

К. И. Гуров

*Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь***РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА
НАНОСОВ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ КАЛАМИТСКОГО ЗАЛИВА**

На основе данных натуральных наблюдений, полученных в рамках комплексных мониторинговых исследований береговой зоны Западного Крыма, исследован гранулометрический состав проб наносов из приурезовой полосы и пляжевой зоны Каламитского залива. Точечный отбор проб грунта с поверхности пляжа и подводного берегового склона осуществлялся на участках, характерных для различных типов берегов Каламитского залива, расположенных от пляжа «Золотые пески» (г. Евпатория) на севере до устья р. Альма (пос. Песчаное) на юге. Результаты обработки данных натуральных наблюдений показали, что наиболее крупные фракции сконцентрированы в приурезовой полосе и представлены преимущественно средне- и мелко гравийным материалом с примесью гальки и мелкозернистых песков. Пробы, отобранные на урезе, характеризовались различной степенью сортировки, изменяющейся в пределах 1,25 – 2,6. Отмечено, что материал наиболее хорошо сортирован в центральной части пересыпи оз. Сасык (1,67) и в районе устья р. Альма (1,25). На большей части исследуемого участка побережья пляжевые наносы представлены песками различной крупности. Преобладает фракция 0,5 – 0,25 мм с включениями крупнозернистого и мелкозернистого песка. В среднем пляжевые наносы отличаются достаточно хорошей степенью сортировки ($S_o = 1,44$). Содержание алевритового и пелитового материала в отложениях пляжей исследуемой части береговой зоны Западного Крыма не превышает 0,6 %. Показано, что особенности дифференциации материала в зоне пляжа и в приурезовой полосе подводного берегового склона определяются местами расположения источников его поступления, характером размещения гидротехнических сооружений и направлением вдоль берегового перемещения наносов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *береговая зона, мониторинг, пляжевые наносы, гранулометрический состав, Каламитский залив*

doi: 10.22449/2413-5577-2018-3-56-63

Гранулометрический состав наносов во многом определяет характеристики их перемещения под воздействием волн и течений. Особое значение точные данные о размерном составе подвижных грунтов имеют при адаптации и валидации моделей, описывающих литодинамические процессы на участках береговой зоны. Оценки величин деформаций профилей пляжа и подводного берегового склона также тесно взаимосвязаны с особенностями начального распределения и характером динамики различных фракций наносов в береговой зоне во время шторма.

Согласно [1, 2], пляжи Каламитского залива сложены галечными, гравийно-галечными, песчано-галечными наносами.

Особенности гранулометрического и вещественного состава наносов пляжей Крыма, а также сделанные на их основе предположения о характере

© К. И. Гуров, 2018

Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. вып.3. С.56-63.

потока наносов изучались в работах [3, 4]. В [5, 6] исследовались особенности динамики аккумулятивных берегов Западного Крыма, а также качественная и количественная оценка протекания эоловых процессов на песчаных берегах и их роль в обеспечении устойчивого состояния пляжей. Исследование медианного диаметра и коэффициента сортировки, а также особенностей распределения отдельных фракций в наносах пляжей Западного Крыма в рамках изучения особенностей морфологии и динамики прибрежной и береговой зон представлено в [2].

Собственно, этим перечнем и ограничивается анализ данных по гранулометрическому составу наносов береговой зоны Каламитского залива. В настоящее время особенностям пространственного распределения и внутригодовой динамики отдельных фракций не оказывается должного внимания.

Поэтому целью настоящей работы является анализ локальных особенностей гранулометрического состава наносов береговой зоны Западного Крыма в пределах Каламитского залива, основанный на данных наблюдений, полученных в ходе экспедиционных работ Морского гидрофизического института (МГИ) РАН и обобщение ранних знаний, полученных из литературных источников.

Материалы и методы. Сбор материалов натурных наблюдений осуществлялся в ходе выполнения комплексных мониторинговых исследований береговой зоны Западного Крыма, проводимых сотрудниками МГИ в мае – июне и сентябре – октябре 2015 – 2017 гг. Измерялись морфометрические характеристики береговой зоны, осуществлялся точечный отбор проб грунта с поверхности пляжа и подводного берегового склона на участках, характерных для различных типов берегов Каламитского залива, расположенных от устья р.Альма (пос.Песчаное) на юге до пляжа «Золотые пески» (г.Евпатория) на севере (рис.1). За исследуемый период было отобрано 16 проб наносов в зоне заплеска, 14 проб наносов пляжей и 4 пробы на профиле подводного берегового склона в северной части пересыпи оз.Богайлы.

