

УДК 551.435.34, 551.435.1
DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-2-255-269
EDN DFMDCA

Влияние экстремальных гидрометеорологических явлений на развитие флишевого абразионного берега

Крыленко М.В., Крыленко В.В., Чистяков А.М.

Институт Океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Россия, 117997, г. Москва, Нахимовский проспект, 36
krylenko@mail.ru

Аннотация. Выполнена оценка воздействия гидрометеорологических явлений экстремальной силы (на примере ливня 06–07 июля 2012 г. и шторма 27–29 июля 2023 г.) на развитие абразионного флишевого берега Черного моря в районе г. Геленджика. Выявлены источники поступления твердого материала в береговую зону, активизировавшиеся в результате экстремальных явлений, прослежен механизм миграции и трансформации наносов. Установлена пространственная неоднородность перераспределения наносов вдоль берега. Определены объемы твердого материала, поступившего в береговую зону и скорость его последующей переработки. Даны оценка влияния инициированных экстремальными природными явлениями литодинамических процессов на развитие растительных сообществ флишевого абразионного берега. Установлено, что степень повреждения растительности в разных участках неоднородна, что может свидетельствовать о различной устойчивости сообществ к изменению условий среды. Показано, что интенсивность проявления денудационных процессов в прибрежной зоне связана с экстремальными гидрометеорологическими явлениями, при прогнозе эволюции береговых геосистем следует учитывать вероятность подобных явлений.

Ключевые слова: морской берег, экзогенные процессы, гидрометеорологические явления, динамика берегов, Черное море

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания FMWE-2024-0027 «Морские природные системы Черного и Азовского морей: эволюция и современная динамика гидрофизических, гидрохимических, биологических, береговых и литодинамических процессов».

Для цитирования: Крыленко М.В., Крыленко В.В., Чистяков А.М. 2025. Влияние экстремальных гидрометеорологических явлений на развитие флишевого абразионного берега. Региональные геосистемы, 49(2): 255–269. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-255-269 EDN: DFMDCA

The Influence of Extreme Hydro-Meteorological Phenomena on the Development of Abrasive Flysch Shore

Marina V. Krylenko, Viacheslav V. Krylenko, Alexander M. Chistyakov

Shirshov Institute of Oceanology RAS
36 Nakhimovskiy Ave., Moscow 117997, Russia
krylenko@mail.ru

Abstract. The study assessed the impact of extreme hydro-meteorological events (the heavy rain on July 06–07, 2012 and the storm on July 27–29, 2023) on the development of the abrasive flysch coast of the Black Sea in the Gelendzhik area. The authors identified sources of solid material entering the coastal zone which have become more active as a result of extreme events. The mechanism of sediment migration and transformation was also traced. Spatial heterogeneity in the redistribution of sediments along the shoreline was revealed. The volumes of solid material entering the coastal zone and the rate of

© Крыленко М.В., Крыленко В.В., Чистяков А.М., 2025

its subsequent processing were determined. The authors provide an assessment of the influence of lithodynamic processes initiated by extreme natural phenomena on the development of plant communities of abrasive flysch coast. It has been established that the degree of vegetation damage varies across different areas, which may indicate differing levels of ecosystem resilience to changing environmental conditions. The study shows that the intensity of denudation processes in the coastal zone is associated with extreme hydro-meteorological phenomena, and the probability of such phenomena should be taken into account when predicting the evolution of coastal geosystems.

Keywords: seashore, exogenous processes, hydro-meteorological phenomena, shore dynamics, the Black Sea

Acknowledgements: The study was carried out at the expense of the state task FMWE-2024-0027 "Marine natural systems of the Black and Azov seas: evolution and modern dynamics of hydrophysical, hydrochemical, biological, coastal and lithodynamic processes"

For citation: Krylenko M.V., Krylenko V.V., Chistyakov A.M. 2025. The Influence of Extreme Hydro-Meteorological Phenomena on the Development of Abrasive Flysch Shore. Regional Geosystems, 49(2): 255–269 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-255-269 EDN: DFMDCA

Введение

В последние десятилетия результаты все большего количества исследований указывают на возможность увеличения частоты возникновения тех или иных опасных гидрометеорологических явлений экстремальной силы (ливневые осадки, сильные штормы, высокие температуры воздуха) в результате глобальных или региональных изменений климата [Золина, Булыгина, 2016; Суркова, Крылов, 2018]. В Азово-Черноморском регионе уже наблюдается рост частоты неблагоприятных природных явлений [Ахсалба и др., 2019, Divinsky et al., 2020a; Цыпленков и др., 2021], при том, что наиболее высокая доля наблюдений опасных природных явлений среди всех регионов приходится именно на юг России [Divinsky et al., 2020b; Богданович и др., 2021; Липка и др., 2021]. Кроме того, реки Северо-Западного Кавказа на южном макросклоне выделяются по частоте и масштабу паводковых случаев [Шевердяев, Мисиров, 2022]. Одновременно, черноморское побережье Краснодарского края обладает высокой рекреационной привлекательностью, в последние годы резко возросли туристические потоки. Использование берегов, в том числе абразионных, становится более активным в рекреационных целях [Пешков, 2015; Карпова и др., 2024].

Опасные природные процессы и экстремальные явления в течение прошлых столетий кардинально изменяли облик береговой зоны моря [Пешков, 2012; Евсюков, Руднев, 2016; Крицкая и др., 2017, Попков и др., 2017; Сучилин и др., 2021] и могут существенно повлиять на изменение облика этих территорий в будущем, и увеличение их частоты неизбежно скажется на развитии прибрежных геосистем. Оценка последствий реальных экстремальных природных явлений представляет собой актуальную задачу при планировании мероприятий по хозяйственному использованию и охране морских берегов, в частности – абразионных флишевых берегов Кавказского побережья Черного моря.

В работе представлен анализ воздействия экстремального ливня¹ [Isupova et al., 2014], прошедшего 6–7 июля 2012 г. на территории Краснодарского края, и экстремального шторма 27–29 ноября 2023 г.² [Дивинский и др., 2024] на литодинамические процессы участка абразионного флишевого берега Черного моря (город-курорт Геленджик, массив Туапхат) (рис. 1). На основе собранного материала выявлены особенности процесса образования в результате

¹ Катастрофический паводок в бассейне р. Адагум 6–7 июля 2012 г. и его причины. Электронный ресурс. URL: <https://www.meteorf.gov.ru/press/news/1067/> (Дата обращения: 11.10.2015)

² Метеоновости, Информационное агентство. Электронный ресурс. URL: <https://www.hmn.ru/index.php?index=28&value=37004&cntr64=58XMxc7E1snL> (дата обращения: 11.01.2023)

экстремальных гидрометеорологических явлений пляжеобразующего обломочного материала, последующей его миграции, накопления и переработки. Одним из важных аспектов исследований был анализ источников поступления наносов, механизмов их миграции и трансформации, а также поиск следов прошлых экстремальных гидрометеорологических явлений.



