

УДК 528.02

МОНИТОРИНГ ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ МЫСА ФИОЛЕНТ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ

Сазонов С.Е.

к.т.н., доцент

Севастопольский государственный университет

Севастополь, Россия

Ревенко Д.В.

старший преподаватель

Севастопольский государственный университет

Севастополь, Россия

Аннотация

Мыс Фиолент, расположенный на юго-западном побережье Крыма в черте города Севастополя, представляет собой уникальный природный объект с высокой ландшафтной, геологической и рекреационной ценностью. Однако, территория мыса подвержена активным экзогенным геологическим процессам, таким как береговая абразия, оползни и обвалы, интенсивность которых возрастает под воздействием природных (штормы, сейсмичность, климатические изменения) и антропогенных факторов (нерегулируемая застройка, рекреационная нагрузка). В статье рассматриваются подходы к организации комплексного мониторинга береговой зоны мыса Фиолент с целью своевременного выявления очагов дестабилизации, оценки динамики процессов и прогнозирования опасных явлений. Обосновывается необходимость применения современных методов дистанционного зондирования Земли (спутниковые снимки высокого разрешения, данные БПЛА), наземных геодезических и геотехнических измерений, а также гидрогеологического мониторинга. Предложенная система мониторинга позволяет сформировать базу данных о состоянии территории, создать карты опасных процессов и

разработать рекомендации по управлению рисками и обеспечению безопасности хозяйственной деятельности и рекреации на мысе Фиолент.

Ключевые слова: мониторинг, мыс Фиолент, Севастополь, береговая эрозия, оползни, обвалы, геоморфология, экзогенные процессы, дистанционное зондирование, геодезический мониторинг, управление рисками.

MONITORING OF THE COASTAL AREA OF CAPE FIOLENT IN SEVASTOPOL

Sazonov S.E.

*PhD, Associate Professor,
Sevastopol State University
Sevastopol, Russia*

Revenko D.V.

*senior lecturer,
Sevastopol State University
Sevastopol, Russia*

Abstract

Cape Fiolent, located on the southwestern coast of Crimea within the city of Sevastopol, is a unique natural site with high landscape, geological and recreational value. However, the cape's territory is subject to active exogenous geological processes, such as coastal abrasion, landslides and landslides, the intensity of which increases under the influence of natural (storms, seismicity, climatic changes) and anthropogenic factors (unregulated construction, recreational load). The article discusses approaches to the organization of integrated monitoring of the coastal zone of Cape Fiolent in order to timely identify foci of destabilization, assess the dynamics of processes and predict dangerous phenomena. The necessity of using modern methods of remote sensing of the Earth (high-resolution satellite images, UAV data), ground-based geodetic and geotechnical measurements, as well as hydrogeological

monitoring is substantiated. The proposed monitoring system makes it possible to create a database on the state of the territory, create maps of dangerous processes and develop recommendations on risk management and ensuring the safety of economic activity and recreation at Cape Fiolent.

Keywords: monitoring, Cape Fiolent, Sevastopol, coastal erosion, landslides, landslides, geomorphology, exogenous processes, remote sensing, geodetic monitoring, risk management.

Современные реалии, связанные как с глобальными климатическими изменениями (повышение уровня моря, увеличение частоты и интенсивности штормовых явлений), так и с возрастающей антропогенной нагрузкой на прибрежные территории, делают проблему устойчивости береговых зон одной из наиболее острых и актуальных в географических, геологических и экологических исследованиях. Береговая зона, являясь динамичной границей между сушей и морем, постоянно трансформируется под воздействием экзогенных геологических процессов – абразии, аккумуляции, оползней, обвалов, осыпей. В районах с расчлененным рельефом и сложным геологическим строением эти процессы могут приобретать катастрофический характер, представляя прямую угрозу для жизни и здоровья людей, объектов инфраструктуры и уникальных природных комплексов [1].

