

Результаты мониторинга динамики береговой зоны и гранулометрического состава наносов пляжей в центральной части Каламитского залива

К. И. Гуров

*Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия
e-mail: gurovki@gmail.com*

Поступила: 08.10.2019 г.; принята к публикации 21.02.2020 г.; опубликована 25.03.2020 г.

На основе данных натурных наблюдений исследованы локальные особенности динамики ширины пляжа, а также гранулометрический состав наносов на участке береговой зоны Каламитского залива в районе пересыпи оз. Сакского. Анализ результатов измерений позволил выделить периоды наибольшей изменчивости пространственного положения линии уреза, оценить ее годовой ход. Отмечено, что в пределах рассматриваемой части пересыпи можно выделить несколько участков нарастания и отступления берега, чередующихся между собой. Участки, подверженные наибольшему ветро-волновому воздействию и показывающие максимальную динамику исследуемых морфометрических параметров, расположены вблизи перпендикулярных к берегу берегозащитных сооружений. Результаты исследования показали, что, проходя через берегозащитные сооружения, пляжевые наносы подвергаются сортировке, при этом доля крупнозернистой фракции заметно сокращается. Наибольшая дифференциация материала в пробах наносов пляжа отмечается к северу от берегозащитных сооружений. Гранулометрический состав наносов, перемещающихся вдоль линии уреза, также изменяется, сокращается доля гравийного материала и его крупность. Анализ распределения гравийного материала возле уреза показал, что при определенных волновых условиях данная фракция обходит берегозащитные сооружения санатория «Полтава-Крым». В результате вдольберегового перемещения гравийного материала изменяется долевое соотношение фракций наносов. Дальнейшее детальное изучение особенностей пространственного распределения наносов пляжей позволит использовать полученные данные для их усвоения в математических моделях динамики береговой зоны.

Ключевые слова: береговая зона, пляжи, донные осадки, пляжевые наносы, гранулометрический состав, Крымский полуостров, Каламитский залив.

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2019-0004 «Прибрежные исследования», а также при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00230.

Для цитирования: Гуров К. И. Результаты мониторинга динамики береговой зоны и гранулометрического состава наносов пляжей в центральной части Каламитского залива // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2020. № 1. С. 36–46. doi:10.22449/2413-5577-2020-1-36-46

© Гуров К. И., 2020



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License

Results of Coastal Zone Dynamics and Beach Sediments Granulometric Composition Monitoring in the Central Part of the Kalamitsky Gulf

K. I. Gurov

*Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sevastopol, Russia
e-mail: gurovki@gmail.com*

Submitted 08.10.2019; revised 21.02.2020; published 25.03.2020

Based on field observations, studies were performed of local features of the beach width dynamics as well as of particle size distribution of beach sediments in the Kalamitsky Gulf coastal area on and around the Sakscoe Lake bay-bar. An analysis of the obtained measurements of the shore line position allowed to identify periods of its greatest variability and evaluate its annual change. It is noted that within the bay-bar area under consideration one can distinguish several alternating areas of the coast accumulation and retreat. The areas with the greatest exposure to wind and waves and showing the highest dynamics of the studied morphometric parameters are located near coastal protection structures positioned perpendicular to the shore. The results showed that while going through the coastal protection structures, beach sediments are sorted and the proportion of coarse fraction reduces noticeably. It is established that the greatest differentiation of material in beach sediment samples is noted north of the coastal protection structures. The granulometric composition of sediments moving along the shoreline also changes; the proportion and size of gravel material decrease. Distribution analysis of gravel material near the water's edge showed that under certain wave conditions this fraction passes over the coastal protection structures of *Poltava-Crimea* Health Resort. The gravel material longshore drift resulted in changes in the sediment fractional ratio. Further detailed study of the beach sediment spatial distribution will allow to use the obtained data for assimilation of the latter in mathematical models of coastal zone dynamics.

Keywords: coastal zone, beaches, beach sediments, particle size distribution, Crimean Peninsula, Kalamitsky Gulf.

Acknowledgments: the research is performed under state order on topic No. 0827-2019-0004 "Coastal studies" and supported by the Russian Foundation for Basic Research as part of scientific project No. 18-35-00230.

For citation: Gurov, K.I., 2020. Results of Coastal Zone Dynamics and Beach Sediment Granulometric Composition Monitoring in the Central Part of the Kalamitsky Gulf. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (1), pp. 36–46. doi:10.22449/2413-5577-2020-1-36-46 (in Russian).

Введение. Изучение особенностей динамики гранулометрического состава и изменений рельефа береговой зоны – достаточно актуальная тема, представляющая особый интерес. В первую очередь, исследование фракционного состава позволяет установить особенности его формирования в различной временной и физико-географической обстановке, а также оценить влияние антропогенной нагрузки на береговую зону. Кроме того, гранулометрический состав донных отложений и наносов береговой зоны является одним из основных параметров, характеризующих интенсивность литодинамических процессов.

Для изучения динамических процессов в прибрежной и береговой зонах математическими методами [1–3], получившими большую популярность и активно развивающимися, постоянно необходимы новые данные о гранулометрическом составе и понимание современных тенденций развития берегов. Точные данные о размерном составе донных осадков имеют особое значение при адаптации и валидации моделей, описывающих литодинамические процессы на участках береговой зоны [4–6]. Поэтому мониторинг морфодинамических процессов в береговой зоне необходим, чтобы качественно и количественно оценивать современные тенденции ее преобразования, а также формировать прогнозы ее развития в будущем.

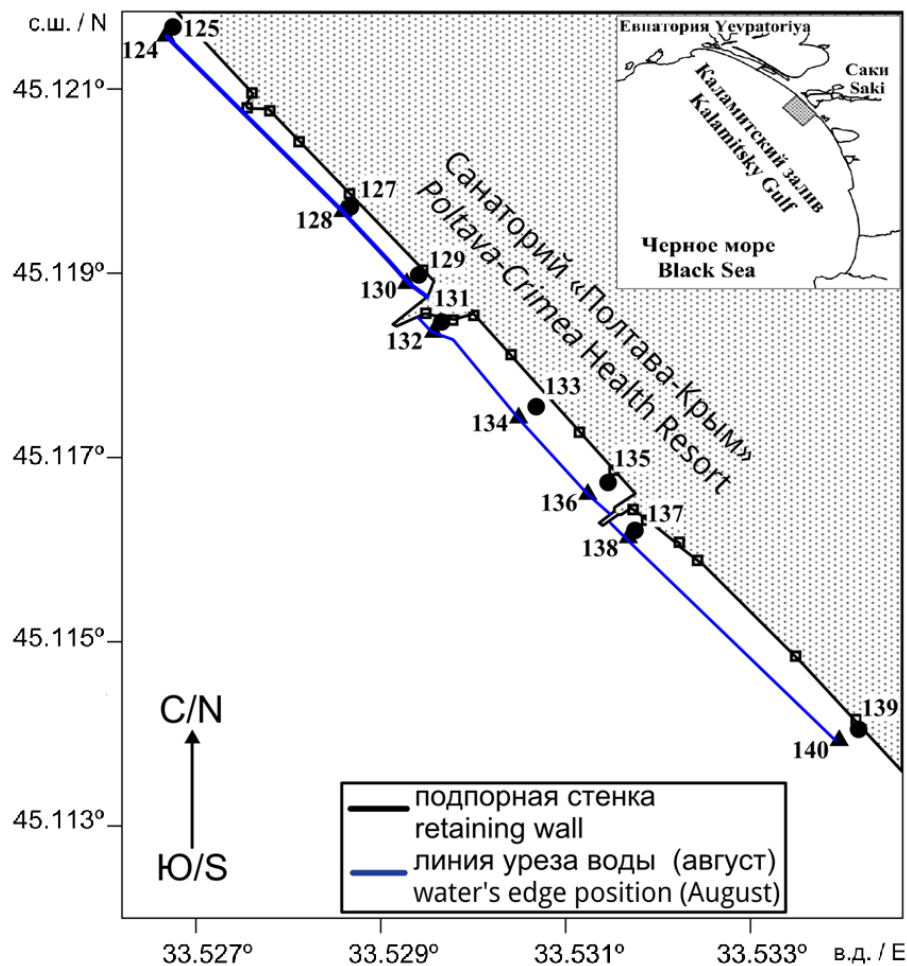
Целью настоящей работы является исследование локальных особенностей динамики ширины пляжей, а также гранулометрического состава наносов на участке береговой зоны, осложненном расположением берегозащитных сооружений, на примере центральной части пересыпи оз. Сакского. Проведенные исследования основаны на данных наблюдений, полученных в августе 2018 г. в ходе экспедиционных работ Морского гидрофизического института РАН. Важность практического применения подтверждается необходимостью учета результатов мониторинговых исследований в связи с реализацией проекта строительства набережной и берегозащитных сооружений на пересыпи оз. Сакского.