Рис. 1. Местоположение участка исследований (модифицирован из *Google Earth Pro*)
Fig. 1. Location of the research site (modified from *Google Earth Pro*)

Объекты и методы исследования

Характеристика береговой зоны массива Туапхат

Участок исследований расположен в северо-западной части черноморского побережья Кавказа (город-курорт Геленджик Краснодарского края). Берег Черного моря в пределах массива Туапхат (рис. 1) представлен абрационным уступом высотой до 100 м, расчлененным глубокими долинами временных водотоков («щелями» – местное название).

Горные породы, слагающие береговой обрыв, представлены флишевой толщей мелового возраста, подвергавшейся интенсивному складкообразованию. Этим объясняется их залегание под разными углами и быстрая смена направлений складок от субгоризонтального до вертикального. Угол залегания пластов меняется в широких пределах, преобладают углы более 45° . Слои флиша могут выходить на поверхность ребром, формируя характерную ребристую структуру клифа, или фронтальной частью, образуя обширную гладкую поверхность, чаще всего покрытую сетью трещин. Подводная часть береговой зоны характеризуется преобладанием грядовых обнажений коренных пород, в ряде мест перекрываемых маломощными валунно-галечными накоплениями [Есин и др., 1980; Андреева, 2018].

Характерной особенностью рассматриваемого участка является преобладание в составе флишевой толщи слоев мергелей, известняков, аргиллитов. Общим свойством перечисленных пород является их малая устойчивость к выветриванию. Непосредственно на клифе широко развиты обвально-осыпные и обвально-оползневые процессы.

При разрушении пород флиша у подножия клифа скапливается коллювий. Разрушение клифа является основным источником обломочного материала для пополнения наносов волнового поля. Поступление обломочного материала в береговую зону моря в виде твердого стока временными водотоков происходит крайне редко после интенсивных ливней. В устьях щелей, приуроченных к неглубоким вогнутостям берега, сформировались узкие (5–10 м) пляжи, сложенные материалом различной размерности: от песчаного до валунно-галечного.

Полевые маршрутные исследования проводили на участке абразионного берега Черного моря протяженностью 10 км, между Рыбацкой (Голубой) и Новороссийской (Цемесской) бухтами (см. рис. 1). На данном участке с 2012 года научными сотрудниками ЮО ИО РАН им. П.П. Ширшова проводится мониторинг развития береговых процессов в условиях увеличения экстремальности климата [Крыленко и др., 2021]. Одной из задач мониторинга является оценка масштабов и продолжительности влияния залповового поступления твердого материала на береговые процессы из-за экстремальных гидрометеорологических явлений, а также оценка развития имеющихся обвально-оползневых конусов на морском берегу, их трансформации в ходе выветривания и под действием волн, вдольбереговой миграции поступившего обломочного материала, масштабов влияния этого процесса на смежные участки берега. Мониторинг включает регулярные маршрутные обследования. В пределах участка с помощью *GPS*-навигатора определены 65 опорных точек (далее – точки), расположенных в вершинах бухт и на мысах (рис. 2). Кроме того, заложены дополнительные точки на участках с особыми геоморфологическими условиями. В каждой из точек производится морфометрическое описание берегового склона, пляжа и слагающего его материала. Фиксируются основные характеристики берегового обрыва – высота, ориентация, углы залегания флишевых пластов. При каждом обследовании определяется наличие новых оползневых, обвально-осыпных явлений, при необходимости выполняются подробное описание и замеры наиболее крупных оползневых тел. Также внимание уделено изучению процессов освоения растительностью обвально-оползневых конусов (рис. 3) [Крыленко, Лукиных, 2021].



Рис. 2. Массив Туапхат. Цифрами отмечены номера опорных точек
 Fig. 2. Tuaphat array. The numbers of the reference points are marked with figures

Для проведения визуального сравнения трансформаций в береговой зоне были использованы спутниковые снимки высокого разрешения (*Google Earth Pro*, *Copernicus*) различных периодов съемки.



Рис. 3. Тело оползня с растительностью (опорная точка 49, 2024 год)

Fig. 3. A landslide body with vegetation (reference point 49, 2024)

Проведение маршрутных работ сопровождалось фотографической съемкой с фиксацией географических координат. Использовали компактные системы позиционирования, точность плановой привязки составляла ± 4 м. Выполнены несколько циклов геодезических съемок ключевых участков. Для измерений применялось оборудование спутниковой системы позиционирования фирмы *Leica Geosystems*, использующей сигналы навигационных спутников *GPS* и ГЛОНАСС. Результаты съемок сопоставляли с данными предшествующих обследований, материалами дистанционного зондирования и анализировались. С появлением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) съемка ключевых участков велась методами цифровой фотограмметрии [Крыленко и др., 2021; Архипова, Глазко, 2022; Мисиров и др., 2022]. Активное использование БПЛА и ГИС-технологий может существенно повысить достоверность оценки и прогноза изменений состояния берегов водных объектов, что должно способствовать своевременной разработке и реализации водоохранных мероприятий [Скрипка и др., 2022].

Результаты и их обсуждение

Воздействие экстремального ливня 6–7 июля 2012 г. на береговые процессы

6–7 июля 2012 г. на территории нескольких районов Краснодарского края прошли ливневые дожди экстремальной силы. По данным Росгидромета максимальная суточная сумма осадков по метеостанции Новороссийск прежде составляла 180 мм, по Геленджику – 105 мм; обеспеченность (вероятность превышения) этих показателей оценивалась как один раз в 100 лет. Однако за сутки с 07 часов 6 июля по 07 часов 7 июля в Новороссийске выпало 275 мм осадков, и 311 мм – в Геленджике. Суммарный объем селеподобных потоков вблизи массива Туапхат мог составить 1–1,5 млн м³ [Евсюков и др., 2015].

