoj konferencii. Sevastopol`*, 2024. 124–125. (in Russian).
14. Korablina I.V., Barabashin T.O., Gevorkyan Zh.V., Evseeva A.I. Dinamika raspredeleniya tyazhyoly`x metallov v vodnoj tolshhe severo-vostochnoj chasti Chyornogo morya posle 2000 g. // *Trudy` VNIRO*, 2021. 183. 96–112. (in Russian).
15. Zav`yalov I.B., Osadchiev A.A., Zav`yalov P.O., Kremenezkij V.V., Goncharenko I.V. Issledovanie vodoobmena v Kerchenskom prolive po istoricheskim dannym i dannym kontaktny`x izmerenij 2019 g. // *Okeanologiya*, 2021. 61 (3). 377–386. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0030157421030199>. (in Russian).

16. Chuzhikova-Proskurnina O.D. Proskurnin V.Yu., Tereshhenko N.N., Kobchinskaya V.G. Tyazhyolye metally v pribrezhnykh vodax rossijskogo sektora Chyornogo i Azovskogo morej // *E`kosistemy*, 2022. 31. 111–122. (in Russian).
17. Steczyuk A.P., Egorov V.N. Koncentrirovaniye rtuti vzveshenny`m veshhestvom poverkhnostnoj morskoy vody` Azovo-Chernomorskogo bassejna // *E`kosistemy*, 2024. 38. 7–16. DOI: <https://doi.org/10.29039/2413-1733-2024-38-7-16>. (in Russian).
18. *Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morej SSSR. T. V. Azovskoe more*. L.: Gidrometeoizdat. 1991. 237 s. (in Russian).

Поступила в редакцию 08.10.2025 г.

УДК 910.3:556 (477.75)

СОВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ДЖАНКОЙСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Соцкова Л. М.¹, Буря Д. А.²

^{1,2}Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация

E-mail: ¹slms2986@mail.ru, ²burya@mail.ru

В развитых странах хозяйственно-бытовое водопользование составляет 10–12% общего водопотребления и включает использование воды для питья и коммунально-бытовых нужд. Уровень развития коммунального водоснабжения определяется двумя показателями: обеспеченностью населения централизованным водоснабжением и величиной удельного водопотребления. Последнее рассчитывается как суточный объём воды в литрах, приходящихся на одного жителя. В условиях современного развития Республики Крым особая роль отводится организации хозяйственно-питьевого водопользования на территории северо-восточного региона. Вопрос обеспечения населения качественной питьевой водой — важнейший ключевой фактор формирования социальной и экологической ситуации в регионе. Территория Джанкойского района засушлива, чрезвычайно бедна поверхностными водами, что и определяет ее вододефицитный характер. Водные проблемы затрагивают все сегменты общества и важнейшие сельскохозяйственные отрасли экономики. Вода, подаваемая населению обязана соответствовать требованиям санитарных норм и государственного стандарта как по количественным, так и по качественным показателям в соответствии с Водным Кодексом РФ. Питьевая вода в регионе зачастую отличается природным повышенным содержанием жесткости. Нестандартные пробы по показателю общей жесткости обнаруживаются санитарными врачами в рамках социально-гигиенического мониторинга и в ходе контрольно-надзорных мероприятий.

Ключевые слова: водное законодательство, питьевое водопользование, водозабор, артезианские воды, скважина подземных вод, нормы водопотребления, общая жесткость, санитарно-эпидемиологическим требования.

ВВЕДЕНИЕ

При организации хозяйственно-питьевого водопользования, коммунально-бытовые нужды определяется как численностью населения, уровнем развития и образом жизни общества, так и климатическими и экологическими условиями. Обеспечение населения незаменимым ресурсом реализуется за счет подземных вод участка Джанкойский-1 Северо-Сивашского месторождения, а локальное водоснабжение осуществляется подачей воды из скважин, расположенных в посёлках. Вопросы приоритета водоснабжения населения и перспективы развития водохозяйственного комплекса регулируются водным законодательством Российской Федерации. Система хозяйственно-питьевого водопользования представляет собой сложный комплекс сооружений, включающий источники водоснабжения, водоводы и водораспределяющие сети. Функционирование водопользования должно отвечать принципам надежности количества и качества поступающей населению воды.

Цель исследования — изучение современного состояния организации хозяйственно-питьевого водопользования населения Джанкойского района,

реализация статистического анализа колебаний водопотребления, выявления перспектив усовершенствования водоснабжения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Авторами использовались материалы [2, 3, 4, 5] и данные личных полевых исследований; ряд оригинальных карт, на основе аэрофотоснимков, обработанных с помощью специализированных программ (QGIS 3.32.2), инструментарий которых позволяет собирать, хранить, обрабатывать, передавать и визуализировать данные.

Методы исследования — статистический анализ водопотребления с учетом критериальных и факторных ограничений.

Вопросам организации питьевого водопользования посвящен значительный пласт законодательно-нормативной базы. В первую очередь отметим Водный Кодекс РФ [1], Закон Республики Крым от 21.08.2014 № 53-ЗРК «О регулировании водных отношений в Республике Крым» [2], Приложение 1 к постановлению Совета министров Республики Крым от «25» мая 2016 года № 223 [3], Государственный доклад «О состоянии санитарно –эпидемиологического благополучия населения в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе в 2021 году» [4], Государственный доклад «О состоянии санитарно –эпидемиологического благополучия населения в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе в 2024 году» [5], Стратегия социально-экономического развития Джанкойского района на период до 2030 года [6], ГН 2.1.5.690-98 [7], СанПиН 2.1.4.559-96. 2.1.4. [8].

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Согласно материалам [4, 5], доля населения, обеспеченного качественной питьевой водой, в целом по Республике Крым в 2024 году составила 71,2%, что на 0,4% выше, чем в 2023 году (70,8%) и на 0,7 % ниже, чем в 2022 году (71,9 %). Некачественной питьевой водой обеспечено 536660 человек, что составляет 28,1% от общей численности населения в субъекте (в 2023 г. — 28,3%, в 2022 г. — 27,1%). В 2024 году в Республике Крым эксплуатировалось 1437 источников питьевого централизованного водоснабжения (в 2023 г. — 1454, в 2022 г. — 1388), в том числе 48 поверхностных и 1389 подземных.

Основным источником хозяйственно-питьевого водопользования на территории Джанкойского района являются подземные источники участка Джанкойский-1 Северо-Сивашского месторождения, локальное водоснабжение осуществляется за счёт скважин, расположенных в посёлках (рис. 1).

Особенности формирования подземных вод Равнинного Крыма, их разновидностях, распределения в пределах гидрогеологических областей, условия накопления и миграции вод, пригодности для хозяйственно-питьевого водоснабжения хорошо изучены.

Весьма показательные сведения о ресурсном потенциале, формирования подземных вод основных эксплуатируемых водоносных горизонтов, взаимодействии

СОВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ДЖАНКОЙСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

поверхностных и подземных вод, общей балансовой величины запасов по всем категориям, рисках возникновения истощения подземных вод и угрозы интрузий морских вод [9,10,11], повышение водообеспеченности территорий Север-восточного Крыма, условий питания водоносных комплексов, оценке ресурсного потенциала подземных вод Крыма содержат публикации [12, 13, 14].

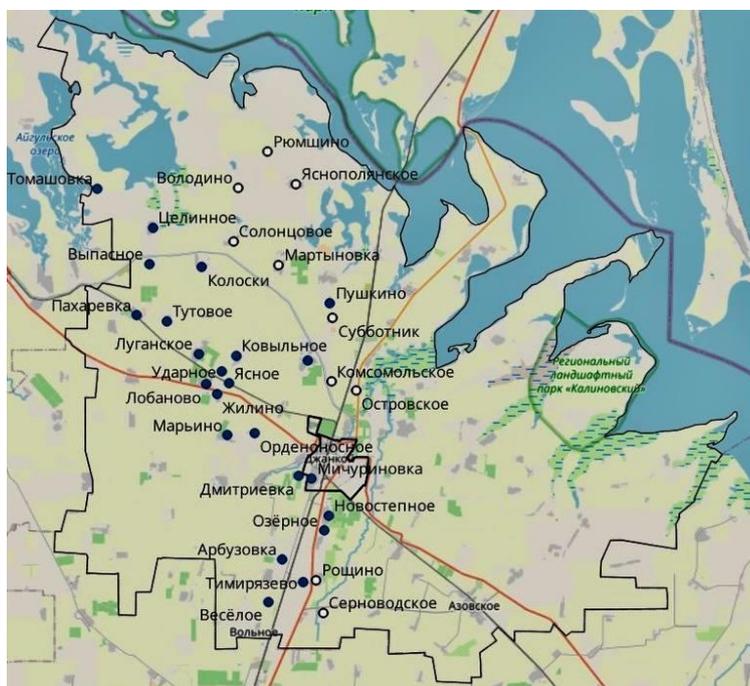


Рис. 1. Расположение артезианских скважин в сельских населенных пунктах на территории Джанкойского района.

Составлено авторами по [4, 5, 6].

В этой связи необходимо отметить наличие значительных объемов защищенных водоносных горизонтов подземных вод Джанкойского района (рис. 2).

В Стратегии социально-экономического развития Джанкойского района на период до 2030 года [6] отражены основные проблемы организации хозяйственно-питьевого водопотребления, намечены перспективы перестройки всего водохозяйственного комплекса, разработка новых скважин, строительство водоочистных сооружений, реконструкция водопроводных сетей планируемой системы основных водоводов на территории г. Джанкой и Джанкойского района к 2030 году. Там же зафиксирован удельный вес нестандартных проб воды из источников водоснабжения по санитарно-химическим показателям выше республиканского.

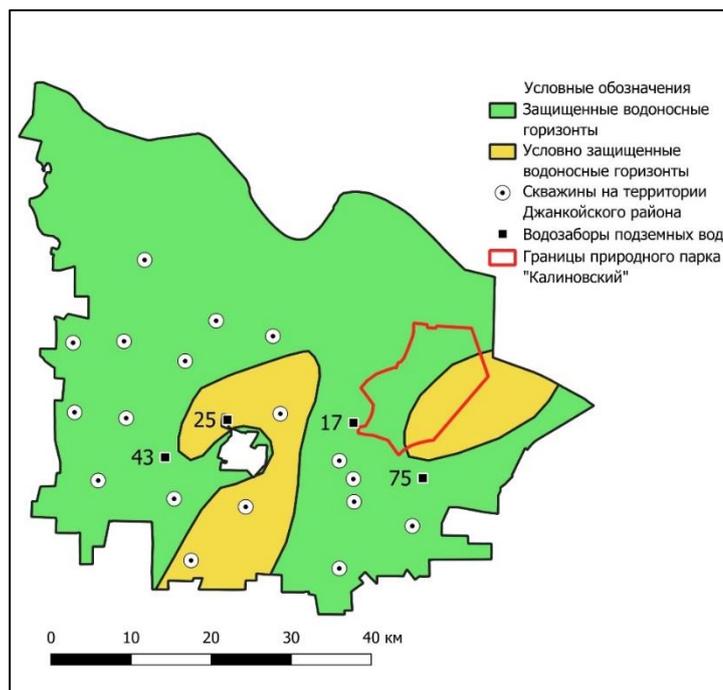


Рис. 2. Защищенные и условно защищенные водоносные горизонты на территории Джанкойского района.

Составлено авторами по [5, 6].

На территории Джанкойского района средний уровень водопотребления составляет 39 669 м³ в квартал (рис. 3).

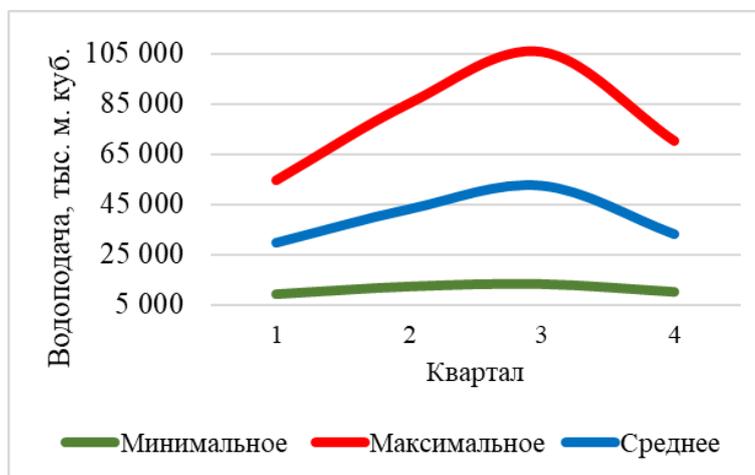


Рис. 3. Дифференциация объемов водоподачи на территории Джанкойского района в 2023 году.

Составлено авторами по [5].

СОВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ДЖАНКОЙСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Максимальные значения характерны для Победненского, Азовского, Завет-Ленинского, Ярполенского и Рошинского сельских поселений, что непосредственно связано с количеством жителей. Анализируя данные по объёмам водоснабжения по отдельным сельским поселениям и сёлам Джанкойского района, можно отметить что наибольшие объёмы водопотребления отмечается в Завет-Ленинском сельском поселении (в 2020 году объём использованных вод составил 429733 м³). Это административное образование включает в себя 6 сёл с общей численность населения 3585 человек (на 2020 год). На этом фоне выделяется несколько сельских поселений с большей численностью населения, но меньшими объёмами водопотребления. Это связано с развитием аграрного сектора на территории Завет-Ленинского с/п — 17 сельскохозяйственных предприятий, в том числе 6 из которых имеют орошаемые сельскохозяйственные угодья.

Важно отметить отсутствие корреляции между климатическими условиями и водопотреблением. Так, 2020, 2021 и 2024 годы были засушливыми, 2022 — соответствовал среднемноголетним показателям увлажнения, в то время как 2023 год был относительно влажным для данной территории. При этом объёмы наибольшие водопотребления отмечались в 2020 году, в то время как в остальные годы результаты сопоставимы. Вероятная причина — моральная и техническая устарелость сети водоснабжения. К примеру, соотношение изменения подъема и реализации воды существенно разнится из года в год. В 2021 году было поднято больше воды, чем в 2020, однако реализовано существенно меньше (разница достигает 515% в с. Мелководное и 270% в с. Зелёный Яр). Снижение реализации в 2 раза при увеличении подъёма в 5,5 раз в некоторых посёлках привели к невероятно большим потерям питьевой воды.

При фактической добыче подземных вод затрачивается энергия на подъём подземных вод из скважин. Подъём воды — количественный показатель, характеризующий объём извлечённой или поданной воды из источника водоснабжения (например, скважины, водозабора или насосной станции) за определённый период [7]. Резерв мощности — потенциальная способность водозаборных сооружений, насосных станций и систем подачи воды обеспечить дополнительный объём водоснабжения сверх текущего уровня эксплуатации [8]. В 2023 году общее количество затраченной энергии составляло 3,3 МВт*ч, что равняется суммарному энергопотреблению г. Джанкой за год. Стоимость финансовых средств подъёма подземных вод скважинами исчислялась в 22,9 млн рублей. Усовершенствование насосных станций и оптимизации их работы позволило к 2024 году снизить удельную стоимость на подъём одного кубического метра воды на 19%.

Максимальный резерв мощности характерен для Яснополянского сельского поселения, минимальный — Азовского (рис. 4). Отмечаем, что резерв мощности прямым образом связан с численностью населения (коэффициент корреляции -0,78, что говорит о высоком уровне отрицательной корреляции, т.е. данные показатели являются обратно пропорциональными).

При этом, в нескольких населённых пунктах отмечается обратная ситуация. В с. Ударном соотношение изменения подъема и реализации воды составило 117%, что

говорит об увеличении поднятия и реализации. Данный вид водопользования является наиболее рациональным, так как в условиях водоефицита необходимо использовать имеющиеся ресурсы бережно и рационально. Коэффициент вариации изменяется от 0,09 до 0,52 в зависимости от сезона, соответственно изменчивости водопотребления. При этом сам показатель подъема колеблется от 9330 тыс. м³ до 105728 тыс. м³ в квартал.

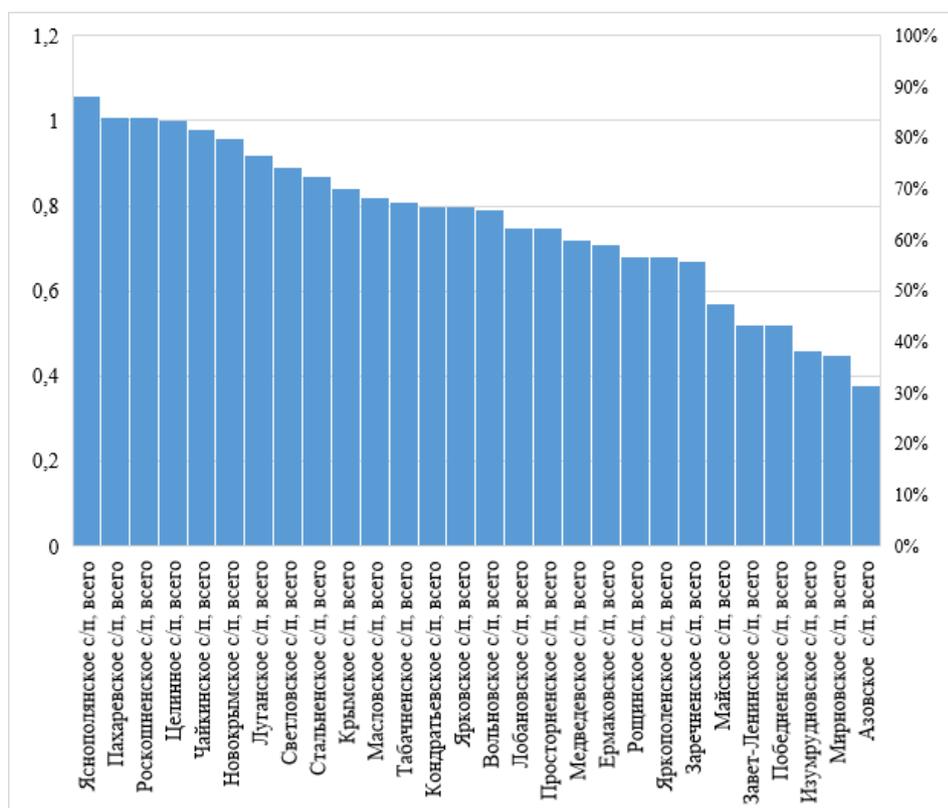


Рис. 4. Сравнение данных о резерве мощности систем подачи воды по различным сельским поселениям на территории Джанкойского района, 2021 год.

Составлено авторами по [4].

Из общего количества источников водоснабжения в Крыму, 533 источника или 37,1% не отвечает санитарно-эпидемиологическим требованиям из-за отсутствия зон санитарной охраны, по подземным источникам эта проблема проявлена в Джанкойском, Ленинском, Раздольненском районах.

Отметим, подавляющее большинство скважин приурочено к одному артезианскому бассейну, что объясняет схожесть результатов лабораторного исследования. Питьевая вода в исследуемом регионе зачастую отличается природным повышенным содержанием жесткости. Нестандартные пробы по

СОВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ДЖАНКОЙСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

показателю общей жесткости обнаруживаются санитарными врачами в рамках социально-гигиенического мониторинга, в ходе контрольно-надзорных мероприятий и рассмотрения обращений граждан. Весьма показательны сведения о доле населения, обеспеченного качественной питьевой водой (табл. 1).

Таблица 1.

Обеспеченность населения качественной питьевой водой

Муниципальное образование	Доля населения, обеспеченного качественной питьевой водой, %			
	2022	2023	2024	+/-
Годы				
Джанкойский район	72,2	65	65	
Ленинский район	43,7	52,5	67	+
Раздольненский район	30,1	0,8	0	-

Составлено авторами по [5].

Артезианские воды Джанкойского района имеют различный физико-химический состав. По результатам проведенного в 2014-2015 годах лабораторного контроля качества питьевой воды в Джанкойском районе установлено не соответствие качества питьевой воды требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения.

Таблица 2.

Численность населения Джанкойского района, обеспеченного условно доброкачественной питьевой водой

Наименование населенного пункта	Жесткость воды общая, (моль/м ³)	Население, чел
Комсомольское	9,6	630
Ясная Поляна	10	971
Володино	10	2
Рюмшино	10	234
Серноводное	9,2	375
Мартыновка	9,8	842
Солонцово	8,8	332
Рощино	9,3	1103
Островское	9,4	156
Субботник	10	444
Всего	–	5089

Составлено авторами по [4, 5].

Таким образом, 5089 жителей Джанкойского района употребляют воду, не соответствующую государственным требованиям, нормированным по органолептическому признаку вредности (до 3 ПДК), не влияющим на здоровье населения, но ухудшающая условия водопользования — показатели общей

жесткости от 9,3 моль/м³ до 10,0 моль/м³ при норме 7,0 моль/м³ [6]. Замечена тенденция к тому, что скважины с условно доброкачественной водой расположены ближе к северо-востоку, а с недоброкачественной ближе к юго-западу (рис. 5).

Контроль качества» по ряду санитарно-гигиенических показателей, прежде всего содержанию хлоридов, сухого остатка, жесткости превышают нормативные показатели, и в настоящее время часть населения лишена воды, соответствующей требованиям гигиенических норм (табл. 3).

В Джанкойском районе 18059 человек употребляют воду, показатели общей жесткости которой от 10,7 моль/м³ до 29,8 моль/м³ при норме 7,0 моль/м³

Таблица 3.
Численность населения Джанкойского района, обеспечиваемая недоброкачественной водой

Населенный пункт	Жесткость воды общая, (моль/м ³)	Население, чел
Лобаново	25,5	1947
Жилино	26,5	535
Марьино	24,0	788
Орденосное	16,6	104
Ясное	26,5	91
Луганское	22,0	1383
Ковыльное	23,0	557
Тутовое	27,8	383
Ударное	29,8	96
Маслово	12,5	2265
Пахаревка	21,2	1171
Выпасное	29,2	383
Целинное	26,5	990
Томашовка	27,8	226
Колоски	27,8	400
Арбузовка	15,8	141
Тимирязево	10,7	242
Веселое	19,0	237
Пушкино	16,0	486
Дмитриевка	13,2	757
Новостепное	13,6	1519
Ближнегородское	12,1	738
Мичуриновка	13,8	185
Днепровка	12,0	2002
Краснодольное	13,0	433
Всего	–	18059

Составлено авторами по [4, 5].

СОВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ДЖАНКОЙСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Численность населения Джанкойского района, обеспеченного недоброкачественной питьевой водой значительна (рис. 5). Жёсткость воды — содержание в ней растворённых солей кальция и магния [7]. Суммарное содержание этих солей называют общей жёсткостью.



Рис. 5. Населенные пункты, снабжаемые условно доброкачественной и недоброкачественной водой.

Составлено авторами по [4, 5].

В России Госстандартом в качестве единицы жесткости воды установлен моль на кубический метр ($\text{моль}/\text{м}^3$). Такая вода является недоброкачественной и не рекомендуется к употреблению на регулярной основе. Тем не менее, жители многих сёл и посёлков Джанкойского района вынуждены пить воду, в которой общее содержание солей достигает 4–5 г/л при норме 1 г/л, а общая жёсткость — 15–20 мг-экв/л при норме 7 мг-экв/л [7, 8].

В настоящее время в Джанкойском районе нет водоочистных сооружений хозяйственно-питьевых вод, вследствие чего увеличивается износ водопроводных сетей. Противоречия между экономическими прерогативами и интересами охраны окружающей среды определили проявление экологических рисков ухудшения здоровья населения.

В Стратегии социально-экономического развития Джанкойского района на период до 2030 года [6] обозначены перспективы совершенствования системы хозяйственно-питьевого водопользования на территории Джанкойского района. Общая производительность планируемых ВОС составляет 25 тысяч м³, что в полной мере может покрыть потребность населения в чистой питьевой воде. И резко понизит доля проб воды источников централизованного питьевого водоснабжения с отклонениями от гигиенических нормативов по санитарно-химическим показателям.

Следующим немаловажным мероприятием является реконструкция водопроводной сети, к 2030 будет восстановлено более 83 км водопровода в Джанкойском районе (рис. 6).

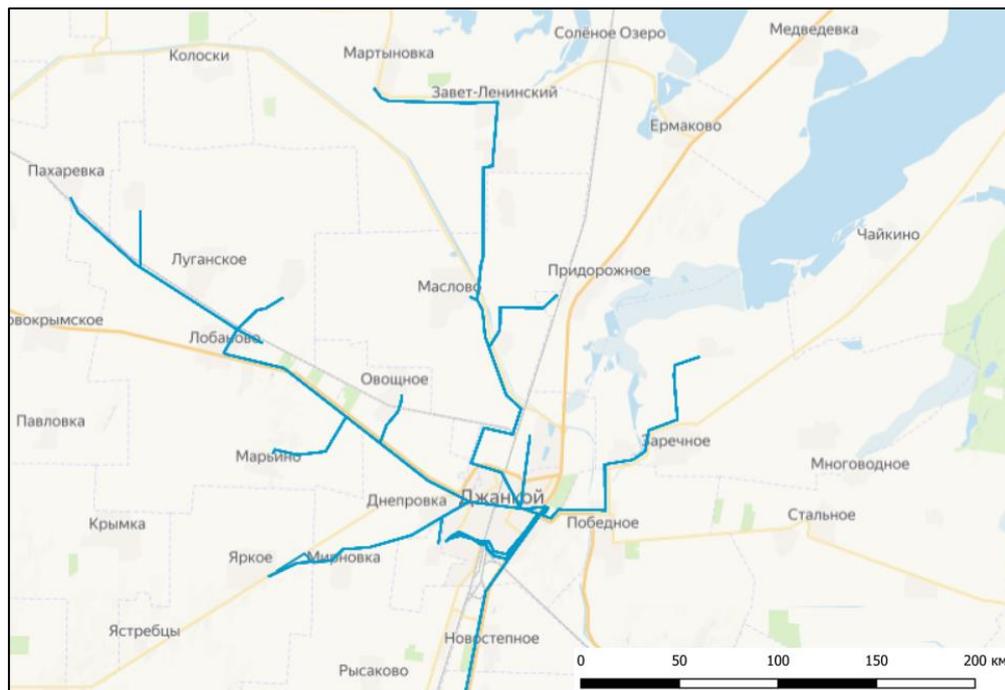


Рис. 6. Планируемая система основных водоводов на территории г. Джанкой и Джанкойского района к 2030 году.

Составлено авторами по [6].

На реализацию мероприятий, предусмотренных Стратегией уже выделено более 2,3 млрд рублей (г. Джанкой) и 4,4 млрд рублей (Джанкойский район). В результате их внедрения планируется снижение доли проб питьевой воды с несоответствием установленным законодательством нормативам с 33% до 1%, уменьшение расходов и потерь воды при её транспортировке с 42% до 15%, рост уровня охвата сельского населения с 98% до 99,5% (включая сёла Ермаковское, Ветвистое, Кондратьевское и Дорожное, где отсутствует подключение к централизованной сети водоснабжения) [5, 6].

Реализация данной программы потребует больших финансовых и трудовых

СОВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ДЖАНКОЙСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

затрат, но существенно улучшит качество хозяйственно-питьевых вод, уменьшит потери при их транспортировке, и, в конечном итоге реализации экологических прерогатив рационального использования водных ресурсов недр.

ВЫВОДЫ

Таким образом, результаты проведенного исследования позволяют констатировать следующее. Централизованное хозяйственно-питьевое водопользование населения Джанкойского района функционирует в условиях отсутствия дефицита в водных ресурсах и охватывает 98% граждан. По результатам проведенного в 2014-2015 годах лабораторного контроля качества питьевой воды установлено не соответствие качества питьевой воды требованиям ГН 2.1.5.690-98 и СанПиН 1.4.559-96. 2.1.4. 5089 сельских жителей употребляют воду, не соответствующую государственным требованиям, нормированным по органолептическому признаку вредности не влияющим на здоровье населения, но ухудшающая условия водопользования - показатели общей жёсткости от 9,3 моль/м³ до 10,0 моль/м³ при норме 7,0 моль/м³. 18059 проживающих используют воду, в которой общее содержание солей достигает 4–5 г/л при норме 1 г/л, а общая жёсткость — 15–20 мг-экв/л при норме 7мг-экв/л. Важнейшей задачей эффективной организации водопользования является внедрение программы мероприятий, предусмотренных в Стратегии социально-экономического развития Джанкойского района на период до 2030 года, включающих перестройку всего водохозяйственного комплекса, разработку новых скважин, строительство водоочистных сооружений, реконструкцию водопроводных сетей, планируемой системы основных водоводов на территории г. Джанкой и Джанкойского района к 2030 году. способствующих обеспечению населения доброкачественной питьевой водой согласно законодательно-нормативным требованиям.

Список литературы

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 08.08.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024).
2. Закон Республики Крым от 21.08.2014 № 53-ЗРК «О регулировании водных отношений в Республике Крым» от 21 августа 2014 года N 53-ЗРК (с изменениями на 22 апреля 2024 года).
3. Приложение 1 к Постановлению Совета министров Республики Крым от 28.11.2017 «Основные положения единой схемы водоснабжения и водоотведения Республики Крым по разделу «Водоснабжение» (в редакции постановления Совета министров Республики Крым от 15.11.2021 № 682).
4. Государственный доклад «О состоянии санитарно — эпидемиологического благополучия населения в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе в 2021 году». Симферополь, 2022. 317 с.
5. Государственный доклад «О состоянии санитарно — эпидемиологического благополучия населения в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе в 2024 году».. Симферополь 2025. - 411 с.
6. Стратегия социально-экономического развития Джанкойского района на период до 2030 года. 2016. 123 с.
7. ГН 2.1.5.690-98 «Ориентировочно допустимые уровни химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого культурно-бытового водопользования».

8. СанПиН 2.1.4.559-96. 2.1.4. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
9. Иванютин, Н. М. Подземные воды Крыма. Проблемы и перспективы использования Таврический вестник аграрной науки. 2015. № 2(4). с. 95–101.
10. Горобцов Д.Н., Никулина М.Е., Пендин В.В, Фоменко И.К., Козловский С.В., Черепанский М.М., Чесалов Л.Е. Оценка современного состояния месторождений подземных вод нераспределенного фонда недр Республики Крым // Геоэкология. 2018. № 1. с. 13–20.
11. Лущик А.В., Горбатюк Н.В., Иваненко Т.А. Обзор формирования подземных вод основных эксплуатируемых водоносных горизонтов в Крыму. Сборник научных трудов академии строительства и архитектуры ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского». Симферополь. 2017, №6(58).
12. Баранов И.П., Степанова В.И. Выявление локальных резервуаров подземных вод Равнинного Крыма на основе карт литодинамических потоков. // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского География. Геология. 2020. С. 266–279.
13. Иванютин Н. М. Подземные воды Крыма. Проблемы и перспективы использования // Таврический вестник аграрной науки. 2015. № 2 (4). С. 95– 101.
14. Маслов А.А., Самарцев В.Н., Гриневский С.О., Преображенская А.Е., Лехов В.А., Филимонова Е.А., Барановская Е.И., Глухова С.А., Харитоновна Н.А., Поздняков С.П. Оценка ресурсного потенциала подземных вод Крыма на основе региональной геофильтрационной модели полуострова // Разведка и охрана недр. 2025. № 2. С. 27–35.

**MODERN ORGANIZATION AND PROSPECTS OF DOMESTIC AND
DRINKING WATER USE IN THE DZHANKOY DISTRICT
OF THE REPUBLIC OF CRIMEA**

Sozkova L. M.¹, Burya D. A.²

*^{1,2}V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation
E-mail: ¹slms2986@mail.ru, ²burya@mail.ru*

The level of development of municipal water supply is determined by two indicators: the availability of centralized water supply for the population and the amount of specific water consumption. The latter is calculated as the daily volume of water in liters per capita. In the context of the current development of the Republic of Crimea, a special role is assigned to the organization of household and drinking water use in the north-eastern regions. The issue of providing the population with high-quality drinking water is a crucial key factor in shaping the social and environmental situation in the region. The territory of the Dzhankoy District is arid and extremely poor in surface water, which determines its water-scarce nature. Water problems affect all segments of society and the most important agricultural sectors of the economy. Water supplied to the public must meet the requirements of sanitary standards and the state standard for both quantitative and qualitative indicators, in accordance with the Water Code of the Russian Federation. The main source of domestic and drinking water use in the Dzhankoy district is the underground sources of the Dzhankoy-1 section of the Severo-Sivash deposit, and local water supply is provided by wells located in the villages. The level of water consumption is 39,669 m³ per quarter. The centralized household and drinking water supply for the population of the Dzhankoy District operates in the absence of a shortage of water resources and covers 98% of the population. The drinking water in the region often has a naturally high level of hardness. Unstandard samples of total hardness are detected by sanitary doctors as part of

СОВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-
ПИТЬЕВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ
ДЖАНКОЙСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

socio-hygienic monitoring and during control and supervision activities. When groundwater is actually extracted, energy is used to lift groundwater from wells. Water lift is a quantitative measure of the volume of water extracted or supplied from a water source (such as a well, water intake, or pumping station) over a specific period. Capacity reserve is the potential ability of water intake structures, pumping stations, and water supply systems to provide additional water supply beyond the current level of operation. In 2023, the total amount of energy consumed was 3.3 MW**h*, which is equal to the total energy consumption of the city of Dzhankoy for the year. The artesian waters of the Dzhankoy district have different physical and chemical compositions. According to the results of laboratory testing of drinking water quality in the Dzhankoy district conducted in 2014–2015, the quality of drinking water did not meet the requirements of SanPiN 2.1.4.1074-01 "Drinking Water. Hygienic requirements for the quality of water in centralized water supply systems. 5,089 residents of the Dzhankoy district consume water that does not meet the state requirements for organoleptic harmfulness (up to 3 MPC), which does not affect public health but worsens water use conditions. The total hardness ranges from 9.3 mol/m³ to 10.0 mol/m³, while the standard is 7.0 mol/m³. 18,059 people drink water with a total hardness from 10.7 mol/m³ to 29.8 mol/m³, compared to the standard of 7.0 mol/m³. The population of the Dzhankoy district, which receives poor-quality drinking water, is significant. Water hardness refers to the presence of dissolved calcium and magnesium salts in water. Currently, there are no drinking water treatment facilities in the Dzhankoy district, which is causing the water supply networks to deteriorate. The conflict between economic priorities and environmental protection has led to environmental risks and health hazards.

The Strategy for the Socio-Economic Development of the Dzhankoy District for the period up to 2030 outlines the prospects for improving the system of domestic and drinking water use in the Dzhankoy District. The total capacity of the planned wastewater treatment plants is 25,000 m³, which can fully meet the population's demand for clean drinking water. This will significantly reduce the proportion of water samples from centralized drinking water sources that do not meet the hygienic standards for sanitary and chemical parameters. The next important step is the reconstruction of the water supply network. By 2030, more than 83 km of water supply will be restored in the Dzhankoy district.

The most important task of effective water management is to implement the program of measures provided for in the Strategy for the Socioeconomic Development of the Dzhankoy District for the period up to 2030, which includes the restructuring of the entire water management system and the development of new wells.

Keywords: water legislation, drinking water management, water extraction, artesian waters, groundwater well, water consumption standards, Sanitary and epidemiological requirements.

References

1. Vodnyj kodeks Rossijskoj Federacii ot 03.06.2006 N 74-FZ (red. ot 08.08.2024) (s izm. i dop., vstup. v silu s 01.09.2024).
2. Zakon Respubliki Krym ot 21.08.2014 № 53-ZRK «O regulirovanii vodnyh otnoshenij v Respublike Krym» ot 21 avgusta 2014 goda N 53-ZRK (s izmeneniyami na 22 aprelya 2024 goda).
3. Prilozhenie 1 k Postanovleniyu Soveta ministrov Respubliki Krym ot 28.11.2017 «Osnovnye polozheniya edinoj skhemy vodosnabzheniya i vodootvedeniya Respubliki Krym po razdelu «Vodosnabzhenie» (v redakcii postanovleniya Soveta ministrov Respubliki Krym ot 15.11.2021 № 682).

4. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii sanitarno □ epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Respublike Krym i gorode federal'nogo znacheniya Sevastopole v 2021 godu». Simferopol', 2022. 317 s.
5. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii sanitarno □ epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Respublike Krym i gorode federal'nogo znacheniya Sevastopole v 2024 godu». Simferopol' 2025. - 411 s.
6. Strategiya social'no-ekonomicheskogo razvitiya Dzhankojskogo rajona na period do 2030 goda. 2016. 123 s.
7. GN 2.1.5.690-98 «Orientirovochno dopustimye urovni himicheskikh veshchestv v vode vodnyh ob"ektov hozyajstvenno-pit'evogo kul'turno-bytovogo vodopol'zovaniya».
8. SanPiN 2.1.4.559-96. 2.1.4. Pit'evaya voda i vodosnabzhenie naselennyh mest. Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody centralizovannyh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva.
9. Ivanyutin, N. M. Podzemnye vody Kryma. Problemy i perspektivy ispol'zovaniya Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2015. № 2(4). s. 95–101. (in Russian)
10. Gorobcov D.N., Nikulina M.E., Pendin V.V., Fomenko I.K., Kozlovskij S.V., CHerepanskiy M.M., CHesalov L.E. Ocenka sovremennogo sostoyaniya mestorozhdenij podzemnyh vod neraspredelennogo fonda neдр Respubliki Krym // Geoekologiya. 2018. № 1. s. 13–20. (in Russian)
11. Lushchik A.V., Gorbatyuk N.V., Ivanenko T.A. Obzor formirovaniya podzemnyh vod osnovnyh ekspluatiruemyh vodonosnyh gorizontov v Krymu. Sbornik nauchnyh trudov akademii stroitel'stva i arhitektury FGAOU VO «Krymskij federal'nyj universitet im. V.I. Vernadskogo». Simferopol'. 2017, №6(58). (in Russian)
12. Baranov I.P., Stepanova V.I. Vyyavlenie lokal'nyh rezervuarov podzemnyh vod Ravninnogo Kryma na osnove kart litodinamicheskikh potokov. // Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo Geografiya. Geologiya. 2020. S. 266–279. (in Russian)
13. Ivanyutin N. M. Podzemnye vody Kryma. Problemy i perspektivy ispol'zovaniya // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2015. № 2 (4). S. 95– 101. (in Russian)
14. Maslov A.A., Samarcev V.N., Grinevskij S.O., Preobrazhenskaya A.E., Lekhov V.A., Filimonova E.A., Baranovskaya E.I., Gluhova S.A., Haritonova N.A., Pozdnyakov S.P. Ocenka resursnogo potentsiala podzemnyh vod Kryma na osnove regional'noj geofil'tracionnoj modeli poluostrova // Razvedka i ohrana neдр. 2025. № 2. S. 27–35. (in Russian)

Поступила в редакцию 02.12.2025 г.

РАЗДЕЛ 4.

ГЕОЛОГИЯ, ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 549 (447.9)

**КРАТКИЙ ОБЗОР ЗА 2025 Г. НОВЫХ ПОСТУПЛЕНИЙ В
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ ИМ. Н.И. АНДРУСОВА
(КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. В.И. ВЕРНАДСКОГО)**

Тищенко А. И.

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь,
Российская Федерация
E-mail: TischenkoAlex@rambler.ru*

В предлагаемой статье приведен обзор поступлений новых экспонатов в Геологический музей им. Н.И. Андрусова. Для некоторых из них, наиболее интересных на наш взгляд, приведено краткое описание. Это — доломит (южный карьер Курцовского месторождения диабазов), натроярозит и гипс карьеров у с. Пролом (Белогорский район), минералы Керченского полуострова из различных местонахождений, конкреции сидерита из Восточного Крыма и Керченского полуострова и другие.

Ключевые слова: Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, геологический музей им. Н.И. Андрусова, новые поступления, минералы Крыма, всемирная минералогия, горные породы, ископаемая фауна и флора.

ВВЕДЕНИЕ

Геологический музей им. Н.И. Андрусова (далее — ГМ) был создан 22 октября 2019 г. согласно приказу № 873 «О создании подразделения»: «Создать с 01.11.2019 г. в структуре факультета географии, геоэкологии и туризма Таврической академии (структурное подразделение) Университета учебно-образовательный центр «Геологический музей им. Н.И. Андрусова».

На конец 2025 г. в коллекцию ГМ записано 6397 экспонатов, объединенных в несколько коллекций: «Минералы Крыма» — 1275 образцов; «Всемирная минералогия» — 1711 образцов; «Ископаемая фауна и флора» — 1809 образцов; «Горные породы» — 947 образцов; «Полезные ископаемые» — 268 образцов; «Цветные камни» — 333 образца; «Техногенные образования» — 50 образцов; «Метеориты и другие образования» — 4 образца. Нумерация экспонатов сквозная.

Экспонаты «Камни вершин мира» — 17 образцов, «Камни памятников истории и культуры» — 7 образцов и «Камни пещер мира» — 1 образец, выделены в отдельные коллекции со своей нумерацией образцов.

Основным направлением деятельности ГМ является создание эталонной коллекции минералов Крыма и на её базе — экспозиции. Из 424 минералов, достоверно обнаруженных в Крыму, в коллекции ГМ представлено 110 минеральных видов — около 26 % от общего числа крымских минералов.

МАТЕРИАЛЫ

Записанные в 2025 г. в коллекцию ГМ экземпляры распределились следующим образом: «Минералы Крыма» — 99 образцов, «Всемирная минералогия» — 583 образца, «Горные породы» — 48 образцов, «Ископаемая фауна и флора» — 6 образцов, «Цветной камень» — 46 образцов и «Техногенные образования» — 2 образца.

Ежегодное пополнение музейного фонда – один из основных факторов развития музея, что позволяет расширять и обновлять его экспозиции. Главный источник пополнения – дары организаций, преподавателей и студентов КФУ, любителей камня и ученых-минералогов.

Так, от Амдерминского местного отделения Регионального отделения РГО в Ненецком автономном округе мы получили в дар несколько образцов из коллекции Кононюк Е.Ю. (председатель Амдерминского отделения) из различных местонахождений Ненецкого автономного округа. Это цинковая руда (остров Вайгач, Цинковый нос), свинцовая и свинцово-цинковая руда (остров Вайгач, п-ов Раздельный), медная руда (остров Вайгач, Медная гора), параллельно-слоистая яшма (река Кара в районе Карской астроблемы) и флюорит (Амдерма).

В дар от семьи и благодаря усилиям преподавателей факультета географии, геоэкологии и туризма Н.Н. Благи и Д.А. Вольхина мы получили 36 образцов минералов и горных пород из коллекции А.Г. Кузнецова (к. г-м.н., доцент, в 1987–2005 гг. заведующий кафедрой общего земледения). Из наиболее интересных образцов минералов отметим горный хрусталь в виде искаженного и сильно уплощенного кристалла размером 7.8x5.0x2.5 см (Приветное, Крым), сферолитовую корку размером 7.2x4.0x2.5 см яблочно-зеленого пренита (Россия, Эвенкия), крупную ромбоэдрическую выколку по спайности кальцита размером 17x11x9 см (Россия, Северная Осетия, Садон), эффектный образец размером 18x6x6.0x8.0 см антимонита (Кадамджай, Кыргызстан). Большинство образцов упомянутой коллекции выставлены в отдельной витрине.

Собственные сборы ГМ — также важный источник пополнения коллекции. Нами отбирались минералы, горные породы и ископаемая фауна в терригенных толщах битакской свиты Симферопольского водохранилища, в нижнемеловых отложениях действующего Петропавловского карьера, в магматических породах Северного Курцовского карьера и старого Петропавловского карьера, в аптских глинах Марьинского месторождения, в нижнемеловых и эоценовых отложениях долины р. Салгир в южной части Симферополя. Собранные образцы барита, гётита, гипса, кальцита, ломонтита, селадонита и других минералов дополняют уже имеющийся в ГМ материал.

Обращает на себя внимание неравномерное поступление экспонатов по различным коллекциям. Так, заметное преобладание новых образцов в коллекции «Всемирная минералогия» связано с тем, что автором статьи было передано в ГМ 515 образцов 245 минеральных видов преимущественно их разных местонахождений России и зарубежных стран, благодаря чему в настоящее время в коллекции «Всемирная минералогия» представлено 539 минеральных видов.

КРАТКИЙ ОБЗОР ЗА 2025 Г. НОВЫХ ПОСТУПЛЕНИЙ В
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ ИМ. Н.И. АНДРУСОВА
(КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.И. ВЕРНАДСКОГО)

В коллекции «Цветной камень» отметим подборку крымских агатов из пляжных галечников Западного побережья и вулканогенных пород Леменского блока (Юго-Западный Крым), также переданных автором статьи из личной коллекции.

В коллекцию ГМ любезно передавали образцы преподаватели КФУ Н.Н. Блага, Б.А. Вахрушев, Д.А. Вольхин, И.М. Коваленко, Г.В. Самохин, С.В. Токарев, Д.Б. Старцев.

Другие дарители — Амдерминское местное отделения Регионального отделения РГО в Ненецком АО, А. Анафиев (студент-географ, КФУ), М. Батюта (ученик 10 кл., Симферополь), Б.А. Зайцев (палеонтолог, к.г.-м.н., Спелео-палеонтологический комплекс «Пещера Таврида»), М.А. Власко (Горностаевка), М. Гончаров (Керчь), Г.С. Ильин (Кировск, Мурманская обл.), В.М. Кныш (студент-географ, КФУ), П.А. Костин (студент-географ, КФУ), В.В. Родионов (научный сотрудник, Центральный музей Тавриды), И.Н. Ханин (Керчь), Шибаетов Е.А. (Севастополь).

Мы хотим сердечно поблагодарить всех, кто тем или иным способом содействовал пополнению коллекции ГМ.

Отметим, на наш взгляд, наиболее интересные экспонаты, поступившие в ГМ.

МИНЕРАЛЫ КРЫМА

Доломит — распространённый в Крыму карбонат, находки которого известны в различных генетических обстановках [1].

Несколько необычным по морфологии агрегатов и генезису для Крыма выглядит находка доломита в виде молочно-белых и голубоватых сферолитовых корок в полостях окатанных костей крупных млекопитающих, найденных на побережье бухты Космонавтов местным жителем М. Гончаровым (Керченский полуостров).

Лучшим на сегодня экспонатом доломита для крымской коллекции является, на наш взгляд, друза светло-серых тупоромбоэдрических кристаллов размером до 2 см на обломке породы размером 20х20х5.5 см. Образец найден в магматических породах южного карьера Курцовского месторождения диабазов (окрестности с. Украинка, Симферопольский район) Д.А. Вольхиным и П.А. Костиным в 2025 г.

Подборку минералов из разных мест Керченского полуострова передал нам И.Н. Ханин (Керчь). Это кальцит и натроярозит из окрестностей с. Осовины; кальцит из миоценовых известняков Керченского пролива; кальцит и фэльдшпатель из окрестностей с. Юркино; самородная сера из давно забытого её местонахождения на Асфальтовом (Голубином) мысу; кальцит и улесит Булганакского грязевулканического поля; барит, гипс, дельвоксит, кальцит, псиломелан, рансьеит Катерлезского Fe-железорудного месторождения. Также благодаря его энтузиазму в ГМ появились минералы из искусственных горных выработок Керченского полуострова – тенардит (каменоломни Грамофоновская-2 и Палапанская-1), барита (! – сферолиты до 2 см), кальцита из Аджимушкайской каменоломни. Дельвоксит и рансьеит являются первыми образцами данных минеральных видов в коллекции минералов Крыма ГМ.

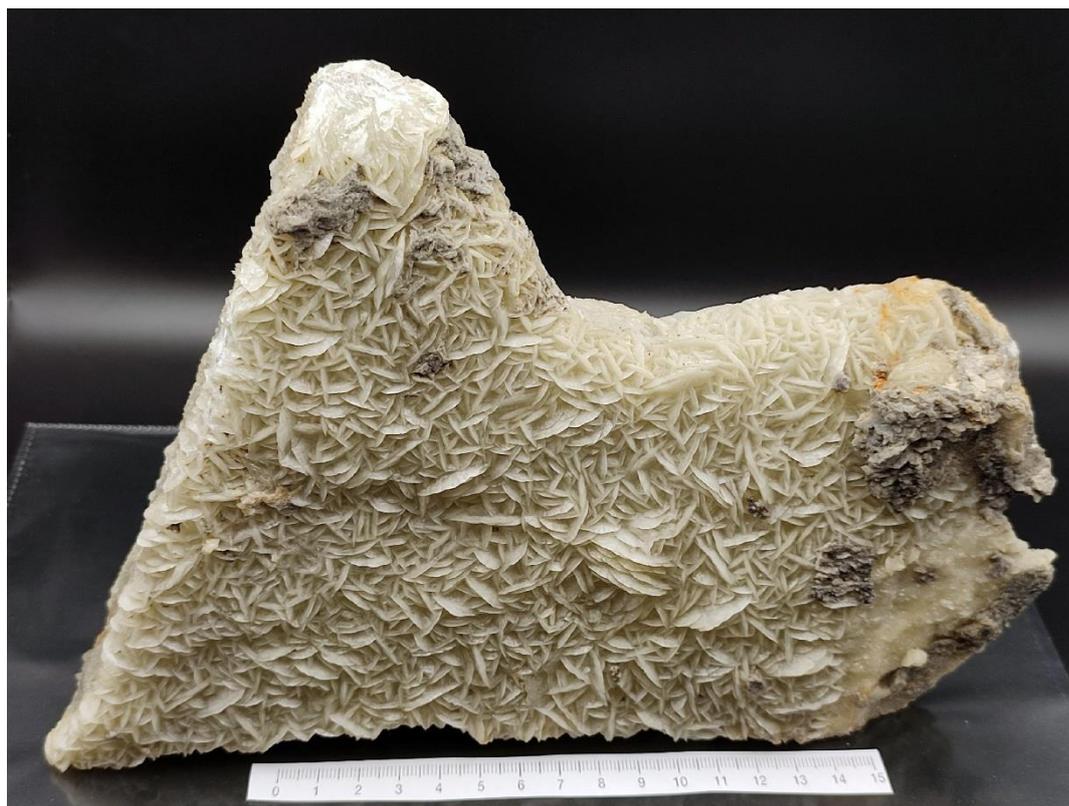


Рис. 1. Доломит. Крым, Симферопольский район, Курцовское месторождение диабаз. Обр. № ГМ-6399. Сбор: 2025 г., Д.А. Вольхин, П.А. Костин. (Фото Д.А. Вольхина).

Карьеры у с. Пролом (Некрасовский и другие, Белогорский район) широко известны находками ископаемой фауны в известняках эоцена и разными по размерам, морфологии кристаллами и агрегатами гипса в глинах майкопской свиты (поздний эоцен — ранний олигоцен). В этом году коллекция ГМ пополнилась (дар: Д.А. Вольхин) натроярозитом из этого местонахождения — порошковатые агрегаты светло-желтого цвета в трещинах глин. Из Некрасовского карьера студент-географ КФУ П. Костин передал в дар подборку прозрачных и бесцветных кристаллов гипса размером до 11 см, в том числе и двойников типа «ласточкин хвост» (рис. 2).

Два замечательных образца крымского сидерита появилось в коллекции ГМ: фрагмент 12x12x3 см конкреционного прослоя концентрически-зональных сидеритовых конкреций размером до 4 см из песчаников байоса – бата (Восточный Крым, Лисья бухта; дар: Д.Б. Старцев) и несколько уплощенная крупная конкреция размером 27x22x9 см с концентрически-зональными округлыми субконкрециями на поверхности. (Багеровский ставок, Керченский полуостров, дар: М.А. Власко).



Рис. 2. Гипс. Крым, Белогорский район, Некрасовский карьер. Кристалл гипса длиной 10.5 см типа «ласточкин хвост» с включением черного глинистого вещества по зонам роста. Обр. № ГМ-6216. Сбор: 2025 г., П.А. Костин.



Рис. 3. Сидерит. Восточный Крым, Лисья бухта. Обр. 12x12x3 см, прослой концентрически-зональных конкреций размером до 4 см из терригенных толщ средней юры. Обр. № ГМ-6363. Сбор: 2025 г., Д.Б. Старцев.

ВСЕМИРНАЯ МИНЕРАЛОГИЯ

Во время рабочей поездки по Донецкой Народной Республике Г.В. Самохин (заместитель директора по науке НСПК «Пещера «Таврида») в карьерах на побережье р. Мокрая Волноваха у с. Стыла привез в ГМ образцы горных пород — гранитоиды разного минералогического состава, доломиты, кремнезёмистые

мергели, битуминозные известняки с остатками крупных губок. Из минералов из этого же района им были переданы в ГМ друзы кристаллов кварца размером до 2 см, псевдоморфозы гётита по сульфидным конкрециям, флюорит и развивающийся по нему тонкозернистый минерал белого цвета, предположительно алюмофторид (в стадии диагностики).

Из дальней практики студентов факультета географии, геоэкологии и туризма на Кавказе доцент кафедры землеведения и геоморфологии С.В. Токарев привез два образца: мелкозернистый, молочно-белый агрегат гипса (Гунькина балка у пгт Псебай, Краснодарский край) и крупнокристаллические агрегаты барита молочно-белого цвета (баритовое месторождение Архыз, Карачаево-Черкессия).

Доцент кафедры экономической и социальной географии и территориального управления Д.А. Вольхин совершил интересный геолого-минералогический тур по Кольскому полуострову и привез в коллекцию ГМ титанит (массив щелочно-ультраосновных пород Африканда), диопсид и мусковит (карьер «Слюда», Ковдорский массив), апатит (Хибины, Куэльпор гора) и лоренценит (Ловозеро, Аллуайв гора).

Минералог и исследователь Хибино-Ловозерского щелочного массив Г.С. Ильин (Кировск, Мурманская обл.) подарил ГМ два замечательных образца: лампрофиллит и эвдиалит. Эвдиалит (Хибины, Кукисвумчорр гора, пик Марченко) образует малиновые кристаллы размером до 2 см в сером ортоклазе. Лампрофиллит (Хибины, Юкспор гора, отвалы Кировского рудника АО «Апатит») в породе образует темно-бурый пластинчатый кристалл 6х3 см.



Рис. 4. Эвдиалит. Россия, Кольский полуостров, Хибинский щелочной массив, Кукисвумчорр гора, Марченко пик. Обр. 9х5х4 см. кристаллы эвдиалита размером до 2 см в сером ортоклазе. Обр. № ГМ-6393. Сбор: 2025 г., Г.С. Ильин.

КРАТКИЙ ОБЗОР ЗА 2025 Г. НОВЫХ ПОСТУПЛЕНИЙ В
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ ИМ. Н.И. АНДРУСОВА
(КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.И. ВЕРНАДСКОГО)

Большинство отмеченных образцов расширяют и дополняют географическое разнообразие их находок в минералогической коллекции ГМ.

ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Среди образцов горных пород отметим крупный образец песчаника мазанской свиты (нижний мел) Зуйского карьера (Белогорский район, дар: Б.А. Зайцев), дающий хорошее представление о литологических особенностях упомянутой свиты.

Интересный и крупный 18x12x11 см. образец алевро-аргиллитового ритмолита с тонкими прослойками минерала группы ярозита подарил ГМ заведующий кафедрой общего землеведения и геоморфологии, д. геогр. н. Б.А. Вахрушев, нашедший его в сарматских (поздний миоцен) отложениях бухты Широкая (азовское побережье Керченского полуострова).

Со склонов горы Мачупучаре (горный массив Аннапурна, Гималаи, Непал) мы получили в дар от И.М. Коваленко (старший преподаватель кафедры туризма) два небольших образца биотитового и мусковитового гнейса. Они были собраны на высоте примерно 4500 метров и дополняют коллекцию «Горные породы высочайших вершин мира».

ИСКОПАЕМАЯ ФАУНА И ФЛОРА

Из единичных палеонтологических образцов, записанных в ГМ, интерес представляет плитка размером 20x20x4 см среднеюрского песчаника (побережье Партизанского водохранилища) с обильными ихнофоссилиями (извилистыми следами ползания донных организмов) на её поверхности (дар: Д.Б. Старцев).



Рис. 5. Ихнофоссилии (следы ползания донных организмов). Крым, Бахчисарайский район, Партизанское водохранилище. Поле зрения 10-7 см. Обр. № ГМ-6372. Сбор: 2025 г., Д.Б. Старцев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С большинством отмеченных экспонатов можно познакомиться в экспозиционных витринах Геологического музея им. Н.И. Андрусова Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского.

Список литературы

1. Тищенко А.И., Касаткин А.В. Минералы и минеральные комплексы Крыма. Монография. Симферополь: Бизнес-Информ, 2020. 468 с.

A BRIEF OVERVIEW OF NEW ACQUISITIONS FOR 2025 AT THE N.I. ANDRUSOV GEOLOGICAL MUSEUM (CRIMEAN FEDERAL UNIVERSITY)

Tishchenko A. I.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation
E-mail: TishchenkoAlex@rambler.ru*

The proposed article provides an overview of newly acquired exhibits at the N. I. Andrusov Geological Museum. A brief description is given for some of them— those we consider the most interesting. These include dolomite (from the southern quarry of the Kurtsovskoye diabase deposit), natrojarosite and gypsum from the quarries near the village of Prolom (Belogorsk district), minerals of the Kerch Peninsula from various localities, siderite concretions from Eastern Crimea and the Kerch Peninsula, and others.

Keywords: V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Andrusov N.I. geological museum, new acquisitions, Crimean minerals, world mineralogy, rocks, fossils.

References

1. Tishchenko A.I. Kasatkin A.V. Mineraly i mineral'nye komplekсы Kryma. Simferopol': Biznes- Inform, 2002. 468 p.

Поступила в редакцию 02.11.2025 г.

УДК 55.551.556(477.75)

ТЕКТОНИКА РАЙОНА СКЕЛЬСКОЙ ПЕЩЕРЫ И ИСТОЧНИКОВ В ЮГО-ЗАПАДНОМ КРЫМУ

Юдин В. В.

МОО «Крымская Академия наук», Симферополь, Российская Федерация
E-mail: yudin_v_v@mail.ru

Верхнеюрские известняки в рассматриваемом районе слагают олистолиты Горнокрымской олистостромы, осложненные надвигами. Приведены 7 доказательств гравигенного типа контактов в основании массивов и факты залегания под ними нижнемеловых глин. Пещера Узунджа, Тар-Чокрак-Коба и их источники связаны с вертикальными трещинами торошения над субгоризонтальной зоной брекчирования в основании олистолита. Скельский воклюз, пещера Черная и источники у села Родниковое связаны с аналогичными трещинами в субгоризонтальной зоне гравигенных брекчий основания г. Курт-Кая. Скельская пещера также заложена не по «разлому», а по гравигенным трещинам. Её крупноглыбовые навалы образованы в результате подмывания брекчированного основания олистолита. Все воды источников образованы за счет потоков сверху с востока и контролируются тектоникой. Глубинных ювенильных вод из «разломов» снизу в Байдарском районе нет, там развит межгорный артезиокарст.

Ключевые слова: Крым, гидрогеология, тектоника, карст, суффозия, источники.

ВВЕДЕНИЕ

Под источниками и пещерами-источниками понимаются локальные естественные выходы подземных вод на дневную поверхность. Обычно их положение определяет тектоника, проявленная в разрывах, трещинах, складках, формах рельефа подошвы карстового массива и др. В статье [1] была впервые описана тектоника вблизи большинства крымских источников. Вследствие ограниченного объема публикации [1], строение района вокруг Скельского воклюза и одноименной пещеры, расположенных в Байдарской долине, было приведено очень кратко. Настоящая статья посвящена тектонике этого важного гидрогеологического и геологического объекта Крыма.

Актуальность рассмотренной темы заключается в том, что район определяет снабжение питьевой водой крупного города Севастополь. По данным Ю. И. Шутова, Скельский источник — второй по мощности в Крыму. Его среднегодовой дебит (условно 1380 л/с) уступает лишь воклюзу Кара-Су-Баши под Белогорском. Цель настоящей статьи — выявление конкретной тектонической приуроченности источников подземных вод и пещер района к участкам эндогенного и гравигенного брекчирования в зонах надвигов, гравигенных смещений массивов и послонных срывов, что очень важно для оптимизации водопользования в Крыму.

Оборудованная для посещения Скельская пещера и близлежащие источники описаны более чем в 100 публикациях. В них достаточно полно отражена география, история, морфология карстовых полостей, гидрогеология и мониторинг, биология, палеонтология и другие вопросы [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 и др.]. Тектоника района в этих работах или не описывалась совсем или противоречиво декларировалась без геологического обоснования конкретных структур с позиций устаревшей разломно-блоковой концепции фиксизма и несбалансированных моделей мобилизма.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Строение Байдарской долины (межгорной котловины) и окружающих ее массивов из верхнеюрских известняков достаточно сложное и интерпретируется противоречиво. Десятки лет не всегда обоснованно здесь декларируется приуроченность пещер, крупных вклюдозов и родников к по-разному рисуемым «разломам и их пересечениям». Сами разломы обычно проводятся вдоль долин рек и оврагов. Напомним, что по определению «разломом» называется разрыв с невыясненной морфологией и кинематикой. Он должен иметь реально обоснованную форму сместителя в разрезе и в плане, амплитуду смещения крыльев, а также приразрывные дислокации, чем отличается от трещин (диаклазов). Геометрически нереальные субвертикальные «разломы» ранее выделялись из-за незнания структурной сбалансированности и принятия на веру устаревшей гипотезы фиксизма с обосновательными представлениями, что реки текут по разломам и пещеры тоже им следуют. Ошибочность таких представлений обоснована во многих публикациях [1, 11 и др.]. Приведем примеры тому в рассматриваемом районе.

На первых геологических картах с 1910 года и в опубликованной среднемасштабной государственной геологической карте 1967 года под редакцией М.В. Муратова, разрывы в Байдарском районе отсутствовали совсем. Позже многими авторами были выделены многочисленные разнонаправленные, прямолинейные формы рельефа (линеаменты). Безосновательное отождествление их с вертикальными разрывами привели к тому, что практически в каждом месте Горного Крыма и Байдарской долины в частности можно было увидеть «разлом» и легко связать с ним источник или пещеру [11 см. рис. 1.1, 1.2, 1.3].

На детальной государственной геологической карте Украины соавторы (М.В. Ванина и др., 1993 года) севернее Скельской пещеры были показаны два сходящихся в точку разлома северо-восточного и север-северо-восточного простираний. Однако они не соответствуют северо-западному направлению Скельской пещеры и северо-западному простиранию серии Скельских источников вдоль русла р. Узунджи. Кроме того, эти «разломы» не имели реальной амплитуды, не смещали границы стратонов и не соответствовали направлениям движений окрашенной воды, выявленным при индикаторных опытах [7 и др.].

На государственной геологической карте Украины среднего масштаба 2006 года в районе села Родниковое разрывы отсутствуют [6]. В 1 километре севернее пещеры показано окончание взброса северо-восточного простирания и в 1 километре южнее — безамплитудный сброс юго-западного наклона. Оба они никак не могли влиять на положение Скельских источников и пещеры, поскольку плоскости их сместителей наклонены от участка этих объектов. Впоследствии, согласно Российским государственным геологическим картам Крыма, масштаба 1:100000, в рассматриваемом районе села Родниковое разрывы отсутствуют [5].

Таким образом, на государственных геологических картах Украины и России, разломов у Скельской пещеры и у источников нет, и они лишь декларируются в авторских публикациях. Например, в статье [2] были описаны две модели строения района. Первая — фиксистская, разломно-блоковая, названная соавторами

ТЕКТОНИКА РАЙОНА СКЕЛЬСКОЙ ПЕЩЕРЫ И ИСТОЧНИКОВ В ЮГО-ЗАПАДНОМ КРЫМУ

«структурно-геологической», основана на представлениях фиксизма М.В. Муратова. Выделенный им «Юго-западный синклиорий» в природе не существует. По определению такой термин означает синклиналь, осложненную мелкими складками, которой нет. Ложное впечатление синклинали создает рассмотрение карты без учета горного рельефа, что хорошо видно на разрезах [1, 11, 12]. Осложнение синклиория «Байдарским грабеном» [2] также не имеет оснований, поскольку не существуют окружающие грабен сбросы. Их нет на всех геологических картах, в том числе на рисунке 1 статьи [2]. Принятая соавторами модель строения по геологической карте М. В. Ваниной с простой нормальной стратиграфической последовательностью юрско-меловых свит, не везде соответствует данным бурения и детальным исследованиям. В первую очередь это касается того, что в ряде участков нижнемеловые глины и песчаники через гравигенно-тектонические контакты очень пологих сбросов и новообразованных надвигов перекрыты более древними известняками верхней юры [11, 12 и др.].

Вторую (геодинамическую) модель строения района соавторы статьи [2] назвали «аккреционной и покровно-надвиговой», хотя аккрецией называют наращивание континентальной коры за счет островных дуг и террейнов, отсутствующих в Байдарском районе. Далее соавторы спутали по возрасту и генезису оползание с юга Ай-Петринского и других известняковых массивов в раннем мелу с их неоген-четвертичным шарьированием при формировании Горного Крыма. Поэтому, отдавая должное их детальным 20-летним карстологическим исследованиям, вопросы тектоники в статье [2] остались необоснованными. Сомнительными представляются и определение соавторами крутых (до 60°) углов падения известняков. По данным всех исследователей, падение их в районе пологое, 10–20° [5, 6, 11, 12, 13].

Соотношение верхнеюрских известняков и глинистых толщ нижнего мела — одна из главных проблем тектоники района. Первоначально и поныне, большинство геологов вслед за М.В. Муратовым считают, что известняки находятся на месте своего образования и через стратиграфический контакт перекрыты более молодыми меловыми глинами [4, 5, 6, 10 и мн. др.]. Однако реальных непрерывных стратотипических разрезов здесь нет. На геологических картах стратиграфические границы украшались произвольно рисуемыми противоречивыми и бездоказательными субвертикальными секущими «разломами».

Во второй (структурно-мобилистской) трактовке, впервые выдвинутой еще А.С. Моисеевым в 1935 году, считалось, что известняковые массивы значительно смещены эндогенными надвигами и представляют собой останцы шарьяжа с корневой зоной на юге. Контакт между юрскими и меловыми толщами Байдарской долины в основном им считался тектоническим. Через 50 лет эта модель была возрождена Ю.В. Казанцевым [13 и др.]. В его концепции «Шарьяжа яйлы» все известняковые массивы интерпретировались как тектонические останцы (клиппы), надвинутые с юга на нижнемеловые отложения и подстилаемые эндогенными надвигами. Это объясняло реальные зоны брекчирования в основании прокарстованных массивов, которые игнорировали сторонники фиксизма. Однако такой модели противоречили местами объективно существующие участки с нормальными стратиграфическими контактами между толщами верхней юры и

нижнего мела. В это же время Ю.С. Бискэ выделил в Байдарском районе иные несбалансированные эндогенные сбросы, сдвиги и надвиги с северными и южными наклонами сместителей [15]. Каждая из выше перечисленных моделей объясняла не все, а лишь часть геологических фактов, и поэтому вызывала критику оппонентов.

30 лет назад нами была обоснована принципиально новая, геодинамическая модель строения и эволюции Крыма. В ней было доказано, что разновеликие верхнеюрские известняковые массивы имеют гравитационную природу и представляют собой олистолиты и крупные олистоплаки Горнокрымской олистостромы, сползшие с юга в конце раннего мела [11 и мн. др.]. В кайнозое они были осложнены эндогенными надвигами в основном северного наклона. Это позволило понять разные типы контактов во всех участках Байдарского района.

Олистостромовая модель объясняет, казалось бы, взаимоисключающие факты. К ним относятся: стратиграфическое налегание глин при «впахивании» во фронтальных краях известняковых массивов; ингрессионные и сдвиговые контакты с локальным брекчированием в боковых краях олистолитов, а также гравигенные брекчии и зеркала скольжения в основании массивов. В более чем 30-и участках Горного Крыма доказано, что под олистолитами из верхнеюрских известняков залегают не только более древние породы, но и более молодые нижнемеловые глины [11, 12 и др.]. Кроме того, часть нижнемеловых отложений смещалась совместно на оползающих массивах и локально имеет нормальные стратиграфические контакты.

О гравигенно-тектоническом генезисе большинства контактов в основании верхнеюрских известняков Байдарского района свидетельствует следующее:

1. В базальных известняковых брекчиях отсутствуют гидротермальные минералы и развит только низкотемпературный кальцит и лимонит.

2. На зеркалах скольжения в основании олистолитов штрихи и борозды разнонаправленные, «ерзающие» и даже «закрученные», что характерно для гравигенных дислокаций с хаотическим перемещением и поворотами олистолитов.

3. Локальность и структурная разобщенность карбонатных массивов в плане без зон выклинивания известняков между ними.

4. В 5 км северо-восточнее Байдарской долины под нижнемеловыми отложениями верхнеюрские известняки отсутствуют, и сразу залегают среднеюрские песчаники и тектонический меланж (рис. 1 А). Ещё далее к северо-востоку, в 8-и км, верхнеюрских известняков нет, и породы нижнего мела несогласно перекрывают триас-раннеюрский таврический флиш. [11, 12].

5. «Ингрессионной» гипотезе приращения нижнемеловых толщ противоречит отсутствие вокруг массивов следов волноприбойной деятельности, базальных конгломератов, глинистый состав нижнемеловой толщи и другое [11].

6. Южнее и восточнее Скульской пещеры в обнажениях под верхнеюрскими известняками местами выявлены фрагменты более молодых нижнемеловых глин. Они доказаны под горами Ай-Петри и Бойка, под скалой Ласпи, в русле ущелья р. Сары-Узень и в других участках. Частично это показано на рис. 1 А и подробнее - в фотоатласе [12, стр. 16–28 и 113–119]. Описания с доказательной фауной раннего мела приведены в монографии [11].

ТЕКТОНИКА РАЙОНА СКЕЛЬСКОЙ ПЕЩЕРЫ И ИСТОЧНИКОВ В ЮГО-ЗАПАДНОМ КРЫМУ

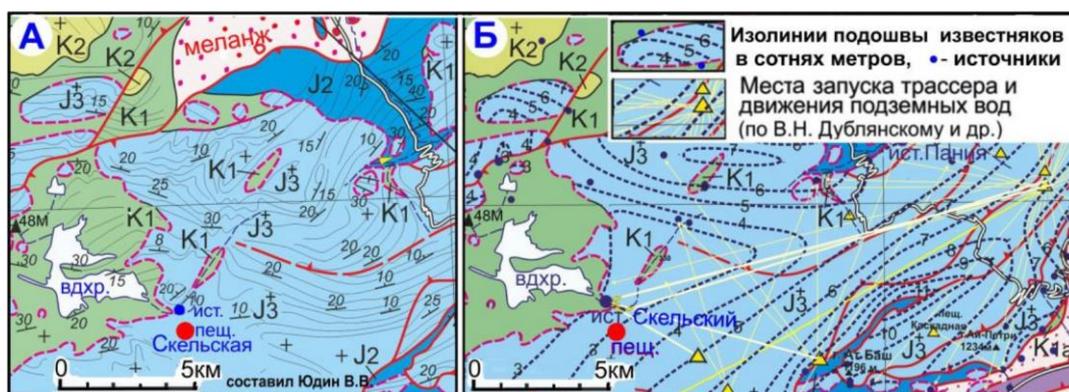


Рис. 1. Геологическая карта района Скельской пещеры (А) и структурная карта подошвы закарстованных верхнеюрских известняков (Б).

Составлено автором.

Таким образом, в Байдарском районе разновеликие массивы из верхнеюрских известняков залегают через гравигенно-тектонические контакты на и внутри толщ нижнего мела. Разные типы контактов вокруг даже одного массива в олистоэрической концепции хорошо объяснимы. Более детальное описание всех олистоэрических и олистоэрических приведено в разделе 5.1 монографии [11]. Аналогичное строение доказано в широкой Салгирской долине, где карбонатно-глинистые отложения нижнего мела по многочисленным данным бурения залегают сразу на нижне-среднеюрском флише без присутствия верхнеюрских известняков, которые развиты только по периферии широкой Салгирской долины [1, 11].

Тектоника в долине реки Узунжи соответствует выводу об общем строении района. Наиболее дискуссионным здесь является небольшой, 800x1500 м, выход нижнемеловых (альбских) глинистых отложений в необычно широкой котловине у села Колхозное. Он окружен высокими холмами из полого залегающих верхнеюрских известняков (рис. 2 А, Б). Южнее и севернее река течет в глубоком ущелье из тех же известняков (рис. 1). Все геологи упрощенно считали и считают, что глины перекрывают известняки. Однако этому противоречит ряд фактов.

Во-первых, это очень глубокий (200–400 м) и крутой врез долины над высокими окружающими горами (точнее холмами). Маленькое локальное замкнутое поле, стратиграфически заполненное морскими, глинистыми толщами, среди возвышающихся над ним холмов из известняков, в палеогеографическом аспекте представляется нереальным.

Во-вторых, вдоль субгоризонтальной границы известняков и глин развиты не базальные конгломераты, а многометровая лимонитизированная зона брекчий. Такие гравигенные брекчии в Горном Крыму развиты почти повсеместно [11].

В-третьих, карстовые источники, приурочены к известнякам у северной периферии выходов глин, а не наоборот, как было бы при стратиграфической модели. Поэтому мы полагаем, что у села Колхозное река локально промыла основание Ай-Петринского олистоэрического из подстилающих глинистых толщ нижнего мела (рис. 1 А, 2 А, Б). Как отмечено выше, аналогичные локальные выходы глин во врезках рельефа

выявлены севернее, северо-восточнее и в других местах (рис. 1), [11]. Окончательное решение рассмотренной проблемы возможно после перебуривания в долине глинистых толщ нижнего мела до их основания.

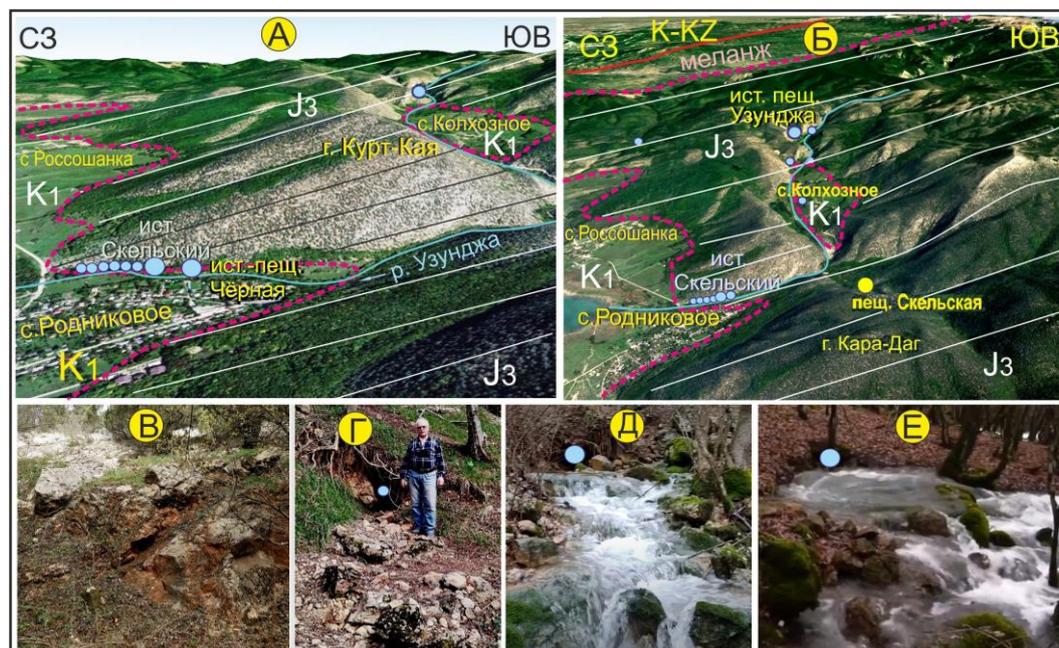


Рис. 2. Вверху (А, Б) - соотношение верхнеюрских известняков J3 с нижнемеловыми глинами K1; внизу (В-Е) - источники из брекчированных в основании известняков.

Составлено автором

Пещера Узунджа и источник Суук-Су расположены в двух километрах к северо-востоку от села Колхозное (рис. 2 Б). Наглядное видео внутри пещеры доступно на сайте <https://rutube.ru/video/b4a04aba16fda66b77aab0740d836929/>. Узкий вход в неё расположен на левом борту каньона над каптированным источником Суук-Су, который считается истоком реки Узунджа (рис. 3). Длина субгоризонтальной по брекчированному напластованию пещеры более 1,5 км, амплитуда всего 20–30 м и удлинение 1:50–70. Полость также связана с серией узких протяженных крутых трещин северо-восточного простирания, заваленных глыбами известняка. В сильные паводки пещера заливается водой, и её дно местами сплошь покрыто почти неокатанными мелкими обломками известняка.

Индикаторные опыты [7] позволили установить, что вода в пещеру поступает с юго-востока (из ур. Беш-Текне близ горы Ат-Баш на Ай-Петринском плато), а также с юго-юго-востока, из ур. Тез-Баир (рис. 1 Б). Это противоречит северо-восточному простиранию пещеры, но хорошо соответствует наклону подошвы известнякового массива на южном склоне Узунджинской депрессии (рис. 1 Б).

ТЕКТОНИКА РАЙОНА СКЕЛЬСКОЙ ПЕЩЕРЫ И ИСТОЧНИКОВ В ЮГО-ЗАПАДНОМ КРЫМУ

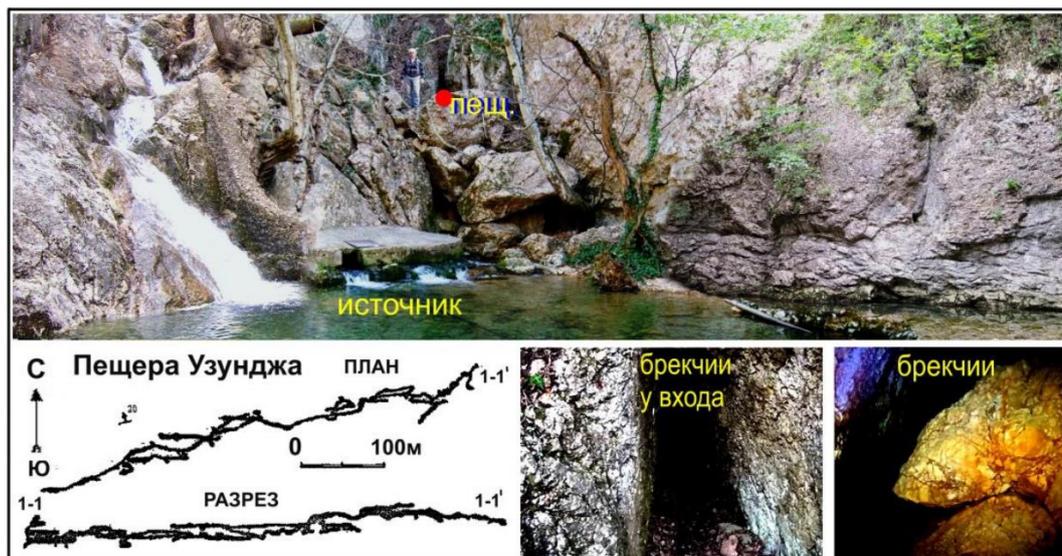


Рис. 3 Брекчированные верхнеюрские известняки у источника Суук-Су и пещеры Узунджа рядом с водопадом.

Составлено по материалам из сети Интернет.

Ниже источника Суук-Су полого залегающие известняки также послойно брекчированы, с субгоризонтальными надвиговыми зонами (рис. 3). Это контрастирует с субвертикальными трещинами выше и в самой пещере. На её стенках видно, что известняки брекчированы и окрашены в красно-бурый цвет. При осмотре стен пещеры не сразу понятно, как расположены брекчии. Или вертикально только вдоль стен галереи, или вся пещера проходит через субгоризонтальную зону брекчий с крутыми трещинами торошения. Учитывая общее пологое залегание известняков и ходов пещеры, мы считаем, что она вся расположена в мощной зоне субгоризонтальных брекчий. В отдельных участках это подтверждается узкими горизонтальными зонами брекчирования в очень плотном верхнеюрском известняке (рис. 3 верхнее фото). Аналогичные раздробленные породы развиты в основании многих олистолитов Горного Крыма. Они свидетельствуют о близком залегании подстилающих нижнемеловых глин с окисляющимися сидеритами. Из выше описанного можно сделать вывод, что пещера Узунджа образована по серии небольших вертикальных трещин торошения над субгоризонтальной зоной брекчирования в основании олистолита из верхнеюрских известняков.

В 300 метрах к юго-востоку в аналогичной тектонической обстановке в русле оврага Топшанар расположена похожая субгоризонтальная пещера Тар-Чокрак-Коба и связанный с ней источник (рис. 2 А). Длина её узкого хода 52 метра и амплитуда всего 3 метра. Полость тоже расположена в зоне субпослойного брекчирования на контакте титонских известняков и подстилающих глинисто-терригенно-мергелистых отложений кимериджа или нижнего мела.

Тектоническая приуроченность Скельского вклюдза и расположенных вблизи источников у села Родниковое понимается по-разному. Все они расположены на

правом берегу р. Узунджи, выше автодорожного моста. У дороги и на склонах горы Курт-Кая обнажены средне-толстослоистые известняки, наклоненные на северо-запад под углами 10–20° (рис. 1, 2 А, Б). В основании ненарушенной моноклинали у дороги обнажена пологая зона дробления толщиной 2–5 м. Она состоит из развалов изометричных, не окатанных глыб известняков, размерами до 1–2 метров. Матрикс брекчии сложен известняковой дресвой и пропитан лимонитом, придающим ей красно-бурый цвет (рис. 2 В, Г). Выше на склонах до вершины г. Курт-Кая в серых известняках брекчирование и лимонитизация отсутствуют. Как и во многих других участках Горного Крыма, красно-бурая окраска матрикса брекчий и самих глыб известняков в основании олистолитов нами объясняется аномальной пропиткой вторичным лимонитом. Он образовался при промыве водой и окислении сидеритовых конкреций, содержащихся в подстилающих нижнемеловых глинах [1, 11].

Выше течения от моста на правом берегу реки Узунджи на расстоянии 400 метров расположены 10 небольших источников и два крупных вклюдза — Скульский и источник-пещера Чёрная. проблематично называемая «исток реки Чёрной» (рис. 2 А, Е). Поясним проблему. Истоки реки Чёрной традиционно и поныне неправильно считаются от одноименного вклюдза. Однако он находится вблизи русла, в долине Узунджи. По правилам географии одна и та же река не может ниже вклюдза всего на несколько сотен метров до впадения в водохранилище называться рекой Чёрной. Также как, например, река Нева начинается из Ладожского озера, так и реку Черную следует начинать от плотины Чернореченского водохранилища, а не от сотен метров русла реки Узунджи, впадающей в это озеро и потом снова появляющейся.

Мелкие источники близ рассматриваемых вклюдзов пересыхают в межень, а в паводки имеют несколько грифонов, расположенных от русла реки до основания коренного склона. Вода в них выходит напорными точечными струями из трещин в субгоризонтальной ожелезненной зоне брекчий (рис. 2 Г), а также из обнаженных узких карстовых полостей, промытых по субвертикальным и круто наклонным трещинам. В обнажениях видно, что эти диаклазы не прослеживаются в залегающих выше не трещиноватых пластах известняка. Такую модель можно рассматривать как уменьшенную копию более крупных карстовых источников (вклюдзов), в том числе и в Скульской и Чёрной пещерах. Утверждения, что вклюдзы связаны с «вертикальным разломом» и здесь геологических оснований не имеют.

Строение пещеры-источника Чёрная соответствует описанной выше модели. Согласно https://speleoatlas.ru/export/cave_pdf.php?cave_id=5200, Скульский и Чёрный источники полностью пересыхают раз в 10–20 лет. Спелеологами Крыма в полости вклюдза и поблизости раскопами выявлена и закартирована обычно затопленная водой пещера северо-восточного простираения. Длина её на апрель 2025 года составляет 1260 м. Вертикальный перепад — 35 м. Соотношение длины горизонтальных ходов к высоте составляет 1:36. Полость можно считать субгоризонтальной, несмотря на общий наклон вмещающих известняков в 20°. Небольшие вертикальные перепады и сифоны в пещере связаны с неровностью подошвы олистолита. Все рассмотренные источники расположены в юго-западной части Узунджинской депрессии рельефа подошвы массива (рис. 1 Б).

ТЕКТОНИКА РАЙОНА СКЕЛЬСКОЙ ПЕЩЕРЫ И ИСТОЧНИКОВ В ЮГО-ЗАПАДНОМ КРЫМУ

Важно отметить, что в пещере Чёрной отмечено большое количество водно-механических отложений в виде глины и песка, характерных для подстилающих нижнемеловых отложений. Выявлены многочисленные трудно разбираемые завалы из разновеликих глыб известняков. Аналогичные глыбы развиты на поверхности в обнажениях этой региональной субгоризонтальной зоны брекчирования (рис. 2 В, Г). «Разломы северо-восточного простирания», декларируемые при описаниях пещеры, отсутствуют на всех геологических картах. Отсутствие разрывов видно в моноклиальной толще на склонах горы (правильнее холма) Кутур-Кая (рис. 2 А).

Анализ плана и разрезов пещеры Чёрной, приведенных в Спелеоатласе 2017 года (<https://speleoatlas.ru/caves/skelskaya-4928/>), позволяет считать, что она расположена в горизонтальной зоне брекчий, промытой по хаотическим трещинам торшения, в подошве известнякового массива, которые не прослеживаются выше в пластах толстослоистых известняков. Ниже залегает водоупор из более молодых глинистых-песчаных отложений нижнего мела. В общепринятой модели стратиграфического перекрытия известняков глинами, ниже пещеры предполагается ненарушенный комплекс закарстованных известняков. Это противоречит огромному дебиту двух воклюзов и мелких источников, расположенных горизонтально вдоль границы, перекрывающих водоупорных пород.

Подчеркнем, что известняки под холмом Кутур-Кая залегают не горизонтально, а с наклоном в 10–20° на северо-запад (рис. 2 А). Северо-восточное простирание пещеры, выявленное спелеологами при картировании, соответствует выявленному нами наклону рельефа подошвы известняков от горы Ай-Петри, а также индикаторным опытам (рис. 1 Б). В традиционной стратиграфической модели вода по карстовым полостям должна была бы уходить ниже и разгружаться далеко на юго-западе в субаквальных источниках мыса Айя, что не соответствует действительности.

В заключении рассмотрения строения у Скельского, Черного и других источников близ села Родниковое, отметим, что их тектоническим аналогом является Аянский воклюз на севере Чатырдагского олистоплака. Он лучше обнажен и бурением там доказано наличие под верхнеюрскими известняками водоупора из более молодых нижнемеловых глин [1, 11]. Аналогичное строение выявлено нами и для крупнейшего в Крыму воклюза Кара-Су-Баши [1].

Скельская пещера и элементы её тектоники в публикациях описаны противоречиво. Форма полости достаточно детально изучена и приведена в работах [2, 3, 7, 8, 10 и др.], а также опубликована на сайте Спелеоатлас..., 2017. Детальный план карстовой полости показан сверху на (рис. 4).

В многочисленных научных, популярных и справочных публикациях утверждается, что Скельская пещера заложена «по разломам». Приведем несколько примеров таких деклараций: «Скельская пещера образовалась... вследствие тектонического разлома», «Пещера появилась в результате тектонического разлома, который произошел в верхнеюрский период», «Установлено, что происхождение пустот – следствие тектонических разломов, протяженностью 670 м», «Общая длина тектонического разлома, в котором образовалась Скельская пещера, около 40 километров», «Полость, образована при раскрытии тектонического нарушения...», «Пройти вверх 300 м и увидеть разлом», «Пещера образована в результате

пересечения тектонических разломов», и т. д.. (<https://travelask.ru/russia/krym/vsyo-pro-skelskuyu-pescheru-v-krymu>, <https://speleoatlas.ru/caves/skelskaya-4928/>, <https://dzen.ru/a/X8IMcznqldNebJd>, https://ru.wikipedia.org/wiki/Скельская_пещера, https://dzen.ru/a/ZzOT_x5EFw9FS0Kn <https://dzen.ru/video/watch/638a37ab20118b692e01c632?f=d2d> и др.).

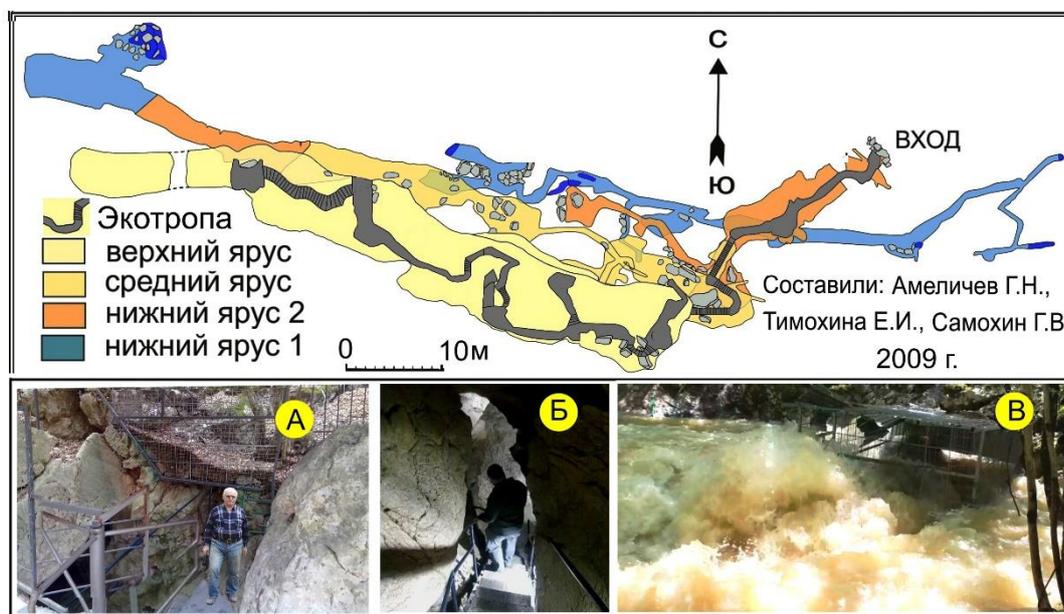


Рис. 4. Вверху план Скельской пещеры в авторской компоновке (с сайта Спелеоатлас..., 2017 г.); внизу – вход в пещеру в межень и в паводок июня 2011 г. Составлено автором.

В англоязычной статье 2021 года 9 соавторов выделили в Байдарской долине 4 группы вод, связанных с ничем не обоснованными «региональными зонами разломов», которые отсутствуют на геологических картах и на их же рисунке 1 [9]. По нашему мнению, статью на английском языке о гидрогеологии и питьевых водах, для города Севастополя, недопустимо публиковать на языке недружественных стран, которые 11 лет отрицают статус Крыма и его воссоединение с Россией.

В Атласе пещер России [8, стр. 230], Г.В. Самохин и И.С. Турбанов написали, что Скельская карстовая полость расположена «в блоке горных пород» (хотя блок по определению должен ограничиваться разрывами, которых нет) и что она «...сложена массивными известняками верхнетитонско-валанжинского возраста, круто падающими на северо-запад». Однако залегание пород в пещере не крутое, а субгоризонтальное, что видно на потолке её верхнего яруса и в близлежащих обнажениях, а раннемеловой возраст известняков не доказан. Также ошибочно считается, что привходовая часть пещеры образована «...при раскрытии тектонического нарушения». Такой «разлом» без определения морфологии и кинематики, с протяженностью всего 40 метров не подтвержден фактическим

ТЕКТОНИКА РАЙОНА СКЕЛЬСКОЙ ПЕЩЕРЫ И ИСТОЧНИКОВ В ЮГО-ЗАПАДНОМ КРЫМУ

материалом соавторов, а также других исследователей на геологических картах. Декларируемое нарушение не соответствует приведенному в Атласе [8] плану, имея простирание под углом в 40° к общему простиранию Скельской пещеры (рис. 4).

В последней статье 2024 года, также принято моноклиально-блоковое строение и написано, что в Скельской пещере «*верхний пещерный зал длиной 80 м, шириной 10–18 м, высотой 10–25 м, образован при раскрытии тектонического нарушения... озёра, находящиеся под верхним залом, объединяются в одну обводненную зону тектонического разрыва..., контролирующего заложение основного объема пещеры.*» [10, стр. 777]. По нашему мнению, раскрытию такого разрыва в верхнем зале противоречит большой и плоский потолок из ненарушенной поверхности напластования субгоризонтально залегающих известняков с мелкими закарстованными трещинами. Согласно плану пещеры [8, 10 и др.], полости верхний яруса расположены со смещением к нижнему (рис. 4).

Ссылаясь на монографию [7] соавторы статьи [10] показали на рисунке 1 «*Карадагский (Скельско-Спирадский) сброс*», по которому якобы заложена Скельская пещера. Однако диагональный 8-километровый сброс геологически не обоснован и на всех государственных геологических картах отсутствует. На рис. 1 [10] он нарисован в 1200 м от горы Карадаг и поэтому не соответствует названию. У сброса нет реального сместителя, амплитуды смещения пластов и разных по возрасту и литологии пород в крыльях. Северо-западное простирание такого разрыва не соответствует субширотному простиранию пещеры в плане (рис. 4).

В юго-восточной части «Карадагского сброса» под горой Спирады, в полого залегающих известняках разрыв ничем не проявлен. Слои там прослеживаются вдоль обрыва Главной гряды гор без смещений. Вдоль Гарпанбаирского хребта (правильнее склона) разрыв по геологическим данным и дешифрированию космоматериалов не выделяется [5, 6, 11, 16 и др.]. Северо-восточнее горы Спирады известны реальные надвиги, но они совсем иного, «горнокрымского» простирания. В ур. Беш-Текне у горы Ат-Баш они выводят на поверхность Ай-Петринской яйлы основание верхнеюрских известняков в виде линейного выхода терригенных среднеюрских пород северо-восточного простирания (рис. 1 Б), [11, 12, 16 и др.]. Поэтому «...ключевая гидрогеологическая роль Карадагского сброса» и его «*милонитового экрана*» для Скельской пещеры геологически не обоснована. Предполагаемые вдоль сброса направления подземного карстового стока [10, рис. 7] противоречат индикаторным опытам [7] и форме подошвы закарстованного комплекса пород (рис. 1Б).

Бездоказательно выделен в статье [10] и «Узунджинский разлом», нарисованный вдоль русла одноименной реки. При пересечении его с «Карадагским сбросом» декларируется «Скельский гидрогеологический узел», со Скельской пещерой. Правильнее называть такие формы не разломами, а линеаментами (линейными формами рельефа), которые как разрывы тектонически не обоснованы.

Утверждение, что «*В... депрессии у входа в Скельскую пещеру титон-валанжинские карбонаты перекрываются валанжин-готеривскими глинами*» [10, стр. 777], представляется сомнительным. Это не подтверждено описанием контактов, а также палеонтологическими доказательствами. Ни на одной из геологических карт

коренных карбонатно-глинистых отложений нижнего мела на небольшой полянке, окруженной горами ниже входа в пещеру нет.

По нашему мнению, глины здесь локально отложились в результате суффозионного выноса глинисто-карбонатных частиц при паводковых излияниях из пещеры. Обычные в таких случаях туфовые площадки здесь отсутствуют из-за вымывания глинистых частиц из подстилающих слабо литифицированных нижнемеловых толщ. В пользу этого свидетельствует не чистая карстовая, а мутная от глины, желто-бурая вода, изливающаяся при сильных паводках из давно промытых известняковых карстовых полостей (рис. 4 В).

При традиционной простой стратиграфической модели строения, вода в Скельской пещере должна была бы уходить ниже по карстовым полостям до берега моря в вклюдзы мыса Айя. В действительности в 45 метрах ниже входа расположены глубокое, до 30 м озеро и русло подземной реки, которая заполняет его, а в паводки вода изливается на поверхность [2]. Такое возможно из-за того, что известняки слагают оползневые массивы, а более молодые раннемеловые глины их подстилают через гравитационно-тектонические контакты [11 и др.].

Геологами общепризнанно, что Скельская пещера заложена в субгоризонтально залегающих толстослоистых верхнеюрских известняках. Разрывы и сопровождающие складки в ней и в прилегающем районе отсутствуют. По гравигенным трещинам в пещере сформировались обрушения с крупноглыбовыми навалами высотой до 60 м. Формы карстовых полостей в разрезе и в плане не плоско-вертикально-линейные, как было бы в случае «разлома», а достаточно сложные (рис. 4).

Уникальность Скельской пещеры заключается в максимальном для Крыма подъеме воды до 47 метров [7]. В сильные паводки залы, затопляются и из сухого в межень входа пещеры (рис. 4 А, Б) происходит бурное излияние воды, образуя крупный вклюдз (рис. 4 В). Наиболее мощные выходы воды с фонтанами высотой до двух метров после сильных ливней отмечались много раз, например, 18.06.2021 г., в июле 2023 г., в марте 2024 г. и др. [2, 10 и др.]. В динамике их можно увидеть в видеоклипах <https://yandex.ru/video/preview/11521746309700780944> и др.

Аналогичное сезонное и паводковое увеличение дебита отмечается в 1 км к северо-западу от пещеры, в Скельском и Чёрном вклюдзах, а также в источниках у русла реки Узунжа, расположенных гипсометрически на 70 метров ниже (рис. 2 Б).

Индикаторные опыты с окрашиванием воды в понорах ур. Беш-Текне и горы Ай-Петри. были проведены не раз [7 и др.]. В результате экспериментов вода окрасилась в Скельском источнике (рис. 1 Б), но не проявилась в одноименной пещере. По нашему мнению, это связано не с её гидроизолированностью, а с низким уровнем подземных вод при эксперименте и с превышением на 70 метров пещеры над источниками в русле реки Узунжи.

Рельеф подошвы известнякового комплекса пород является одним из основных факторов направления движения карстовых вод в Ай-Петринском и других массивах. Нами впервые была составлена структурная карта подошвы всего Ай-Петринского олистоплака и прилегающих олистолитов [17]. Подавляющая часть атмосферных осадков, попадая на поверхность Ай-Петринской яйлы, уходит вниз до

ТЕКТОНИКА РАЙОНА СКЕЛЬСКОЙ ПЕЩЕРЫ И ИСТОЧНИКОВ В ЮГО-ЗАПАДНОМ КРЫМУ

водоупорных терригенно-глинистых пород средней юры, нижнего мела и меланжа по ним [11, 16]. Далее карстовые воды стекают по уклону кровли водоупора, частично следуя хаотической трещиноватости в зоне гравигенного брекчирования в основании олистолитов, после чего разгружаются в основном у границ карстового массива [1]. Как видно на рис. 1 Б, индикаторные опыты подтверждают это положение.

Поскольку зона питания на поверхности Ай-Петринской яйлы находится на высоте до 1000 м, а Скельские источники и пещера расположены на 500–700 м ниже, в карстовых полостях развился элемент напорного артезианского генезиса, что создает специфику карстовых форм и гидрогеологического режима. Согласно нашей интерпретации, это связано с межгорным артезиокарстом [18], а не с глубинным по определению гипокарстом [2].

Формирование Скельской пещеры и ее аналогов частично происходило в противоположном направлении, чем при обычном эпикарсте. Над пещерой известняки не нарушены и залегают субгоризонтально. Разломов, карстовых воронок и подводящих сверху карстовых полостей нет. Артезианские карстовые воды снизу растворяли карбонаты и вымывали глинистые породы из основания массива. Наиболее активно это происходило по трещинам и зоне брекчирования в основании олистоплака. Это привело к постепенной гравитационной просадке фрагментов известняков с их вторичным крупноглыбовым брекчированием и обрушением. Такие медленные, а не резкие сейсмогенные, движения привели к формированию в пещере феноменального сталактита Феникс с постепенным изменением уклона карстовых натеков до необычно наклонных в его основании.

О происхождении пресных вод Байдарского района. Почти общепризнано, что подземные воды в Крыму пополняются исключительно за счет атмосферных осадков в виде дождя и снега, с незначительной долей конденсационных вод [4 и мн. др.]. Достоверных данных о поступлении глубинных ювенильных вод и гипокарста по разломам нами не обнаружено [14].

Однако соавторы из Севастополя (Н. И. Ковалев и др.) в ряде публикаций утверждают, что в районе поселка Орлиное (который они почему-то считают Украиной) ими выявлен магматический очаг потухшего вулкана, в котором происходит непрерывное кипение поступающих туда морских солёных вод, с образованием конденсата в Ай-Петринской Яйле, с последующим движением по «георазломам» подземных пресных геотермальных вод [19].

В действительности у поверхности магматические породы не «потухшего», а древнего среднеюрского вулканизма здесь отсутствуют [11, 12, 16. и др.]. Нет ни тепловых, ни магнитных аномалий, которые свидетельствовали бы о наличии на глубине магматического тела и тем более «очага». На рисунке 3 статьи [19] соавторы «*подземный маршрут термальных вод*» стрелкой безосновательно показали от берега моря у поселка Форос, где нет термальных источников. Пять «*подземных потоков пресных вод*» на этом же рисунке произвольно показаны без учета реальных геологических разрывов. Согласно индикаторным опытам [7 и др.], пути миграции окрашенной воды следуют не по их гипотетическим «георазломам», а по выявленному нами уклону рельефа подошвы карстового массива (рис. 1 Б).

Кроме того, температура в двух верхних этажах Скельской пещеры постоянно +12°C, а в нижнем этаже вода и воздух еще холоднее +8°C. Это также показывает отсутствие аномалий теплового потока и тем более гидротермальных вод по разломам, декларируемых соавторами [19 и др.]. О том же свидетельствует закономерность, выявленная при проходке Ялтинского гидротоннеля: «Близ крупных тектонических нарушений отмечаются температурные минимумы, а с удалением от сместителей температура повышается» [7, стр. 99]. Поэтому декларируемый эндогенный «крупный поток геотермальных пресных вод» с его удивительно точными характеристиками по размерам, температуре и составу – лишь плод ненаучной фантазии, что обосновано в статье [14].

Таким образом, воды всех источников рассмотренного района – карстовые. Они образованы атмосферными осадками в виде дождя и снега на Ай-Петринской яйле. Мнения о поступлении снизу глубинных ювенильных вод по «разломам» не обоснованы. Глубинный гипокарст здесь отсутствует и развит артезиокарст [18]. Он формируется за счет поступления воды не снизу, а сверху, с более приподнятой части Ай-Петринского массива на востоке, по брекчированным известнякам в его подошве над водоупором из глинистых среднеюрских и нижнемеловых отложений.

ВЫВОДЫ

Рассмотрение тектонической приуроченности источников и пещер Байдарского района позволило обосновать следующее.

Проведен обзор противоречивых представлений о тектонике Байдарского района. Рассмотрена проблема соотношения верхнеюрских известняков и глинисто-терригенных толщ нижнего мела. Показано, что нормальная стратиграфическая последовательность во многих участках тектонически нарушена пологими гравигенными сбросами и эндогенными надвигами.

Согласно авторской геодинамической модели строения, массивы известняков представляют собой олистолиты и олистоплаки Горнокрымской олистостромы, сползшие с юга в конце раннего мела, осложненные кайнозойскими надвигами. Приведено 7 конкретных доказательств гравигенного типа контактов в основании известняковых массивов и факты залегания нижнемеловых глин под ними.

Обосновано, что у села Колхозное река Узунджа локально промыла основание Ай-Петринского олистоплака из подстилающих глинистых толщ нижнего мела. Пещера Узунджа образована по вертикальным трещинам торошения в субгоризонтальной зоне брекчирования основания олистолита из верхнеюрских известняков. Аналогичный тектонический контроль имеет пещера Тар-Чокрак-Коба, расположенная в 300 метрах к северо-востоку.

Скельский воклюз, пещера-источник Черная и серия источников у села Родниковое тектонически связаны с хаотическими трещинами торошения в субгоризонтальной зоне лимонитизированных гравигенных брекчий в основании г. Курт-Кая. Ниже залегает водоупор из более молодых глинисто-песчаных отложений нижнего мела. Северо-восточное простираие пещеры Чёрной контролирует наклон кровли водоупора. Согласно выявленному нами рельефу подошвы Ай-Петринского

ТЕКТОНИКА РАЙОНА СКЕЛЬСКОЙ ПЕЩЕРЫ И ИСТОЧНИКОВ В ЮГО-ЗАПАДНОМ КРЫМУ

известнякового массива, все источники у села Родниковое приурочены к юго-западной части Узунджинской депрессии (рис. 1 Б).

Четырёхъярусная Скельская пещера заложена не по «разлому», а по гравигенным трещинам торошения в основании массива. Её крупноглыбовые навалы образованы в результате подмыва брекчированного основания олистолита. Карстовые воды растворяли карбонаты и вымывали глинистые породы из основания массива, что привело к постепенной просадке и обрушению глыб известняков.

Все воды источников Байдарского района – карстовые, образованы атмосферными осадками и контролируются тектоникой, что необходимо учитывать при перспективном развитии города Севастополя. Представления о поступлении глубинных ювенильных вод по «разломам» ничем не обоснованы. Глубинного гипокарста здесь нет и развит артезиокарст межгорного типа. Он формируется за счет движения вод не снизу, а сверху, с востока, в основном по брекчированным и закарстованным известнякам с более приподнятой части Ай-Петринского массива.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность Б.А. Зайцеву, Е.А. Шibaеву, С.В. Юдину и другим коллегам за полезные обсуждения и замечания, а также К.В. Юдину за содействие полевым работам. Статья написана по личной инициативе, без финансовой поддержки.

Список литературы

1. Юдин В.В. Тектоника у источников подземных вод Крыма. // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2025. Том 11 (77). № 3. С.132–148.
2. Амеличев Г.Н., Матюшкин Б.Э. Карст и пещеры северо-восточного обрамления Байдарской котловины (Горный Крым) // Спелеология і Карстологія. 2011. №6. С. 25–35.
3. Геологические памятники Украины. Справочник-путеводитель / Коротенко Н. Е., Щирица А. С., Каневский А. Я и др. Киев, Наукова думка, 1985. 156 с. (на стр. 79).
4. Гидрогеология СССР. Т. 8. Крым / М.: Недра. 1970. 365 с.
5. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:1000000. Третье поколение. Серия Скифская. Лист L–36. Симферополь. Геологическая карта дочетвертичных образований, автор Фиколина Л. А., гл. научный редактор Белецкий С. В. Изд-во ВСЕГЕИ, 2019.
6. Державна геологічна карта України / Масштаб 1:200000. Кримська серія. Аркуші L-36-XXVIII (Євпаторія), L-36-XXXIV (Севастополь). Автори Білецький С.В., Чайковський Б.П. // Пояснювальна записка. Чайковський Б. П. та ін. Київ, Державна геологічна служба, КП «Південкогеоцентр», 2006. 175 с.
7. Дублянский В.Н. Карстовые пещеры и шахты Горного Крыма. Л.: Наука, 1977. 182 с.
8. Самохин Г.В., Турбанов И.С. Пещера Скельская / Атлас пещер России / гл. ред А. Л. Шелепин. М.: Русское географическое общество, 2019. С. 230–233.
9. Novikova D.A., Kopylovac Yu.G., Chernykha A.V. at al. New Data on Hydrogeochemical and Isotopic Composition of Natural Waters of the Baidar Valley (Crimean Peninsula) / Russian Geology and Geophysics. Novosibirsk State University. 2021. Vol. 62, No. 12, pp. 1401–1421.
10. Токарев С.В., Амеличев Г.Н. Особенности режима карстовых вод в Скельской пещере (Ай-Петринский массив, Горный Крым) и их гидрогеологическая интерпретация // Водные ресурсы. 2024. том 51. № 6. С. 775–789
11. Юдин В.В. Геодинамика Крыма. Монография. Симферополь. ДИАЙПИ, 2011. 336 с.
12. Юдин В.В. Геология Крыма. Фотоатлас. Симферополь. ИТ «Ариал», 2017. 160 с.
13. Казанцев Ю.В. Тектоника Крыма. М.: Наука, 1982. 112 с.

14. Юдин В.В. О «глубинной гидросфере Крыма» и поисках пресных ювенильных вод // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология. 2022. Том 8 (74). № 1. С. 204–218.
15. Бискэ Ю.С. Надвиговая тектоника юго-западной оконечности Горного Крыма // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 7, Геология, вып. 2 (№14). 1997. С. 3–11.
16. Юдин В.В. Геологическая карта и разрезы Горного, Предгорного Крыма. Масштаб 1:200000. Издание второе, дополненное. Санкт-Петербург, Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2018.
17. Юдин В.В. Проблемы основания Ай-Петринского карстового массива в Крыму. М-лы Междунар. научно-практич. конф.: III Крымские карстологические чтения. «Теория и практика современной карстологии и спелеологии». Симферополь, 2021. С. 100–105.
18. Юдин В.В. Тектоника района крымской пещеры Таврида и её генезис // Учёные записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология. 2023. Том 9 (75). № 1. С. 179–197.
19. Ковалев Н.И., Пухлий В.А., Солдатова С.В. Исследование механизма образования подземных пресных вод вблизи магматических очагов потухших вулканов с применением аппаратуры дистанционного резонансно-тестового комплекса «Поиск» // Международный журнал «Инновационная наука» №01-3 Уфа. 2017. С. 277–285.

TECTONICS OF THE SKELSKAYA CAVE AND SPRINGS AREA IN THE SOUTH-WESTERN CRIMEA

Yudin V. V.

*Interregional Public Organization Crimean Academy of Sciences, Simferopol, Russia
E-mail: yudin_v_v@mail.ru*

The relevance of the topic is that the district determines the supply of drinking water to the city of Sevastopol. The purpose of the article is to identify the tectonic association of springs and caves with endogenous and gravigenic structures, which is important for optimizing and predicting water use in the Crimea.

An overview of previous ideas about the tectonics of the region is given. The problem of the correlation of Upper Jurassic limestones and clay-terrigenous strata of the Lower Cretaceous is considered. It is shown that the normal stratigraphic sequence in many sites is tectonically disrupted by gentle gravigenic discharges and endogenous thrusts.

According to the geodynamic model of the structure, the limestone massifs are olistolites and olistoplaks of the Gornokrim olistostroma, which slid down from the south at the end of the Early Cretaceous and were complicated by Cenozoic thrusts. There are 7 proofs of the gravigenic type of contacts at the base of limestone massifs and 3 justifications for the occurrence of Lower Cretaceous clays beneath them.

It is shown that near the of Kolkhoznoye village, the Uzundzha River locally washed the base of the Ai-Petrinsky olistoplak from the underlying clay strata of the Lower Cretaceous. Uzundzha Cave is formed by vertical fractures in the subhorizontal breccia zone at the base of the Upper Jurassic limestone olistolite. Tar-Chokrak-Koba cave and its associated spring, located 300 meters to the northeast, have similar tectonic control.

The Skelsky Vaucluse, the Chernaya spring cave, and small springs near the village of Rodnikovoe are tectonically controlled by chaotic fractures in the subhorizontal zone of gravigenic breccias at the base of the Kurt-Kai town. Below lies a water barrier of younger clay-sand deposits of the Early Cretaceous. The northeastern extension of the Chernaya

ТЕКТОНИКА РАЙОНА СКЕЛЬСКОЙ ПЕЩЕРЫ И ИСТОЧНИКОВ В ЮГО-ЗАПАДНОМ КРЫМУ

Cave controls the slope of the roof of the water barrier that we have identified. According to the revealed relief of the base of the Ai-Petrinsky massif, all the springs near the Rodnikovoe village are located in the southwestern part of the Uzundzha depression.

The four-tiered Skelskaya cave was laid not by a "fault", but by gravigenic fractures in the base of the massif. Its large-block piles are formed as a result of the erosion of the breccia base of the olistolite. Karst waters dissolved carbonates and washed out clay rocks from the base of the massif. This occurred most actively through cracks and a shallow breccia zone at the base of the olistolite, which led to gradual subsidence and collapse of limestone blocks.

All the waters of the springs of the Baydarsky district are karst, formed by atmospheric precipitation and controlled by tectonics, which must be taken into account in the long-term development of Sevastopol. The ideas about the flow of deep juvenile waters along the "faults" are not substantiated by anything. There is no deep hypokarst here and intermountain type artesiokarst is developed. It is formed due to the influx of water not from below, but from above, from the east, mainly through brecciated and karst limestone from the base of the more elevated part of the Ai-Petri massif.

Keywords: Crimea, hydrogeology, tectonics, karst, suffusion, springs.

References

1. Yudin V.V. Tektonika u istochnikov podzemnyh vod Kryma. // Uchjonye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografija. Geologija. 2025. Tom 9 (75). № 3. S. 132–148. (in Russian).
2. Amelichev G.N., Matjushkin B.Je. Karst i peshhery severo-vostochnogo obramlenija Bajdarskoj kotloviny (Gornyj Krym) // Speleologija i Karstologija, 2011. №6. S. 25–35. (in Russian).
3. Geologicheskie pamjatniki Ukrainy. Spravochnik-putevoditel' / Korotenko N. E., Shhirica A. S., Kanevskij A. Ja i dr. Kiev, Naukova dumka, 1985. 156 s. (na str. 79). (in Russian).
4. Hidrogeologija SSSR. T. 8. Krym / M.: Nedra. 1970. 365 s. (in Russian).
5. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta RF masshtaba 1:1000000. Tret'e pokolenie. Serija Skifskaja. List L–36. Simferopol'. Geologicheskaja karta dochetvertichnyh obrazovanij, avtor Fikolina L. A., gl. nauchnyj redaktor Beleckij S. V. Izd-vo VSEGEI, 2019. (in Russian).
6. Derzhavna geologichna karta Ukraini/ Masshtab 1:200000. Krims'ka serija. Arkushi L-36-XXVIII (Evpatorija), L-36-XXXIV (Sevastopol'). Avtori Bilec'kij S. V., Chajkovs'kij B. P. // Pojasnjuval'na zapiska. Chajkovs'kij B. P. ta in. Kiiv, Derzhavna geologichna sluzhba, KP «Pivdenekogeocentr», 2006. 175 s. (in Russian).
7. Dubljanskij V. N. Karstovye peshhery i shahty Gornogo Kryma. L.: Nauka, 1977. 182 s. (in Russian).
8. Samohin G.V., Turbanov I.S. Peshhera Skel'skaja / Atlas pesher Rossii / gl. red A. L. Shelepin. M.: Russkoe geograficheskoe obshestvo, 2019. S. 230–233. (in Russian).
9. Novikova D.A., Kopylovac Yu.G., Chernykha A.V. at al. New Data on Hydrogeochemical and Isotopic Composition of Natural Waters of the Baidar Valley (Crimean Peninsula) / Russian Geology and Geophysics. Novosibirsk State University. 2021. Vol. 62, No. 12, pp. 1401–1421.
10. Tokarev S.V., Amelichev G.N. Features of the Karst Water Regime in the Skelskaya Cave (Ai-Petri Massif, the Mountain Crimea) and Their Hydrogeological Interpretation // Water Resources, 2024, Vol. 51, No. 6, pp. 909–921 (in Russian).
11. Yudin V.V. Geodinamika Kryma. Monografija. Simferopol'ju: DIAJPI, 2011. 336 s. (in Russian).
12. Yudin V.V. Geologija Kryma. Fotoatlas. Simferopol': IT «Arial», 2017. 160 s. (in Russian).
13. Kazancev Ju.V. Tektonika Kryma. M.: Nauka, 1982. 112 s. (in Russian).
14. Yudin V.V. O «glubinnnoj gidrosfere Kryma» i poiskah presnyh juvenil'nyh vod // Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Geografija. Geologija. 2022. Tom 8 (74). № 1. S. 204–218. (in Russian).

15. Biskje Ju.S. Nadvigovaja tektonika jugo-zapadnoj okonechnosti Gornogo Kryma // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ser. 7. Geologija, vyp. 2 (№14). 1997. S. 3-11. (in Russian).
16. Yudin V.V. Geologicheskaja karta i razrezy Gornogo, Predgornogo Kryma. Masshtab 1:200000. Izd. vtoroe, dopolnennoe. Sankt-Peterburg, Kartograficheskaja fabrika VSEGEI, 2018. (in Russian).
17. Yudin V.V. Problemy osnovanija Aj-Petrinskogo karstovogo massiva v Krymu. M-ly Mezhdunar. nauchno-praktich. konf.: III Krymskie karstologicheskie chtenija. «Teorija i praktika sovremennoj karstologii i speleologii». Simferopol', 2021. S. 100-105. (in Russian).
18. Yudin V.V. Tektonika rajona krymskoj peshhery Tavrida i ejo genezis // Uchjonnye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Geografija. Geologija. 2023. Tom 9 (75). № 1. S. 179–197. (in Russian).
19. Kovalev N.I., Puhlij V.A., Soldatova S.V. Issledovanie mehanizma obrazovanija podzemnyh presnyh vod vblizi magmaticheskikh ochagov potuhshih vulkanov s primeneniem apparatury distancionnogo rezonansno-testovogo kompleksa «Poisk»// Mezhdunar. zhurnal «Innovacionnaja nauka» №01-3 Ufa, 2017. S. 277-285. (in Russian).

Поступила в редакцию 26.05.2025

**РАЗДЕЛ 5.
ГЕОФИЗИКА И СЕЙСМОЛОГИЯ**

УДК 550.34.06

**ВЗАИМОСВЯЗЬ КОМПОНЕНТ ПОЛЯ СЛОЖНОГО ПАССИВНОГО
СЕЙСМИЧЕСКОГО СИГНАЛА ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ ЗОН ВЛИЯНИЯ
ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В ДОНБАССЕ**

Анциферов А. В.¹, Туманов В. В.², Новгородцева Л. А.³,

Бородин Д. С.⁴, Подвалкова Е. В.⁵

*^{1,2,3,4,5}Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела, Донецк, Российская Федерация
E-mail: ¹ranimi@ranimi.org*

Рассмотрена возможность применения результатов трехкомпонентного микросейсмического мониторинга, проведенного в Донбассе в 2020 и 2021 гг. на поле шахты «Калиновская – Восточная» в условиях работающей лавы для прослеживания зон трещиноватости, сопровождающих дизъюнктивные и пликвативные структуры. Исключительная изученность геологического разреза позволила установить связь между отношениями максимальных компонент сложного сигнала и мощными зонами трещиноватости, изучить качественное отображение плоскостей сместителей надвигов в спектрах компонент, не противоречащее физико-математическим моделям, разработанным ФГБНУ «РАНИМИ». Показано, что вертикальное распределение скоростей продольных волн в разрезе зеркально отражается в амплитудах компонент спектров Фурье, что соответствует разрабатываемой в настоящее время теории метода микросейсмического зондирования. Сделаны выводы о необходимости детальнейших исследований с большим количеством регистрирующих приборов для выработки количественных критериев локации зон трещиноватости различной природы.

Ключевые слова: микросейсмические измерения, частотно-амплитудный спектр, дизъюнктивные нарушения, пликвативные нарушения, тектоническое нарушение, волна Рэлея.

ВВЕДЕНИЕ

До сравнительно недавнего времени, выделения сопутствующего разработке угольных пластов метана воспринимались исключительно как угроза возникновения внезапных выбросов газа, угля и пород. Большое количество аварий и катастроф с человеческими жертвами происходило вблизи так называемых «ловушек метана», когда при отработке угольного пласта вскрывались локальные зоны трещиноватости массива, заполненные газом [1]. В настоящее время установлено, что с увеличением глубины разработки растет и содержание метана, как в угольных пластах, так и в окружающих породах, являющихся трещиноватыми коллекторами в зонах, сопровождающих любые тектонические нарушения как регионального, так и более мелкого масштаба [2, 3], а выявление и картирование подобных зон является актуальной и первостепенной задачей не только для прогноза горно-геологических условий разработки, но и для добычи газа из возможных мелких месторождений [4, 5].

К рубежу XXI века для детального геологического картирования тектонических нарушений в Донбассе выполнен огромный объем геофизических работ как наземными, так и подземными методами, включающие многоволновые сейсмические исследования [6], шахтные сейсморазведочные исследования в модификациях методов отраженных волн и просвечивания [7, 8], а также наземные сейсмические исследования [9]. В результате были установлены многие виды связей между параметрами фиксируемых сейсмических сигналов и повышенной трещиноватостью горных пород, установлен критерий аномального изменения динамических и кинематических характеристик вблизи плоскостей сместителей дизъюнктивных нарушений в замковых частях складок у пликативных нарушений; определена роль фациальных условий образования пород для значений скорости продольных и поперечных волн, созданы математические сейсмические модели надвиговых и сбросовых структур [10], а также исследованы теоретические законы распространения компонент волнового поля на угольных пластах различных типов с разными отношениями акустических жесткостей угля вмещающих пород.

В настоящее время ученые всего мира проявляют интерес к микросейсмическим исследованиям неоднородностей, динамике напряженного состояния горных массивов [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]. Коллективными усилиями научных организаций установлено, что микросейсмический шум (МСШ), всегда присутствующий на поверхности Земли, является интерференцией полей поверхностных волн Рэлея и Лява с эндогенным откликом геологической среды; доказана возможность исследования МСШ как для разделения крупных блоков кристаллического фундамента, так и для картирования локальных геологических структур [21]. Достигнуты большие успехи в анализе спектральных характеристик микросейсмических сигналов и обработке накопленных регистрируемых данных [22, 23]. Наиболее близким к Донбассу и хорошо обследованным геофизическими методами и микросейсмическими измерениями районом является Воронежский кристаллический массив [24], где уровень максимальных значений МСШ составил сотни нанометров. По результатам многомесячных наблюдений установлены: энергетические характеристики техногенной сейсмичности, характер сезонных и годовых вариаций микросейсмических колебаний, региональные особенности спектральных характеристик нормального фона в диапазоне частот от 0,2 до 7,0 Гц.

ОПЫТ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В ДОНБАССЕ И ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РЕГИОНА

В Донбассе микросейсмические измерения на шахтных полях проводились, начиная с 2008 г. на шахте «Красноармейская-Западная» №1 для исследования геодинамических процессов над областью горных работ в 2008 и 2013 гг. [25, 28, 29], а также на поле шахте «Калиновская-Восточная» для установления природы сейсмических толчков магнитудой от 1 до 2,8 [26]. При этом во всех случаях имели место макросейсмические события в виде обрушения консоли целика или разрядки напряженного состояния массива при приближении лавы к отработываемому контуру участка, и даже был зафиксирован уровень регистрируемого сигнала в

ВЗАИМОСВЯЗЬ КОМПОНЕНТ ПОЛЯ СЛОЖНОГО ПАССИВНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО СИГНАЛА ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ ЗОН ВЛИЯНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В ДОНБАССЕ

$n=1000$ раз превышающий максимальные значения МСШ на Воронежском кристаллическом массиве.

Подобное увеличение интенсивности микросейсмических сигналов, измеряемых на поверхности, показало, что на глубине отработки происходят сейсмические события в виде микроземлетрясений, которые можно аппроксимировать отдельными заглубленными источниками упругих колебаний [18]. Таким образом, на поверхности шахты измеряется сложный сигнал, состоящий из объемных волн и их преобразований в сумме с природными поверхностными волнами и техногенными сигналами.

Теоретические разработки ученых по пассивной сейсморазведке направлены на создание математического аппарата для расчета аномальных эффектов от низкоскоростных и высокоскоростных неоднородностей в однородной изотропной среде, содержащей максимум несколько слоев при заданных параметрах поверхностной волны Рэлея. Геологические разрезы шахты «Калиновская-Восточная» представляют собой чередование преимущественно тонких слоев песчаников, аргиллитов, алевролитов, известняков и углей с включениями мощных (более 20 м) слоев песчаников. Очевидно, что развитие теории для выделения зон трещиноватости в тонкослоистых средах невозможно с помощью решения прямых задач. По-видимому, нужно находить подход, основанный на качественной интерпретации выделенных аномалий и расшифровке физической сущности явлений их вызывающих.

Целью данной статьи является сравнение значений компонент сложного сигнала и их отношений для известных, прослеженных бурением зон влияния тектонических нарушений и выбор направлений дальнейших исследований в области пассивной сейсморазведки.

ГЕОЛОГО-ФАЦИАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗА

Рассмотрим более подробно геологические особенности разреза шахты «Калиновская-Восточная» и результаты сейсмических наблюдений, проведенных в январе 2020 года и мае-июне 2021 года.

На рис. 1 показана структурно-тектоническая схема, типичные геологические разрезы по линиям IX–IX', X–X', XI–XI' и местоположение датчиков микросейсмических измерений в 2020 и 2021 годах.

Породы, слагающие разрез, представлены флишеобразной толщей состоящей из песчаников (19–34)%, алевролитов, аргиллитов, глинистых сланцев (65–70)%, углей (0,3–0,2)% и известняков (0,6–3,0)%. Каждый отдельный цикл или сочетание слоев указывает на присущий только ему трансгрессивный или регрессивный режим осадконакопления. Наиболее общие закономерности, установленные по слоистым остаткам фауны и флоры, составу включений и окраске отдельных разностей, свидетельствуют о том, что аргиллиты и известняки образовались в условиях прибрежной части открытого моря, песчаники, включенные в цикл, образовались при временном обмелении бассейна, а песчаники мощностью от 20 м до 50 м накопились или в руслах палеорек или в пойменных частях дельт. В начале исследуемого периода

(отложения свиты C_2^5) дно бассейна осадконакопления было осложнено антиклинальной складкой (рис. 1, разрез IX–IX'), что стало крупной вертикальной пликативной неоднородностью разреза и привело в дальнейшем к образованию мощного Калиновского купола на северо-западе участка. Многие геологи — исследователи Донбасса — считают, что основные антиклинальные складки были образованы вертикальными движениями блоков кристаллического фундамента или при крупных сдвигах, как следствие трансформации осадочного чехла [1, 4]. На шахте «Калиновская-Восточная» гравитационное давление ядра складки на меньшие по плотности напластования крыльев привело к образованию многочисленных разрывов, из которых впоследствии образовались мелкие надвиги, окаймляющие ядро: Каменский, «В», «Д» и другие. Пересечение этих надвигов с радиально направленной трещиноватостью на крыльях, сопровождающей, как известно, как положительные, так и отрицательные структуры, образовало мощную разуплотненную зону — возможный путь движения метана вверх по разрезу. Именно такое движение прослеживается из зоны пересечения газонасыщенной пачки слоев k_2 – k_8 региональным Диагональным надвигом (рис. 1, разрез IX–IX'). Детальное геологическое описание скважин МС-306 и МС-171, где проводилось газопробование, показало, что интервалы глубин от 600 до 900 м при 100% поглощении бурового раствора являются вертикальными каналами для поступления метана из угольных пластов свиты C_2^5 в углепородный массив свиты C_2^6 . Таким образом, экранирующий плотный известняк между этими свитами — маркирующий горизонт L_1 — является проницаемым. Для подробного изучения положения маркирующего горизонта L_1 и взаимоотношения его с подстилающими породами свиты C_2^5 была построена карта изогипс поверхности горизонта L_1 и изучен состав подстилающего углевмещающего массива под известняком (рис. 2).

Анализ представленных данных показал, что дно бассейна конца периода осадконакопления свиты C_2^6 представляло собой глубокую впадину с минимальными абсолютными отметками поверхности -650 м (скважина МС-167) и -625 м (скважины МС-305, МС-320), вытянутую в северо-восточном направлении, согласно построению основных региональных надвигов района Французского, Первомайского, Калининского.

Анализ значений суммарной мощности глинистых сланцев в свите C_2^5 показал, что площадь участка испытала значительное прогибание, самая глубокая часть которого вытянута в северо-западном направлении. Мощность глинистых сланцев по оси прогибания составляет от 85 до 122 м. Расчлененный палеорельеф дна способствовал резким переходам от преимущественно глинистых напластований к преимущественно песчаным, а выносы крупных водотоков — к накоплению мощных песчаников, представленных крупнозернистыми фракциями, с невыдержанной косой слоистостью. Присутствие растительных остатков морской и наземной фауны в сланцах указывают, что этот интервал разреза формировался на частично заливаемом морем углубленном участке берега. Резкое изменение мощности глинистых отложений между разрезами IX–IX', X–X' дает возможность предположить наличие поперечного тектонического подъема на дне бассейна осадконакопления.

ВЗАИМОСВЯЗЬ КОМПОНЕНТ ПОЛЯ СЛОЖНОГО ПАССИВНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО СИГНАЛА ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ ЗОН ВЛИЯНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В ДОНБАССЕ

Постепенный подъем и размыв отдельных участков площади сопровождался созданием неоднородных в вертикальном и горизонтальном направлениях участков, контуры которых впоследствии явились ослабленными зонами. По этим зонам на разных уровнях происходили подвижки региональных и более мелких надвигов, которые выражены многочисленными зеркалами скольжения и зонами трещиноватости со 100% поглощением бурового раствора. Пересечение тектонических структур разных направлений привело к созданию проницаемых каналов для поступления метана из более газонасыщенных пород в трещиноватые породы верхних горизонтов. Так, например, газовое опробование по скважине МС-171 показало, что отношение содержания метана в пластах l_1 и k_8 составляет 36/19 м³/т.с.б.м, тогда как для большинства скважин шахтного поля, картина обратная. В скважине МС-306 на севере участка также обнаружено газопроявление и газирование скважины из пород свиты C_2^5 на глубине 900 м.

Последующее за рассмотренным периодом кардинальное изменение осей палеонапряжений привело к образованию новой отрицательной структуры со слоем известняка L_1 в основании. Таким образом, очевидно, что максимальная трещиноватость массива должна проявиться в области пересечения двух пликативных структур с каким-нибудь дизъюнктивным нарушением. Все выше сказанное приводит к следующим выводам:

- неоднородность угленосного массива шахты «Калиновская-Восточная» по вертикали связана не только со сменой преимущественного песчано-глинистого состава слагающих его комплексов, но и с положением этих комплексов относительно ядра антиклинальной складки (рис.1, б): внутри ядра происходит уплотнение, а на крыльях – разуплотнение, связанное с многочисленными разрывами и мелкими надвигами;

- движение плоскостей сместителей различных надвигов, направленное под разными углами к поверхности в верхних (надвиг Промежуточный и надвиг S) и нижних (надвиги Французский, Тимошенко и Диагональный) горизонтах, создает многочисленные тектонические подвижки, проявляющиеся как уплотнением, так и разрушением пород в зонах их влияния;

- области замыкания отрицательных структур, образованных на разных стадиях изменения палеорельефа, представляют еще один вид неоднородностей разреза, связанный с трещиноватостью.

ФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ПАССИВНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Подробное описание методики и обработки результатов мониторинговых пассивных сейсмических наблюдений изложено в статьях [23, 26 - 29]. Главным физическим результатом исследований на поле шахты «Калиновская-Восточная» явилось подтверждение правильности установленного А.В. Горбатиковым [11] явления увеличения амплитуд в спектре микросейсмических сигналов над низкоскоростными неоднородностями разреза.

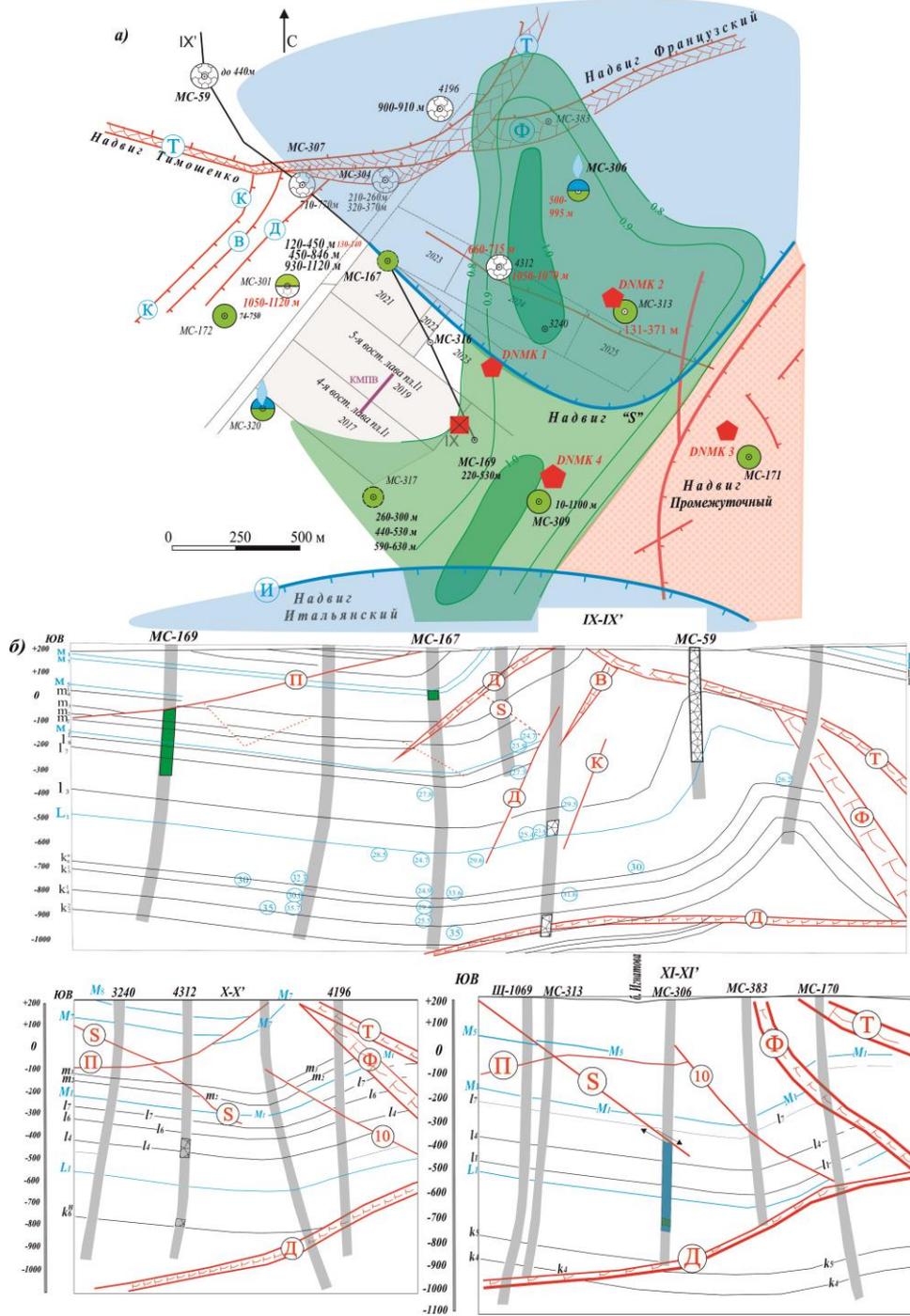
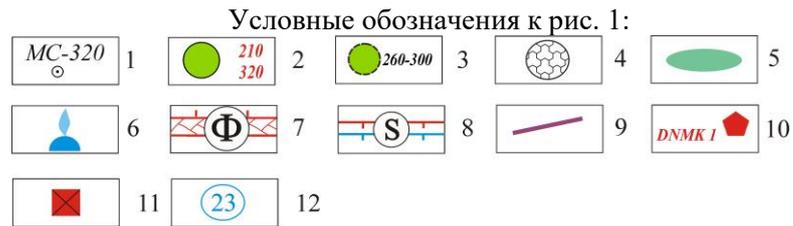


Рис 1. Геолого-структурная схема (а) и геологические разрезы по линиям IX-IX', X-X', XI-XI' (б)

Составлено авторами.

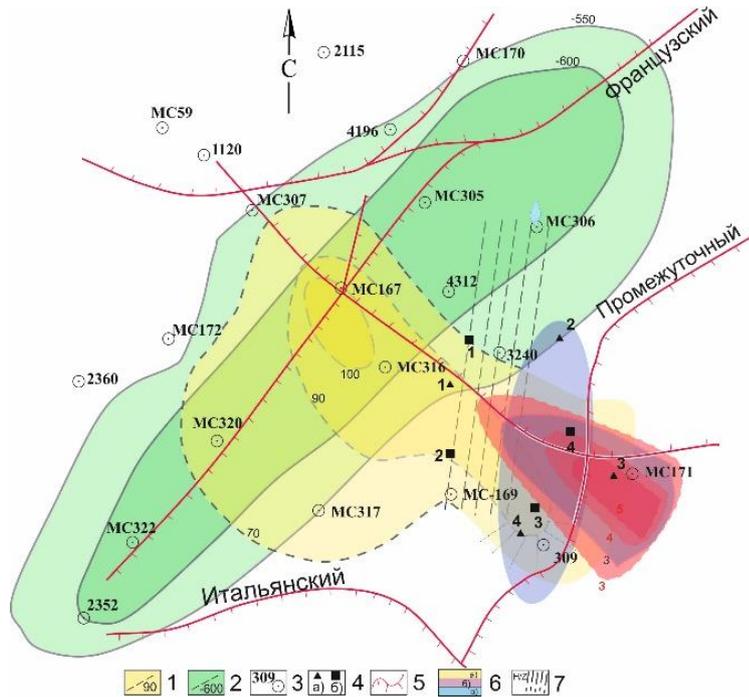
ВЗАИМОСВЯЗЬ КОМПОНЕНТ ПОЛЯ СЛОЖНОГО ПАССИВНОГО
СЕЙСМИЧЕСКОГО СИГНАЛА ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ ЗОН ВЛИЯНИЯ
ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В ДОНБАССЕ



1 — скважина и её номер; 2 — поглощение промывочной жидкости 50–100%, цифры указывают интервал глубин, в м; 3 — частичное поглощение промывочной жидкости в интервале глубин, м; 4 — слабая трещиноватость массива; 5 — изопахиты угольного пласта l_1 ; 6 — газопроявления; 7 — надвиги регионального масштаба и их название: Т — Тимошенко, Ф — Французский, И — Итальянский; 8 — надвиги второго ранга и их название: S-надвиги «S», «Д», «В», К — Каменский, П — Промежуточный; 9 — профиль КМПВ; 10 — станции наблюдения ЕРМАК-5 (2020 год); 11 — источник сейсмических событий; 12 — газоносность угольного пласта в $\text{м}^3/\text{т.с.б.м}$

В исследовании использовались максимальные мгновенные скорости смещений грунта в единицах измерения – мм/сек, что в 100000 раз превосходит фоновые значения микросейсмического шума, зарегистрированные в восточной части Воронежского кристаллического массива [24]. В.А. Горбатиков исследовал и дальнейшими практическими работами [12-14] подтвердил, что максимальные амплитуды в преобразованном методом Фурье спектре смещений (или скорости смещений) грунта принадлежат поверхностной волне Рэлея, являющейся одной из составляющих фоновых значений МСШ. Высокие значения наблюдаемых нами сигналов в мм/сек связаны с техногенными макроимпульсами, возникающими при разрядке напряженного состояния массива. Проверка на эллиптичность показала, что макроколебания частиц, зафиксированные трехкомпонентными датчиками, подобны аналогичным колебаниям в волне Рэлея, что дает возможность использовать наблюдаемые на поверхности шахты значения для анализа трещиноватости массива. В табл. 1 представлены данные сейсмического мониторинга за 5 дней января 2020 года.

На структурно-сейсмофациальную схему (рис.2) вынесены значения отношений компонент H/Z , Y/Z и X/Z с целью определения их геологической информативности (время 13 ч 14 мин). Обобщенная геологическая характеристика сводится к следующему: отрицательная структура с преимущественно глинистым составом отложений (C_2^5), ось которой проходит по линии, соединяющей скв. 309, 316 и 167, пересекается с маркирующим горизонтом известняков L_1 отложившихся во впадине по изогипсам -650 м, -500 м, но имеющей поперечное направление. Наблюдаемые внутри разреза надвиги движутся к самой глубокой части впадины (C_2^5), находящейся в районе скважин 167 и 316. Надвиг Промежуточный показан на схеме два раза: сначала на глубине 550 м (скв.171) и на поверхности (скв. 320, 167, 305).



1 — Суммарная мощность глинистых сланцев во впадине палеорельефа (свита C_2^5); 2 — изогипсы поверхности маркирующего известняка L_1 (свита C_2^6); 3 — скважина и ее номер; 4 — датчики мониторинговых наблюдений: а — в 2020 году, б — в 2021 году; 5 — надвиги; 6 — контуры зон по мониторингу 2020 года с различными отношениями компонент: а — N/Z , б — Y/Z , в — X/Z ; 7 — зона трещиноватости, предположительно связанная с фрагментом плоскости сместителя надвига Промежуточного по результатам мониторинга 2021 года.

Рис 2. Структурная сейсмофациальная схема мощности глинистых сланцев C_2^5 , покрывающего маркирующего горизонта известняков L_1 свиты C_2^6

Составлено авторами.

Таким образом, определено, что максимальная трещиноватость массива находится в узле пересечения двух пликативных структур с дизъюнктивными, а также в области пересечения надвигов S и Промежуточный в зоне пересечения пликативных структур вблизи скв.171. Контуры зоны максимальных значений N/Z и Y/Z находятся как раз над установленной бурением вертикальной зоной трещиноватости (100% поглощение бурового раствора наблюдается на глубинах от 1000 до 700 м). В указанном интервале глубин поглощения бурового раствора в свите C_2^5 отмечается уменьшение концентрации метана с последующим увеличением его в вышележащих породах свиты C_2^6 .

ВЗАИМОСВЯЗЬ КОМПОНЕНТ ПОЛЯ СЛОЖНОГО ПАССИВНОГО
СЕЙСМИЧЕСКОГО СИГНАЛА ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ ЗОН ВЛИЯНИЯ
ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В ДОНБАССЕ

Таблица 1.

Максимальные мгновенные скорости смещений A_{max} по измерениям за 2020 год

№ датчиков	Дата, чч.мм.гг.	Время, Гринвич	A_{max} , мм/с			H_{xy}	Y/X	X/Z	Y/Z	H/Z	\bar{A}
			E(y)	N(x)	Z						
1	14.01.2020	3:50:18	0.7	00.7	0.4	0.990	1.000	1.750	1.750	2.475	1.060
	14.01.2020	23:41:50	0.8	00.7	0.4	1.060	1.143	1.750	2.000	2.650	1.130
	15.01.2020	18:18:48	0.4	00.5	0.2	0.640	0.800	2.500	2.000	3.200	0.670
	16.01.2020	12:25:52	0.3	00.3	0.2	0.424	1.000	1.500	1.500	2.120	0.460
	17.01.2020	13:14:49	1.2	00.7	0.5	1.380	1.714	1.400	2.400	2.760	1.470
	18.01.2020	6:39:10	1.0	00.9	0.5	1.340	1.111	1.800	2.000	2.680	1.430
2	14.01.2020	3:50:18	0.4	00.6	0.2	0.720	0.667	3.000	2.000	3.600	0.740
	14.01.2020	23:41:50	0.3	00.5	0.2	0.580	0.600	2.500	1.500	2.900	0.616
	15.01.2020	18:18:48	0.1	00.3	0.1	0.316	0.333	3.000	1.000	3.160	0.330
	16.01.2020	12:25:52	0.2	00.3	0.2	0.360	0.667	1.500	1.000	1.800	0.412
	17.01.2020	13:14:49	0.7	10.3	0.8	1.480	0.538	2.250	0.875	1.850	1.670
	18.01.2020	6:39:10	0.4	00.7	0.3	0.810	0.571	2.333	1.333	2.700	0.860
3	14.01.2020	3:50:18	1.2	00.5	0.2	1.300	2.400	2.500	6.000	6.500	1.370
	14.01.2020	23:41:50	1.2	00.4	0.2	1.260	3.000	2.000	6.000	6.300	1.280
	15.01.2020	18:18:48	0.6	00.2	0.1	0.630	3.000	2.000	6.000	6.300	0.640
	16.01.2020	12:25:52	0.7	00.3	0.1	0.760	2.333	3.000	7.000	7.600	0.770
	17.01.2020	13:14:49	2.4	00.9	0.5	2.560	2.667	1.800	4.800	5.120	2.610
	18.01.2020	6:39:10	1.5	00.5	0.3	1.580	3.000	1.667	5.000	5.267	1.610
4	14.01.2020	3:50:18	1.0	00.5	0.4	1.120	2.000	1.250	2.500	2.800	1.180
	14.01.2020	23:41:50	1.1	00.5	0.4	1.210	2.200	1.250	2.750	3.025	1.270
5	15.01.2020	18:18:48	0.7	00.4	0.4	0.806	1.750	1.000	1.750	2.015	0.890
	16.01.2020	12:25:52	0.6	00.2	0.2	0.630	3.000	1.000	3.000	3.150	0.663
	17.01.2020	13:14:49	1.1	00.7	0.6	1.300	1.571	1.167	1.833	2.167	1.430

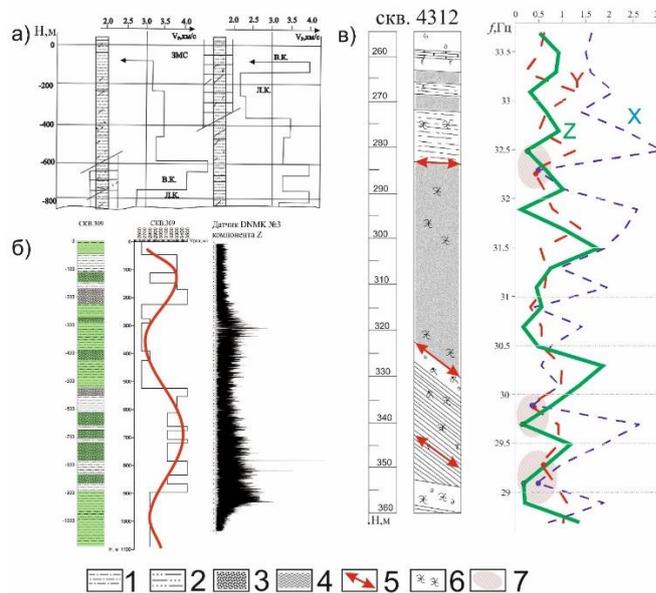
Составлена авторами.

Контуры зоны повышенных значений отношений Y/Z совпадают с контурами аномалии H/Z , что показывает на ведущую роль компоненты "Y" при ортогональном пересечении ею зоны влияния надвига Промежуточного. Отношения компонент X/Z создают аномалию, контуры которой вытянуты в направлении от узла пересечения надвигов Промежуточного и «S» к скв. 306, где было зафиксировано газопроявление с глубины 900 м. Это явление можно интерпретировать как наличие зоны трещиноватости внутри массива, соединяющей мощный узел пересечения двух нарушений с апофизой надвига Промежуточного, содержащей повышенное количество метана.

Небольшое количество датчиков (4 шт.) не позволило более подробно изучить результативность выбранных параметров для расчленения разреза по глубине.

Изменение микросейсмических сигналов по глубине и сравнение его с геологическим разрезом рассмотрим на примерах сопоставления спектров сложного сигнала, полученных при мониторинге и прошедших специальный комплекс обработки полученного материала за 2021 год [23].

На рис. 3 приведены примеры, раскрывающие физический смысл привязки спектров сложного сигнала по глубине.



1 — тонкослоистые переслаивания песчано-глинистых пород: аргиллитов, алевролитов и песчаников, 2 — крупнослоистые переслаивания; 3 — песчаники; 4 — глины; 5 — зеркала скольжения; 6 — трещиноватость, 7 — минимальные значения компонент сложного сигнала.

Рис. 3. Сейсмологические модели надвиговых структур по данным [9] (а); результаты обработки импульса сложного сигнала (компонента Z) и скоростной разрез V_p по скв.309 (б) и нормированные значения оцифрованного спектра компонент X, Y, Z в нарушенной зоне (в)

Составлено авторами.

Рис. 3а соответствует сейсмогеологическим моделям надвиговых структур для разных глубин разреза [9]. В обоих случаях висячее крыло надвига (в.к.) обладает большей плотностью и, соответственно, большей скоростью распространения продольных волн (V_p), чем лежащее крыло (л.к.). Для дальнейшего анализа данных будем учитывать то, что на амплитудно-частотном спектре в области пересечения плоскостей сместителя в соответствии с физическим постулатом В.А. Горбатикова [11-14] должна наблюдаться обратная картина для амплитуд скорости смещения частиц в микросейсмическом сигнале.

На рис. 3б приведен амплитудно-частотный спектр для компоненты Z датчика 3 у скв.309, находящейся в лежащем крыле надвига Промежуточного и в зоне сближения плоскостей сместителей надвигов Итальянского и «S». Низкие значения скоростей продольных волн (V_p) на глубине 850–900 м обусловлены не только разрушением пород перед фронтом надвига Промежуточного, но, главным образом, трещиноватостью пород S_2^5 в зоне замыкания впадины, вмещающей преимущественно глинистые отложения (рис. 2). Графики трёх компонент датчика 1 у скважины 4312 показывают, что в зонах движения плоскости сместителя надвига «S» (красные стрелки) наблюдаются совпадающие или слегка смещённые минимумы всех трёх компонент, переходящие в максимальные значения амплитуд горизонтальных компонент и изредка всех трёх компонент.

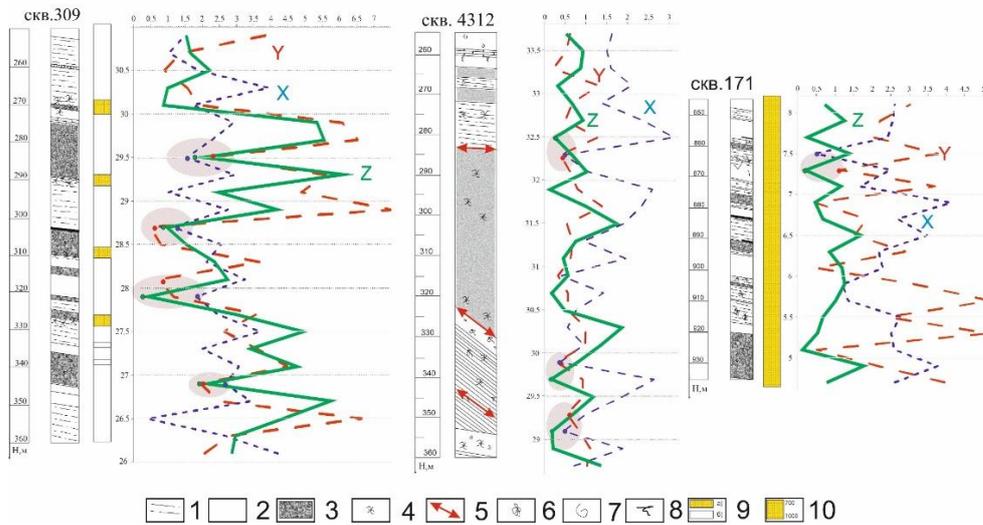
На рис 4 показано сопоставление графиков компонент X, Y, Z скважин 309 и 4312 с известными зонами трещиноватости как в верхних (глубины 250–400 м, датчики 1 и 3 соответственно), так и в нижних частях разреза – скв.171, датчик 4.

Максимумы значений компонент Z и Y у скв.309 совпадают с субгоризонтальными зонами 100% поглощения бурового раствора, а мощная вертикальная зона трещиноватости в узле пересечения надвигов Промежуточного и «S» проявляется сложным чередованием максимумов и минимумов компонент амплитудно-частотного спектра.

Интервал глубин 850-900 м по скв.171 в вертикальной зоне трещиноватости характеризуется тонкослоистым переслаиванием с сильным дроблением глинистых сланцев на глубинах 859 и 871 м (кern кусочками), где внутри указанного интервала в прослоях песчаника и алевролитов наблюдаются многочисленные зеркала скольжения. На графиках компонент Z и Y напротив зеркал скольжения ($f=7.3$ Гц) наблюдается общий минимум, сопровождаемый на $f=7.5$ Гц и $f=7.1$ Гц общими максимумами значений амплитуд в зонах дробления. Для компоненты X наблюдается аналогичное, но более сложное распределение значений микросейсм.

Механизм отражения вертикальных неоднородностей разреза в записи сложного сейсмического сигнала представляется следующим образом: надвиговые структуры во время подвижек оказывают кратковременное, но очень сильное давление на нижележащие породы (появляется минимум значений компоненты Z), затем, породы, прошедшие хрупкое разрушение, образуют зоны трещиноватости со 100% поглощением бурового раствора. Это чаще всего происходит на контактах глинистых сланцев с песчаниками, где и появляются максимумы амплитуд компонент Z и Y (иногда X). Таким образом, амплитудно-частотные спектры скоростей смещения

грунта имеют прозрачный физический смысл и могут быть использованы для прослеживания зон влияния тектонических нарушений.



1 — сланец песчаный, 2 — сланец глинистый, 3 — песчаник, 4 — трещиноватость, 5 — зеркала скольжения, 6 — флора, 7 — фауна, 8 — кучерявчик, 9 — поглощение бурового раствора: а) 100%, б) от 20 до 50%, 10 — вертикальная зона поглощения бурового раствора.

Рис. 4. Фрагменты геологических разрезов зон влияния тектонических нарушений и распределения значений скорости смещений грунта по компонентам X, Y, Z.

Составлено авторами.

ВЫВОДЫ

Авторами охарактеризованы два способа обработки сложного сигнала при выявлении зон влияния тектонических нарушений. Первый способ заключается в использовании максимальных амплитуд скорости смещения грунта и является «псевдопросвечиванием» массива с глубины 1000 м до поверхности. Второй способ основан на использовании преобразований Фурье и разложении накопленного и осредненного трехкомпонентного сигнала в спектр. Оба способа показали хороший геологический результат, но, в связи с малым количеством датчиков, не позволили выработать надежные критерии для углубленных геологических характеристик плоскостей сместителей надвиговых структур. Очевидно, что для исследования количественных характеристик и формы зон трещиноватости необходима статистическая обработка большого количества данных площадных исследований микросейсмического мониторинга. Авторы отмечают перспективность дальнейшего использования микросейсмического исследования, однако получение

**ВЗАИМОСВЯЗЬ КОМПОНЕНТ ПОЛЯ СЛОЖНОГО ПАССИВНОГО
СЕЙСМИЧЕСКОГО СИГНАЛА ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ ЗОН ВЛИЯНИЯ
ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В ДОНБАССЕ**

количественных характеристик зон трещиноватости возможно только при использовании большего количества датчиков.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено в рамках гос задания ФГБНУ «РАНИМИ» ГЗ №: FRSR 2023-0007 «Разработка геолого-геофизической модели формирования аномальных скоплений метана на угольных шахтах в зонах динамического влияния разломов».

Список литературы

1. Коболев В.П. Пояса безопасности угольных шахт Донбасса // Геотехнологии. 2019. Т.2. С. 1-11.
2. Анциферов А.В., Голубев А.А., Канин В.А., Тиркель М.Г., Загара Г.З. и др. Газоносность и ресурсы метана угольных бассейнов Украины: монография. Донецк: Вебер, 2009. Т.1. 456 с.
3. Иванов Л.А. Глубина как фактор газоносности углей // Труды РАНИМИ: сб. науч. тр. Донецк, 2020. № 9 (24). С. 48–54.
4. Корчемагин В.А., Алехин В.И., Павлов И.О. Структурно-тектонифизические исследования для прогноза газоносности и горно-геологических условий на полях шахт Донецко-Макеевского района // Геотехническая механика. Днепропетровск: ИГТМ, 2010. Вып. 87. С. 209–217.
5. Анциферов А.В., Тиркель М.Г., Хохлов М.Т., Привалов В.А., Голубев А.А. и др. Газоносность угольных месторождений Донбасса. К.: Наукова думка, 2004. 231 с.
6. Хохлов М.Т., Харитонов О.М., Трифонов П.Г., Козельский И.Т. и др. Многоволновые сейсмические исследования угольных месторождений Донбасса. К.: Наукова думка, 1990. 132 с.
7. Анциферов А.В. Прогноз горно-геологических условий отработки угольных пластов методами шахтной геофизики. К.: УкрГГРИ, 2003. 48 с.
8. Анциферов А.В. Теория и практика шахтной сейсморазведки. Донецк: ООО «Алан», 2003. 311 с.
9. Анциферов А.В., Тиркель М. Г., Анциферов В. А. Сейсмическая разведка углепородных массивов. Донецк: Вебер, 2008. 202 с.
10. Анциферов А. В., Глухов А. А. Математическое моделирование в шахтной сейсморазведке. К.: Наукова думка, 2012. 254 с.
11. Горбатилов А.В., Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Степанова М.Ю., Овсяченко А.Н. Технология глубинного зондирования земной коры с использованием естественного низкочастотного микросейсмического поля // Изменение окружающей среды и климата: монография. М.: ИФЗ РАН, 2008. Т.1. Ч.2. С. 223–236.
12. Горбатилов А.В. Возможность оценки параметров геологических объектов на основе использования фонового микросейсмического поля. Результаты экспериментальных исследований и моделирования // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: матер. междунар. сейсмологической школы. Обнинск, 2006. С. 67–72.
13. Горбатилов А.В., Цуканов А.А. Моделирование волн Рэлея вблизи рассеивающих коростных неоднородностей. Исследование возможностей метода микросейсмического зондирования // Физика Земли. 2011. №4. С. 96–112.
14. Горбатилов А.В., Степанова М.Ю., Кораблев Г.Е. Закономерности формирования микросейсмического поля под влиянием локальных геологических неоднородностей и зондирование среды с помощью микросейсм // Физика Земли. 2008. №7. С. 66–84.
15. Аносов Г.И., Деметьев Ю.В., Чугачевич В.Я., Кроволапчук М.П. Методические особенности сейсмического микрорайонирования урбанизированных территорий сейсмически малоактивных регионов России // Сб. тр. конф. Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в РФ. М.: 2018. 11–14 декабря. С. 393–347.
16. Биряльцев Е.В., Камиллов М.Р. Выбор метода микросейсмических исследований в зависимости от решаемой задачи // Георесурсы. 2018. Т.20. №3. Ч.2. С. 217–221.

17. Анциферов А.В., Глухов А.А., Туманов В.В., Новгородцева Л.А. О программном комплексе обработки результатов микросейсмического мониторинга углеродных массивов // *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*. 2023. Т.10. №1. С. 15–22.
18. Симоненко В.А., Шишкин Н.И., Шишкина Г.А. Движение грунта в волне Рэлея, возникающей при подземном взрыве // *Прикладная механика и техническая физика*. 2006. Т.47. №4. С. 3–14.
19. Захаров В.Н., Харченко А.В. Влияние слоистого строения пород почвы и кровли на структуру полного волнового поля и параметры отдельных типов волн // *Науч. сообщ. ННЦ ГП-ИГД им. А.А. Скочинского*. М.: 2002. Вып. 321. С. 108–121.
20. Сероглазов Р.Р. Эндогенные свойства короткопериодных микросейсм // *Вулканология и сейсмология*. 1991. №4. С. 32–43.
21. Орлов Р. А. Опыт использования микросейсмического шума для решения геологических задач в условиях платформы (на примере Воронежского Кристаллического массива) // *Вестник ВГУ, серия: геология*. 2011. №1, январь-июнь. С. 184–192.
22. Бережной Д.В., Биряльцев Е.В., Биряльцева Т.Е., Кипоть В.Л., Рыжков В.А. и др. Анализ спектральных характеристик микросейсм как метод изучения структуры геологической среды // *Сб. НИИ математики и механики Казанского университета*. Казань, 2008. С. 360–386.
23. Анциферов А.В., Глухов А.А. Комплекс обработки и анализ результатов микросейсмического мониторинга углеродных массивов // *Горный журнал*. 2024. №10(2327). С. 7–13.
24. Шарова Н.В., Маловичко А.А., Щукина Ю.К. Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. К.2. Микросейсмичность. Петрозаводск, 2007. 95 с.
25. Мельников Н.Н. Методы и системы сейсμοдеформационного мониторинга техногенных землетрясений и горных ударов. Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2009. Т.1. 303 с.
26. Анциферов А.В., Туманов В.В., Лобков Н.И., Бородин Д.С., Шалованов О.Л. и др. Мониторинг техногенной сейсмичности в зоне влияния угольных шахт Донбасса (на примере ш. «Калиновская-Восточная» ГП «Макеевуголь») // *Труды РАНМИ: сб. науч. тр. Донецк*, 2020. №9(24). С. 78–87.
27. Анциферов А.В., Туманов В.В., Новгородцева Л.А., Бородин Д.С. Оценка трещиноватости массива по данным наблюдений сложного сейсмического поля на поверхности шахты Калиновская-Восточная Донецко-Макеевского района ДНР // *Горный журнал*. 2024. №10(№2327). С. 14–24.
28. Туманов В.В., Трифонов А.В., Буждежан А.В. Определение областей напряжений в покровной толще подрабатываемого массива сейсмическим зондированием. *Наукові праці УкрНДМІ НАН України*. 2013. № 13–2. С. 423–429
29. Глухов А.А., Туманов В.В., Трифонов А.В. Розроблення технології сейсмічної діагностики стану гірського масиву над видобувною виробкою при відпрацюванні вугільних пластів з потенційною небезпечкою геодинамічних явищ. *Наука та інновації*. 2014. Т. 10. № 6. С. 52–54.

INTERRELATION BETWEEN THE COMPONENTS OF A COMPLEX PASSIVE SEISMIC SIGNAL FIELD WHEN IDENTIFYING THE INFLUENCE ZONES OF TECTONIC DISTURBANCES IN DONBASS

Antsiferov A. V.¹, Tumanov V. V.², Novgorodtseva L. A.³, Podvalkova Y. V.⁴

*^{1,2,3,4}Republican Academic Scientific, Research and Design Institute of Mining Geology, Geomechanics, Geophysics and Mine Surveying, Donetsk, Russian Federation
E-mail: ¹ranimi@ranimi.org*

This study investigates the potential applications of three-component microseismic monitoring data acquired in the Donbas region during the years 2020 and 2021, specifically at the mine field known as “Kalinovskaya–Vostochnaya.” Throughout this period, monitoring was carried out under conditions of ongoing mining activities, where the presence of an active longwall face introduced additional complexities for seismic data

interpretation. The central aim was to determine whether microseismic observations could be effectively utilized for tracking and delineating zones of fracturing that typically accompany disjunctive (such as faults and ruptures) and plicative (fold-related) structural features within the subsurface geology.

A defining characteristic of the investigation was the exceptionally comprehensive knowledge of the geological section in the studied area. Detailed stratigraphic, structural, and geophysical mapping provided a unique opportunity to correlate observed microseismic signal attributes with specific geological formations and processes. Analytical attention was focused on the relationships between the amplitude ratios of the maximum components of complex microseismic signals and the presence or extent of fracture zones. The results demonstrated a robust correspondence: areas exhibiting strong maximum component ratios were almost invariably associated with the largest and most energetically significant fracture zones within the geological profile.

In addition, particular emphasis was placed on the qualitative representation of fault displacement planes, primarily those associated with thrust structures. Through spectral analysis of the microseismic components, distinct features corresponding to the spatial disposition and orientation of fault planes were identified. These spectral attributes proved to be in close agreement with the physical and mathematical modeling efforts undertaken by the Federal State Budgetary Scientific Institution “RANIMI.” Their models provided critical theoretical guidance for interpreting spectral data and for corroborating observed signal behaviors within the context of established physical principles.

A further significant finding was made concerning the vertical distribution of P-wave velocities within the geological section. Through both direct measurement and indirect spectral analysis, it was shown that these vertical velocity variations are reflected — almost in mirror fashion — in the amplitude distributions of the respective Fourier spectrum components of the recorded microseismic signals. This empirical relationship indicates a strong physical basis for the current theoretical developments is associated with the technique of microseismic sounding, reinforcing its scientific credibility and laying the groundwork for future methodological improvement.

Collectively, the findings from this research highlight both the promise and the limitations of microseismic monitoring for geostructural characterization in mining environments. While qualitative correlations and model-based interpretations are robust, the study underscores the necessity for further targeted research. Specifically, it advocates for the deployment of a substantially increased number of seismic sensors, optimally distributed throughout the mine field and surrounding geological structures. Only through such detailed, high-density observation can truly quantitative criteria be established — criteria that would allow precise localization, classification, and potentially predictive characterization of fracture zones arising from diverse geological and mining-induced mechanisms. This advancement would not only support safer and more efficient mining operations but also contribute significant knowledge to the fields of geophysics and underground resource management.

Keywords: microseismic measurements, frequency and amplitude spectrum, disjunctive faults, plicative faults, tectonic fault, Rayleigh wave.

References

1. Kobolev V.P. Poyasa bezopasnosti ugolnykh shakht Donbassa // *Geotekhnologii*. 2019. T.2. S. 1–11.
2. Anciferov A.V., Golubev A.A., Kanin V.A., Tirkel M.G., Zadara G.Z. i dr. *Gazonosnost i resursy metana ugolnykh bassejnov Ukrainy: monografiya*. Doneck: Veber, 2009. T.1. 456 s. (in Russian)
3. Ivanov L.A. Glubina kak faktor gazonosnosti uglej // *Trudy RANIMI: sb. nauch. tr.* Doneck, 2020. № 9 (24). S. 48–54. (in Russian)
4. Korchemagin V.A., Alekhin V.I., Pavlov I.O. Strukturno-tektonofizicheskie issledovaniya dlya prognoza gazonosnosti i gorno-geologicheskikh uslovij na polyakh shakht Donecko-Makeevskogo rajona // *Geotekhnicheskaya mekhanika*. Dnepropetrovsk: IGTM, 2010. Vyp. 87. S. 209–217. (in Russian)
5. Anciferov A.V., Tirkel M.G., Khokhlov M.T., Privalov V.A., Golubev A.A. i dr. *Gazonosnost ugol'nykh mestorozhdenij Donbassa*. K.: Naukova dumka, 2004. 231 s. (in Russian)
6. Khokhlov M.T., Kharitonov O.M., Trifonov P.G., Kozelskij I.T, i dr. *Mnogovolnovye sejsmicheskie issledovaniya ugol'nykh mestorozhdenij Donbassa*. K.: Naukova dumka, 1990. 132 s.
7. Anciferov A.V. *Prognoz gorno-geologicheskikh uslovij otrabotki ugol'nykh plastov metodami shakhtnoj geofiziki*. K.: UKRGGRI, 2003. 48 s. (in Russian)
8. Anciferov A.V. *Teoriya i praktika shakhtnoj sejsmorazvedki*. Doneck: OOO «AlaN», 2003. 311 s.
9. Anciferov A.V., Tirkel M.G., Anciferov V.A. *Sejsmicheskaya razvedka ugleporodnykh massivov*. Doneck: Veber, 2008. 202 s. (in Russian)
10. Anciferov A.V., Glukhov A.A. *Matematicheskoe modelirovanie v shakhtnoj sejsmorazvedke*. K.: Naukova dumka, 2012. 254 s. (in Russian)
11. Gorbaticov A.V., Sobisevich A.L., Sobisevich L.E., Stepanova M.YU., Ovsyuchenko A.N. *Tekhnologiya glubinnogo zondirovaniya zemnoj kory s ispolzovaniem estestvennogo nizkochastotnogo mikro-sejsmicheskogo polya // Izmenenie okruzhayushchej sredy i klimata: monografiya*. M.: IFZ RAN, 2008. T.1. CH.2. S. 223–236. (in Russian)
12. Gorbaticov A.V. *Vozmozhnost ocenki parametrov geologicheskikh obektov na osnove ispolzovaniya fonovogo mikro-sejsmicheskogo polya. Rezultaty ehksperimentalnykh issledovanij i modelirovaniya // Sovremennye metody obrabotki i interpretacii sejsmologicheskikh dannykh: mater. mezhdunar. sejsmologicheskij shkoly*. Obninsk, 2006. S. 67–72. (in Russian)
13. Gorbaticov A.V., Cukanov A.A. *Modelirovanie voln Rehleya vblizi rasseivayushchikh korostnykh neodnorodnostej. Issledovanie vozmozhnostej metoda mikro-sejsmicheskogo zondirovaniya // Fizika Zemli*. 2011. №4. S. 96–112. (in Russian)
14. Gorbaticov A.V., Stepanova M.YU., Korablev G.E. *Zakonomernosti formirovaniya mikro-sejsmicheskogo polya pod vliyaniem lokal'nykh geologicheskikh neodnorodnostej i zondirovanie sredy s pomoshch'yu mikro-sejsm* // *Fizika Zemli*. 2008. №7. S. 66–84. (in Russian)
15. Anosov G.I., Dementev YU.V., Chugaevich V.YA., Krovlapchuk M.P. *Metodicheskie osobennosti sejsmicheskogo mikrorajonirovaniya urbanizirovannykh territorij sejsmicheski maloaktivnykh regionov Rossii // Sb. tr. konf. Perspektivy razvitiya inzhenernykh izyskanij v stroitel'stve v RF*. M.: 2018. 11–14 dekabrya. S. 393–347. (in Russian)
16. Biryalcev E.V., Kamilov M.R. *Vybor metoda mikro-sejsmicheskikh issledovanij v zavisimosti ot reshaemoj zadachi // Georesursy*. 2018. T.20. №3. CH.2. S. 217–221. (in Russian)
17. Anciferov A.V., Glukhov A.A., Tumanov V.V., Novgorodceva L.A. *O programmnom komplekse obrabotki rezultatov mikro-sejsmicheskogo monitoringa ugleporodnykh massivov // Fundamentalnye i prikladnye voprosy gornykh nauk*. 2023. T.10. №1. S. 15–22. (in Russian)
18. Simonenko V.A., Shishkin N.I., Shishkina G.A. *Dvizhenie grunta v volne Rehleya, vznikayushchej pri podzemnom vzryve // Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika*. 2006. T.47. №4. S. 3–14. (in Russian)
19. Zakharov V.N., Kharchenko A.V. *Vliyanie sloistogo stroeniya porod pochvy i krovli na strukturu polnogo volnovogo polya i parametry otdelnykh tipov voln // Nauch. soobshch. NNC GP-IGD im. A.A. Skochinskogo*. M.: 2002. Vyp. 321. S. 108–121. (in Russian)
20. Seroglazov P. P. *Endogennye svoystva korotkoperiodnykh mikro-sejsm // Vulkanologiya i sejsmologiya*. 1991. №4. S. 32–43. (in Russian)
21. Orlov R.A. *Opyt ispolzovaniya mikro-sejsmicheskogo shuma dlya resheniya geologicheskikh zadach v usloviyakh platformy (na primere Voronezhskogo Kristallicheskogo massiva) // Vestnik VGU. Seriya: geologiya*. 2011. №1, yanvar-iyun. S. 184–192. (in Russian)

ВЗАИМОСВЯЗЬ КОМПОНЕНТ ПОЛЯ СЛОЖНОГО ПАССИВНОГО
СЕЙСМИЧЕСКОГО СИГНАЛА ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ ЗОН ВЛИЯНИЯ
ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В ДОНБАССЕ

22. Berezhnoj D.V., Biryalcev E.V., Biryalceva T.E., Kipot V.L., Ryzhkov V.A. i dr. Analiz spektralnykh kharakteristik mikrosejsm kak metod izucheniya struktury geologicheskoy sredy // Sb. NII matematiki i mekhaniki Kazanskogo universiteta. Kazan', 2008. S. 360–386. (in Russian)
23. Anciferov A.V., Glukhov A.A. Kompleks obrabotki i analiz rezul'tatov mikrosejsmicheskogo monitoringa ugleporodnykh massivov // Gornyj zhurnal. 2024. №10 (2327). S. 7–13. (in Russian)
24. Sharova N.V., Malovichko A.A., Shchukina YU.K. Zemletryaseniya i mikrosejsmichnost v zadachakh sovremennoj geodinamiki Vostochno-Evropejskoj platformy. K.2. Mikrosejsmichnost'. Petrozavodsk, 2007. 95 s. (in Russian)
25. Melnikov N.N. Metody i sistemy sejsmodeformacionnogo monitoringa tekhnogennykh zemletryasenij i gornykh udarov. Novosibirsk: Sibirskoe otdelenie RAN, 2009. T.1. 303 s. (in Russian)
26. Anciferov A.V., Tumanov V.V., Lobkov N.I., Borodin D.S., Shalovanov O.L. i dr. Monitoring tekhnogennoj sejsmichnosti v zone vliyaniya ugolnykh shakht Donbassa (na primere sh. «Kalinovskaya-Vostochnaya» GP «Makeevugol» // Trudy RANIMI: sb. nauch. tr. Doneck, 2020. №9(24). S. 78–87. (in Russian)
27. Anciferov A.V., Tumanov V.V., Novgorodceva L.A., Borodin D.S. Ocenka treshchinovatosti massiva po dannym nablyudenij slozhnogo sejsmicheskogo polya na poverkhnosti shakhty Kalinovskaya-Vostochnaya Donecko-Makeevskgo rajona DNR // Gornyj zhurnal. 2024. №10 (№2327). S. 14–24. (in Russian)
28. Tumanov V.V., Trifonov A.V., Buzhdezhan A.V. Opredelenie oblastej napryazhenij v pokrovnoj tolshechke podrabatyvaemogo massiva sejsmicheskim zondirovaniem. Naukovi praci UkrNDMI NAN Ukraïni. 2013. № 13–2. S. 423–429 (in Russian)
29. Glukhov A. A., Tumanov V. V., Trifonov A.V. Rozroblennya tekhnologii sejsmichnoï diagnostiki stanu girs'kogo masivu nad vidobuvnoyu virobkoyu pri vidpracyuvanni vugil'nikh plastiv z potencijnoyu nebezpekoyu geodinamichnikh yavishch. Nauka ta innovacii. 2014. T. 10. № 6. S. 52–54.

Поступила в редакцию 06.10.2025 г.

УДК 550.348.435

ОЧАГОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА 2024 ГОДА

Пустовитенко Б. Г.¹, Эреджепов Э. Э.², Бондарь М. Н.³

^{1,2,3}Крымский Республиканский Центр оценки сейсмической и оползневой опасности, технического обследования объектов строительства, Симферополь, Российская Федерация.

³Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Институт сейсмологии и геодинамики, Симферополь, Российская Федерация.

E-mail: ¹bpustovitenko@mail.ru

Представлены новые результаты изучения и анализа спектральных, кинематических, динамических и энергетических характеристик очагов землетрясений Крымско-Черноморского региона по данным сейсмического мониторинга сетью станций Крыма в 2024 году. Кинематические очаговые параметры восстановлены для двух наиболее сильных землетрясений 17 января с $M_w = 3.8$ и 11 октября с $M_w = 4.9$ по данным решения фокального механизма в рамках дислокационной модели двойного диполя. Спектральные, динамические и энергетические параметры очагов (f_0 , M_0 , r_0 , $\Delta\sigma$, ε , $\eta\sigma$, $\Delta\sigma$, \bar{y} , E_u и M_w) изучены для 12 землетрясений по амплитудным спектрам объемных сейсмических волн с использованием теоретической дислокационной модели Бруна (ω^{-2}). Дается анализ полученных результатов.

Ключевые слова: механизм очага, амплитудный спектр, модель Бруна, спектральная плотность, угловая частота, динамические параметры очага, приведенная сейсмическая энергия.

ВВЕДЕНИЕ

Основные сейсмогенерирующие структуры зон возникновения очагов землетрясений (ВОЗ) Крымско-Черноморского региона, оказывающих наибольшие сейсмические воздействия на территорию Крыма, расположены в акватории Черного моря и не доступны прямым наблюдениям и исследованиям. В такой ситуации реконструкция и уточнение параметров зон ВОЗ и моделей очагов землетрясений, а также разработка геодинамических моделей литосферы возможны по экспериментальным данным решения обратной задачи сейсмологии: восстановления очаговых параметров по записям сейсмических волн на группе сейсмических станций. При этом важно получить представительную базу данных за длительный период наблюдений в широком энергетическом диапазоне сейсмических событий и постоянно ее дополнять новыми определениями. По результатам сейсмического мониторинга в 2024 году восстановлены очаговые параметры для 12 местных землетрясений в диапазоне энергетических классов $K_{II} = Lg(E_s) = 6.4–12.9$ по региональной классификации [1]. Задачей данной работы явилось представление и анализ полученных результатов изучения кинематических, спектральных, динамических и энергетических характеристик очагов землетрясений за 2024 год, отобранных для исследования.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Для восстановления **кинематических** параметров очагов - решения фокального механизма наиболее сильных землетрясений региона 17 января с $K_{II} = 10.9$ и 11 октября с $K_{II} = 12.9$ использованы знаки первых вступлений продольных сейсмических волн-Р (сжатия и разрежения), зарегистрированные на группе

ОЧАГОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА 2024 ГОДА

сейсмических станций, расположенных в широком азимутальном створе и в большом диапазоне эпицентральных расстояний. Для этого помимо данных по станциям Крыма и опубликованных в Международном сейсмологическом центре [2] для землетрясения 17 января с $K_{II} = 10.9$ дополнительно были определены знаки P — волн по сейсмограммам на станциях ближней зоны Крыма. В результате получена представительная выборка исходных данных (n) для надежного решения механизма очагов: 17 января — $n = 46$ и 11 октября — $n = 112$.

Спектральные и динамические параметры очагов землетрясений изучены по 75 амплитудным спектрам продольных и поперечных сейсмических волн, зарегистрированных на пяти стационарных региональных сейсмических станциях Института сейсмологии и геодинамики КФУ (ИГС КФУ): «Алушта» (ALU), «Севастополь» (SEV), «Симферополь» (SIM), «Судак» (SUDU), «Ялта» (YAL), и двух автономных ГАУ «Крымский Республиканский Центр оценки сейсмической и оползневой опасности, технического обследования объектов строительства» (ГАУ «КРЦ»): «Донузлав-2» (DNZ2) и «Опук» (OPUK).

Всего для оценки очаговых параметров местных землетрясений за 2024 год отобраны записи двенадцати сейсмических событий (табл. 1), представляющих научный интерес с позиции их пространственного расположения и энергетического уровня (рис. 1).

Таблица 1.
Основные параметры землетрясений Крымско-Черноморского региона за 2024 г., для которых определены очаговые параметры

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	Магнитуда			Район
			φ°, N	λ°, E		M_w/n , табл. 3	ML_{wsg}	K_{II}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1*	17.01	07 34 02.5	43.92	33.44	36	4.0/8	3.9	10.9	Севастопольский (№ 1)
2	26.03	23 53 12.7	44.68	36.96	35	3.6/4	3.1	9.5	Керченско-Анапский (№ 5)
3	14.04	15 39 46.2	44.32	33.11	26	3.3/2	2.7	8.9	Севастопольский (№ 1)
4	21.05	19 49 40.0	43.85	35.05	25	2.7/1	2.4	8.3	Судакско-Феодосийский (№ 4)
5	30.05	20 50 42.2	45.66	33.25	41	2.2/1	1.5	6.4	Степной (№ 6)
6	19.06	07 57 23.5	43.98	33.55	10	3.2/4	2.8	8.7	Севастопольский (№ 1)
7	02.07	22 52 24.0	44.39	34.54	24	2.4/3	1.8	7.3	Алуштинский (№ 3)
8	13.07	03 22 20.0	44.52	36.57	7	3.0/1	2.4	8.1	Керченско-Анапский (№ 5)
9	01.09	02 50 57.9	44.68	36.56	10	3.2/10	3.1	9.8	Керченско-Анапский (№ 5)
10*	11.10	07 16 39.4	42.58	31.42	9	4.9/7	5.0	12.9	Черноморская впадина (№ 9)
11	28.10	15 31 49.0	44.54	34.44	15	2.5/3	2.0	7.5	Алуштинский (№ 3)
12	28.10	15 41 25.4	44.54	34.44	13	2.6/4	2.2	7.8	Алуштинский (№ 3)

Примечание. Параметры землетрясений в графах 2–6, 8–10 даны по данным обработки в ИГС КФУ, значения M_w/n (графа 7)– из табл. 3, где n – число определений, участвовавших в осреднении; *– землетрясения, для которых получено решение механизма очага.

Большинство исследованных землетрясений произошло в акватории Черного моря (рис. 1), в основных сеймотектонических структурах Крымского региона на

глубинах от 7 км до 36 км в диапазоне эпицентральных расстояний $\Delta=16\div 382$ км от сейсмических станций. Только одно относительно слабое событие с $K_{II}=6.4$ возникло в нижнем слое перехода кора-мантия ($h=41$ км) на Тарханкутском полуострове Крыма (район № 6, Степной Крым). Очаг самого сильного землетрясения 11 октября 2024 г. с $K_{II}=12.9$ приурочен к южной части Западной Черноморской впадины (район № 9) вблизи очаговой зоны землетрясения 15.10.2016 г. с $K_{II}=13.1$ [3]. Другое наиболее сильное землетрясение 17 января ($K_{II}=10.9$) произошло в узле пересечения двух сейсмолинеаментов 1-го порядка: Южнобережного и Одесско-Синопского [4].

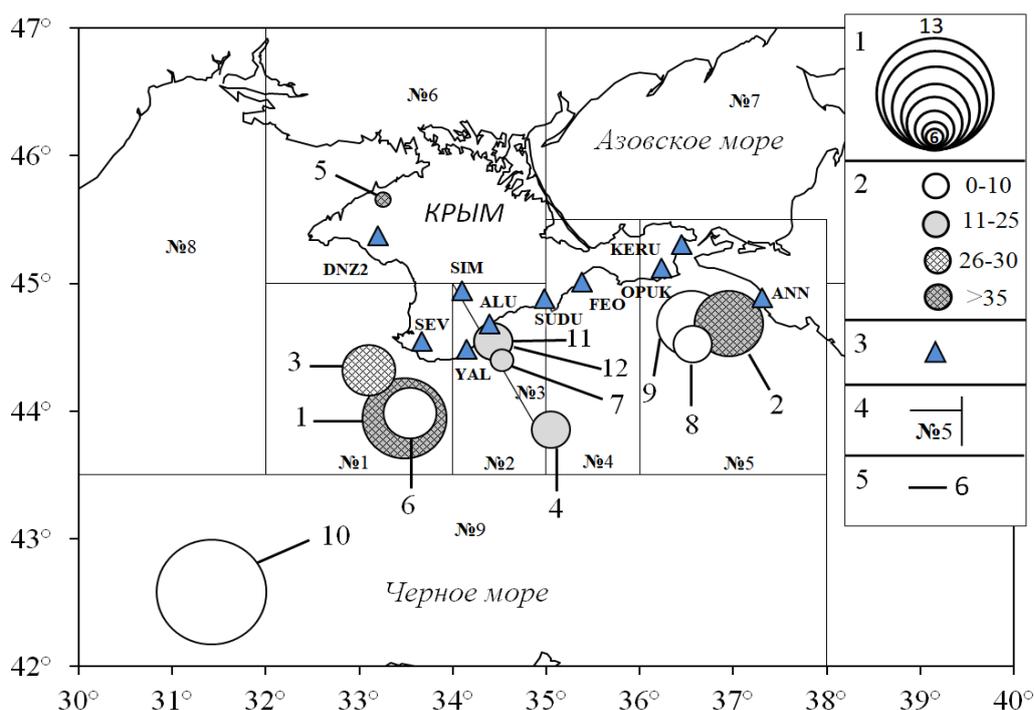


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Крымско-Черноморского региона за 2024 г., для которых восстановлены очаговые параметры: 1 — энергетический класс K_{II} [1]; 2 — глубина очага; 3 — сейсмические станции; 4 — граница сейсмоактивных районов; 5 — номера землетрясений по табл. 1.

Составлено авторами.

Для расчета амплитудных спектров выбраны стационарные сейсмограммы, отвечающие критериям высокого качества с четкими моментами вступления объемных волн и амплитудами колебаний, в несколько раз превышающими фон помех. Пример использованных в работе сейсмограмм дан на рисунке 2.

ОЧАГОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА 2024 ГОДА

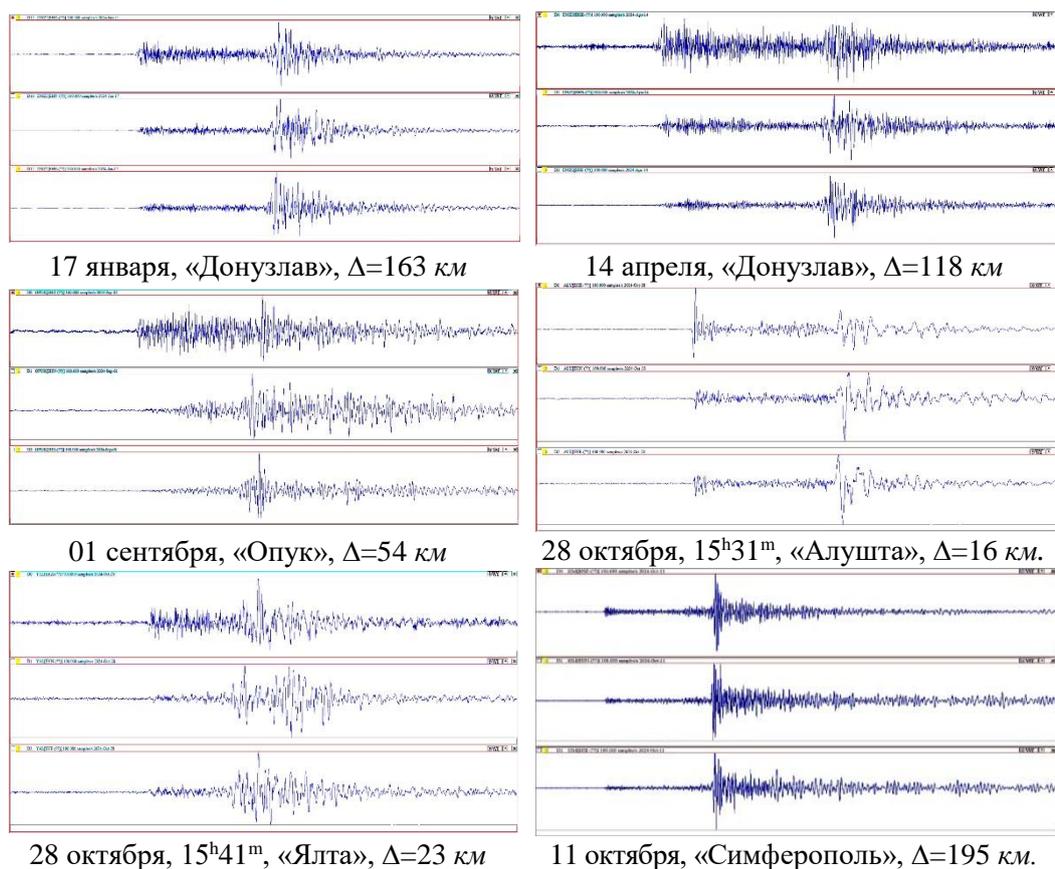


Рис. 2. Примеры записей землетрясений 2024 г. на сейсмических станциях Крыма.
Составлено авторами.

МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Для решения механизма очагов использована методика, описанная в работе [5], разработанная из теоретического представления дислокационной модели очага сдвиговым источником в виде двойного диполя [6]. Углы выхода сейсмических волн из очага на сейсмические станции регистрации рассчитывались исходя из глубины гипоцентра и удаленности станций регистрации: для близких станций по региональному годографу [7], а для удаленных — по таблицам из работы [8].

Для анализа землетрясения 11 октября также привлечены решения фокального механизма по методу тензора сейсмического момента (ТСМ), полученные в разных сейсмологических агентствах и опубликованных в [2].

Интерпретация амплитудных спектров и оценка динамических параметров очагов выполнена в рамках теоретической дислокационной модели Бруна (ω^{-2}) [9].

Амплитудные спектры поперечных волн (S) рассчитывались отдельно по записям двух горизонтальных составляющих записи (N-S) и (E-W), а продольных (P)

— по вертикальной компоненте (Z). Длительность времени τ участка записи для расчета амплитудного спектра, выбиралась от момента вступлений P - и S - волн до спада их максимальных амплитуд A_{\max} на уровень $1/3 A_{\max}$ [10].

Примеры амплитудных спектров объемных волн и их аппроксимация в рамках теоретической модели ω^{-2} даны на рис. 3.

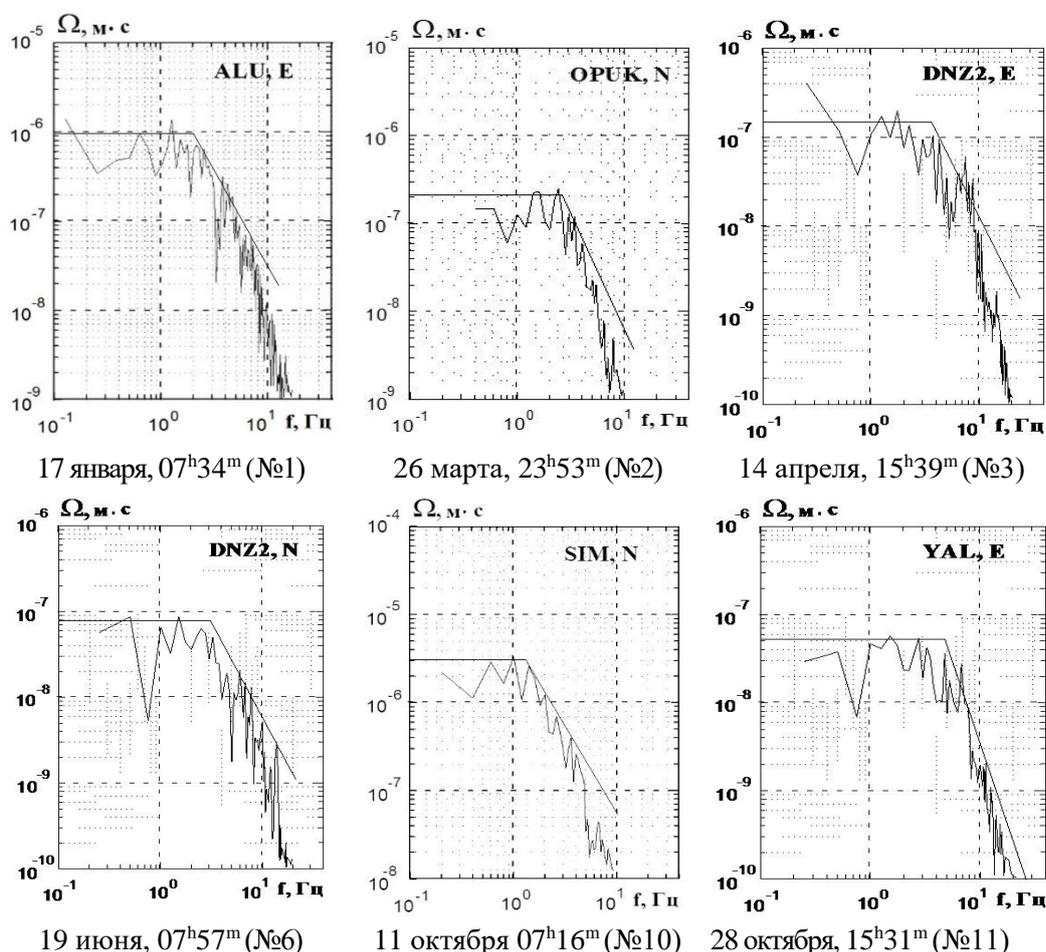


Рис. 3. Примеры амплитудных спектров объемных сейсмических волн землетрясений Крыма 2024 г. и их аппроксимация (прямые линии) в рамках теоретической модели ω^{-2} .

Составлено авторами.

Как видно из рис. 3 амплитудные спектры землетрясений 2024 года уверенно аппроксимированы параметрами теоретической модели (ω^{-2}): спектральной плотностью $\Omega_0(x, f)$ при $f \rightarrow 0$, угловой частотой f_0 (ω_0) и углом наклона $\gamma \sim -2$, в соответствие с которой спектральная плотность Ω_0 пропорциональна скалярному

сейсмическому моменту M_0 , а угловая частота f_0 прямо связана с размером радиуса круговой дислокации r_0 :

$$M_0 = \Omega_0 (4\pi\rho \cdot V^3) / R_{0\phi} \cdot G(\Delta, h) \cdot C(\omega) \cdot Sm(f)$$

$$r_0 = 2.34 \frac{V_p}{2\pi f_0}$$

где V — скорость распространения объемной волны; ρ — плотность пород в окрестности очага, $G(\Delta, h)$ — поправка за геометрическое расхождение; $C(\omega)$ — частотная характеристика среды под станцией регистрации, $Sm(f)$ — поправка за неупругое затухание в мантии, $R_{0\phi}$ — направленность излучения из очага на станцию регистрации.

Параметры моделей глубинной среды в очаговой зоне землетрясения и на пути распространения сейсмических волн очаг-станция регистрации подбирались в соответствие с пространственным расположением его гипоцентра. Поправка $R_{0\phi}$ — для землетрясений 17 января и 11 октября рассчитана из параметров механизма очагов по табл. 2, а для слабых толчков, когда невозможно решить фокальный механизм, принято среднее $R_{0\phi} = 0.4$ [10]. Для вычисления поправки $Sm(f)$ использованы данные о добротности среды Q региона [11,12].

По найденным значениям сейсмического момента M_0 и размеров разрыва r_0 рассчитаны другие динамические и энергетические параметры очагов: средние величины напряжений в очаге (сброшенное $\Delta\sigma$ и кажущееся $\eta\sigma$), $\Delta\sigma_r$ — радиационное трение, ε — деформация сдвига в окрестности очага, \bar{u} — средняя подвижка по разрыву, E_U — энергия образования дислокации в очаге, моментная магнитуда M_w по формулам из работ [13, 14, 15, 16], которые приведены в [17].

Дополнительно также проведена оценка доли полной очаговой энергии, затраченной на деформацию среды в очаговых зонах землетрясений (M_0), которая перешла в сейсмические колебания ($E_s=10^{K_n}$) и израсходована на дислокацию в очаге (E_U), т.е. приведенной сейсмической и дислокационной энергии e и d по соотношениям:

$$e = E_s / M_0 \cdot 10^{13},$$

$$d = E_U \cdot 10^8 / M_0 \cdot 10^{13}$$

где $E_s=10^{K_n}$ в Дж, M_0 в Н·м

РЕЗУЛЬТАТЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОЧАГОВЫХ ПАРАМЕТРОВ

Кинематические параметры очагов землетрясений. Результаты решения механизмов очагов в рамках двойного диполя (double Couple) и методом тензора сейсмического момента (ТСМ) приведены в таблице 2, а их стереограммы, представленные в нижней полусфере — на рис. 4.

Землетрясение 17 января произошло в обстановке растягивающих напряжений близмеридионального направления. Тип подвижки в очаге — вертикальный сброс ($DP=81^\circ$) вдоль нодальной плоскости $NP1$ широтного простирания ($STK=275^\circ$). Другая плоскость $NP2$ ориентирована диагонально ($STK=145^\circ$) с пологим падением к юго-западу ($DP=14^\circ$).

Таблица 2.

Параметры механизма очагов землетрясений Крыма в 2024 г.

Дата г м д	t_0 , ч мин с	h , км	M_w	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
				T		N		P		$NP1$			$NP2$		
				PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$
2024.01.17	07 34 02.5	36	4.0	35	14	10	276	53	172	275	81	-101	145	14	-41
2024.10.11	07 16 39.4	9	4.9	60	98	30	278	0	8	252	52	51	125	52	129
2024.10.11 ¹	07 16 44.9	17	5.0	83	242	6	39	3	130	34	48	82	226	43	99
2024.10.11 ²	07 16 39.4	10	4.8	85	142	1	40	5	310	39	40	88	221	50	91
2024.10.11 ³	07 16 49.5	11	4.8	89	318	0	215	1	125	35	46	90	215	44	90

Примечание: индексы ¹⁻³ — решения тензора сейсмического момента (TCM) центраида, по данным сейсмологических агентств [2]: 1— GCMT, 2— Norsar, 3— NEIS, соответственно.

Составлено авторами.

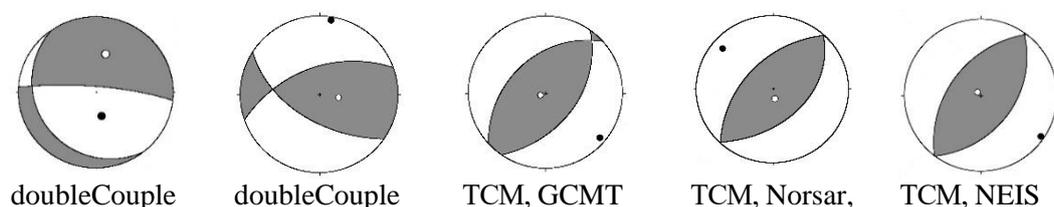


Рис. 4. Диаграммы механизма очагов землетрясений по данным P -волн (doubleCouple) и тензора сейсмического момента (TCM), соответственно.

Составлено авторами.

Землетрясение 11 октября возникло под действием горизонтальных сил сжатия меридиональной ориентации (север-юг) со взбросо-сдвиговым типом подвижки в очаге по равновероятным наклонным ($DP=52^\circ$) плоскостям разрыва близдиагонального направления ($STK=252^\circ$ и 125°). Решения фокального механизма очага этого землетрясения, выполненные также по методу тензора сейсмического момента (TCM) центраида в трех агентствах [2] (табл. 3, рис. 4), близки между собой и представлены также взбросовым типом подвижки в очаге, как и полученным нами в рамках doubleCouple по знакам первых вступлений продольных волн (рис. 4). Напомним, что в рамках двойного диполя определяется механизм начала вспарывания, а по TCM — процесса максимального разрушения в очаговой зоне.

Несмотря на однотипность поля напряжений, под действием которого возникло землетрясение и происходило дальнейшее вспарывание разрыва, их фокальные механизмы имели отличительные особенности. Так, если в момент возникновения землетрясения в очаге произошел взбросо-сдвиг с преобладанием взброса над сдвигом (косой взброс с правосторонней компонентой смещения), то в момент максимального разрушения среды — чистый взброс с изменением направления первичного меридионального поля сжимающих напряжений на диагональное.

Эти изменения могут быть связаны как с возможными допустимыми погрешностями в решениях фокального механизма разными методами с различным набором исходных данных, так и с реальной трансформацией полей напряжений в процессе сложного процесса вспарывания разрывов в неоднородной геологической среде. Второе предположение более правдоподобно, поскольку метод ТСМ по расчетам в различных агентствах показал близкий результат, а решение в рамках двойного диполя выполнено по представительной выборке данных с широким азимутальным окружением источника излучения сейсмических волн. Надежность решения фокального механизма по первым вступлениям *P*- волн подтверждается также тем фактом, что на стереограмме механизма очага сейсмостанции Крыма оказались расположенными вблизи нодальных плоскостей (рис. 5а), вдоль которых излучение продольных волн минимальное, а поперечных — максимальное. Это, соответственно, отразилось на волновых формах землетрясения: очень слабые колебания продольных волн и во много раз превосходящие — поперечных (см. примеры на рис. 2 и 5б).

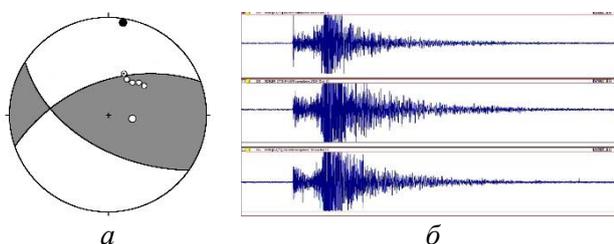


Рис. 5. Положение сейсмостанций Крыма (светлые мелкие кружки) на стереографической проекции механизма очага 11.10.2024 г. (а) и соответствующая сейсмограмма на станции «Судак» (б).

На четырех станциях: ALU, YAL, SUDU, SEV произошел «зашкал» (выход амплитуд за пределы динамического диапазона записи—пример на рис.5б) максимальных амплитуд *S*- волн (табл. 3), а отношения амплитуд $a=As/Ap$ для других станций в несколько раз превысили среднее региональное значение $As/Ap=4$ [18].

Таблица 3.

Отношения амплитуд продольных *P*-волн и поперечных *S*-волн ($a = As/Ap$) записей землетрясений 2024 г. 17 января и 11 ноября на станциях Крыма

Дата	ALU		SIM		SUDU		YAL		DNZ		SEV	
	<i>a</i>	AZ	<i>a</i>	AZ								
17.01	14	42	4.3	25	1.3	48	3	42	6.3	354	1.0	15
11.10	↑ s	45	13.0	38	↑ s	47	↑ s	45	7.8	24	↑ s	39

Примечание: ↑ s — «зашкал» максимальных колебаний записи поперечных волн.

Составлено авторами.

В связи с этим для расчета амплитудных спектров и оценки динамических параметров очагов стало возможным использовать по этим станциям только записи продольных волн (табл. 4). Для другого землетрясения 17 января подобная ситуация не наблюдалась и расчет динамических параметров выполнен по всем составляющим записи (табл. 4).

Динамические параметры очагов. Для большинства землетрясений динамические

параметры очагов рассчитаны по нескольким независимым стационарным определениям и разным типам волн. Вычисление их средних значений (S) и стандартных отклонений (δS) выполнено с учетом логнормального закона распределения величин [10]. Стационарные параметры радиационного трения $\Delta\sigma$, получились отрицательными или знакопеременными, в связи с этим их среднее значение вычислено по среднегеометрическим для данного очага напряжениям $\Delta\sigma$ и $\eta\sigma$. Среднее значение моментной магнитуды M_w определено как среднее арифметическое (M_w^*) с соответствующей погрешностью. Результаты расчета индивидуальных и средних значений динамических параметров очагов приведены в таблице 4.

Как видно из табл. 4 наименьшие стандартные отклонения δS получены для динамических параметров, оцененных по группе независимых стационарных определений. Использование для расчетов нескольких станций и разных типов волн позволяет нивелировать влияние локальных грунтовых условий под станциями регистрации и на пути очаг-станция, а также неравномерность направленности излучения сейсмических волн.

Таблица 4.
Спектральные и динамические параметры очагов землетрясений Крыма за 2024 год

Станция	Волна	Составляющая	Δ , км	$\Omega_0 \cdot 10^{-6}$, м·с	$\Sigma\Omega_0 \cdot 10^{-6}$, м·с	f_0 , Гц	$M_0 \cdot 10^{13}$, Н·м	r_0 , км	$\Delta\sigma \cdot 10^5$, Па	$\varepsilon \cdot 10^{-6}$	$\bar{y} \cdot 10^{-2}$, м	$\eta\sigma \cdot 10^5$, Па	$\Delta\sigma_r \cdot 10^5$, Па	$E_0 \cdot 10^8$, Дж	M_w^*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Землетрясение 17 января, $t_0=07^h34^m 02.5^s$ (№ 1 в табл. 1)															
YAL	P	Z	85	0.15		2.95	120	0.83	9.04	30.1	1.83	5.63	-1.1	180	3.99
YAL	S	N+E	85		1.35	1.85	123	0.76	12	40.1	2.23	5.45	0.57	247	4.0
ALU	P	Z	114	0.1		3.0	110	0.82	8.75	29.2	1.74	6.11	-1.76	160	3.96
ALU	S	N+E	114		1.7	1.6	140	0.88	8.87	29.6	1.9	4.79	-0.36	207	4.03
SIM	P	Z	126	0.07		3.1	92.8	0.79	8.14	27.1	1.57	7.24	-3.17	126	3.92
SIM	S	N+E	126		2.4	1.55	152	0.91	8.72	29.1	1.93	4.43	-0.06	221	4.06
DNZ2	P	Z	163	0.22		2.9	140	0.85	10.0	33.5	2.06	4.81	0.21	234	4.03
DNZ2	S	N+E	163		5.0	1.6	192	0.84	14.3	47.5	2.9	3.5	3.6	455	4.13
S - среднее значение							131	0.83	9.8	32.7	2	5.14	-0.24	214	4.0
δS - стандартное отклонение							0.03	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03		0.06	0.04
Землетрясение 26 марта, $t_0=23^h53^m 12.7^s$ (№ 2 в табл. 1)															
YAL	P	Z	277	0.016		4.2	18	0.59	3.92	13.1	0.56	3.33	-1.37	11.8	3.44
YAL	S	N+E	227		0.09	2.85	19.3	0.5	6.89	23	0.83	3.1	0.35	22.2	3.46
OPUK	S	N+E	79		0.3	2.6	19.5	0.54	5.29	17.6	0.7	3.07	-0.4	17.2	3.46

ОЧАГОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА 2024 ГОДА

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SUDU	S	N+E	161		0.15	2.8	21.0	0.51	7.12	23.7	0.87	2.85	0.71	24.9	3.48
S - среднее значение							19.42	0.53	5.65	18.8	0.73	3.1	-0.28	18.3	3.46
δS - стандартное отклонение							0.014	0.016	0.06	0.06	0.04	0.014		0.07	0.01
Землетрясение 14 апреля, $t_0=15^h 39^m 46.2^s$ (№ 3 в табл. 1)															
DNZ2	P	Z	118	0.02		4.5	8.22	0.52	2.6	8.66	0.33	2.6	-1.29	3.56	3.21
DNZ2	S	N+E	118		0.3	2.8	14.1	0.48	5.72	19.1	0.66	1.48	1.38	13.7	3.38
S - среднее значение							10.77	0.5	3.86	12.7	0.47	1.96	-0.03	6.98	3.3
δS - стандартное отклонение							0.12	0.02	0.17	0.17	0.15	0.12		0.29	0.09
Землетрясение 21 мая, $t_0=19^h 49^m 40.0^s$ (№ 4 в табл. 1)															
YAL	S	N+E	101		0.015	5.0	1.24	0.27	2.82	9.38	0.18	6.07	-4.67	0.6	2.67
Землетрясение 30 мая, $t_0=20^h 50^m 42.2^s$ (№ 5 в табл. 1)															
DNZ2	S	N+E	33		0.01	7.0	0.26	0.2	1.4	4.23	0.06	1.98	-1.28	0.06	2.22
Землетрясение 19 июня, $t_0=07^h 57^m 23.5^s$ (№ 6 в табл. 1)															
SUDU	P	Z	153	0.018		4.8	8.46	0.47	3.67	12.2	0.41	3.54	-1.71	5.18	3.22
SUDU	S	N+E	153		0.06	3.1	6.16	0.41	3.96	13.2	0.39	4.87	-2.89	4.06	3.13
DNZ2	P	Z	158	0.018		4.8	8.71	0.47	3.78	12.6	0.43	3.45	-1.56	5.48	3.23
DNZ2	S	N+E	158		0.14	3.0	9.24	0.42	5.38	17.9	0.55	3.25	-0.56	8.28	3.25
S - среднее значение							8.05	0.44	4.15	13.8	0.44	3.73	-1.66	5.56	3.21
δS - стандартное отклонение							0.04	0.016	0.04	0.04	0.03	0.04		0.06	0.04
Землетрясение 2 июля, $t_0=22^h 52^m 24.0^s$ (№ 7 в табл. 1)															
YAL	P	Z	33	0.009		8.5	0.76	0.27	1.62	5.39	0.1	1.25	-0.43	0.2	2.52
YAL	S	N+E	33		0.023	5.5	0.37	0.24	1.12	3.73	0.07	2.56	-2.0	0.07	2.32
ALU	S	N+E	33		0.032	5.3	0.52	0.25	1.39	4.64	0.09	1.84	-1.14	0.12	2.41
S - среднее значение							0.53	0.25	1.36	4.54	0.09	1.8	-1.12	0.12	2.42
δS - стандартное отклонение							0.09	0.01	0.05	0.05	0.05	0.09		0.13	0.07
Землетрясение 13 июля, $t_0=03^h 22^m 20.0^s$ (№ 8 в табл. 1)															
OPUK	S	N+E	71		0.14	3.2	3.48	0.37	2.95	9.82	0.27	0.5	0.93	1.71	2.96
Землетрясение 1 сентября, $t_0=20^h 50^m 57.9^s$ (№ 9 в табл. 1)															
OPUK	P	Z	54	0.01		4.4	5.2	0.51	1.77	5.88	0.21	16.0	-15.1	1.55	3.09
OPUK	S	N+E	54		0.15	2.5	4.64	0.51	1.56	5.2	0.19	18.2	-17.5	1.21	3.05
SUDU	P	Z	125	0.008		4.8	4.10	0.47	1.78	5.93	0.2	20.6	-19.7	1.22	3.01
SUDU	S	N+E	125		0.13	3.0	11.1	0.42	6.47	21.6	0.66	7.60	-4.36	12.0	3.3
YAL	P	Z	191	0.005		4.6	7.01	0.49	8.92	3.77	0.35	12.1	-10.7	3.13	3.17
YAL	S	N+E	191		0.12	3.0	15.3	0.42	8.91	29.7	0.91	5.52	-1.07	22.7	3.39
SIM	P	Z	195	0.012		4.2	8.56	0.53	2.49	8.29	0.32	9.88	-8.63	3.55	3.22
SIM	S	N+E	195		0.03	3.0	4.23	0.42	2.46	8.21	0.25	20.0	-18.7	1.74	3.02
DNZ2	P	Z	274	0.009		4.3	9.07	0.52	2.83	9.42	0.36	9.32	-7.9	4.27	3.24
DNZ2	S	N+E	274		0.06	2.6	11.0	0.49	4.17	13.9	0.49	7.69	-5.6	7.64	3.3
S - среднее значение							7.29	0.48	3.36	9.1	0.34	11.57	-9.89	3.63	3.2
δS - стандартное отклонение							0.06	0.013	0.09	0.09	0.07	0.06		0.14	0.12

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Землетрясение 11 октября, $t_0=07^h 16^m 39.4^s$ (№ 10 в табл. 1)																
YAL	P	Z	303	0.1		2.8	3620	0.83	200	665	40.2	22.8	76.9	87100	4.88	
DNZ2	P	Z	340	0.2		2.8	2600	0.83	198	661	40.0	23	76.1	86000	4.88	
DNZ2	S	N+E	340		8.0	1.6	2790	0.84	207	691	42.1	21.5	82.1	96300	4.90	
SUDU	P	Z	382	0.3		2.85	3160	0.82	254	846	50.3	18.9	109	134000	4.94	
SIM	P	Z	338	0.2		2.9	3020	0.80	255	851	49.7	19.8	108	128000	4.92	
SIM	S	N+E	338		5.0	1.55	2840	0.86	192	639	40.2	21.1	74.8	90700	4.91	
ALU	S	N+E	332		4.8	1.7	3010	0.79	269	896	51.4	19.9	115	135000	4.92	
S - среднее значение								2991	0.82	223	743	45	21	91	106114	4.91
δS - стандартное отклонение								0.017	0.005	0.02	0.02	0.02	0.01		0.03	0.02
Землетрясение 28 октября, $t_0=15^h 31^m 49.0^s$ (№ 11 в табл. 1)																
YAL	S	N+E	23		0.06	5.1	0.65	0.26	1.57	5.2	0.1	2.9	-2.1	0.17	2.48	
ALU	P	Z	16	0.015		8.6	0.68	0.27	1.51	5.03	0.1	2.77	-2.02	0.17	2.49	
ALU	S	N+E	16		0.1	4.9	0.87	0.27	1.86	6.2	0.12	2.17	-1.24	0.27	2.56	
S - среднее значение								0.73	0.27	1.64	5.45	0.11	2.6	-1.78	0.2	2.51
δS - стандартное отклонение								0.04	0.005	0.028	0.03	0.03	0.04		0.07	0.03
Землетрясение 28 октября, $t_0=15^h 41^m 25.4^s$ (№ 12 в табл. 1)																
YAL	P	Z	23	0.01		8.2	0.7	0.27	1.49	4.98	0.1	5.47	-4.72	0.17	2.5	
YAL	S	N+E	23		0.08	5.0	1.01	0.25	2.71	9.03	0.17	3.75	-2.4	0.45	2.61	
ALU	P	Z	16	0.012		8.0	0.51	0.28	1.03	3.42	0.07	7.4	-6.88	0.09	2.41	
ALU	S	N+E	16		0.3	4.9	2.09	0.26	5.3	17.7	0.33	1.81	0.84	1.85	2.82	
S - среднее значение								0.93	0.26	2.17	7.22	0.14	4.1	-3	0.34	2.59
δS - стандартное отклонение								0.13	0.01	0.16	0.16	0.15	0.13		0.29	0.13
Примечание: $\Sigma\Omega_0 \cdot 10^{-6}$, м·с – спектральная плотность по полному вектору колебаний поперечной волны (N+E)																

Наилучшая сходимость всех станционных определений (табл. 4) получена для землетрясений 17 января и 11 ноября с минимальными стандартными отклонениями $\delta S \leq 0.03$ для всех динамических параметров. В этом случае основной вклад в минимизацию погрешностей был внесен учетом реальной поправки за направленность очагового излучения объемных волн на сейсмические станции ($R_{0\phi}$), рассчитанной по параметрам механизма очага (табл. 2). Для трех относительно слабых сейсмических толчков (№ 4, 5, 8) с энергетическим классом $K_{II} = 6.4 - 8.3$ динамические параметры определены по спектрам записей только S - волн на одной из ближайших к очагу станции. При этом полученные значения очаговых параметров относятся не к средним, а станционным, дополняющим статистические данные по станции «Ялта» и новым автономным станциям «Донузлав» и «Опук». Радиационное трение $\Delta\sigma_r$ для изученных землетрясений 2024 г., кроме наиболее сильного 11 октября, имело отрицательное значение, что в соответствии с [14] может быть связано со сложным процессом вспарывания разрыва в очаге за счет неравномерного распределения прочностных свойств глубинной среды в очаговых зонах.

Наибольшие значения всех динамических параметров получены для землетрясения 11 октября с $K_{\Pi} = 12.9$, а наименьшие – для самого слабого сейсмического события 30 мая с $K_{\Pi} = 6.4$, как и следует из установленных зависимостей роста количественных значений динамических параметров очагов от энергетического уровня землетрясений за предыдущий длительный период наблюдений [19,20] (рис. 6).

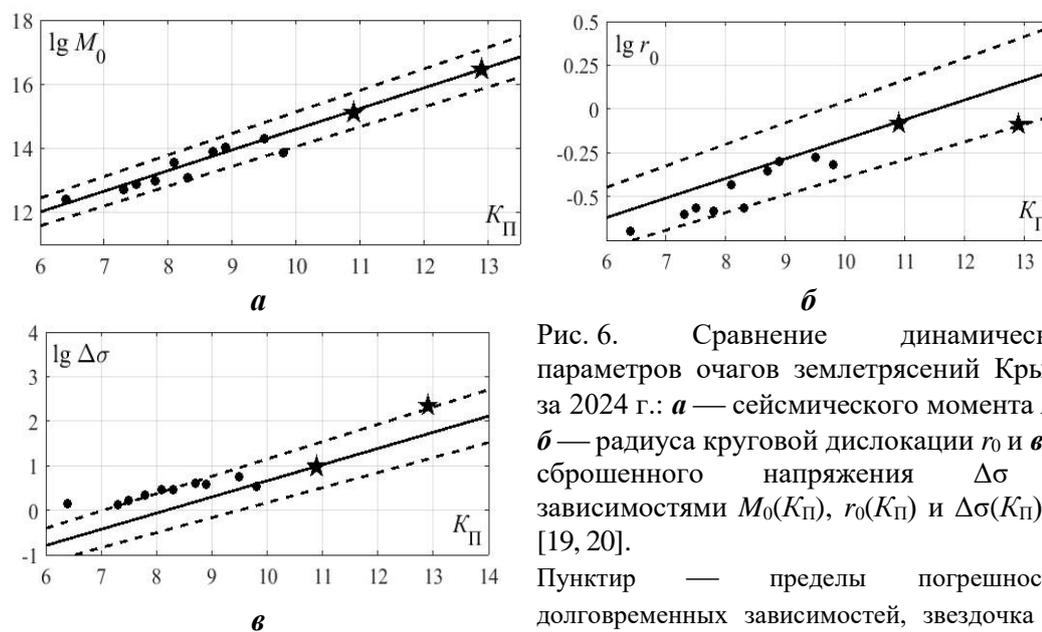


Рис. 6. Сравнение динамических параметров очагов землетрясений Крыма за 2024 г.: **а** — сейсмического момента M_0 , **б** — радиуса круговой дислокации r_0 и **в** — сброшенного напряжения $\Delta\sigma$ с зависимостями $M_0(K_{\Pi})$, $r_0(K_{\Pi})$ и $\Delta\sigma(K_{\Pi})$ из [19, 20].

Пунктир — пределы погрешностей долговременных зависимостей, звездочка — значения для землетрясения с известным механизмом очага.

Из сравнения (рис. 6) видно, что средние значения основных очаговых параметров: M_0 , r_0 и $\Delta\sigma$ землетрясений за 2024 г. соответствуют долговременным корреляционным связям $M_0(K_{\Pi})$, $r_0(K_{\Pi})$ и $\Delta\sigma(K_{\Pi})$ и находятся в диапазоне их доверительного интервала. Для землетрясений 17.01. и 11.10. для которых в расчет сейсмического момента введена реальная поправка $R_{0ф}$, получено практически полное соответствие значений M_0 средним долговременным $M_0(K_{\Pi})$. Можно также отметить, что если значения M_0 (рис. 6а) за 2024 г равномерно распределены относительно $M_0(K_{\Pi})$, то радиусы дислокации r_0 (рис. 6б) в основном оказались ниже аппроксимирующей $r_0(K_{\Pi})$, а сброшенные напряжения – выше $\Delta\sigma(K_{\Pi})$.

Поскольку параметры очагов большинства землетрясений 2024 г. относятся к достаточно надежным, то их вариации внутри интервала погрешностей $M_0(K_{\Pi})$, $r_0(K_{\Pi})$ и $\Delta\sigma(K_{\Pi})$ можно объяснить особенностями свойств глубинной среды, вмещающей очаги и индивидуальными свойствами физических процессов снятия напряжений. Так дислокация в очаге землетрясения 11.10.2024 г. произошла на сравнительно малой площади разрыва с заниженным радиусом r_0 (рис. 6б) при повышенном сброшенном напряжении $\Delta\sigma$ (рис. 6в). Для этого землетрясения получены также завышенные для данного энергетического уровня значения

величины подвижки по разрыву \bar{u} , деформации сдвига ε в окрестности очага, а также энергии образования дислокации в очаге E_d (табл. 4).

Соответственно доля полной энергии деформации среды (M_0), потраченной на дислокацию в очаге (d) этого землетрясения, превысила долю сейсмической энергии e , излученной в виде сейсмических колебаний (табл. 5) почти в полтора раза ($e/d = 0.75$). Для большинства остальных землетрясений соотношение дислокационной и сейсмической энергии было обратным, т.е. большая часть общей очаговой энергии перешла в сейсмические колебания по сравнению с той, что пришлось на дислокационный процесс: $e/d = 1.6 - 17.3$ (табл. 5).

Таблица 5.

Приведенная сейсмическая и дислокационная энергия землетрясений Крыма
2024 года

Дата δ м	K_{II}	$E_s \cdot 10^8$, Дж	$M_0 \cdot 10^{13}$, Н·м	$E_d \cdot 10^8$, Дж	$e \cdot 10^{-5}$	$d \cdot 10^{-5}$	e/d
17.01	10.9	794	131	214	6.1	1.6	3.8
26.03	9.5	31.6	19.47	18.3	1.6	0.9	1.8
14.04	8.9	31.6	10.77	6.28	2.9	0.58	5.0
21.05	8.3	2.0	1.24	0.6	1.6	0.48	3.3
30.05	6.4	0.025	0.26	0.06	0.10	0.23	0.4
19.06	8.7	5.01	8.05	5.56	0.6	0.7	0.9
02.07	7.3	0.2	0.53	0.12	0.37	0.23	1.6
13.07	8.1	1.25	3.48	1.73	0.36	0.5	0.7
01.09	9.8	63.1	7.29	3.63	8.65	0.5	17.3
11.10	12.9	79432	2991	106114	26.5	35.5	0.75
28.10	7.5	0.31	0.73	0.2	0.42	0.27	1.6
28.10	7.8	0.63	0.93	0.34	0.7	0.36	1.9

В целом в изученных землетрясениях региона за 2024 год приведенная сейсмическая энергия e находилась в пределах $e = 0.1 \cdot 10^{-5} - 26.5 \cdot 10^{-5}$, в зависимости от энергетического масштаба событий. При таком диапазоне e по классификации из работы [21] рассмотренные землетрясения относятся к «нормальным».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получены новые экспериментальные данные об очаговых параметрах 12 землетрясений Крымско-Черноморского региона в диапазоне энергетических классов $K_{II} = 6.4 - 12.9$, зарегистрированных сетью цифровых сейсмических станций Крыма в 2024 году.

С использованием волновых форм объемных сейсмических волн и рассчитанных по ним амплитудных спектров восстановлены динамические и энергетические характеристики очагов землетрясений: M_0 — скалярный сейсмический момент, r_0 — радиус круговой дислокации, $\Delta\sigma$ — сброшенное напряжение, $\eta\sigma$ — кажущееся напряжение, $\Delta\sigma_r$ — радиационное трение, ε — деформация сдвига в окрестности очага, \bar{u} — средняя подвижка по разрыву, E_d — энергия образования дислокации в очаге, магнитуда M_w по сейсмическому моменту. Новые данные за 2024 г.

соответствуют средним долговременным параметрам и их зависимостям от энергетического уровня землетрясений в пределах доверительного интервала определяемых величин.

Для двух наиболее сильных землетрясений 17 января с $M_w = 4.0$ и 11 ноября с $M_w = 4.9$ получены кинематические параметры очагов по решениям фокальных механизмов. Тип подвижки в очаге землетрясения 17 января, произошедшего в зоне сопряжения Южнобережного и Одесско-Синопского глубинных разломов – крутой сброс активного крыла разрыва под действием растягивающих напряжений близ меридионального направления.

Землетрясение 11 октября юго-западной части Черноморской впадины возникло в обстановке горизонтального сжатия также меридионального направления. В очаге произошел взбросо-сдвиг с преобладанием взброса над сдвигом. В момент максимального разрушения среды в очаговой зоне направление первичного поля сжимающих напряжений сменилось на диагональное без изменения кинематического типа движения. Возможно, такая инверсия связана с многоактностью разрыва в очаге.

Доля полной очаговой энергии (M_0), излученной в виде сейсмических колебаний E_s (приведенная сейсмическая энергия e) при всех землетрясениях 2024 г. составила $e = 0.6 \cdot 10^{-5} - 26.5 \cdot 10^{-5}$, при среднем значении $e = 4.2 \cdot 10^{-5}$, что, следуя классификации по работе [21], соответствует категории «нормальных» сейсмических событий. При этом в большинстве случаев очаговая энергия, которая перешла в сейсмические колебания превосходила энергию образования дислокации в очаге в среднем в 3 раза.

Список литературы

1. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е. Об энергетической оценке землетрясений Крымско-Черноморского региона // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. М.: ИФЗ АН СССР, 1974. Том 2. С. 113–125.
2. International Seismological Centre [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/> (дата обращения: 01.02.2024).
3. Пустовитенко Б. Г., Эреджепов Э.Э. Очаговые параметры землетрясений Крымско-Черноморского региона за 2016 год // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология, Том 3(69), № 4, 2017. С. 51–69.
4. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Борисенко Л.С., Поречнова Е.И. Общее сейсмическое районирование территории Крыма (ОСР-98) // Геофизический журнал. 1999. N 6. С. 3–15.
5. Балакина Л.А., Введенская А.В., Голубева Н.В., Мишарина Л.А., Широкова Е.И. Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений. М.: Наука, 1972. 198 с.
6. Введенская А.В. Исследования напряжений и разрывов в очагах землетрясений при помощи теории дислокаций. М.: Наука, 1969. 136 с.
7. Кульчицкий В.Е. Новые годографы сейсмических волн Крымско-Черноморского региона // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. 2018. Том 4(70). № 4. С. 164–173.
8. Kennet, B.L.N. Seismological Tables: ak 135. Research School of earth Sciences Australian national University. Australia, Canberra, АСТ0200, 2005. 80 p.
9. Brune J.N. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes // Journal of Geophysical Research, 1970. V. 75, N 26. P. 4997–5009.
10. Пустовитенко Б.Г., Пантелеева Т.А. Спектральные и очаговые параметры землетрясений Крыма – Киев: Наукова думка, 1990. 251 с.
11. Пустовитенко Б.Г., Раутиан Т.Г. Применение сейсмической коды к исследованию затухания сейсмических волн в Крымском регионе // Геофизический сборник. 1977. Вып. 78. С. 3–14.

12. Пустовитенко Б.Г., Свидлова В.А. Энергетическая классификация местных землетрясений Крыма по записям сейсмической коды на сейсмостанции «Судак» // Сейсмологический бюллетень Украины за 1998 г. Симферополь: ИГ НАНУ, КЭС. 2000. С. 81–90.
13. Аптекман Ж.Я., Белавина Ю.Ф., Захарова А.И., Зобин В.М., Коган С.Я., Корчагина О.А., Москвина А.Г., Поликарпова Л.А., Чепкунас Л.С. Спектры Р-волн в задаче определения динамических параметров очагов землетрясений. Переход от стационарного спектра к очаговому и расчет динамических параметров очага // Вулканология и сейсмология. 1989. № 2. С. 66–79.
14. Костров Б.В. Механика очага тектонического землетрясения. М.: Наука, 1975. 179 с.
15. Hanks Т.С., Kanamori Н. А moment magnitude scale // Journal of Geophysical Research. 1979. V. 84, N B5. P. 2348–2350.
16. Кейлис-Борок В.И. Исследование источников, приближенно эквивалентных очагам землетрясений // Труды Геофизического Института АН СССР. 1959. № 9 (136). С. 20–42.
17. Пустовитенко Б.Г., Эреджепов Э.Э., Бондарь М.Н. Особенности очаговых параметров землетрясений Крыма 2023 года // Ученые записки Крымского Федерального Университета им В.И. Вернадского. География. Геология. 2024. Том 10 (76). №4. С.130–151.
18. Пустовитенко Б.Г., Лущик А.В., Боборыкина О.А, Кульчицкий В.Е., Можжерина А.В., Насонкин В.А., Панков Ф.Н., Поречнова Е.И., Пустовитенко А.А, Тихоненков Э.П., Швырло Н.И. Мониторинг сейсмических процессов в Крымско-Черноморском регионе. Севастополь: НПЦ ЭКОСИ "Гидрофизика", 2014. 264 с.
19. Пустовитенко Б.Г., Пустовитенко А.А., Капитанова С.А., Поречнова Е.И. Пространственные особенности очаговых параметров землетрясений Крыма // Сейсмичность Северной Евразии. Обнинск: ГС РАН, 2008. С. 238–242.
20. Пустовитенко Б.Г., Эреджепов Э.Э. Изучение напряжений и деформации в очаговых зонах землетрясений Крыма по спектрам записей сейсмических волн // Современная тектонофизика. Методы и результаты, 2019. С. 193–198.
21. Кочарян Г.Г. Геомеханика разломов. М: ГЕОС, 2016. 424 с.

FOCAL EARTHQUAKE PARAMETERS OF CRIMEA IN 2024

Pustovitenko B. G.¹, Eredzhepov E. E.², Bondar M. N.³

^{1,2,3}Crimean Republican Center for Seismic and Landslide Hazard Assessment, Technical Inspection of Construction Facilities, Simferopol, Russian Federation

³Institute of seismology and geodynamics FSAEI HE «Of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University», Simferopol, Russian Federation

E-mail: ¹bpustovitenko@mail.ru

New results of studying and analyzing the spectral, kinematic, dynamic, and energy characteristics of earthquake foci in the Crimean-Black Sea region based on seismic monitoring data from a network of Crimean stations in 2024 are presented. The kinematic focal parameters were restored for the two strongest earthquakes on January 17 with $M_w=3.8$ and on October 11 with $M_w=4.9$ according to the data of the focal mechanism solution within the dislocation model of a double dipole.

The type of movement in the earthquake on January 17, which occurred in the intersection zone of the Yuzhnoberezhny and Odessa-Sinop deep faults, is a steep discharge under the influence of tensile stresses.

The earthquake on October 11 occurred in the southwestern part of the Black Sea basin in an environment of horizontal compression. A surge occurred in the hearth, with a predominance of surge over shear. According to the seismic moment tensor method, the direction of the primary field of compressive stresses changed to a diagonal one without changing the kinematic type of motion.

The spectral, dynamic, and energy parameters of the foci (f_0 , M_0 , r_0 , $\Delta\sigma$, ε , $\eta\sigma$, $\Delta\sigma_r$, \bar{u} , Eu и Mw) were studied for 12 earthquakes using the amplitude spectra of volumetric seismic waves using the theoretical Brun dislocation model (ω -2). The new data for 2024 correspond to the long-term average parameters and their dependencies on the energy level of earthquakes within the confidence interval of the determined values. During most earthquakes in 2024, the proportion of total focal energy radiated in the form of seismic vibrations exceeded the energy of dislocation formation in the focus by an average of 3 times.

Keywords: source mechanism, amplitude spectrum, the Brune model, power spectral density, angular frequency, source dynamic parameters, reduced seismic energy.

References

1. Pustovitenko B.G., Kul'chickij V.E. Ob energeticheskoy ocenke zemletryasenij Krymsko-Chernomorskogo regiona (On the energy assessment of earthquakes in the Crimean-Black Sea region). Magnituda i energeticheskaya klassifikaciya zemletryasenij. M.: IFZ AN SSSR, 1974, V. 2, pp. 113–125 (in Russian).
2. International Seismological Centre [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/> (data obrashcheniya: 01.02.2024).
3. Pustovitenko B.G., Jeredzhepov E.E. Ochagovye parametry zemletryasenij Krymsko-Chernomorskogo regiona 2016 goda (Focal parameters of 2016 Crimean-Black Sea region earthquakes). Uchenye zapiski Krymskogo Federal'nogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Geografija. Geologija. 2017. 3(69). No 4. pp. 51–69 (in Russian).
4. Pustovitenko B. G., Kul'chickij V. E., Borisenko L. S., Porechnova E. I. Obshhee sejsmicheskoe rajonirovanie territorii Kryma (OSR-98) (General seismic zoning of the territory of Crimea (GSZ-98)). Geofizicheskij zhurnal, 1999, no. 6, pp. 3–15 (in Russian).
5. Balakina L.A., Vvedenskaya A.V., Golubeva N.V., Misharina L.A., Shirokova E.I. Pole uprugih napryazhenij Zemli i mekhanizm ochagov zemletryasenij. (Field of elastic stresses of the Earth and the mechanism of earthquake foci). Moscow: Nauka Publ., 1972, 198 p. (in Russian).
6. Vvedenskaya A.V. Issledovaniya napryazhenij i razryvov v ochagah zemletryasenij pri pomoshchi teorii dislokacij (Study of stresses and ruptures in earthquake sources using the theory of dislocation). M.: Nauka, 1969, 136 p. (in Russian).
7. Kul'chickij V.E. Novye godografy sejsmicheskikh voln Krymsko-Chernomorskogo regiona (New travel time curves of seismic waves of the Crimean-Black Sea region). Uchenye zapiski Krymskogo Federal'nogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Geografija. Geologija, 2018, V. 4(70), no. 4, pp. 164–173 (in Russian).
8. Kennet, B.L.N. Seismological Tables: ak 135. Research School of earth Sciences Australian national University. Australia, Canberra, ACT0200, 2005. 80 p.
9. Brune J.N. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes // Journal of Geophysical Research, 1970. V. 75, N 26. P. 4997–5009.
10. Pustovitenko B.G., Panteleeva T.A. Spektral'nye i ochagovye parametry zemletryasenij Kryma (Spectral and focal parameters of Crimea earthquakes). Kiev: Naukova dumka, 1990, 251 p. (in Russian).
11. Pustovitenko B.G., Rautian T.G. Primenenie sejsmicheskoy kody k issledovaniyu zatuhaniya sejsmicheskikh voln v Krymskom regione (Application of seismic code to the study of seismic wave attenuation in the Crimean region). Geofizicheskij sbornik, 1977, no. 78, pp. 3–14 (in Russian).
12. Pustovitenko B.G., Svidlova V.A. Energeticheskaya klassifikaciya mestnyh zemletryasenij Kryma po zapisyam sejsmicheskoy kody na sejsmostancii «Sudak» (Energy classification of local earthquakes in Crimea based on seismic data from the Sudak seismic station). Sejsmologicheskij byulleten' Ukrainy za 1998 g., 2000, pp. 81–90 (in Russian).
13. Aptekman Zh.Ya., Belavina Yu.F., Zaharova A.I., Zobin V.M., Kogan S.Ya., Korchagina O.A., Moskvina A.G., Polikarpova L.A., Chepkunas L.S. Spektiry P-voln v zadache opredeleniya dinamicheskikh parametrov ochagov zemletryasenij. Perehod ot stacionnogo spektra k ochagovomu i raschet dinamicheskikh parametrov ochaga (P-wave spectra in the problem of determining the dynamic parameters of earthquake

- sources. Transition from the station spectrum to the focal spectrum and calculation of the dynamic parameters of the focal point). *Vulkanologiya i seismologiya*, 1989, no. 2, pp. 66–79 (in Russian).
14. Kostrov B.V. *Mekhanika ochaga tektonicheskogo zemletryaseniya* (The mechanics of the source of a tectonic earthquake). M.: Nauka, 1975. 179 p. (in Russian).
 15. Hanks T.C., Kanamori H. A moment magnitude scale // *Journal of Geophysical Research*. 1979. V. 84, N B5. P. 2348–2350.
 16. Kejlis-Borok V.I. *Issledovanie istochnikov, priblizhenno jekvivalentnyh ochagam zemletrjasenij* (Study of the sources, approximately equivalent to the foci of earthquakes). *Trudy Geofizicheskogo Instituta AN SSSR*. 1959. 9(136), pp. 20–42 (in Russian).
 17. Pustovitenko B.G., Eredzhepov E.E., Bondar M.N. *Osobennosti ochagovyh parametrov zemletryasenij Kryma 2023 goda* (Features of focal parameters of the 2023 Crimea earthquakes). *Uchenye zapiski Krymskogo Federal'nogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Geografija. Geologija*. 2024. 10(76). No 4. pp. 130–151 (in Russian).
 18. Pustovitenko B.G., Lushchik A.V., Boborykina O.V., Kul'chickij V.E., Mozhzherina A.V., Nasonkin V.A., Pankov F.N., Porechnova E.I., Pustovitenko A.A., Tihonenkov E.P., Shvyrlo N.I. *Monitoring seismicheskikh processov v Krymsko-Chernomorskom regione* (Monitoring of seismic processes in the Crimean Black Sea region). Sevastopol': NPC «EKOSI-Gidrofizika», 2014, 264 p. (in Russian).
 19. Pustovitenko B.G., Pustovitenko A.A., Kapitanova S.A., Porechnova E.I. *Prostranstvennye osobennosti ochagovyh parametrov zemletrjasenij Kryma* (Spatial features of focal parameters of Crimean earthquakes). *Seismichnost' Severnoj Evrazii. Obninsk, Russia: GS RAS Publ.*, 2008, pp. 238–242. (in Russian).
 20. Pustovitenko B.G., Eredzhepov E. E. *Izucheniye napryazhenij i deformacii v ochagovyh zonah zemletryasenij Kryma po spektram zapisej seismicheskikh voln* (The study of stress and strain in the source zones of earthquakes in the Crimea on the spectra of seismic wave records). *Sovremennaya tektonofizika. Metody i rezul'taty*, 2019, pp. 193–198 (in Russian).
 21. Kocharyan G.G. *Geomechanics of Faults*. M.: GEOS, 2016, 424 p.

Поступила в редакцию 30.11.2025 г.

УДК 551.24:550.34(479)

**ВЕРХНЕМАНТИЙНЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ТЕРСКО-КАСПИЙСКОГО
ПРОГИБА КРЫМСКО-КАВКАЗСКОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ПОЯСА:
ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТ**

Стогний Г. А.¹, Стогний В. В.²

*^{1,2}Геофизический институт Владикавказского научного центра РАН, Владикавказ,
Российская Федерация.*

E-mail: ²stogny_vv@mail.ru

В пределах Крымско-Кавказского сейсмического пояса верхнемантийные землетрясения с $M \leq 4$ и глубинами гипоцентров 70–150 км формируют Керченско-Таманский, Терско-Сунженский и Дербентский районы. Наиболее глубокофокусные (150–180 км) землетрясения зарегистрированы в Терско-Сунженском районе Терско-Каспийского прогиба. Проведен анализ положения эпицентров верхнемантийных землетрясений Терско-Сунженского района Терско-Каспийского прогиба в структуре магнитного и гравитационного полей и по отношению к тектоническим блокам консолидированной коры Скифской плиты. Формирование очагов глубокофокусных землетрясений предполагается в условиях мелкомасштабной конвекции мантии при локальном нарушении механического и термического равновесия и активизации флюидного потока.

Ключевые слова: Крымско-Кавказский сейсмический пояс, Терско-Сунженский район, глубокофокусные землетрясения, аномальное магнитное поле, консолидированная кора, верхняя мантия, конвекция.

ВВЕДЕНИЕ

В пределах Крымско-Кавказского сейсмического пояса верхнемантийные землетрясения с $M \leq 4$ и глубинами гипоцентров 70–150 км формируют ряд районов. К хорошо изученным районам проявления верхнемантийных землетрясений следует отнести Керченско-Таманский, Терско-Сунженский и Дербентский, отличительной чертой тектонического положения которых является концентрация эпицентров землетрясений в прогибах земной коры. Так, Керченско-Таманский район верхнемантийных землетрясений расположен в пределах одноимённого прогиба, Терско-Сунженский район — в Терско-Каспийском прогибе, Дербентский район в юго-западном сегменте Среднего Каспия (рис.1).

В рамках плитной тектоники к сейсмогенерирующим структурам верхнемантийных землетрясений Крымско-Кавказского пояса обычно относят зоны субдукции либо псевдосубдукции. Так, по [1] гипоцентры слабых ($M < 4$) землетрясений с глубиной 50–90 км Керченско-Таманского района образуют сейсмофокальную зону, погружающуюся в северном направлении примерно под углом 30° , в связи с этим предполагается субдукция Восточно-Черноморской плиты под Большой Кавказ. Модель формирования верхнемантийных землетрясений Терско-Сунженского района в условиях субдукции Закавказской плиты под Большой Кавказ рассмотрена в работах [2, 3].

С учётом распределения гипоцентров верхнемантийных землетрясений Дербентского района была предположена модель субдукции Южно-Каспийской плиты под Апшеронский порог [3]. В работе [4] показано, что эпицентры

землетрясений Керченско-Таманского района сосредоточены в основном на площади 30×50 км в пределах Фанагорийского блока консолидированной коры Восточно-Черноморской плиты, а локальный характер проявления очагов верхнемантийных землетрясений данного района в большей степени отвечает сейсмогеодинамической модели реологической неоднородности верхней мантии при ведущей роли глубинных флюидов.



Рис.1. Схема расположения районов верхнемантийных землетрясений Крымско-Кавказского сейсмического пояса. Буквами обозначены предгорные прогибы: ИКП – Индоло-Кубанский, ТКП — Терско-Каспийский. 1–3 — районы верхнемантийных землетрясений: 1 — Керченско-Таманский, 2 — Терско-Сунженский, 3 — Дербентский.

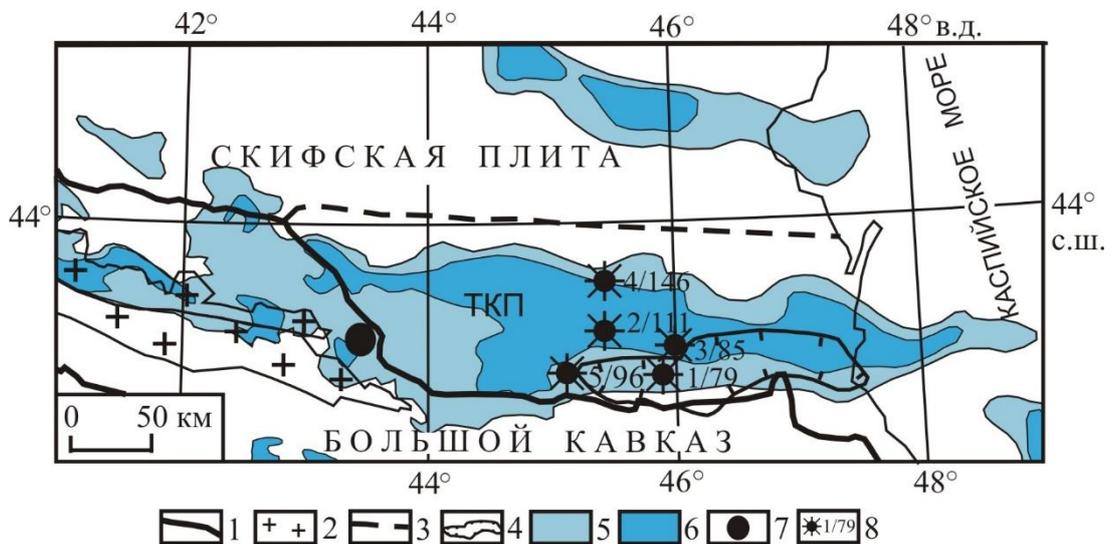
Возникновение очагов верхнемантийных землетрясений Терско-Сунженского района А.А. Годзиковская и Г.А. Рейснер [5] связывают со специфическим типом земной коры и её современным состоянием (переходом одного типа земной коры в другой). В [6] область верхнемантийных землетрясений с глубиной более 100 км Терско-Сунженского района отождествляется с «горячей точкой» — периодическим подъемом расплавленного вещества.

Цель работы — рассмотреть модель формирования очагов верхнемантийных землетрясений Терско-Сунженского района Терско-Каспийского прогиба с учётом анализа положения их эпицентров в структуре магнитного и гравитационного полей и по отношению к тектоническим блокам консолидированной коры Скифской плиты.

ВЕРХНЕМАНТИЙНЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ТЕРСКО-КАСПИЙСКОГО ПРОГИБА
КРЫМСКО-КАВКАЗСКОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ПОЯСА:
ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ

Наиболее глубокофокусные (до 180 км) землетрясения зарегистрированы в Терско-Сунженском сейсмическом районе Терско-Каспийского прогиба. Верхнемантийные землетрясения с $M=1.5-3.5$ Терско-Сунженского района формируют несколько узлов, различающихся интервалом глубин очага. По глубине очага в работе [7] выделено 5 кластеров верхнемантийных землетрясений с координатами их центроида: 1–124 сейсмических событий с глубиной центроида 79 км; 2–52 событий с глубиной центроида 111 км; 3–10 событий с глубиной центроида 85 км; 4–9 событий с глубиной центроида 146 км; 5–6 событий с глубиной центроида 96 км. С целью анализа положения эпицентров верхнемантийных землетрясений в структуре потенциальных полей охарактеризованные центроиды вынесены на схеме аномального магнитного поля Терско-Каспийского прогиба (рис. 2).



1 — граница Большого Кавказа; 2 — выходы кристаллических пород Центрального сегмента Большого Кавказа; 3 — северная граница Терско-Каспийского прогиба (ТКП); 4 — контур эпицентральной части гравитационного минимума Терско-Каспийского прогиба по [8]; 5, 6 — положительные аномалии магнитного поля по [9]; 5 — 0–100 нТл, 6 — 100–300 и более, нТл; 7 — Чегемский игнимбритовый вулканический центр; 8 — номер и глубина центроида за период 2014–2023 гг. по данным [7].

Рис. 2. Схема аномального магнитного поля и центроидов верхнемантийных землетрясений Терско-Каспийского прогиба

Осовой зоне Терско-Каспийского прогиба в плане соответствует Нальчик-Махачкалинская положительная аномалия магнитного поля интенсивностью более

300 нТл. В [10] она объясняется наличием магнетитсодержащих интрузий в зоне крупного глубинного разлома, а в [11] предполагается связь данной зоны с Северо-Кавказским офиолитовым поясом.

Природа Нальчик-Махачкалинской положительной магнитной аномалии, по нашему мнению, обусловлена суммарным эффектом нескольких факторов: тектоническим, метаморфогенным и флюидодинамическим. Тектонические процессы способствовали метаморфизму осадочных толщ и структурно-вещественных комплексов фундамента, что приводило к увеличению магнитной восприимчивости пород [12]. Вместе с тем, Терско-Каспийский прогиб — это нефтегазоносный район Северо-Кавказской провинции, поэтому не исключена ведущая роль глубинных углеводородных флюидов в увеличении магнитной восприимчивости пород. Так, согласно работе [13], магнитная восприимчивость насыщенных нефтью осадочных пород при нагревании до 350° увеличивается в 20–170 раз. Эпицентральные части магнитного максимума и гравитационного минимума Терско-Каспийского прогиба не совпадают, что может указывать на их различные аномалиеобразующие объекты (рис. 2). Контур эпицентральной части гравитационного минимума Терско-Каспийского прогиба, по-видимому, отражает его максимальную глубину — 11–12 км.

Центроиды верхнемантийных землетрясений Терско-Сунженского сейсмического района сгруппированы в средней части Нальчик-Махачкалинской положительной магнитной аномалии, при этом субдолготная линия центроидов 2 и 4 с глубинами 111–146 км пересекает магнитный максимум. В контуре гравитационного минимума Терско-Каспийского прогиба расположены центроиды 1, 3 и 5 с глубинами 79–96 км. Центроиды 2 и 4 с глубинами 111–146 км приурочены к южному склону Скифской плиты либо северному борту прогиба, а центроиды 1 и 5 в плане соответствуют северному склону Большого Кавказа.

Положение центроидов верхнемантийных землетрясений (за период 2014–2023 гг.) и эпицентров сильных землетрясений по отношению к тектоническим структурам консолидированной коры Терско-Каспийского прогиба показано на рис. 3. Схема тектонического строения консолидированной коры разработана по анализу интерпретации гравитационного поля [14].

ВЕРХНЕМАНТИЙНЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ТЕРСКО-КАСПИЙСКОГО ПРОГИБА
 КРЫМСКО-КАВКАЗСКОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ПОЯСА:
 ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТ



1 — контур мегантиклинория Большого Кавказа; 2 — выходы раннедокембрийских метаморфических пород и палеозойских гранитов Центрального сегмента; 3 — северная граница Терско-Каспийского прогиба; 4—5 — тектонические структуры консолидированной коры: 4 — Сването-Алазанский разлом, разграничивающий Скифскую и Закавказскую плиты; 5 — разломы: Ч — Черкеско-Кизлярский, В — Владикавказский, Г — Грозненский, З — Згитский, Х — Халкилойский, И — Известняковый, П — Пятигорский; 6 — эпицентры сильных ($M \geq 5.0$) землетрясений за 1900–2022 гг. по [6]; 7 — центроид верхнемантийных землетрясений и его номер по [7]. Блоки консолидированной коры: Эл — Эльбрусский, Сн — Сунженский, Вт — Верхнетерский, Сл — Сулакский, Кб — Кубачинский

Рис. 3. Положение центроидов верхнемантийных землетрясений и эпицентров сильных землетрясений на тектонической схеме консолидированной коры Скифской плиты.

Центроиды 2, 4 и 5 верхнемантийных землетрясений в плане находятся в контурах Сунженского блока консолидированной коры, а 1 и 3 расположены по линии ограничивающего его Халкилойского разлома. Сунженский блок можно отнести к северному продолжению сейсмически активного Верхнетерского блока с Барисахским землетрясением (1992 г. $M=6.2$) Большого Кавказа. Площадь центроидов верхнемантийных землетрясений Сунженского блока не превышает 60×60 км, что сопоставимо с площадью (30×50 км) Керченско-Таманского района.

В XX веке и начале XXI века на территории Терско-Каспийского прогиба произошло более 10 сильных землетрясений, в их числе: Терское (1912 г., $M=5.7$); Веденовское (1933 г., $M=5.2$), Черногорское (1976 г., $M=6.4$); Курчалойское (2008 г., $M=5.8$). Эпицентры сильных землетрясений Терско-Каспийского прогиба

приурочены главным образом к зоне, ограниченной субширотными Владикавказским и Грозненским разломами с концентрацией их в Сунженском и Сулакском блоках. В работе [7] глубокофокусные землетрясения рассмотрены как триггеры при формировании очагов сильных коровых землетрясений, также показано, что механизмы очагов мантийных землетрясений с глубинами более 70 км в основном имеют сбросовый тип движения, а коровых — взбросовый тип.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведенный анализ положения эпицентров верхнемантийных землетрясений Терско-Сунженского сейсмического района Терско-Каспийского прогиба в структуре магнитного и гравитационного полей и по отношению к тектоническим блокам консолидированной коры Скифской плиты даёт дополнительный материал к обсуждению модели их формирования.

Терско-Сунженский район верхнемантийных землетрясений расположен в пределах одноимённого района Терско-Каспийской нефтегазоносной области с крупными нефтегазовыми и нефтяными месторождениями. Совпадение в плане нефтегазоносного и сейсмического районов позволяет предположить ведущую роль флюидов в формировании очагов верхнемантийных землетрясений [4]. Роль флюидов в формировании очагов верхнемантийных землетрясений обсуждается в ряде работ. Так, по мнению И.Г. Киссина [15], воздействие флюидов способствует формированию реологии среды и деформациям в очаге землетрясения. Согласно [16], в литосфере до глубины 100 км с учётом скачкообразного уменьшения эффективной проницаемости пород и роста пространственной однородности системы флюид-порода выделено три слоя (около 10, 20–30, 60–70 км) относительно пониженной эффективной прочности и повышенной сейсмичности.

При обосновании модели формирования верхнемантийной сейсмичности Терско-Сунженского района учитывались следующие факторы. Для районов проявления глубокофокусных землетрясений отмечается резкое уменьшение мощности земной коры при переходе от Большого Кавказа к прогибу. Так, по профилю ГСЗ Степное-Бакуриани [17] мощность земной коры уменьшается с 50–55 км (Большой Кавказ) до 40–42 км (Терско-Каспийский прогиб).

Эпицентры глубокофокусных землетрясений Терско-Каспийского прогиба сконцентрированы на небольшой площади (60×60 км), практически в пределах Сунженского блока консолидированной коры Скифской плиты, что предполагает наличие локального сейсмогенерирующего объекта в мантии, её аномальное состояние. Глубинное строение мантии хорошо изучено для зоны верхнемантийных землетрясений Вранча Средиземноморского сейсмического пояса [18]. По скоростным характеристикам данная зона на глубине 75–300 км приурочена к субвертикальной области контакта высокоскоростной литосферы Восточно-Европейской платформы и низкоскоростной литосферы Средиземноморского подвижного пояса.

В скоростном разрезе по профилю ГСЗ Степное-Бакуриани [17] в литосфере Терско-Сунженского сейсмического района на глубинах 55 и 70 км наблюдаются

ВЕРХНЕМАНТИЙНЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ТЕРСКО-КАСПИЙСКОГО ПРОГИБА
КРЫМСКО-КАВКАЗСКОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ПОЯСА:
ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

границы отражения волн, что позволяет предположить расслоенность верхней мантии. На аномальное состояние верхней мантии рассматриваемой территории указывают проявления позднеплиоцен-четвертичного вулканизма Чегемского и Казбекского вулканических центров [19, 20].

Образованию орогена Большого Кавказа в [21] рассматривается как результат мелкомасштабной конвекции в верхней мантии (конвективное замещение астеносферой более плотной литосферы за счёт флюидного потока). В верхней мантии Терско-Каспийского прогиба в посторогенный этап могла сохраниться либо возникла за счёт интенсивного флюидного потока ячейка мелкомасштабной конвекции. Наличие ячейки мелкомасштабной конвекции в верхней мантии Терско-Каспийского прогиба, по нашему мнению, создает условия для реализации глубокофокусных землетрясений Терско-Сунженского района. В результате нарушения механического и термического равновесия в верхней мантии возникают условия локального растяжения.

ВЫВОДЫ

В результате проведенного анализа положения эпицентров верхнемантийных землетрясений Терско-Сунженского района Терско-Каспийского прогиба в структуре магнитного и гравитационного полей и по отношению к тектоническим блокам консолидированной коры показано, что эпицентры верхнемантийных землетрясений Терско-Сунженского района сконцентрированы в контурах Сунженского блока консолидированной коры Скифской плиты — северного продолжения сейсмически активного Верхнетерского блока Большого Кавказа.

Модель формирования очагов глубокофокусных землетрясений Терско-Сунженского сейсмического района предполагает процесс мелкомасштабной конвекции мантии Терско-Каспийского прогиба в условиях локального растяжения, возникшего в результате нарушения механического и термического равновесия при активизации флюидного потока.

Список литературы

1. Гобаренко В.С., Муровская А.В., Егорова Т.П., Шерemet Е.Е. Современные коллизионные процессы на северной окраине Чёрного моря // Геотектоника. 2016. № 4. С. 68–87.
2. Левин Л.Э. Сейсмичность // Тектоника южного обрамления Восточно-Европейской платформы. Краснодар: Кубан. гос. ун-т. 2009. С. 106–203.
3. Ковачев С.А., Казьмин В.Г., Кузин И.П., Лобковский Л.И. Новые данные о мантийной сейсмичности Каспийского региона и их геологическая интерпретация // Геотектоника. 2009. № 3. С. 30–44.
4. Стогний В.В., Стогний Г.А. Формирование верхнемантийных землетрясений Крымско-Кавказской сейсмической зоны // Геология, география и глобальная энергия. 2017. № 3(66). С. 140–150.
5. Годзиковская А.А., Рейснер Г.А. Эндогенная позиция глубоких землетрясений Кавказа // Геотектоника. 1989. № 3. С. 15–25.
6. Габсатарова И.П., Зверева А.С. Сейсмический мониторинг Северного Кавказа в первую четверть XXI века // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том XIII. Москва: ИИЕТ РАН. 2023. С. 257–264.

7. Габсатарова И.П. Сейсмичность в Терско-Каспийском прогибе: триггерные эффекты и механизмы очагов // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том XIV. Москва: ИИЕТ РАН. 2024. С. 239–244.
8. Гравиметрическая карта СССР. Масштаб 1 : 2 500 000 / Гл. редакторы П.П. Степанов, М.А. Якушевич. М.: ВНИИ «Геофизика». 1990.
9. Карта аномального магнитного поля (ΔT) России, сопредельных государств (в границах бывшего СССР) и прилегающих акваторий. Масштаб 1 : 5 000 000 / Гл. редактор Т.П. Литвинова. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ. 2000.
10. Абубакарова Э.А., Ахматханов Р.С., Бадаев С.В., Чимаева Х.Р. Геофизические критерии выделения разломов Терско-Каспийского прогиба // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том VIII. Москва: ИИЕТ РАН. 2018. С. 224–230.
11. Гайсумов М.Я., Бадаев С.В. Глубинное строение Терско-Каспийского прогиба // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том VIII. Москва: ИИЕТ РАН. 2018. С. 252–260.
12. Крутиховская З.А., Елисеева С.В., Марковский В.С. Исследование региональных магнитных аномалий древних щитов // Исследование региональных магнитных аномалий платформенных областей. Киев. 1984. С. 122–132.
13. Кравченко С.Н., Орлюк М.И., Русаков О.М. Новый подход к интерпретации региональной Западно-Черноморской магнитной аномалии // Геофизический журнал. 2003. Т. 25. № 2. С. 135–144.
14. Стогний Г.А., Стогний В.В. Южная граница Скифской плиты в системе блоковой делимости консолидированной коры Центрального и Восточного сегментов Большого Кавказа // Геология и Геофизика Юга России. 2023. №3. С. 6–18.
15. Киссин И.Г. О системном подходе в проблеме прогноза землетрясений // Физика Земли. 2013. №4. С. 145–160.
16. Левин Б.В., Родкин М.В., Сасорова Е.В. Особенности сейсмического режима литосферы – проявления воздействия глубинного водного флюида // Физика Земли. 2010. № 5. С. 88–96.
17. Павленкова Г.А. Строение земной коры Кавказа по профилям ГСЗ Степное-Бакуриани и Волгоград-Нахичевань (результаты переинтерпретации первичных данных) // Физика Земли. 2012. №5. С. 16–23.
18. Старостенко В.И., Кендзера А.В., Бугаенко И.В., Островский А.Н., Цветкова Т.А. Геодинамическая граница и землетрясения зоны Вранча // Глубинное строение, минерагения, современная геодинамика и сейсмичность Восточно-Европейской платформы и сопредельных регионов. Воронеж: Научная книга, 2016. С. 379–383.
19. Бубнов С.Н., Кондрашов И.А., Гольцман Ю.В., Олейникова Т.И. Молодой эксплозивный игнибритообразующий вулканизм Кавказа: временные и пространственные закономерности размещения, геодинамические условия проявления, возможные источники расплавов // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том XIV. Москва: ИИЕТ РАН. 2024. С. 59–68.
20. Короновский Н.В. Этапы новейшего вулканизма и проблемы их корреляции с формированием рельефа Центрального Кавказа // Геотектоника. 2016. № 5. С. 47–56.
21. Гончаров М.А., Разницын Ю.Н. Четыре разномасштабных фактора новейшего орогенеза Евразии // Тектоника складчатых поясов Евразии: сходство, различие, характерные черты новейшего горообразования, региональные обобщения. Том 1. Москва: ГЕОС. 2014. С. 85–89.

**UPPER MANTLE EARTHQUAKES OF THE TEREK-CASPIAN TROUGH
OF THE CRIMEAN-CAUCASIAN SEISMIC BELT: GEOLOGICAL AND
GEOPHYSICAL ASPECT**

Stogny G. A.¹, Stogny V. V.²

*^{1,2}Geophysical Institute, Vladikavkaz Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, 93a Markova
Str., Vladikavkaz 362002, Russian Federation
E-mail: ²stogny_vv@mail.ru*

Within the Crimean-Caucasian seismic belt, upper mantle earthquakes with $M \leq 4$ and hypocenter depths of 70–180 km form a number of regions. Well-studied regions of upper mantle earthquake occurrence include the Kerch-Taman, Terek-Sunzhensky, and Derbent troughs, whose distinctive tectonic positions are confined to crustal depressions. The deepest earthquakes (up to 180 km) with $M = 1.5–3.5$ were recorded in the Terek-Sunzhensky region of the Terek-Caspian trough.

This paper analyzes the positions of upper mantle earthquakes in the Terek-Sunzhensky seismic region of the Terek-Caspian trough within the magnetic and gravitational fields and in relation to tectonic blocks of the consolidated crust of the Scythian Plate to develop a model for their focal formation. The epicenters of upper mantle earthquakes are clustered in the central part of the regional Nalchik-Makhachkala positive magnetic anomaly. The hypocenter depths of upper mantle earthquakes within their distribution area increase northward from 60–100 km to 160–180 km. Deep-focus earthquakes of the Terek-Caspian trough are concentrated in a small area (60×60 km), practically within the Sunzha block of the consolidated crust of the Scythian Plate, suggesting the presence of a local seismogenic element in the mantle and its anomalous state.

The proposed model for the formation of upper mantle earthquake foci in the Terek-Sunzhensky region of the Terek-Caspian trough includes the process of small-scale mantle convection under conditions of local extension, which arose as a result of the disruption of mechanical and thermal equilibrium during the activation of fluid flow, which is accompanied by a redistribution of tectonic stresses in the crust-mantle system.

Keywords: Crimean-Caucasian seismic belt, Terek-Sunzhensky region, deep-focus earthquakes, anomalous magnetic field, consolidated crust, upper mantle, convection.

References

1. Gobarenko V.S., Murovskaya A.V., Egorova T.P., Sheremet E.E. Modern collision processes on the northern margin of the Black Sea. *Geotektonika (Geotectonics)*, 2016, no. 4, pp. 68–87. (In Russ.)
2. Levin L.E. Seismicity. *Tektonika yuzhnogo obramleniya Vostochno-Yevropeyskoy platformy (Tectonics of the southern framing of the East European platform)*, Krasnodar, Kuban State University, 2009, pp. 106–203. (in Russian)
3. Kovachev S.A., Kazmin V.G., Kuzin I.P., Lobkovsky L.I. New data on mantle seismicity of the Caspian region and their geological interpretation. *Geotektonika (Geotectonics)*, 2009, no. 3, pp. 30–44. (in Russian)
4. Stogny V.V., Stogny G.A. Formation of upper mantle earthquakes of the Crimean-Caucasian seismic zone. *Geologiya, geografiya i global'naya energiya (Geology, Geography and Global Energy)*, 2017, no. 3(66), pp. 140–150. (in Russian)
5. Godzikovskaya A.A., Reisner G.A. Endogenous position of deep earthquakes in the Caucasus. *Geotektonika (Geotectonics)*, 1989, no. 3, pp. 15–25. (in Russian)

6. Gabsatarova I.P., Zvereva A.S. Seismic monitoring of the North Caucasus in the first quarter of the 21st century. *Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoecologii Severnogo Kavkaza (Modern problems of geology, geophysics and geoecology of the North Caucasus)*, vol. XIII, Moscow, IJET RAS, 2023, pp. 257–264. (in Russian)
7. Gabsatarova I.P. Seismicity in the Terek-Caspian trough: trigger effects and focal mechanisms. *Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoecologii Severnogo Kavkaza (Modern problems of geology, geophysics and geoecology of the North Caucasus)*, vol. XIV, Moscow, IJET RAS, 2024, pp. 239–244. (in Russian)
8. Gravimetric map of the USSR. Scale 1:2,500,000. Edited by P.P. Stepanov and M.A. Yakushevich. Moscow: VNIIGeofizika, 1990.
9. Map of the anomalous magnetic field (ΔT) of Russia, adjacent states (within the borders of the former USSR) and adjacent waters. Scale 1: 5,000,000. Editor-in-chief T.P. Litvinova. St. Petersburg: VSEGEI, 2000.
10. Abubakarova E.A., Akhmatkhanov R.S., Badaev S.V., Chimaeva Kh.R. Geophysical criteria for identifying faults in the Terek-Caspian trough. *Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoecologii Severnogo Kavkaza (Modern problems of geology, geophysics, and geoecology of the North Caucasus)*, vol. VIII, Moscow, IJET RAS, 2018, pp. 224–230. (in Russian)
11. Gaisumov M.Ya., Badaev S.V. Deep structure of the Terek-Caspian trough. *Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoecologii Severnogo Kavkaza (Modern problems of geology, geophysics, and geoecology of the North Caucasus)*, vol. VIII, Moscow, IJET RAS, 2018, pp. 252–260. (in Russian)
12. Krutikhovskaya Z.A., Eliseeva S.V., Markovsky V.S. Study of regional magnetic anomalies of ancient shields // Study of regional magnetic anomalies of platform areas. Kyiv. 1984. pp. 122–132. (in Russian)
13. Kravchenko S. N., Orlyuk M. I., Rusakov O. M. New approach to interpretation of regional West Black Sea magnetic anomaly. *Geofizicheskiy zhurnal (Geophysical Journal)*, 2003, vol. 25, no. 2, pp. 135–144. (in Russian)
14. Stogny G.A., Stogny V.V. Southern boundary of the Scythian plate in the system of block divisibility of the consolidated crust of the Central and Eastern segments of the Greater Caucasus. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii (Geology and Geophysics of Russian South)*, 2023, no. 3, pp. 6–18. (in Russian)
15. Kissin I.G. On a systems approach to earthquake prediction. *Fizika Zemli (Physics of the Earth)*, 2013, no. 4, pp. 145–160. (in Russian)
16. Levin B.V., Rodkin M.V., Sasorova E.V. Features of the seismic regime of the lithosphere – manifestations of the influence of deep aqueous fluid. *Fizika Zemli (Physics of the Earth)*, 2010, no. 5, pp. 88–96.
17. Pavlenkova G.A. Structure of the Caucasus Earth's crust along the Stepnoye-Bakuriani and Volgograd-Nakhichevan deep seismic sounding profiles (results of reinterpretation of primary data). *Fizika Zemli (Physics of the Earth)*, 2012, no. 5, pp. 16–23. (in Russian)
18. Starostenko V.I., Kendzera A.V., Bugaenko I.V., Ostrovsky A.N., Tsvetkova T.A. Geodynamic boundary and earthquakes of the Vrancea zone. *Glubinnoye stroeniye, minerageniya, sovremennaya geodinamika i seysmichnost' Vostochno-Yevropeyskoy platformy i sopredel'nykh regionov (Deep structure, minerageny, modern geodynamics and seismicity of the East European platform and adjacent regions)*, Voronezh, Nauchnaya kniga, 2016, pp. 379–383. (in Russian)
19. Bubnov S.N., Kondrashov I.A., Goltsman Yu.V., Oleynikova T.I. Young explosive ignimbrite-forming volcanism of the Caucasus: temporal and spatial patterns of distribution, geodynamic conditions of manifestation, possible sources of melts. *Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoecologii Severnogo Kavkaza (Modern problems of geology, geophysics and geoecology of the North Caucasus)*, vol. XIV, Moscow, IJET RAS, 2024, pp. 59–68. (in Russian)
20. Koronovsky N.V. Stages of Recent Volcanism and Problems of Their Correlation with the Formation of the Central Caucasus Relief. *Geotektonika (Geotectonics)*, 2016, no. 5, pp. 47–56. (in Russian)
21. Goncharov M.A., Raznitsyn Yu.N. Four Multi-Scale Factors of the Recent Orogenesis of Eurasia. *Tektonika skladchatykh pojasov Yevrazii: skhodstvo, razliche, kharakternyye cherty noveyshego gorobrazovaniya, regional'nyye obobshcheniya (Tectonics of the Fold Belts of Eurasia: Similarities, Differences, Characteristic Features of Recent Mountain Building, Regional Generalizations)*, vol. 1, Moscow, GEOS, 2014, pp. 85–89. (in Russian)

Поступила в редакцию 13.11.2025 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Абрамова Зинаида Владимировна** специалист по УМР, аспирант кафедры географии, картографии и геосистемных технологий, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация.
- Алексеев Дмитрий Владимирович** кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, ученый секретарь, ведущий научный сотрудник вычислительных технологий и математического моделирования, ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН», г. Севастополь, Российская Федерация.
- Андрющенко Ирина Александровна** кандидат культурологии, доцент, заведующий кафедрой культурологии и социокультурного проектирования Института медиакоммуникаций, медиатехнологий и дизайна, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
- Анциферов Андрей Вадимович** доктор технических наук, научный руководитель института, профессор, член.-корр. НАНУ, ФГБНУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела», г. Донецк, Российская Федерация.
- Бондарь Марина Николаевна** заместитель директора Института сейсмологии и геодинамики ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»; инженер ГАУ «Крымский Республиканский Центр оценки сейсмической и оползневой опасности, технического обследования объектов строительства», г. Симферополь, Российская Федерация.
- Бородин Дмитрий Сергеевич** младший научный сотрудник отдела эколого-геофизических исследований, ФГБНУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела», г. Донецк, Российская Федерация.
- Буря Даниил Андреевич** обучающийся 2 курса магистратуры кафедры геоэкологии, факультет географии, геоэкологии и туризма Института «Таврическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени

	В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
Буфетова Марина Васильевна	кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры экологии и природопользования Экологического факультета, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), г. Москва, Российская Федерация.
Возиян Станислав Андреевич	магистр, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация.
Володин Андрей Николаевич	кандидат культурологии, доцент кафедры культурологии и социокультурного проектирования Института медиакоммуникаций, медиатехнологий и дизайна, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
Карлов Леонид Станиславович	аспирант кафедры туризма, факультет географии, геоэкологии и туризма Института «Таврическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
Кравченко Иван Васильевич	старший преподаватель кафедры культурологии и социокультурного проектирования Института медиакоммуникаций, медиатехнологий и дизайна, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
Левашева Марина Владимировна	кандидат географических наук, доцент, кафедры географии, картографии и геосистемных технологий, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация.
Михайличенко Сергей Юрьевич	младший научный сотрудник отдела вычислительных технологий и математического моделирования, ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН», г. Севастополь, Российская Федерация.
Новгородцева Людмила Александровна	кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник отдела эколого-геофизических исследований, ФГБНУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии,

- геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела», г. Донецк, Российская Федерация.
- Подвалкова Елена Владимировна** ведущий инженер отдела эколого-геофизических исследований, ФГБНУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела», г. Донецк, Российская Федерация.
- Пустовитенко Бэлла Гавриловна** доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, академик Крымской Академии наук, главный научный сотрудник, ГАУ «Крымский Республиканский Центр оценки сейсмической и оползневой опасности, технического обследования объектов строительства», г. Симферополь, Российская Федерация.
- Сазонова Галина Ваильевна** старший преподаватель кафедры туризма, факультет географии, геоэкологии и туризма, Институт «Таврическая академия», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
- Соцкова Лидия Михайловна** кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры геоэкологии, факультет географии, геоэкологии и туризма, Институт «Таврическая академия», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
- Стогний Валерий Васильевич** доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник, Геофизический институт ВНИЦ РАН, г. Владикавказ, Российская Федерация.
- Стогний Галина Александровна** доктор геолого-минералогических наук, доцент, внештатный сотрудник, Геофизический институт ВНИЦ РАН, г. Владикавказ, Российская Федерация.
- Тищенко Александр Иванович** кандидат геолого-минералогических наук, главный специалист Геологического музея им. Н.И. Андрусова, факультет географии, геоэкологии и туризма, Институт «Таврическая академия», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
- Туманов Виктор Владимирович** заведующий отделом эколого-геофизических исследований, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский

- институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела», г. Донецк, Российская Федерация.
- Фомин Владимир Владимирович** доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник, заведующий отделом вычислительных технологий и математического моделирования, ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН», г. Севастополь, Российская Федерация.
- Харитоновна Людмила Викторовна** кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела вычислительных технологий и математического моделирования, ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН», г. Севастополь, Российская Федерация.
- Эреджепов Энвер Эльдарович** младший научный сотрудник, ГАУ «Крымский Республиканский Центр оценки сейсмической и оползневой опасности, технического обследования объектов строительства», г. Симферополь, Российская Федерация.
- Юдин Виктор Владимирович** доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик, Межрегиональная общественная организация Крымская Академия наук, г. Симферополь, Российская Федерация.
- Яковенко Ирина Михайловна** доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой туризма, факультет географии, геоэкологии и туризма, Институт «Таврическая академия», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
- Яковлев Андрей Николаевич** старший преподаватель кафедры геоэкологии, факультет географии, геоэкологии и туризма, Институт «Таврическая академия», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

- Возиян С. А., Левашева М. В., Абрамова З. В.**
Ресурсосбережение в вопросах территориального развития на примере
Усть-Илимского муниципального района 3
- Сазонова Г. В.**
Оценка туристско-экскурсионных объектов г. Симферополь и
Симферопольского района Республики Крым и возможности
их использования в экскурсионной деятельности..... 15
- Яковенко И. М., Карлов Л. С.**
Территориальная структура эногастрономического туризма в Крыму 31
- Андрющенко И. А., Володин А. Н., Кравченко И. В., Яковлев А. Н.**
Реконцептуализация объектов санаторно-курортного комплекса Крыма:
опыт применения Deer Mapping-методики..... 43

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

- Харитоновна Л. В., Михайличенко С. Ю., Фомин В. В., Алексеев Д. В.**
Волновой климат прибрежной акватории г. Судак (Черное море) 57

РАЗДЕЛ 3. ГЕОЭКОЛОГИЯ

- Буфетова М. В.**
Поступление тяжелых металлов в Азовское море с компонентами водного
баланса в 2019–2023 гг. 74
- Соцкова Л. М., Буря Д. А.**
Современная организация и перспективы хозяйственно-питьевого
водопользования на территории Джанкойского района Республики Крым 89

РАЗДЕЛ 4. ГЕОЛОГИЯ, ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

- Тищенко А. И.**
Краткий обзор за 2025 г. новых поступлений
в Геологический музей им. Н.И. Андрусова (Крымский федеральный
университет им. В.И. Вернадского)..... 103

Юдин В. В. Тектоника района Скельской пещеры и источников в Юго-Западном Крыму	111
---	-----

**РАЗДЕЛ 5.
ГЕОФИЗИКА И СЕЙСМОЛОГИЯ**

Анциферов А. В., Туманов В. В., Новгородцева Л. А., Бородин Д. С., Подвалкова Е. В. Взаимосвязь компонент поля сложного пассивного сейсмического сигнала при выделении зон влияния тектонических нарушений в Донбассе	129
Пустовитенко Б. Г., Эреджепов Э. Э., Бондарь М. Н. Очаговые параметры землетрясений Крыма 2024 года	146
Стогний Г. А., Стогний В. В. Верхнемантийные землетрясения терско-каспийского прогиба Крымско-Кавказского сейсмического пояса: геолого-геофизический аспект.....	163
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	173