Характеристика района исследований. Пересыпь оз. Сакского расположена в центральной части Каламитского залива (рис. 1) и, согласно [7], представляет собой зону конвергенции потоков наносов с севера и юга. Длина пересыпи – около 3500 м, ширина – 500–700 м, мощность песков пересыпи – 24 м [8]. В северной и центральной частях пересыпи находятся санаторно-курортные объекты. Ширина пляжей составляет 15–40 м в северной части пересыпи, 20–35 м в центральной и 50–60 м в южной. Изучаемый район отличается прямолинейным характером берега и расположением изобат параллельно береговой линии. В центральной части исследуемого отрезка береговой линии расположены два берегозащитных сооружения в виде бетонных бун длиной 37 м в южной части и 54 м в северной. Согласно [9], подобные бетонные конструкции в береговой зоне становятся причиной нарушения механизма транспорта наносов. Накопление материала на одних участках и его дефицит на других приводят к изменению пространственного положения линии уреза. Глубина на концах бун составляет 2–2.2 м. Подводный береговой склон у берега имеет уклон 0.03–0.09. Отмечено, что в местах накопления крупнозернистого материала вблизи берега профиль имеет больший угол наклона, на участках с повышенным содержанием средне- и мелкозернистого песка профиль более пологий.

Поскольку на исследуемом участке пересыпи оз. Сакского отсутствуют источники песчаного и гравийно-галечного материала, вдольбереговое перемещение наносов играет ведущую роль в питании материалом данного участка.

Согласно данным, приведенным в работе [10], в районе пересыпи оз. Сакского выделяются несколько участков нарастания берега, которые чередуются со стабильными участками.

Особенности строения пересыпи оз. Сакского описаны в работах [11, 12]. Характеристики гранулометрического состава наносов пляжей пересыпи при-



Р и с. 1. Схема расположения створов для измерения ширины пляжа (□), точек отбора проб грунта с поверхности пляжа (●) и уреза в зоне заплеска (▲) на участке пересыпи оз. Сакского, Каламитский залив, в 2018 г. Цифрами обозначены номера точек отбора проб грунта

Fig. 1. Layout chart of controls for beach width measurement (□), points of soil sampling on the beach surface (●) and at the water's edge in the splash zone (▲) at the Sakskoe Lake bay-bar area, Kalamitsky Gulf, in 2018. Numerals stand for soil sampling points

ведены в работах [12–15]. Установлено, что пересыпь сложена крупнозернистыми песками с примесью гравия и гальки, а основным источником ее питания является вдольбереговой поток, направленный с юга. Анализ granulometric composition of samples, taken on the coastal slope, showed that the coarse-grained material is transported along the water's edge to depths of 1.5–2 m, and its maximum concentrations are observed in the intertidal space. The redistribution of sandy material is limited by isobaths 3.0–3.5, deeper accumulations of aluvio-pelitic clays.

Вызванные сильными штормами размыв и обрушение берегов, разрушение берегозащитных сооружений являются свидетельством того, что ветровое волнение – определяющий фактор изменения береговой линии в данном районе [16].

Привязка данных метеонаблюдений к береговой станции в г. Евпатории объясняется отсутствием данных наблюдений за полем ветра для района г. Сак. Анализ среднемесячных значений скорости ветра [17] показал, что наименьшие значения (3.6–3.8 м/с) приходятся на летний период, с июня по сентябрь, а наибольшие (5.1–5.6 м/с) отмечены в периоды с ноября по декабрь и с января по март. Абсолютные минимальные значения наблюдались в сентябре (1.9 м/с), а максимальные (11.4 м/с) – в феврале. По результатам исследования межгодовой сезонной изменчивости полей ветра было установлено, что в осенне-зимний период преобладают северные, северо-восточные и восточные ветры; в весенне-летний период увеличивается доля западных, юго-западных и южных ветров [17]. Согласно данным, полученным в работе [16], максимальные значения повторяемости ветров со скоростью более 10 м/с волноопасных южного, западного и юго-западного направлений наблюдаются в среднем за год в 1.1 % случаев (южные – 0.7 %, юго-западные – 0.3 % и западные – 0.1 %). Также стоит учесть, что Евпатория частично закрыта от западного ветра, поэтому повторяемость этих ветров, возможно, занижена.