Объем аккумулятивных тел, сформированных обломочным материалом, вынесенным паводком из временных водотоков, определялся размерами их водосборной площади. Из каждой долины длиной более 2 км поступило 1–2 тыс. м³ твердого материала [Krylenko

et al., 2014; Isupova et al., 2015]. Поступивший материал остался вблизи устьев водотоков (расположенных в небольших бухтах), в результате чего средняя ширина пляжей на данных участках увеличилась на 5–10 м.

В результате ливня на морском берегу произошли многочисленные обвалы и оползни (рис. 4, 5). На участке от мыса Дооб до бухты Рыбацкой (Голубой) отмечено 25 обвалов, из них 15 – объемом более 100 м³. Кроме этого, вдоль всего клифа повсеместно отмечено осыпание щебня и дресвы, но общий объем этого материала незначителен. Количество и объем обвалов на клифе существенно различается вдоль берега, что связано с локальными геологическими особенностями залегания пластов. Как отмечалось в [Krylenko et al., 2014] и подтверждено текущими исследованиями, распределение обвальных конусов вдоль береговой линии крайне неравномерно: между 5 и 6-й щелями отмечено семь обвалов, между 5 и 2-й щелями – четыре небольших обвала, между 2-й щелью и Голубой бухтой образовалось двенадцать крупных обвалов объемом более 100 м³ каждый. Вблизи мыса Дооб было отмечено несколько оползней, где смещался целый блок флишевого массива, при этом флишевая структура сохранялась. Общим свойством слагающих массив Туапхат пород является их малая устойчивость к выветриванию. Схождение оползней и обвалы на клифе наблюдались на участках, где уже имелись предпосылки для их образования – отдельные пласты флишевой толщи в результате выветривания потеряли устойчивость, экстремальный ливень способствовал их одновременному интенсивному обрушению.

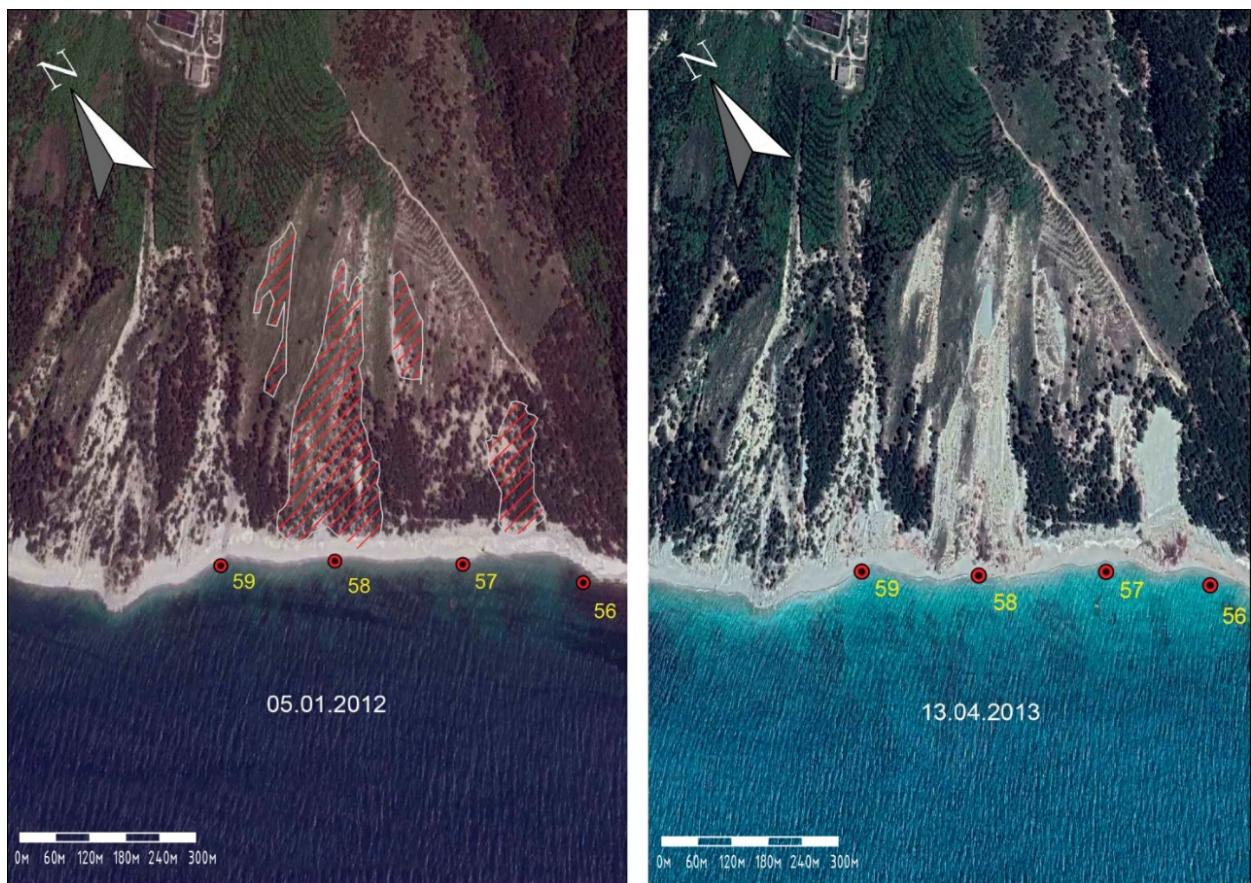


Рис. 4. Снимок 2012 года (Google Earth) участка прибрежного склона в районе 58-ой точки до и после экстремального ливня
 Fig. 4. A 2012 image (Google Earth) of a section of the coastal slope near point 58 before and after the extreme downpour



Рис. 5. Снимок 2012 года (Google Earth) участка прибрежного склона в районе 10-ой точки до и после экстремального ливня
Fig. 5. A 2012 image (Google Earth) of a section of the coastal slope in the area of the 10th point before and after extreme downpour

На космических снимках (см. рис. 4) видны последствия схода оползней по флишевым пластам в зону пляжа. На снимке слева штриховкой указана площадь отрыва оползней. Суммарная площадь, подверженная оползням только на данном участке, составила 35 тыс. м². Снимок справа отражает ситуацию после прошедшего экстремального ливня, отчетливо видны оползневые очаги, в пределах которых в зону пляжа перемещены массы обломочного материала, глины, дерна и древесной растительности. На другом снимке (см. рис. 5) также можно детально рассмотреть последствия схода крупных оползневых тел. Правая часть снимка, отражающая ситуацию после схода оползней, выделяется ровными скальными участками, которые проявились после того, как по их поверхности сошли огромные массы различного рода материала. Отчетливо видно большое количество деревьев, оторванных оползнем и вынесенных в зону пляжа вместе с обломками скал. Можно отметить приуроченность крупных оползней к тем участкам склона, где флишевый пласт фронтально ориентирован с уклоном более 20° к береговой линии, формируя своеобразное зеркало скольжения.