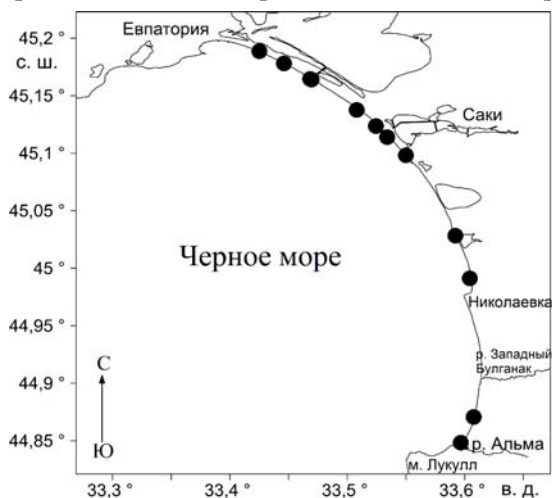


Рис. 1. Схема расположения точек отбора проб наносов береговой зоны в Каламитском заливе, 2015 – 2017 гг.

Гранулометрический состав донных осадков определялся по массовому содержанию частиц различной крупности, выраженному в процентах, по отношению к массе сухой пробы грунта, взятой для анализа [7]. При этом применялся комбинированный ситовой анализ (метод декантации и рассеивания). Крупнозернистые фракции ($> 0,05$ мм) разделялись ситовым методом после высушивания [8]. 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. Район пересыпи оз.Сасык. Согласно [1], пересыпь оз.Сасык сложена песком, ракушей, гравием и галькой. На урезе по мере продвижения на юг процентное содержание гравийно-галечной фракции возрастает. В [2] отмечено, что в наносах пляжей Сасыкской пересыпи преобладает фракция мелкозернистых песков (0,1 – 0,25 мм) составляющая до 45 %, содержание валунно-галечных фракций достигает 40 %.

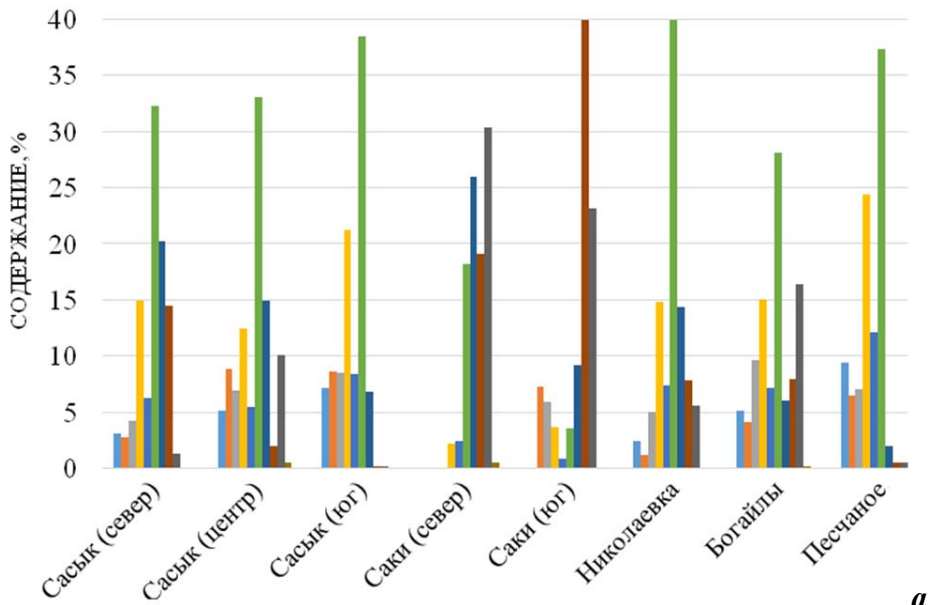
Особенности гранулометрического состава наносов береговой зоны за период 2015 – 2017 гг. отображены в виде гистограмм на рис.2.

Полученные в данной работе результаты показывают, что пляжевые отложения Сасыкской пересыпи в северной части в настоящее время представлены песчаными наносами различной крупности. Преобладает фракция 0,5 – 0,25 мм (39 %), включения крупнозернистого и мелкозернистого песка составляют 24 и 28 % соответственно. Кроме того, отмечается значительное сокращение доли гравийного материала в наносах пляжа (9 %). В целом наносы северной части пересыпи оз.Сасык отличаются средней степенью сортировки, а медианный диаметр их равен 0,58. Отмеченное уменьшение доли гравийно-галечного материала, в связи с отсутствием прямых источников его поступления с суши, может свидетельствовать об ослаблении интенсивности вдольберегового потока наносов, направленного с юга. В свою очередь, уменьшение доли мелкозернистых песчаных фракций, по-видимому, связано с золowym переносом материала с зоны пляжа в море и его дальнейшим переотложением на подводном береговом склоне.

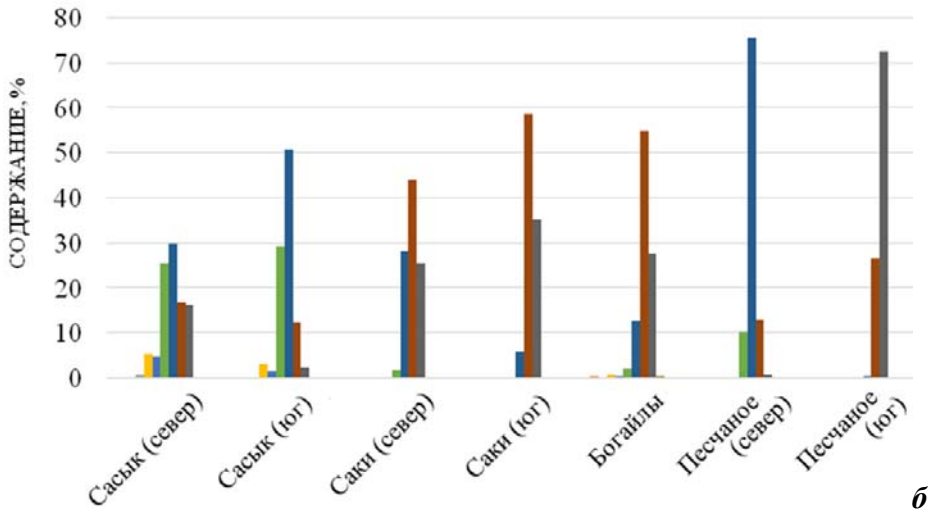
В осенний период штормовой активности в северной части пересыпи оз.Сасык наблюдалась некоторая дифференциация материала на участке «урез – пляж». Отмечено, что в сентябре гравийно-галечный материал с уреза перемещается в зону пляжа, в результате чего в составе пляжевых наносов отмечено накопление мелкозернистой гравийной фракции (70,5 %). В ноябре наблюдалось обратное перемещение гравийного материала в приурезовую зону, где его содержание достигало 95 %, в тоже время на пляже содержание составило 14,9 %. Таким образом, улучшается степень сортировки материала на урезе от плохо сортированных (2,59) в мае до хорошо сортированных (1,26) в сентябре и средне сортированных (1,62) в ноябре.

В центральной части пересыпи на особенности распределения наносов береговой зоны оказывает влияние железобетонная конструкция длиной ~ 40 м, расположенная поперечно берегу. Перехватывая поток наносов, направленный с юга, гидротехническое сооружение существенным образом влияет на гранулометрический состав материала, перемещающегося вблизи уреза. Полученные в данной работе результаты показали, что южнее бетонных конструкций в пробе, отобранной на урезе, преобладает гравийная фракция крупной (41,4 %) и мелкой (35,3 %) зернистости. Севернее доля гравийного материала заметно сокращается, а представлен он только мелкозернистой фракцией (42 %).

По мере продвижения на юг, в районе пос.Прибрежное пересыпь преимущественно сложена крупнозернистым песком, фракция (1 – 0,5 мм) составляет 51 %. Здесь заметно выше доля мелкой гальки (29 %). Пляжевые наносы южной части пересыпи лучше сортированы ($S_0 = 1,4$).



a



б

■ >10 мм ■ 10-7 мм ■ 7-5 мм ■ 5-2,5 мм
■ 2,5-2 мм ■ 2-1 мм ■ 1-0,5 мм ■ 0,5-0,25 мм
■ 0,25-0,1 мм ■ 0,1-0,05 мм ■ <0,05 мм

Рис. 2. Гистограммы распределения процентного содержания размерных фракций в пробах наносов, отобранных вблизи уреза (а), на пляже (б).

Анализ полученных результатов показал, что в пробах, отобранных на урезе, по мере продвижения с севера на юг увеличивается доля гравийно-галечного материала от 63,8 % в северной части пересыпи до 72,2 % в центральной и 92,6 % в южной. В тоже время отмечено, что степень сортировки материала на урезе в пределах пересыпи оз.Сасык не изменяется и составляет 1,81. Отсутствие в данном районе источников гравийно-галечного материала подтверждает тот факт, что основное питание данного участка

береговой зоны происходит в результате вдольберегового перемещения наносов потоком, направленным с юга на север

Район пересыпи оз.Сакское. Пересыпь оз.Сакское имеет меньшую ширину, сложена крупнозернистыми песками с примесью гравия и гальки, основным источником ее питания является вдольбереговой поток, направленный с юга [1]. Ранее в [9] отмечалось, что механический состав пляжевых наносов Сакской пересыпи представлен мелкозернистыми песками.

Анализ проб, отобранных в 2015 – 2017 гг. вблизи уреза, показал, что по мере продвижения на юг заметно увеличивается количество крупнозернистого гравийного материала.

Полученные результаты показали, что, преодолевая ряд гидротехнических сооружений, материал, перемещающийся вблизи линии уреза воды, подвергается сортировке, а соотношение гранулометрических фракций меняется. В южной части исследуемой области преобладают фракции средних и мелкозернистых песков с включением крупно гравийного материала (19 %). В наносах приурезовой зоны в северной части пересыпи концентрации среднезернистого песка уменьшаются, а доля мелкозернистого возрастает. По-видимому, это происходит в результате перехвата крупнозернистых частиц наносов гидротехническими сооружениями. Это подтверждается изменением соотношений для гравийного материала: доля мелкозернистых фракций (2,5 – 1 мм) увеличивается с юга на север от 4,5 до 20,8 %, а крупнозернистых (10 – 5 мм) сокращается от 18,8 % до нуля. В центральной части пересыпи наносы в приурезовой зоне представлены смесью гравийного и песчаного материала средней крупности. Для этих наносов характерна наихудшая степень сортировки ($S_o = 2,83$), как для пересыпи оз.Сакское, так и для всех исследуемых проб наносов береговой зоны.

В составе наносов пляжа преобладает фракция среднезернистых песков (0,5 – 0,25 мм). Ее содержание изменяется от 44 % в северной части до 58,7 % в южной. Для проб, отобранных в зоне пляжа, также отмечается уменьшение доли среднезернистого песчаного материала и увеличение содержания мелкозернистого в направлении с юга на север. Материал пляжей в южной части пересыпи оз.Сакское лучше сортирован, чем в северной.

Район пересыпей оз.Кизил-Яр и оз.Богайлы. Состав материала пересыпи оз.Кизил-Яр галечный с прослоями песка [1]. В [2] показано, что в материале Кизил-Ярской пересыпи преобладает фракция 0,25 – 0,5 мм, составляющая около 40 %, также отмечено повышенное содержание гальки (до 39 %). На участке юг пересыпи оз.Кизил-Яр – пересыпь оз.Богайлы берег высокий абразионно-аккумулятивный с прислоненными пляжами и бенчем, состоящими из песчано-гравийного и валунно-галечного материала [9].

Результаты гранулометрического анализа показывают, что за исследуемый период состав наносов незначительно изменился в приурезовой зоне. Сократилась доля гравийного материала с 75,5 до 68,2 %. Увеличилась дифференциация материала, в результате чего величина S_o возросла с 1,3 до 1,9. В целом в пробах, отобранных на урезе, преобладает фракция мелкозернистого гравия (39,1 %) с включениями крупно- и среднезернистого песка, в сумме 28,8 %. Наносы пляжей образованы песком средней (54,9 %) и мелкой (27,7 %) зернистости, коэффициент сортировки составил 1,4.