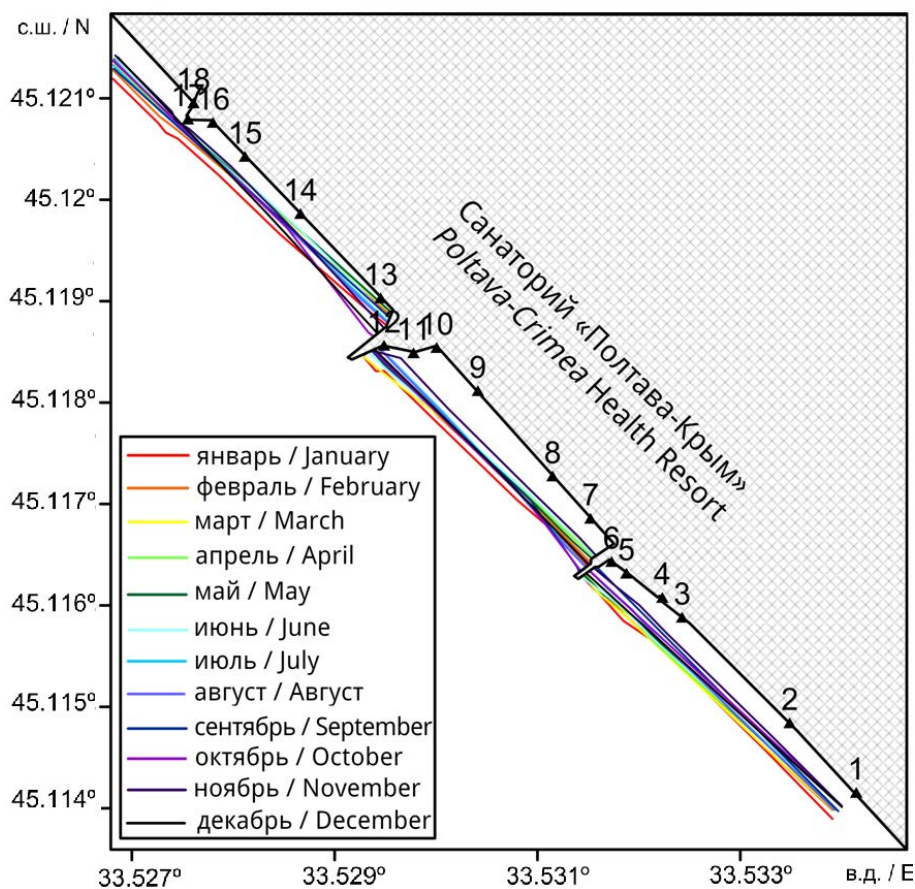
Материалы и методы. Изучение динамики линии уреза и ширины пляжа проводилось на участке береговой зоны в районе пересыпи оз. Сакского между санаториями «Северное сияние» и «Парус». Основная часть исследуемой области приходилась на пляжную зону санатория «Полтава-Крым». Исследование проводилось в 2016 г. с марта по май, а в 2017 и 2018 гг. – с января по декабрь.

Исследуемая область состояла из 17 выбранных створов (рис. 2). В 2018 г. в пределах исследуемой области были отобраны пробы наносов береговой зоны также по линии пляж – урез (восемь проб наносов пляжей, восемь проб в зоне заплеска). Сбор материала проводился согласно ГОСТ 17.1.5.01-80.

Гранулометрический состав донных отложений определяли по массовому содержанию частиц различной крупности, выраженному в процентах по отношению к массе, взятой для анализа сухой пробы грунта (ГОСТ 12536-2014). Просеивание проб наносов проводилось с помощью набора сит с отверстиями 10; 7; 5; 2.5; 2; 1; 0.5; 0.25; 0.1; 0.05 мм.

Результаты и обсуждение. Исследования динамики линии уреза в пределах рассматриваемой части пересыпи оз. Сакского на внутригодовых масштабах позволило выделить несколько участков нарастания и отступления берега, чередующихся между собой. Участки, подверженные наибольшему ветро-волновому воздействию и вследствие этого показывающие наибольшую динамику исследуемых морфометрических параметров, расположены вблизи берегозащитных сооружений, перпендикулярных к берегу.

Таким образом, в период с января по март, когда преобладают ветры северного направления, в пределах исследуемого отрезка береговой зоны можно наблюдать два участка, подверженных активному размыву (рис. 2).