Воздействия экстремального шторма 26–27 ноября 2023 на береговые процессы

26 ноября 2023 г. на акваторию Черного моря сместился средиземноморский циклон, охвативший центральную и северо-восточную часть моря. Особенностью этого циклона стали сильные ветры, скорость которых достигала 25–33 м/с, местами до 40 м/с. Ветер вызвал на море шторм силой от 3 до 6 баллов. Направление волн на рассматриваемом участке побережья изменилось от юго-восточных до западных румбов. Высота волн на пике развития шторма в ночь с 26 на 27 ноября превышала 6 м, длина волн – 110 м, период – 11 секунд. По мере движения циклона, параметры инициированного им штормового волнения существенно изменились. Ранее подобный по силе шторм наблюдался в регионе 11 ноября 2007 г. К вечеру 28 ноября на акваторию Черного моря сместился очередной средиземноморский циклон [Дивинский и др., 2024; Dulov et al., 2024]. Таким образом, в период с 26 по 29 ноября на берег Черного моря в районе Геленджика оказывалось сильнейшее штормовое воздействие. Были разрушены или повреждены берегоукрепительные и другие гидротехнические сооружения.

Натурное обследование береговой зоны массива Туапхат было проведено в декабре 2023 года. Вдоль берега массива Туапхат было обнаружено 11 новых оползневых, осыпных и обвальных конусов, появившихся в результате экстремального волнового воздействия. Большая часть свежих обвально-оползневых тел представлена крупными глыбами со значительной примесью дернового материала и измельченного аргиллита (рис. 6). Повсеместно отмечены многочисленные свежие небольшие осыпи, состоящие из мелкого щебня, вероятно инициированные сильным ветром.



а

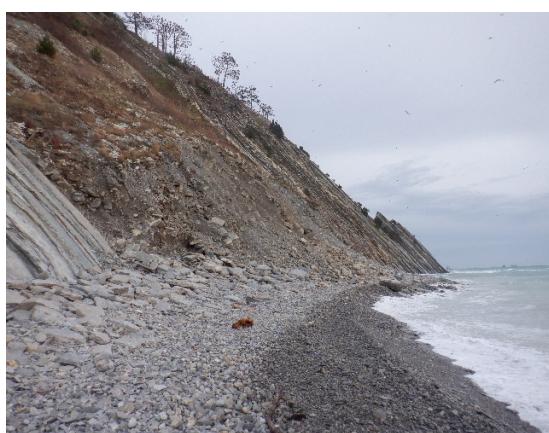


б

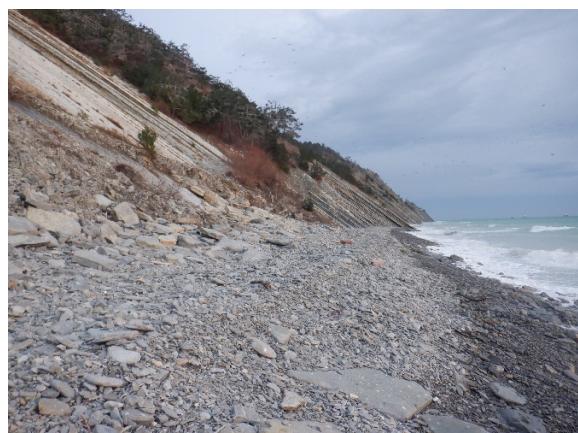
Рис. 6. а) Новый обвально-оползневой конус размером 25x10 м, полностью перекрывающий пляж (опорная точка 14, 2024 г.). б) Оползневой конус 2012 года со следами размыва и смещением вышележащих отложений к подножию (50-ая опорная точка, 2024 год)

Fig. 6. a) A new landslide cone measuring 25x10 m, completely covering the beach (reference point 14, 2024). b) The landslide cone of 2012 with traces of erosion and displacement of overlying sediments to the foot (50th reference point, 2024)

В пределах ранее существовавших (в основном – сформированных ливнем в 2012 году) осыпных и оползневых тел были зафиксированы как новые поступления обломочного материала с вышележащего склона, так и смещение накопленного ранее в оползневых телах материала вниз по склону (рис. 7).



а



б

Рис. 7. а) Обвально-оползневой конус, практически полностью перекрывающий пляж (опорная точка 50, 2014 год). б) Тот же обвально-оползневый конус после шторма в 2023 году

Fig. 7. a) A landslide cone, completely covering the beach (reference point 50, 2014).
b) The same landslide cone captured after storm in 2023

Обследование растительности нижней части берегового обрыва показало, что физическое воздействие волн привело к уничтожению или повреждению многолетних травянистых и древесных растений до высоты 4 м над уровнем моря.

Экстремальные погодные явления и динамика берега

Экстремальный ливень вызвал единовременное пополнение береговой зоны моря твердыми наносами в объеме, сравнимом с поступающим за десятки лет при обычном режиме. На берегу открытого моря наибольший объем твердого материала поступил в результате интенсификации обвально-оползневых процессов. Наиболее крупные по площади и объемам оползни и обвалы были отмечены в точках 6–7, 10–11, 27–28, и с 47 по 58 точку (рис. 8). Именно в пределах указанных зон произошла наиболее значительная трансформация береговой зоны, полное или частичное перекрытие пляжа коллювием, впоследствии сформировались новые пляжи (см. рис. 1, точка 55).



Рис. 8. Сравнение ширины пляжной зоны массива Туапхат в 2014 и 2023 гг. по опорным точкам

Fig. 8. Comparison of the width of the beach area of the Tuaphat massif in 2014

and 2023 by reference points

В ходе экстремального шторма произошло сокращение протяженности прислоненных пляжей, на многих участках пляж был полностью смыт. Сравнение ширины пляжей массива Туапхат в 2014–2015 и 2023 годах представлено на рис. 8. Полученные результаты показали, что в среднем ширина прислоненных пляжей на исследуемом участке берега в 2023 году сократилась по сравнению с 2014 годом. Произошло частичное распределение материала пляжа в точках 5–13, а в остальных точках ширина пляжа уменьшилась, при этом отчетливо видна приблизительно одинаковая тенденция к уменьшению ширины пляжной зоны по всему участку. В основном ширина пляжа в 2023 году оказалась на 20–30 % меньше, чем в 2014 году (см. рис. 8). При этом, на участках с сохранившимся пляжем наблюдалось значительное увеличение его высоты. До шторма ноября 2023 года максимальная высота прислоненного пляжа составляла от 1,8 м в восточной до 2,1 м в западной части.