Южное и юго-западное побережье Крымского полуострова, характеризующееся активными тектоническими движениями в прошлом, сложнодислоцированными толщами горных пород различной прочности и высокой сейсмичностью, является классическим примером территории, подверженной интенсивным экзогенным геологическим процессам, в первую очередь оползневым и абразионным. В этих условиях комплексный мониторинг состояния береговой зоны становится не просто научной задачей, но и жизненно важным инструментом для обеспечения безопасности, планирования природопользования и разработки мер по инженерной защите.

Мыс Фиолент в черте города Севастополя – это уникальный природно-территориальный комплекс, имеющий исключительную ландшафтную, геологическую, биологическую и рекреационную ценность. Его обрывистые берега, сформированные древними вулканическими породами и перекрывающими их осадочными толщами, привлекают многочисленных туристов, ученых и местных жителей. Однако, геологические особенности строения мыса, его расположение на активно эродируемом побережье и высокая трещиноватость пород делают эту территорию чрезвычайно уязвимой перед экзогенными процессами, склоны мыса Фиолент представлены на рисунке 1. Абразия цоколя обрыва волновым воздействием, инфильтрация атмосферных осадков и утечки из инженерных коммуникаций в толщу склона, а также динамические нагрузки от пешеходов и неконтролируемой застройки на плато – все эти факторы потенцируют развитие осыпей, обвалов и различных типов оползней, приводя к быстрому отступанию береговой линии и деградации склонов [2].



Рис. 1 – Общий вид склонов мыса Фиолент (Ссылка на источник: <https://truevirtualtours.com/ru/panorama/p-cape-fiolent-pan-85631>)

Несмотря на очевидную опасность и высокую посещаемость мыса Фиолент, систематический, комплексный мониторинг состояния его береговой зоны, позволяющий объективно оценивать темпы развития процессов, выявлять зоны наибольшего риска и прогнозировать возможные опасные события, осуществляется недостаточно полно или фрагментарно. Существующие данные

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

часто устаревшие или не интегрированные. Отсутствие актуальной и детализированной информации о динамике экзогенных процессов препятствует принятию обоснованных управленческих решений в сфере градостроительства, землепользования, туризма и безопасности.

Таким образом, актуальность настоящего исследования обусловлена острой необходимостью создания и апробации методики комплексного мониторинга береговой зоны мыса Фиолент с применением современных дистанционных. Полученные результаты позволят не только углубить фундаментальные знания о механизмах развития экзогенных процессов на данном типе побережья, но и послужат основой для разработки практических рекомендаций по минимизации рисков, обеспечению устойчивого развития территории и сохранению её уникального природного наследия в условиях растущего антропогенного и природного воздействия [3].

Для получения объективной и актуальной информации о состоянии береговой зоны мыса Фиолент и динамике развивающихся здесь экзогенных геологических процессов предполагается использование комплекса современных методов, включая наземные измерения и, что особенно важно для труднодоступных и протяженных участков, методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Применение ДЗЗ позволяет получать пространственные данные высокого разрешения на регулярной основе, охватывая значительные территории и обеспечивая возможность многократных наблюдений в динамике [4].

Для получения объективной и актуальной информации о состоянии береговой зоны мыса Фиолент и динамике развивающихся здесь экзогенных геологических процессов предполагается использование комплекса современных методов, включая наземные измерения и, что особенно важно для труднодоступных и протяженных участков, методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Применение ДЗЗ позволяет получать пространственные данные высокого разрешения на регулярной основе, Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

охватывая значительные территории и обеспечивая возможность многократных наблюдений в динамике.