Р и с. 2. Динамика береговой линии на пересыпи оз. Сакского в районе санатория «Полтава-Крым» в 2018 г. Цифрами обозначены номера створов

Fig. 2. Coastline dynamics at the Sakscoe Lake bay-bar near *Poltava-Crimea* Health Resort in 2018. Numerals stand for controls' numbers

Оба отмечены на пляжах к северу от берегозащитных сооружений (створы 7 и 13). В то же время к югу от них, на участках между створами 4, 5, 6 и 10, 11, 12, наблюдается переотложение гравийно-галечного и песчаного материала, что приводит к увеличению ширины пляжа.

В период с мая по сентябрь преобладающее направление ветра меняется. Это приводит к интенсивному размыву участков пляжа между створами 4–6 и 10–12. Обходя берегозащитные сооружения, поток наносов теряет свою энергию, что приводит к немедленному переотложению материала. Таким образом, в теплый сезон года севернее бун отмечается наибольшее увеличение ширины пляжей, а линия уреза воды максимально выдвигается в сторону моря.

Анализ данных наблюдений, выполненных в 2018 г., позволил выделить некоторые отличительные особенности динамики береговой зоны. В первую очередь это касается масштабов размыва участков на створах, расположенных вблизи берегозащитных сооружений. Отмечено, что в зимний

период ширина пляжа к северу от южной буны (створ 7) почти не изменялась, а минимум ширины пляжа на данном участке был зафиксирован в середине мая. К северу от северной буны наблюдалось более существенное сокращение ширины пляжа, по сравнению с данными 2017 г., как в зимний сезон, так и в целом за год. Участки, расположенные к югу от берегозащитных сооружений, не подвергались такому сильному размыву, как в 2017 г. Средняя ширина пляжей на створах к югу от южной (створ 6) и северной (створ 12) бун составила 23 и 11 м соответственно. Для сравнения: на аналогичных участках в 2017 г. значения ширины пляжа составили 16 и 5 м. Также было отмечено, что в марте 2018 г. для створа 10 была зафиксирована максимальная (за три года) ширина пляжа (51 м).

Отмечено, что в отличие от данных, полученных в 2017 г., когда в пределах береговой зоны можно было выделить несколько участков, отличающихся стабильным расположением линии берега, по данным 2018 г. наблюдается сначала сокращение ширины пляжа в межбунном пространстве санатория «Полтава-Крым» на всем исследуемом участке, затем ее увеличение.

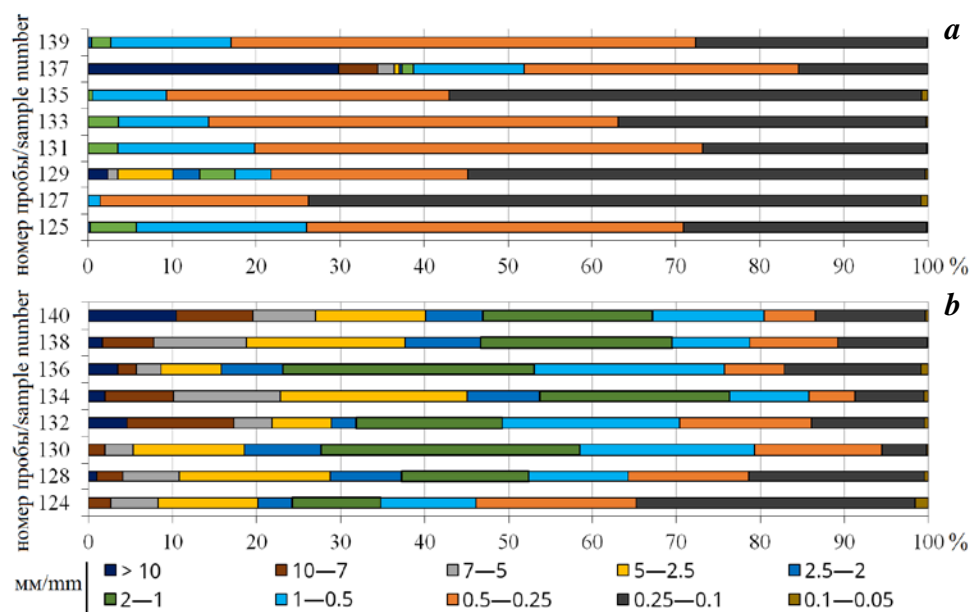
Стабильные участки береговой зоны отмечаются между створами 1–3 и 8, 9. Здесь изменения ширины пляжа измеряются несколькими метрами в течение года и не зависят от сезонных особенностей направления ветра.

Результаты исследования позволяют говорить, что берегозащитные сооружения на территории санатория «Полтава-Крым», благодаря своему расположению и техническим характеристикам, стабилизируют данный участок береговой зоны, способствуют накоплению и удержанию пляжевого материала в межбунном пространстве.

Чтобы уточнить оценки влияния расположения берегозащитных сооружений на гранулометрический состав перемещаемого материала, были отобраны пробы наносов береговой зоны на участках урез – пляж (рис. 3).

При оценке переноса гравийного материала в зоне пляжа был сделан вывод, что в процессе перемещения наносов через берегозащитные сооружения санатория «Полтава-Крым», соотношение гранулометрических фракций наносов береговой зоны меняется. С юга на север в пробах пляжевых наносов сокращается доля крупнозернистой гравийной фракции от 34.5 % (к югу от южной буны) до 2.3 % (к северу от северной буны). После обхода северного берегозащитного сооружения санатория «Полтава-Крым» в пробах наносов пляжей крупный и средний гравийный материал уже отсутствует.

Полученные результаты показали, что в южной части исследуемого участка береговой зоны, в районе санатория «Северное сияние», в пробах с пляжа преобладает среднезернистый песок с включениями мелкозернистого и крупнозернистого. Отмечено незначительное включение мелкого гравия (~2 %), в целом материал хорошо сортирован. Южная бун санатория «Полтава-Крым», выступая в качестве препятствия на пути потока наносов с юга, задерживает крупнозернистый гравийно-галечный материал. В результате в гранулометрическом составе наносов пляжа преобладает гравийная составляющая различной крупности (39 %), а коэффициент сортировки (S_0) самый высокий – 4.5. После перемещения через южную бун санатория «Полтава-Крым» в центральной части пляжа материал отсортирован лучше ($S_0 = 1.48$) и равномерно представлен песком средней и мелкой зернистости, доля крупно-



Р и с. 3. Гистограммы распределения процентного содержания размерных фракций в пробах наносов, отобранных на пляже (*a*) и возле уреза в зоне заплеска (*b*)

Fig. 3. Bar charts for percentage distribution of size fractions in accumulation material samples taken on the beach (*a*) and near the water's edge in the splash zone (*b*)

зернистой фракции заметно сокращается. Гравийный материал, найденный в пробах пляжа к северу от санатория «Полтава-Крым», по-видимому, поступает из зоны заплеска во время штормов и в дальнейшем накапливается. Наибольшая дифференциация материала в пробах наносов пляжа наблюдается к северу от берегозащитных сооружений (проба 125, 129, 137). Установлено, что к северу от берегозащитных сооружений происходит значительное накопление мелкозернистого песка (56 % против 15 % у южной бунны и 72 % против 54 % у северной).

Отмечено, что пробы, отобранные на урезе к северу от берегозащитных сооружений, отличаются лучшей сортировкой (1.7 против 2.2 у южной бунны и 1.7 против 2.8 у северной). Основной вклад в степень сортировки на указанных участках вносят фракция 2.0–1.0 и 1.0–0.5 мм. Анализ распределения гравийного материала возле уреза показал, что при определенных волновых условиях данная фракция перемещается через берегозащитные сооружения санатория «Полтава-Крым». В результате вдольберегового перемещения гравийного материала изменяется долевое соотношение фракций наносов. Отмечено, что с юга на север содержание крупнозернистого гравия сокращается с 19 до 2 %, максимальное накопление среднезернистой фракции (30–35 %) отмечается в межбунном пространстве, а мелкозернистой – к северу от береговых сооружений (37–40 %). В северной части исследуемого района гравийная фракция представлена в основном мелким гравием с высоким содержанием обломков ракуши.

Выводы

1. Проведенные исследования динамики положения линии уреза, а также особенностей гранулометрического состава наносов позволили оценить степень влияния расположения берегозащитных сооружений на процессы, проходящие в береговой зоне.

2. В пределах рассматриваемой части пересыпи оз. Сакского на внутригодовых масштабах можно выделить несколько участков нарастания и отступления берега, чередующихся между собой. Кроме того, отмечено несколько стабильных участков, на которых ширина пляжа почти не изменяется.

3. Анализ результатов гранулометрического состава показал, что в межбунном пространстве пляжевые наносы лучше сортированы, а доля крупнозернистой фракции на исследуемом участке пересыпи оз. Сакского сокращается с юга на север от 34.5 до 2.3 %.

4. Отмечено, что при определенных волновых условиях вдольбереговой поток наносов перемещает гравийный материал через берегозащитные сооружения санатория «Полтава-Крым». В результате этого перемещения изменяется долевое соотношение фракций возле уреза: содержание крупного материала уменьшается, а среднего и мелкого увеличивается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Леонтьев И. О.* Моделирование берегового профиля, сформированного штормовым циклом // *Океанология*. 2018. Т. 58, № 6. С. 973–981. doi:10.1134/S0030157418060084
2. *Korzinin D. V., Saprykina Ya. V.* Influence of the underwater structures upon the sediment transport in the coastal zone // *Physical Oceanography*. 2018. Vol. 25, iss. 5. P. 359–367. doi:10.22449/1573-160X-2018-5-359-367
3. *Dissanayake P., Brown J., Karunaratna H.* Impacts of storm chronology on the morphological changes of the form by beach and dune system, UK // *Natural Hazards and Earth System Science*. 2015. Vol. 15, iss. 7. P. 1533-1543. doi:10.5194/nhess-15-1533-2015
4. *Gurov K. I., Udovik V. F., Fomin V. V.* Modeling of the coastal zone relief and granulometric composition changes of sediments in the region of the Bogaily Lake Bay-Bar (the Western Crimea) during storm // *Physical Oceanography*. 2019. Vol. 26, iss. 2. P. 170–180. doi:10.22449/1573-160X-2019-2-170-180
5. Application and validation of XBeach for three different field sites / A. Bolle [et al.] // *Coastal Engineering Proceedings*. Shanghai, China, 2010. No. 32: Proceedings of 32nd Conference on Coastal Engineering, sediment 40. <https://doi.org/10.9753/icce.v32.sediment.40>
6. *Elsayed S. M., Oumeraci H.* Combined Modelling of coastal barrier breaching and induced flood propagation using XBeach // *Hydrology*. 2016. Vol. 3, iss. 4. 32. doi:10.3390/hydrology3040032
7. *Удовик В. Ф., Горячкин Ю. Н.* Межгодовая изменчивость вдольберегового потока наносов в береговой зоне Западного Крыма // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. Вып. 27. С. 363–368.
8. *Зенкович В. П.* Берега Черного и Азовского морей. М. : Географгиз, 1958. 374 с.
9. *Леонтьев И. О.* Изменения береговой линии моря в условиях влияния гидротехнических сооружений // *Океанология*. 2007. Т. 47, № 6. С. 940–946.

10. Горячкин Ю. Н., Долотов В. В. Изменения береговой линии аккумулятивных берегов Западного Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь : МГИ, 2011. Вып. 25, т. 1. С. 8–18.
11. Соляные озера Крыма / Н. С. Курнаков [и др.]. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1936. 278 с.
12. Зенкович В. П. Морфология и динамика советских берегов Черного моря. М. : Изд-во АН СССР, 1960. Т. 2. 216 с.
13. Братусь О. С. О гранулометрическом составе песчаных пляжных отложений Крыма // Доклады АН СССР. 1965. Т. 163, № 2. С. 431–434.
14. Романюк О. С. Генезис крымских пляжей // Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР. К. : КГУ, 1967. Вып. 1. С. 178–182.
15. Шуйский Ю. Д. Механический состав пляжевых наносов на западных берегах Крымского полуострова // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь : МГИ, 2007. Вып. 15. С. 370–385.
16. 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. Севастополь : МГИ, 2009. Вып. 19. С. 56–69.
17. Репетин Л. Н., Белокопытов В. Н. Режим ветра северо-западной части Черного моря и его климатические изменения // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь : МГИ, 2008. Вып. 17. С. 225–243.

Об авторах:

Гуров Константин Игоревич, младший научный сотрудник, Морской гидрофизический институт РАН (299011, Россия, г. Севастополь, ул. Капитанская, д. 2), **ORCID ID: 0000-0003-3460-9650, ResearcherID: L-7895-2017, gurovki@gmail.com**

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Leont'yev, I.O., 2018. Modeling a Shore Profile Formed by Storm Cycle Impact. *Oceanology*, 58(6), pp. 892–899. <https://doi.org/10.1134/S0001437018060085>
2. Korzinin, D.V. and Saprykina, Ya.V., 2018. Influence of the Underwater Structures upon the Sediment Transport in the Coastal Zone. *Physical Oceanography*, 25(5), pp. 359–367. doi:10.22449/1573-160X-2018-5-359-367
3. Dissanayake, P., Brown, J. and Karunarathna, H., 2015. Impacts of Storm Chronology on the Morphological Changes of the Formby Beach and Dune System, UK. *Natural Hazards and Earth System Science*, 15(7), pp. 1533–1543. doi:10.5194/nhess-15-1533-2015
4. Gurov, K.I., Udovik, V.F. and Fomin, V.V. 2019. Modeling of the Coastal Zone Relief and Granulometric Composition Changes of Sediments in the Region of the Bogaily Lake Bay-Bar (the Western Crimea) during Storm. *Physical Oceanography*, 26(2), pp. 170–180. doi:10.22449/1573-160X-2019-2-170-180
5. Bolle, A., Mercelis, P., Roelvink, D., Haerens, P. and Trouw, K., 2011. Application and Validation of Xbeach for Three Different Field Sites. In: J. McKee Smith and

- P. Lynett, eds., 2010. *Coastal Engineering Proceedings*. Shanghai, China. Iss. 1(32), sediment 40. <https://doi.org/10.9753/icce.v32.sediment.40>
6. Elsayed, S.M. and Oumeraci, H., 2016. Combined Modelling of Coastal Barrier Breaching and Induced Flood Propagation Using XBeach. *Hydrology*, 3(4), 32. doi:10.3390/hydrology3040032
 7. Udovik, V.F. and Goryachkin, Yu.N., 2013. [Interannual Variability of the Alongshore Sediment Flow in the Coastal Zone of the Western Crimea]. In: MHI, 2013. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use of Shelf Resources*. Sevastopol: ECOSI-Gidrofizika. Iss. 27, pp. 363–368 (in Russian).
 8. Zenkovich, V.P., 1958. [*Coasts of the Black and Azov Seas*]. Moscow: Geografiz. 374 p. (in Russian).
 9. Leont'yev, I.O., 2007. Changes in the Shoreline Caused by Coastal Structures. *Oceanology*, 47(6), pp. 877–883. <https://doi.org/10.1134/S0001437007060124>
 10. Goryachkin, Yu.N. and Dolotov, V.V., 2011. Variations of Shoreline of Accumulative Coast of the Western Crimea. In: MHI, 2011. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use of Shelf Resources*. Sevastopol: MHI. Iss. 25, vol. 1, pp. 8–18 (in Russian).
 11. Kurnakov, N.S., Kuznetsov, V.G., Dzents-Litovskii, A.I. and Ravich, M.I., 1936. [*Salt Lakes of Crimea*]. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 278 p. (in Russian).
 12. Zenkovich, V.P., 1960. [*Morphology and Dynamics of the Soviet Black Sea Coast*]. Vol. 2. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 216 p. (in Russian).
 13. Bratus, O.S., 1965. [Granulometric Composition of Arenaceous Beach-Deposits of Crimea]. *Doklady Akademii Nauk SSSR* [Proceedings of the USSR Academy of Sciences], 163(2), pp. 431–434 (in Russian).
 14. Romanyuk, O.S., 1967. [Genesis of Crimean Beaches]. In: KGU, 1967. [*Geology of the Black and Azov Seas Coast and Bottom within the Ukrainian SSR*]. Kiev: KGU. Iss. 1, pp. 178–182 (in Russian).
 15. Shuyskiy, Yu.D., 2007. Mechanical Composition of Beach Alluvium on West Coast of the Crimea. In: MHI, 2007. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use of Shelf Resources*. Sevastopol: MHI. Iss. 15, pp. 370–385 (in Russian).
 16. Goryashkin, Yu.N. and Repetin, L.N., 2009. Storm Wind and Wave Regime Near the Black Sea Coast of Crimea. In: MHI, 2009. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use of Shelf Resources*. Sevastopol: MHI. Iss. 19, pp. 56–69 (in Russian).
 17. Repetin, L.N. and Belokopytov, V.N., 2008. Wind Climate of North-Western Black Sea and Its Climatic Changes. In: MHI, 2008. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use of Shelf Resources*. Sevastopol: MHI. Iss. 17, pp. 225–243 (in Russian).

About the author:

Konstantin I. Gurov, Junior Research Associate, Marine Hydrophysical Institute of RAS (2 Kapitanskaya St., Sevastopol, 299011, Russian Federation), **ORCID ID: 0000-0003-3460-9650**, **ResearcherID: L-7895-2017**, gurovki@gmail.com

The author has read and approved the final manuscript.