Прошедший шторм привел к интенсификации вдольбереговой миграции наносов. Во время шторма визуально наблюдалось перемещение наносов вдоль берега. Как на мысах, так и в бухтах в прибрежной полосе шириной до 100 м отмечено практически тотальное уничтожение водорослей перемещаемыми наносами. Вероятно, в ходе экстремального шторма происходила вдольбереговая миграция наносов между смежными литодинамическими ячейками, в обычном режиме развивающимися независимо.

Характер протекания литодинамических процессов на абразионном берегу, помимо литологических характеристик горных пород, слагающих берег, зависит от соотношения количества и свойств обломочного материала, поступающего из разных источников в прибойную зону. Продолжительность влияния на литодинамические процессы поступившего на морской берег обломочного материала существенно различалась в зависимости его механического и минерального состава.

Паводками на временных водотоках был вынесен преимущественно некрупный (до 10–15 см) слабоокатанный обломочный материал, сильно подверженный истирианию. Щебень и дресва за короткое время распространились в пределах литодинамических ячеек, способствуя некоторому расширению пляжей. Большая часть наносов осталась вблизи устьев водотоков. С учетом небольших размеров и малой прочности этих наносов в очень короткий срок они были полностью измельчены, по мере истириания наносов происходило постепенное сокращение ширины пляжей.

В обвально-оползневых массах изначально преобладал крупно-глыбовый материал, но присутствовал щебнистый и суглинистый материал. В результате к подножию клифа поступило много крупных (до 1,5 м) глыб, практически не перемещаемых волнами даже при сильных штормах. Но, как показало обследование, проведенное спустя всего четыре месяца, на большинстве обвальных конусов крупные глыбы из аргиллита и мергеля в значительной степени потеряли свою прочность, а многие разрушились до состояния щебенки. Постепенно щебнистый и суглинистый материал вымывался, в теле конусов формировались уступы размыва, высота которых достигала 4 м, а их подножия постепенно удалялись от моря. К концу осени 2023 года высотная отметка подошвы образовавшихся в 2012 году обвально-оползневых конусов составляла около 2 м над уровнем моря. В зоне воздействия волн остались только крупные глыбы из устойчивых к выветриванию пород (рис. 9). В целом влияние оползней и обвалов на литодинамические процессы носило более продолжительный характер в сравнении с выносами временных водотоков.

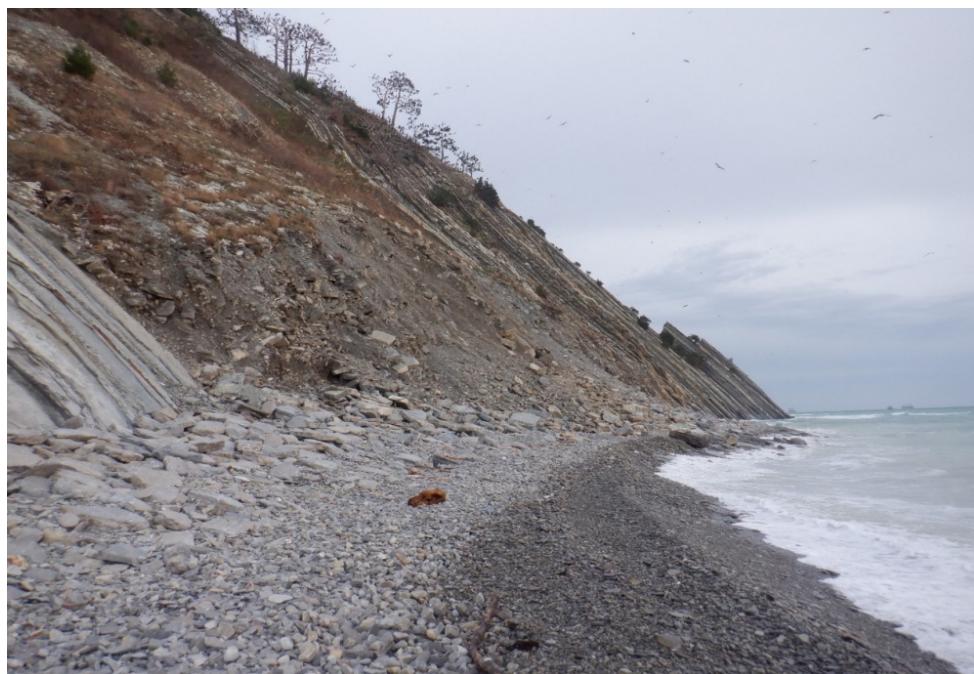


Рис. 9. Обвально-оползневая масса разнородного состава. Отчетливо видна суглинисто-щебневая структура с примесью глыбового материала (опорная точка 47, 2023 год)

Fig. 9. Landslide mass of heterogeneous composition. A loamy-crushed stone structure with an admixture of blocky material is clearly visible (reference point 47, 2023)

Заключение

Экстремальные гидрометеорологические явления оказывают значительное воздействие на абразионные флишевые берега СВ части Черного моря, единовременно существенно изменяя ход береговых процессов. В целом экстремальный шторм в большей степени способствовал перераспределению имевшегося ранее в береговой зоне и накопленного в обвально-оползневых конусах материала и интенсификации вдольбереговой миграции наносов. Объем нового материала, поступившего в результате обвалов и оползней после штормового воздействия, существенно меньше поступившего в 2012 году в результате ливня, что подтверждается количеством зафиксированных оползневых, обвальных и осыпных очагов. Приморские абразионные склоны в данный момент стабилизировались на новом уровне, на некоторое время поступление твердого материала с клифа в прибрежную зону снизится.

Выявленные закономерности – цикличность баланса наносов, зависимость типа денудации от структурных особенностей пород и связь экстремальных событий с динамикой биоразнообразия – формируют универсальную основу для прогнозирования эволюции флишевых берегов в условиях климатических изменений. Примененный комплексный подход, интегрирующий дистанционный мониторинг и полевые методы, продемонстрировал его эффективность при оценке уязвимости береговых геосистем региона.