По нашим наблюдениям в результате штормового воздействия на поверхности пляжа отмечается перекрытие поверхностного слоя наносов полосами галечного материала мелкой и средней крупности, распределенного тонким слоем параллельно берегу.

Исследование особенностей распределения наносов на подводном береговом склоне в районе пересыпи оз.Богайлы показало следующее:

- на глубине 1 – 1,5 м преобладает смесь песчаного материала мелкой и средней зернистости с мелким гравием;

- на глубине около 2 м гравийно-песчаный материал сменяется мелкозернистым илистым песком;

- глубже 2,5 м сконцентрированы преимущественно алевриты с примесью мелкого песка и появляется фракция пелитов;

- в диапазоне глубин от 2 – 2,5 до 4 м в пробах не зафиксированы частицы с размером более 0,25 мм.

Таким образом, показано, что дифференциация прибрежно-морских наносов в районе пересыпи оз.Богайлы ограничивается изобатами 2 – 2,5 м, глубже накапливаются мелкозернистые илистые фракции.

Район пос. Николаевка. По данным [2] в районе пос.Николаевка в гранулометрическом составе пляжевых наносов преобладают галечные фракции (до 35 %), отмечено наличие крупнозернистых (1 – 0,5 мм) и среднезернистых песков (0,5 – 0,25 мм) 15 и 21 % соответственно.

Анализ проб, отобранных в 2015 г. вблизи уреза на участке севернее пос.Николаевка, показал, что в гранулометрическом составе по-прежнему преобладает доля гравийно-галечного материала различной крупности. Доля мелкого гравия (2,5 – 1 мм) составила 35,4 %, также отмечено содержание мелкозернистого песка (16,5 %).

Район устья р. Альма. Согласно исследованиям, проведенным в [2], севернее р.Альмы в наносах береговой зоны преобладают гравий и галька – фракция 7 – 10 мм (36 %), в сумме содержание гравийного материала достигает 95 %. По данным [1] побережье на участке между устьем р.Альма и м.Лукулл загромождено обрушенными глыбами и плитами, а наносы состоят практически полностью из гальки. Проведенные ранее исследования [2] показывают, что в районе м.Лукулл преобладает фракция среднезернистого гравия (около 26 %). Общее содержание гравийно-галечных фракций достигает 85 %, а песчаных – около 14 %.

Результаты анализа гранулометрического состава проб, отобранных в 2016 г., полностью согласуются с ранее полученными для данного региона данными. Показано, что в северной части пос.Песчаное в приурезовой полосе наносы представлены на 97 % гравийным материалом, фракция 2,5 – 1 мм – 49,5 %. Наличие такого количества гравийно-галечного материала определяется особенностями строения и динамики береговых клифов, материал которых является основным источником питания наносов. Непосредственно в районе устья гравийный материал в наносах на урезе полностью отсутствует, а доля мелкозернистого песка составляет 90,5 %.

Пляжевые наносы в северной части пос.Песчаное представлены крупнозернистыми песками с включением мелкого гравия (10 %) и среднезернистого песка (13 %). В южной части преобладает фракция мелкозернистых

песков, которая по мере удаления от устья реки изменяется от 35,6 до 72,6 %. Уменьшение доли гравийно-галечного материала в наносах береговой зоны в южной части пос.Песчаное, по-видимому, определяется отсутствием прямых источников его поступления с суши, а также тем фактом, что крупнозернистый материал, переносимый потоком с севера, полностью перехватывается расположенными в этом районе берегозащитными сооружениями. Кроме того, сток р.Альма вносит вклад в накопление фракции мелкозернистых песков в приустьевой области.

Наносы к северу от пос.Песчаное отличаются хорошей степенью сортировки ($S_o = 1,27$), в южной части района материал плохо сортирован ($S_o = 2,46$).

Выводы.

1. Особенности дифференциации материала наносов в зоне пляжа и в приурезовой полосе подводного берегового склона определяются местами расположения источников его поступления, характером размещения гидротехнических сооружений и направлением вдольберегового перемещения наносов.