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ). Методы ДЗЗ играют ключевую роль в мониторинге береговых склонов мыса Фиолент, предоставляя как исторические данные для оценки долгосрочных тенденций, так и актуальную информацию для выявления текущих деформаций, и оценки последствий внезапных событий (обвалов, осыпей). В контексте данного исследования предлагается использовать следующие подходы ДЗЗ:

Спутниковый мониторинг (оптические данные). Источники данных: использование архивов спутниковых снимков различного пространственного разрешения, полученных с таких спутников, как Landsat (для очень долгосрочной перспективы, низкое разрешение), Sentinel-2 (среднее разрешение, многоспектральные данные, высокая периодичность съемки, результат приведен на рисунке 2) и коммерческих спутников высокого и сверхвысокого разрешения (например, Pléiades, WorldView, GeoEye, MAXAR) с разрешением от нескольких метров до десятков сантиметров [5].

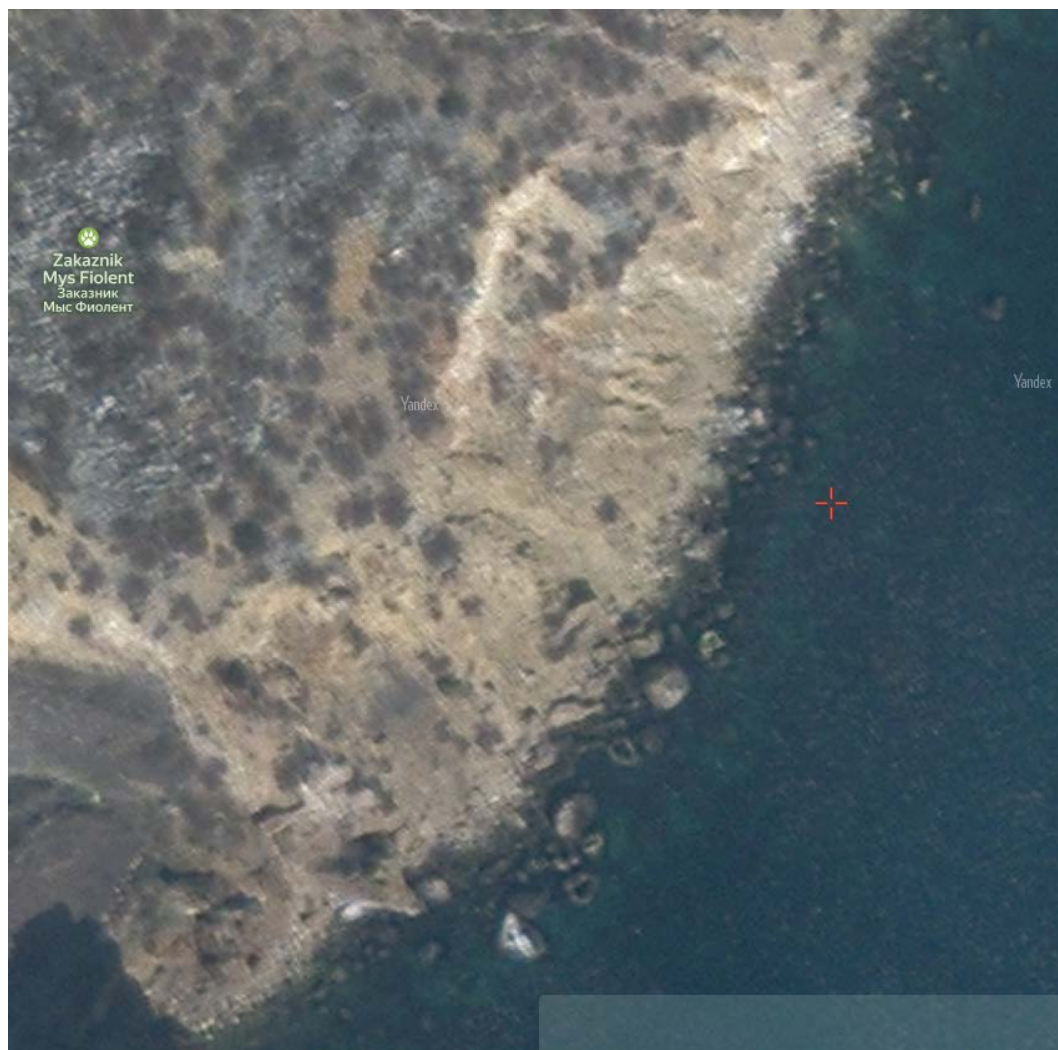


Рис. 2 – Фрагмент космоснимка мыса Фиолент (разработано автором)