Полученные результаты показали, что при анализе предшествующей эволюции берега, прогнозе его дальнейшего развития, оценке баланса твердых наносов следует учитывать вероятность возникновения подобных экстремальных гидрологических явлений.

Список литературы

- Андреева А.П. 2018. Особенности структуры береговых геосистем черноморского побережья в районе Геленджика и ГПЗ «Утриш». В кн.: Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование. Труды шестой международной научно-практической конференции, Москва, 29 ноября – 01 декабря 2018. М., Буки-Веди: 287–293.
- Архипова О.Е., Глазко К.В. 2022. Исследование многолетних изменений прибрежных территорий Азовского моря на основе данных спутниковой съемки методами классификации изображений ArcGIS Pro. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 28(2): 523–535. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-523-535>
- Ахсалба А.К., Балкарова С.Б., Евстигнеев В.П., Экба Я.А. 2019. Обобщенная оценка региональных кривых распределения экстремальных осадков методом L-моментов. В кн.: Доклады российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи имени А.С. Попова. Материалы Международного симпозиума «Инженерная экология», Москва, 03–05 декабря 2019. Москва, Московское НТО радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова: 71–74.
- Богданович А.Ю., Липка О.Н., Крыленко М.В., Андреева А.П., Добролюбова К.О. 2021. Климатические угрозы на Северо-Западе Черноморского побережья Кавказа: современные тренды. Фундаментальная и прикладная климатология, 7(4): 44–70. <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2021-4-44-70>
- Дивинский Б.В., Фомин В.В., Лазоренко Д.И. 2024. Максимальные волны на акватории Черного моря по результатам численного моделирования. Экология гидросферы, 2(12): 68–80. [https://doi.org/10.33624/2587-9367-2024-2\(12\)-68-80](https://doi.org/10.33624/2587-9367-2024-2(12)-68-80)
- Евсюков Ю.Д., Борисов Д.Г., Куклев С.Б., Руднев В.И. 2015. Изменения рельефа горы Дооб и прибрежной отмели после катастрофического наводнения (Северо-Западный Кавказ). Геология, география и глобальная энергия, 3(58): 90–101.
- Евсюков Ю.Д., Руднев В.И. 2016. Рельефообразующие факторы преобразования материковой окраины вблизи Геленджика. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 3: 97–109. <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2016-3-97-109>

- Есин Н.В., Савин М.Т., Жиляев А.П. 1980. Абрационный процесс на морском берегу. Л., Гидрометеоиздат, 200 с.
- Золина О.Г., Булыгина О.Н. 2016. Современная климатическая изменчивость характеристик экстремальных осадков в России. Фундаментальная и прикладная климатология, 1: 84–103. <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2016-1-84-103>
- Карпова Ю.И., Волкова Т.А., Комаров Д.А. 2024. Перспективы развития неорганизованного туризма в Краснодарском крае. Успехи современного естествознания, 6: 12–20. <https://doi.org/10.17513/use.38277>
- Крицкая О.Ю., Попков В.И., Остапенко А.А. 2017. Палеосейсмические факторы формирования современного рельефа Черноморского побережья Кавказа на участке Анапа – Новороссийск. Геоморфология, 4: 27–34. <https://doi.org/10.7868/S0435428117040034>
- Крыленко М.В., Алейникова А.М., Андреева А.П., Богданович А.Ю., Добролюбова К.О., Крыленко С.В., Липка О.Н. 2021. Мониторинг экосистем морских абрационных берегов Черноморского побережья северо-западного Кавказа. Экологический мониторинг и моделирование экосистем, 32(3–4): 33–57. <https://doi.org/10.21513/0207-2564-2021-3-4-33-57>
- Крыленко С.В., Лукиных А.И. 2021. Характеристики состава растительности абрационного берега северо-западной части черноморского побережья Кавказа. Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле, 31(1): 16–26. <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2021-31-1-16-26>
- Липка О.Н., Андреева А.П., Богданович А.Ю., Крыленко М.В., Добролюбова К.О. 2021. Погодно-климатическая обусловленность динамики флишевых береговых обрывов Черноморского побережья Кавказа. В кн.: Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления – III»). Материалы III Международной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова, Ростов-на-Дону, 15–19 июня 2021. Ростов-на-Дону, Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН: 188–191.
- Мисиров С.А., Магаева А.А., Кулыгин В.В. 2022. Геоинформационное обеспечение мониторинга опасных экзогенных геологических процессов в береговой зоне Азовского моря. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 28(2): 666–679. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-666-679>
- Пешков В.М. 2012. Некоторые проблемы теории развития морских берегов. Геоморфология, 4: 3–12.
- Пешков В.М. 2015. Современное состояние и перспективы защиты берегов Черного и Азовского морей Краснодарского края. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря, 1: 12–19.
- Попков В.И., Крицкая О.Ю., Остапенко А.А., Дементьева И.Е., Быхалова О.Н. 2017. О тотальной сейсмотектонической переработке южного склона Северо-Западного Кавказа. Доклады Академии наук, 476(4): 431–434. <https://doi.org/10.7868/S0869565217280155>
- Скрипка Г.И., Косолапов А.Е., Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Калиманов Т.А., Сапрыгин В.В., Филатов А.А. 2022. Анализ динамики абрационных берегов Цимлянского водохранилища с использованием беспилотных летательных аппаратов. Вестник Московского университета. Серия 5. География, 3: 42–49.
- Суркова Г.В., Крылов А.А. 2018. Изменения средних и экстремальных скоростей ветра в Арктике в конце XXI века. Арктика и Антарктика, 3: 26–36. <https://doi.org/10.7256/2453-8922.2018.3.27395>
- Сучилин А.А., Белая Н.И., Воскресенский И.С., Михеева С.Н., Зорина В.В., Ушакова Л.А., Шафоростов В.М., Сократов С.А. 2021. Методика изучения морфологии абрационно-аккумулятивных берегов западного побережья Крыма с применением БЛА и ГНСС (на примере участка территории большого Севастополя). ИнтерКарто. ИнтерГИС, 27(1): 351–363. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-1-27-351-363>
- Цыпленков А.С., Иванова Н.Н., Ботавин Д.В., Кузнецова Ю.С., Голосов В.Н. 2021. Гидрометеорологические предпосылки и геоморфологические последствия экстремального паводка в бассейне малой реки в зоне влажных субтропиков (на примере р. Цанык, район Сочи). Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле, 66(1): 144–166. <https://doi.org/10.21638/spbu072021.109>