2. Наиболее крупные фракции сконцентрированы вблизи линии уреза воды и представлены преимущественно средне- и мелкогравийным материалом с примесью гальки и мелкозернистых песков. Пробы, отобранные на урезе, характеризовались различной степенью сортировки, изменяющейся в пределах 1,25 – 2,6. В целом, материал наиболее хорошо сортирован в центральной части пересыпи оз.Сасык (1,67) и в районе устья р.Альма (1,25).

3. На большей части исследуемого участка побережья пляжевые наносы представлены песками различной крупности. Преобладает фракция 0,5 – 0,25 мм; включения крупнозернистого и мелкозернистого песка составляют до 24 – 28 %. В среднем пляжевые наносы отличаются достаточно хорошей степенью сортировки ($S_o = 1,44$). Содержание алевритового и пелитового материала в отложениях пляжей исследуемой части береговой зоны Западного Крыма не превышает 0,6 %.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2018-0004 «Прибрежные исследования», а также при частичной поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00230, в части, касающейся динамики береговой линии Каламитского залива, поддержана грантом РНФ 14-17-00547.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зенкович В.П.* Морфология и динамика советских берегов Черного моря.– М.: Изд-во АН СССР, 1960.– т.2.– 215 с.
2. *Шуйский Ю.Д.* Механический состав пляжевых наносов на западных берегах Крымского полуострова // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007.– вып.15.– С.370-385.
3. *Братусь О.С.* О гранулометрическом составе песчаных отложений Крыма // Докл. АН СССР.– 1965.–т.163, № 2.– С.431-434.
4. *Братусь О.С.* Вещественный состав пляжей Крымского полуострова // Докл. АН СССР.– 1965.– т.165, № 2.– С.399-402.

5. *Шуйский Ю.Д.* Процессы и скорости абразии на украинских берегах Черного и Азовского морей // Изв. АН СССР. Серия географ.– 1974.– № 6.– С.107-117.
6. *Шуйский Ю.Д., Карасев Л.М.* Эоловые процессы на береговых аккумулятивных формах Западного Крыма // Изв. ВГО.– 1983.– № 2.– С.50-60.
7. *ГОСТ 12536-2014.* Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.– М.: Стандартинформ, 2015.– 19 с.
8. *Петелин В.П.* Гранулометрический анализ морских донных осадков.– М.: Наука, 1967.– 128 с.
9. *Иванов В.А., Ястреб В.П., Горячкин Ю.Н. и др.* Природопользование на Черноморском побережье Западного Крыма: современное состояние и перспективы развития.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006.– 321 с.

Материал поступил в редакцию 24.03 2018 г.
После доработки 04.07 2018 г.

K. I. Gurov

RESULTS OF SEDIMENT GRANULOMETRIC COMPOSITION MONITORING IN COASTAL ZONE OF THE KALAMITSKY BAY

Using data obtained during the complex monitoring in a coastal zone of the West Crimea the sediment granulometric composition near water edge and on beach of the Kalamitsky Bay is investigated. Point sampling of sediments from the beach surface and the underwater coastal slope was carried out on the different types of shores of the Kalamitsky Bay, located from the beach "Zolotyie peski" (Yevpatoriya) in the north to the Alma River mouth (Peschanoe village) in the south. Observation data showed that the largest fractions are concentrated nearshore and mainly represented by the medium and fine gravel material with an admixture of fine-grained sand and pebbles. Samples selected near shoreline were characterized by varying degrees of sorting coefficient from 1.25 to 2.6. It is noted that the material is most well sorted in the central beaches near the Sasyk Lake (1.67) and near the Alma River mouth (1.25). On the most part of the investigated coast, the beach deposits are represented by sand of different sizes. The fraction 0.5 – 0.25 mm predominates with inclusions of coarse-grained and fine-grained sand. On average, the beach sediment is characterized by a good degree of grading ($S_o = 1.44$). The content of aleuritic and pelitic material in the beach sediments of the investigated Western Crimea coast does not exceed 0.6 %. It is shown that the features of sand and gravel differentiation on the beach and nearshore band of underwater coast slope are determined by location of incoming source material, the hydrotechnical constructions placing and the direction of longshore movement of sediment.

KEYWORDS: coastal zone, monitoring, beach sediments, granulometric composition, the Kalamitskiy Bay