Применение для Фиолента. Оценка долгосрочных темпов отступления береговой линии: путем сравнения положения береговой линии на снимках, полученных в разные годы и десятилетия, возможно количественно оценить среднюю и максимальную скорость абразионного отступления обрыва на различных участках мыса.

Идентификация и картографирование зон абразии и аккумуляции: На оптических снимках хорошо различимы участки активного разрушения берега (обрывы, ниши) и зоны скопления обрушившихся масс или пляжевых отложений, пример приведен на рисунке 3.

Мониторинг крупных трещин и деформаций на плато: На снимках сверхвысокого разрешения можно визуально выявлять и отслеживать развитие

крупных трещин растяжения на поверхности плато вблизи бровки обрыва, которые могут являться предвестниками оползней или обвалов [6].

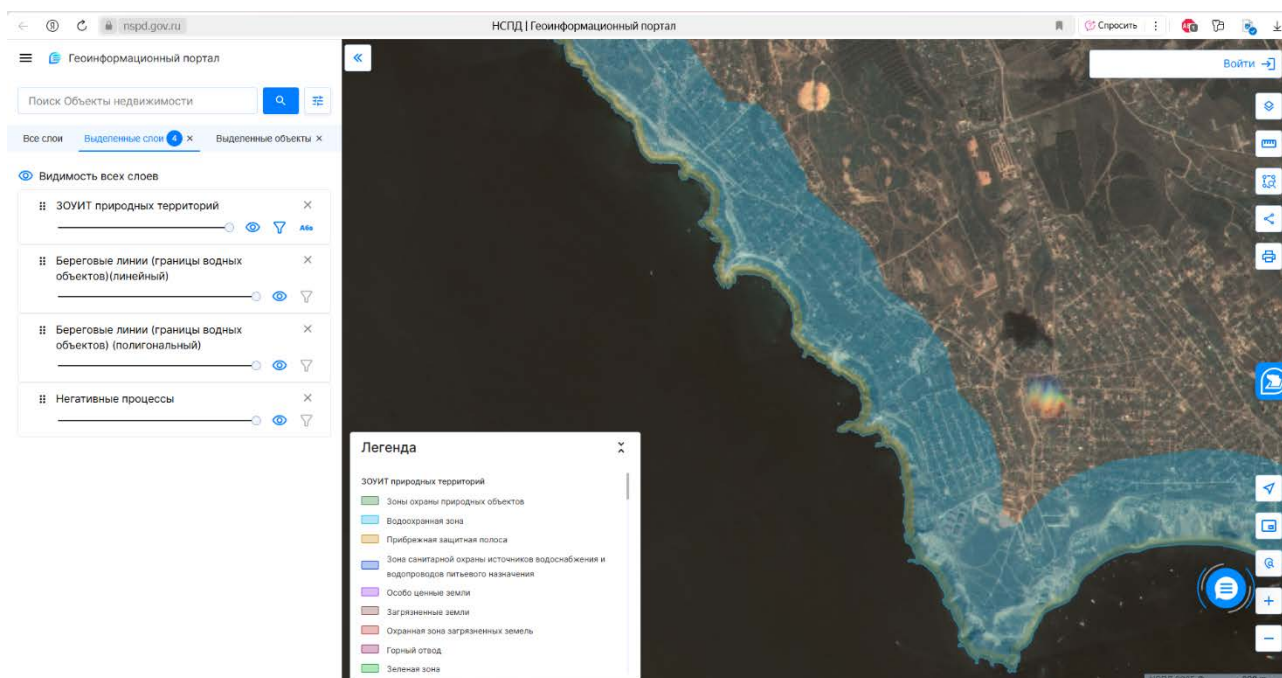


Рис. 3 – Фрагмент космоснимка мыса Фиолент с выделением защитных зон (разработано автором)

Оценка изменения характера растительности: изменение состояния растительного покрова на склонах (усыхание, наклон деревьев) может косвенно указывать на подвижки грунтов (актуально для участков с развитой почвой и растительностью).

Общий ситуационный анализ: спутниковые снимки дают общее представление о состоянии территории, расположении объектов инфраструктуры и путях доступа, что важно для планирования полевых работ и оценки рисков для людей.

Обработка: геопривязка снимков, ортотрансформирование, визуальная интерпретация, дешифрирование, применение алгоритмов детектирования изменений (например, для определения положения береговой линии) [7].

Спутниковый мониторинг (радиолокационные данные, InSAR).

Источники данных: использование данных радиолокационного синтезированного апертуры (SAR) с таких спутников, как Sentinel-1. Эти

данные обладают уникальной способностью проникать сквозь облачность и получать изображения в любое время суток, а также могут использоваться для интерферометрической обработки (InSAR).

Применение для Фиолента. Детектирование и количественная оценка медленных поверхностных деформаций: метод InSAR позволяет измерять смещения земной поверхности с миллиметровой точностью вдоль луча зрения спутника [8]. Это критически важно для выявления медленных, ползучих деформаций склонов и участков плато, которые предшествуют крупным оползням или обвалам и не всегда заметны при визуальных наблюдениях или на оптических снимках.

Выявление зон потенциальной нестабильности: на основе InSAR-данных могут быть построены карты скоростей деформации, четко показывающие участки, где происходят наиболее активные, пусть и медленные, смещения. Пример приведен на рисунке 4 с отображением границ возможных дефектов поверхности.

Мониторинг деформаций инфраструктуры: Позволяет отслеживать подвижки зданий или других сооружений, расположенных вблизи опасных зон.

Обработка: требует специализированных программных пакетов для интерферометрической обработки (например, SNAP, Gamma, ISCE) [9]. Процесс включает создание интерферограмм, удаление топографической фазы, фильтрацию шумов, разавертывание фазы и расчет смещений. Методы Persistent Scatterer InSAR (PS-InSAR) или Small Baseline Subset InSAR (SBAS) позволяют анализировать длительные временные ряды и получать данные о скорости деформации для стабильных точек на поверхности.

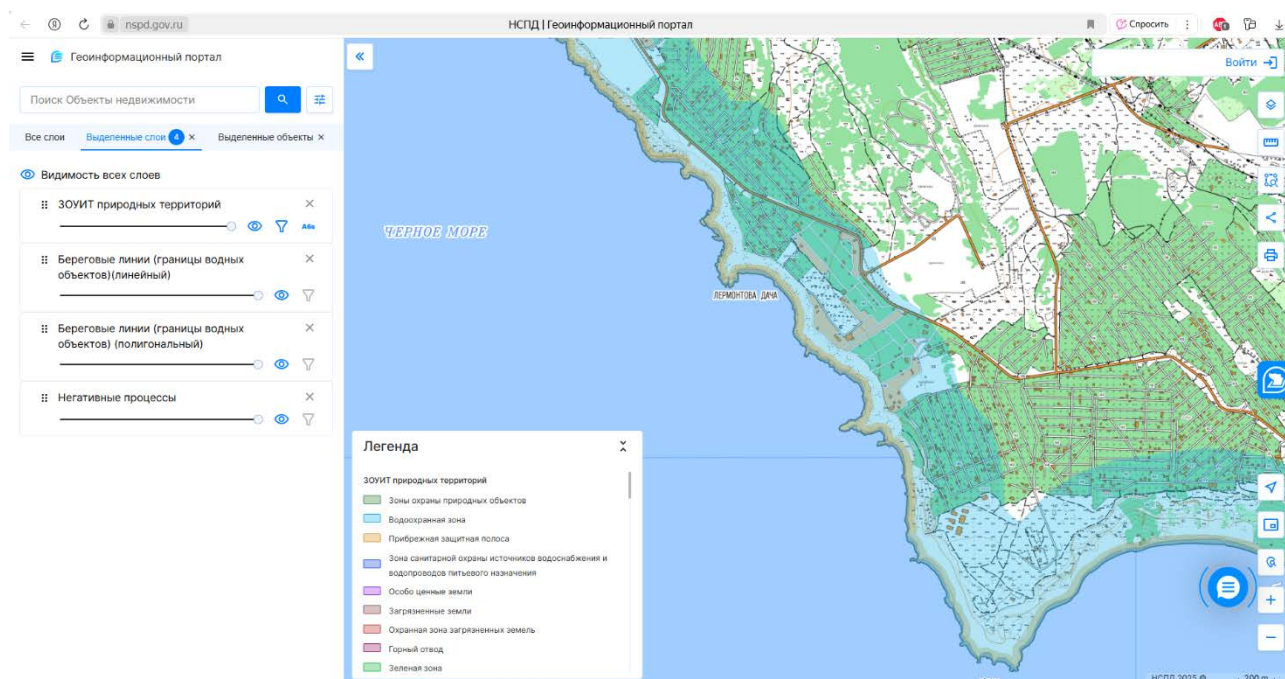


Рис. 4 – Фрагмент карты мыса Фиолент с обозначением зон, требующих повышенного внимания (разработано автором)

Мониторинг с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА / дронов). Источники данных: снимки и видео, полученные с мультироторных или самолетных БПЛА, оснащенных высокоточными камерами (RGB, возможно, мультиспектральными) [10]. Съемка проводится с низкой высоты (десятки-сотни метров) с высоким перекрытием кадров.

Применение для Фиолента. Создание высокодетализированных 3D-моделей склонов и обрывов: Метод фотограмметрии (Structure from Motion - SfM) по данным БПЛА позволяет построить облака точек, полигональные модели, ортофотопланы сверхвысокого разрешения (сантиметры на пиксель) и цифровые модели рельефа (ЦМР) с беспрецедентной детализацией для сравнительно небольших участков [11].

Количественная оценка объемов обрушившихся масс: путем сравнения ЦМР, построенных до и после обвала или осыпи, возможно точно рассчитать объем сошедшего материала [12].

Детальное картирование и измерение трещин, уступов, ниш: на высоко детализированных ортофотопланах и в 3D-моделях можно с высокой

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

точностью отмечать и измерять размеры (длина, ширина, глубина) трещин на склонах и плато, размеры абразионных ниш у подножия обрыва.

Мониторинг микрорельефа и локальных изменений: позволяет выявлять даже небольшие осыпи, оплывины, изменения в дренажной сети на склоне.

Визуальный контроль состояния труднодоступных участков: БПЛА позволяют обследовать вертикальные и нависающие участки обрывов, куда доступ человека затруднен или опасен [13].

Оперативная оценка последствий экстренных событий: быстрое развертывание БПЛА после обвала позволяет оперативно получить информацию о масштабе события.

Обработка: фотограмметрическая обработка в специализированном ПО (например, Agisoft Metashape, Pix4Dmapper, RealityCapture). Результаты – ортофотоплан, ЦМР, плотное облако точек, 3D-модель. Анализ изменений проводится путем сравнения данных, полученных в разные съемочные сессии [14].

Синтез методов ДЗЗ: важно подчеркнуть, что максимальная эффективность достигается при комбинации этих методов. Спутниковые данные (оптические и радарные) дают общее представление о динамике процессов на большой территории и позволяют выявлять зоны потенциальной нестабильности или долгосрочные тренды [15]. Данные БПЛА предоставляют детальную информацию о состоянии наиболее активных и опасных участков, позволяя количественно оценивать быстрые события и детально документировать состояние склонов на микроуровне. Интеграция данных из всех этих источников в единую Географическую Информационную Систему (ГИС) является ключевым элементом комплексного мониторинга.

Такое детальное описание методов ДЗЗ показывает, что исследование основывается на современных технологиях и позволяет получить многогранную информацию о состоянии мыса Фиолент – от оценки

многолетних изменений до выявления едва заметных деформаций и детального картирования последствий обвалов.

Библиографический список:

1. Сазонов С. Е. Мониторинг грунтов / С. Е. Сазонов, Д. В. Ревенко // Развитие науки в XXI веке: научно-методические и практические аспекты: сборник научных трудов по материалам IV Международной научно-практической конференции, Анапа, 05 мая 2023 года. – Анапа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский центр экономических и социальных процессов» в Южном Федеральном округе, 2023. – С. 33-39.
2. Сазонов С. Е. Раздел 8. Информационное обеспечение мониторинга земель / С. Е. Сазонов, Д. В. Ревенко, А. А. Форемная // Современная гуманитаристика: Коллективная монография / Отв. редактор Ю.Ю. Курбангалиева. Том Часть 15. – Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Севастопольский государственный университет", 2023. – С. 46-52.
3. Сазонов, С. Е. Раздел 10. Система организации мониторинга земель / С. Е. Сазонов, Д. В. Ревенко // Современная гуманитаристика. – Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2023. – С. 61-64.
4. Липка, В. М. Раздел 6. Мониторинг водной среды / В. М. Липка, Д. В. Ревенко // Современная гуманитаристика: Коллективная монография / Отв. редактор Ю.Ю. Курбангалиева. Том Часть 13. – Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Севастопольский государственный университет", 2023. – С. 35-40.

5. ГОСТ 17.1.3.03-77. Охрана природы. Гидросфера. Правила выбора и оценка качества источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. – М.: Стандартинформ, 2023. – 16 с.
6. ГОСТ 17.1.5.02-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране водохранилищ от загрязнения. – М.: Издательство стандартов, 2022. – 18 с.
7. Алексеев, В. А. Геоэкологические исследования прибрежных территорий Черного моря / В. А. Алексеев, А. В. Иванов // Экология моря. – 2022. – № 89. – С. 5-12.
8. Багрова, Л. А. Ландшафтно-экологические особенности прибрежной зоны Крыма / Л. А. Багрова, Н. В. Смольянинова // Вопросы географии. – 2021. – № 148. – С. 156-172.
9. Водяницкий, В. М. Экологическое состояние прибрежной зоны Черного моря / В. М. Водяницкий, А. Н. Голобородько // Морской экологический журнал. – 2022. – Т. 21, № 2. – С. 45-54.
10. Геологический атлас Крыма / под ред. А. И. Мельника. – Симферополь: Таврия, 2021. – 128 с.
11. Денисов, С. П. Мониторинг береговой зоны Черного моря: методы и результаты / С. П. Денисов, Е. В. Соколова // Морской гидрофизический журнал. – 2022. – № 4. – С. 34-45.
12. Каплин, П. М. Берега Черного и Азовского морей / П. М. Каплин, А. Б. Кесь. – М.: Научный мир, 2020. – 234 с.
13. Мониторинг окружающей среды в Крыму: коллективная монография / под ред. В. Г. Ена. – Симферополь: КФУ, 2022. – 324 с.
14. Особенности формирования и развития береговой зоны Черного моря / под ред. В. Н. Михайловского. – Севастополь: МГИ, 2021. – 189 с.

15. Экологическое состояние прибрежной зоны Крыма: коллективная монография / под ред. А. В. Иванова. – Симферополь: ИТ “АРИАЛ”, 2022. – 256 с.

Оригинальность 77%