- Шевердяев И.В., Мисиров С.А. 2022. Оценка паводковой опасности на реках Северо-Западного Кавказа средствами пространственного анализа с учетом осадков и наблюдений уровня в 2014–2020 гг. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 28(2): 655–665. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-655-665>
- Divinsky B.V., Fomin V.V., Kosyan R.D., Ratner Y.D. 2020a. Extreme Wind Waves in the Black Sea. *Oceanologia*, 62(1): 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2019.06.003>
- Divinsky B.V., Kubryakov A.A., Kosyan R.D. 2020b. Interannual Variability of the Wind-Wave Regime Parameters in the Black Sea. *Physical Oceanography*, 27(4): 337–351. <https://doi.org/10.22449/1573-160X-2020-4-337-351>
- Dulov V.A., Yurovskaya M.V., Fomin V.V., Shokurov M.V., Yurovsky Yu.Yu., Barabanov V.S., Garmashov A.V. 2024. Extreme Black Sea Storm in November, 2023. *Physical Oceanography*, 31(2): 295–316.
- Isupova M.V., Dzaganiya E.V., Krylenko V.V., Krylenko M.V. 2014. Effect of an Extreme Shower (July 6–7, 2012) on the Hydrological-Morphological Processes in the Basins of Small Mountain Rivers: Case Study of the Ashamba. *Water Resources*, 42(1): 108–115. <https://doi.org/10.1134/S0097807815010054>
- Krylenko V.V., Kosyan R.D., Krylenko M.V., Podymov I.S. 2014. Transport of Solid Material to the Coastal Zone Near Gelendzhik After Extremely Heavy Rains. *Oceanology*, 54: 88–94. <https://doi.org/10.1134/S0001437014010068>

References

- Andreeva A.P. 2018. Osobennosti struktury beregovykh geosistem chernomorskogo poberezh'ja v rajone Gelendzhika i GPZ "Utrish" [Features of the Structure of Coastal Geosystems of the Black Sea Coast in the Area of Gelendzhik and the Utrish State Nature Reserve]. In: Indikacija sostojanija okruzhajushchej sredy: teoriya, praktika, obrazovanie [Indication of the State of the Environment: Theory, Practice, Education]. Proceedings of the sixth international scientific and practical conference, Moscow, 29 November – 01 December 2018. Moscow, Pabl. Buki-Vedi: 287–293.
- Arkhipova O.E., Glazko K.V. 2022. Research of Long-Term Changes in the Coastal Territories of the Sea of Azov on the Basis of Satellite Data by the Methods of Image Classification of ArcGIS Pro. *InterKarto. InterGIS*, 28(2): 523–535 (in Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-523-535>
- Akhsalba A.K., Balkarova S.B., Evstigneev V.P., Ekba Ya.A. 2019. Estimation of Regional Frequency Distribution of Daily Rainfall Extremes Using L-Moments Method. In: Reports of the Russian Scientific and Technical Society of Radio Engineering, Electronics and Communications named after A.S. Popov. Proceedings of the International Symposium "Engineering Ecology", Moscow, 3–5 December 2019. Moscow, Pabl. Moskovskoe NTO radiotekhniki, elektroniki i svjazi im. A.S. Popova: 71–74 (in Russian).
- Bogdanovich A.Yu., Lipka O.N., Krylenko M.V., Andreeva A.P., Dobrolyubova K.O. 2021. Climate Threats in the North-West Caucasus Black Sea Coast: Modern Trends. *Fundamental and Applied Climatology*, 7(4): 44–70 (in Russian). <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2021-4-44-70>
- Divinsky B.V., Fomin V.V., Lazorenko D.I. 2024. Maximum Waves in the Black Sea Based on the Results of Numerical Modeling. *Hydrosphere Ecology*, 2(12): 68–80 (in Russian). [https://doi.org/10.33624/2587-9367-2024-2\(12\)-68-80](https://doi.org/10.33624/2587-9367-2024-2(12)-68-80)
- Yevsyukov Yu.D., Borisov D.G., Kuklev S.B., Rudnev V.I. 2015. Relief Changes Doob Mountain and Coastal Shallows after the Disastrous Floods (North-West Caucasus). *Geology, geography and global energy*, 3(58): 90–101 (in Russian).
- Evsyukov Yu.D., Rudnev V.I. 2016. Relief-Forming Factors in the Transformation of the Continental Margin Near Gelendzhik. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 3: 97–109 (in Russian). <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2016-3-97-109>
- Esin N.V., Savin M.T., Zhilyaev A.P. 1980. Abraziionnyj process na morskem beregu [Abrasion Process on the Seashore]. Leningrad, Pabl. Gidrometeoizdat, 200 p.
- Zolina O.G., Bulygina O.N. 2016. Current Climatic Variability of Extreme Precipitation in Russia. *Fundamental and Applied Climatology*, 1: 84–103 (in Russian). <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2016-1-84-103>

- Karpova Yu.I., Volkova T.A., Komarov D.A. 2024. Prospects of Development of Unorganized Tourism in Krasnodar Region. *Advances in current natural sciences*, 6: 12–20 (in Russian). <https://doi.org/10.17513/use.38277>
- Kritskaya O.Yu., Popkov V.I., Ostapenko A.A. 2017. Palaeoseismic Factors of Shaping the Caucasus Black Sea Coastal Area between Anapa and Novorossiysk. *Geomorfologija*, 4: 27–34 (in Russian). <https://doi.org/10.7868/S0435428117040034>
- Krylenko M.V., Aleinikova A.M., Andreeva A.P., Bogdanovich A.Yu., Dobrolyubova K.O., Krylenko S.V., Lipka O.N. 2021. Monitoring of the Sea Abrasion Coast Ecosystems at the Black Sea Coast of the Northwestern Caucasus. *Environmental Monitoring and Ecosystem Modelling*, 32(3–4): 33–57 (in Russian). <https://doi.org/10.21513/0207-2564-2021-3-4-33-57>
- Krylenko S.V., Lukinykh A.I. 2021. Characteristics of the Vegetation Composition of the Abrasion Coast of the Northwestern Part of the Black Sea Coast of the Caucasus. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, 31(1): 16–26 (in Russian). <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2021-31-1-16-26>
- Lipka O.N., Andreeva A.P., Bogdanovich A.Yu., Dobrolyubova K.O. 2021. Pogodno-klimaticheskaya obuslovленность динамики флишевых береговых обрывов Черноморского побережья Кавказа [Weather and Climate Determinacy of the Dynamics of Flysch Coastal Cliffs of the Black Sea Coast of the Caucasus]. In: *Zakonomernosti formirovaniya i vozdeystvija morskikh atmosfernykh opasnykh javlenij i katastrof na pribrezhnuju zonu RF v uslovijakh global'nykh klimaticheskikh i industrial'nykh vyzovov («Opasnye javlenija – III»)* [Patterns of Formation and Impact of Marine, Atmospheric Hazardous Phenomena and Disasters on the Coastal Zone of the Russian Federation in the Context of Global Climatic and Industrial Challenges ("Hazardous Phenomena – III")]. Proceedings of the III International Scientific Conference in memory of Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences D.G. Matishov, Rostov-on-Don, 15–19 June 2021. Rostov-na-Donu, Pabl. Federal'nyj issledovatel'skij centr Juzhnyj nauchnyj centr RAN: 188–191.
- Misirov S.A., Magaeva A.A., Kulygin V.V. 2022. Geoinformation Support for Monitoring Dangerous Exogenous Geological Processes in the Coastal Zone of the Sea of Azov. *InterKarto. InterGIS*, 28(2): 666–679 (in Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-666-679>
- Peshkov V.M. 2012. Some Problems of the Sea Coast Development Theory. *Geomorfologija*, 4: 3–12 (in Russian).
- Peshkov V.M. 2015. Modern State and Perspectives of Protection of the Black and Azov Seas Coasts in the Krasnodar Region. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, 1: 12–19 (in Russian).
- Popkov V.I., Kritskaya O.Yu., Ostapenko A.A., Dementjeva I.E., Byhalova O.N. 2017. Total Seismotectonic Reworking of the Southern Slope of the Northwestern Caucasus. *Doklady Earth Sciences*, 476(2): 1130–1133. <https://doi.org/10.1134/S1028334X17100087>
- Skripka G.I., Kosolapov A.E., Ivlieva O.V., Bespalova L.A., Kalimanov T.A., Saprygin V.V., Filatov A.A. 2022. Analysis of the Dynamics of Abrasion Shores at the Tsimlyansk Reservoir with the Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAV). *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya*, 3: 42–49 (in Russian).
- Surkova G.V., Krylov A.A. 2018. Izmenenija srednikh i ekstremal'nykh skorostej vетра v Arktike v konce XXI veka [Changes in Mean and Extreme Wind Speeds in the Arctic at the End of the 21st Century]. *Arctic and Antarctica*, 3: 26–36 (in Russian). <https://doi.org/10.7256/2453-8922.2018.3.27395>
- Suchilin A.A., Belya N.I., Voskresensky I.S., Mikheeva S.N., Zorina V.V., Ushakova L.A., Shaforostov V.M., Sokratov S.A. 2021. Methods for Studying the Morphology of Abrasion-Accumulative Coast of the West Coast of the Crimea Using UAV and GNSS (on the Example of a Land of the Territory of Great Sevastopol). *InterKarto. InterGIS*, 27(1): 351–363. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-1-27-351-363>
- Tsyplenkova A.S., Ivanova N.N., Botavin D.V., Kuznetsova Yu.S., Golosov V.N. 2021. Hydro-Meteorological Preconditions and Geomorphological Consequences of Extreme Flood in the Small River Basin in the Wet Subtropical Zone (the Tsanyk River Case Study, Sochi Region). *Vestnik of Saint-Petersburg University. Earth Sciences*, 66(1): 144–166 (in Russian). <https://doi.org/10.21638/spbu07.2021.109>
- Sheverdyayev I.V., Misirov S.A. 2022. Flood Hazard on the Rivers of the Northwestern Caucasus by Spatial Analysis According to Precipitations and Level Observations in 2014–2020. *InterKarto. InterGIS*, 28(2): 655–665 (in Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-655-665>

- Divinsky B.V., Fomin V.V., Kosyan R.D., Ratner Y.D. 2020a. Extreme Wind Waves in the Black Sea. *Oceanologia*, 62(1): 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2019.06.003>
- Divinsky B.V., Kubryakov A.A., Kosyan R.D. 2020b. Interannual Variability of the Wind-Wave Regime Parameters in the Black Sea. *Physical Oceanography*, 27(4): 337–351. <https://doi.org/10.22449/1573-160X-2020-4-337-351>
- Dulov V.A., Yurovskaya M.V., Fomin V.V., Shokurov M.V., Yurovsky Yu.Yu., Barabanov V.S., Garmashov A.V. 2024. Extreme Black Sea Storm in November, 2023. *Physical Oceanography*, 31(2): 295–316.
- Isupova M.V., Dzaganiya E.V., Krylenko V.V., Krylenko M.V. 2014. Effect of an Extreme Shower (July 6–7, 2012) on the Hydrological-Morphological Processes in the Basins of Small Mountain Rivers: Case Study of the Ashamba. *Water Resources*, 42(1): 108–115. <https://doi.org/10.1134/S0097807815010054>
- Krylenko V.V., Kosyan R.D., Krylenko M.V., Podymov I.S. 2014. Transport of Solid Material to the Coastal Zone Near Gelendzhik After Extremely Heavy Rains. *Oceanology*, 54: 88–94. <https://doi.org/10.1134/S0001437014010068>

Поступила в редакцию 25.02.2025;
поступила после рецензирования 13.05.2025;
принята к публикации 08.06.2025

Received February 25, 2025;
Revised May 13, 2025;
Accepted June 08, 2025

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Крыленко Марина Владимировна,
кандидат географических наук, ведущий
научный сотрудник лаборатории
литодинамики и геологии, Институт
океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
г. Москва, Россия

Крыленко Вячеслав Владимирович,
кандидат географических наук, старший
научный сотрудник лаборатории экологии,
Институт океанологии им. П.П. Ширшова
РАН, г. Москва, Россия

Чистяков Александр Михайлович,
инженер лаборатории литодинамики и
геологии, Институт океанологии им.
П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Marina V. Krylenko, Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher at the Lithodynamics and Geology Laboratory, Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia

Viacheslav V. Krylenko, Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher at the Ecology Laboratory, Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia

Alexander M. Chistyakov, Engineer at the Lithodynamics and Geology Laboratory, Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia